

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»  
ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ  
«ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
до дипломної роботи  
фахового молодшого бакалавра**

на тему: **Проект мережі доступу Ів.Франківської області між пунктами  
Яремче - Яблуниця**

Виконав студент IV курсу, групи ТК-41  
спеціальності 172 Телекомунікації та  
радіотехніка  
ОПП «Телекомунікації та комп'ютерні  
технології»  
**Мигаль Дмитро Ігорович**

Керівник	_____	Анатолій РОМАНЮК
	(підпис)	
Нормоконтролер	_____	Володимир ПЛІШ
	(підпис)	
Рецензент	_____	Володимир ПЛІШ
	(підпис)	
Голова ЕК	_____	Андрій ВАХ
	(підпис)	
Члени ЕК	_____	Ігор ТИБЕЛЬ
	(підпис)	
	_____	Володимир ПЛІШ
	(підпис)	

Дипломна робота захищена в ЕК «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

з оцінкою «\_\_\_\_\_»

Львів 2025

**ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ  
«ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

Циклова комісія	<i>Телекомунікації</i>
Освітньо-професійний ступінь	<i>Фаховий молодший бакалавр</i>
Освітньо-професійна програма	<i>Телекомунікації та комп'ютерні технології</i>
Спеціальність	<i>172 Телекомунікації та радіотехніка</i>

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач відділення  
«Телекомунікацій та  
комп'ютерних технологій»  
\_\_\_\_\_ Ігор ТИБЕЛЬ  
« 25 » квітня 2025 року

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ**

*Мигалю Дмитру Ігоровичу*

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи	<i>Проект мережі доступу Ів. Франківської області між пунктами Яремче - Яблуниця</i>
----------------	--

керівник роботи	<i>Анатолій РОМАНЮК к.т.н., викладач вищої категорії</i>
-----------------	--

(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом директора від “ 20 ” березня 2025 року № 20-СТ

2. Строк подання студентом роботи “10” червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи 3.1 Система передачі STM-1.

3.2 Тип кабелю ОКЛ-3-ДА1-3х4Е-0,4/3,5-0,3/20-12/0;

3.3 Кількість каналів між пунктами: Яремче – Бистриця – 150; Яремче – Усть Чорна – 150; Яремче – Ясіня – 150; Яремче – Яблуниця – 210; Бистриця – Усть Чорна – 120; Бистриця – Ясіня – 120; Усть Чорна – Ясіня – 240; Ясіня – Яблуниця – 60

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

4.1 Вибір траси магістралі;

4.2 Вибір топології мережі

4.3 Вибір марки оптичного кабелю

4.4 Вибір системи передачі

4.5 Розрахунок довжини регенераційної ділянки траси

4.6 Розробка схеми організації зв'язку

4.7 Техніко-економічне обґрунтування.

4.8 Охорона праці та безпека життєдіяльності

## 5. Перелік графічного матеріалу

5.1.	<i>Аналіз траси мережі</i>
5.2.	<i>Схема зв'язку двох кілець одного рівня (STM-4)</i>
5.3.	<i>Спроценова структурна схема мультимплексора AXD-155-3</i>
5.4.	<i>Схема керування мережею SDH</i>
5.5.	<i>Схема організації зв'язку</i>

## 6. Консультанти розділів дипломної роботи

Розділ	Ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання отримав
Техніко-економічне обґрунтування	<i>Мар'яна СМУК викладач вищої категорії</i>	25.04.2025р.	25.04.2025р
Охорона праці та безпека життєдіяльності	<i>Олена МЕЛЬНИКОВА викладач першої категорії</i>	25.04.2025р.	25.04.2025р.

7. Дата видачі завдання « 25 » квітня 2025 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання	Примітка
1	<i>Вступ. Вибір траси магістралі. Вибір топології мережі</i>	25.04-01.05	
2	<i>Вибір марки оптичного кабелю. Вибір системи передачі</i>	02.05-08.05	
3	<i>Розрахунок довжини регенераційної ділянки траси</i>	09.05-15.05	
4	<i>Розробка схеми організації зв'язку</i>	16.05-22.05	
5	<i>Техніко – економічне обґрунтування</i>	23.05-29.05	
6	<i>Охорона праці та безпека життєдіяльності</i>	30.05-03.06	
7	<i>Висновки</i>	04.06-05.06	
8	<i>Підготовка графічного матеріалу.</i>	06.06-09.06	

Здобувач

(підпис)

*Дмитро МИГАЛЬ*

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

*Анатолій РОМАНЮК*

(ім'я, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Текстова частина дипломної роботи: 72 с., 12 рис., 15 табл., 11 джерел.

Об'єкт проектування – мережа доступу Івано-Франківської області між пунктами Яремче і Яблуниця.

Мета проекту – організація необхідної кількості каналів між пунктами Яремче і Яблуниця.

Метод проектування – структурний синтез з розрахунком необхідної кількості обладнання.

Результати проектування показали доцільність використання ВОСП на базі AXD-155-3 та оптичного кабелю ОКЛ-3-ДА1-3x4E-0,4/3,5-0,3/20-12/0.

Галузь використання – міжстанційна оптична мережа зв'язку України.

**ВОЛОКОННО-ОПТИЧНА СИСТЕМА ПЕРЕДАЧІ, ОПТИЧНИЙ КАБЕЛЬ,  
КАНАЛ Т4, ТОПОЛОГІЯ МЕРЕЖІ, МУЛЬТИПЛЕКСОР, ЗАГАСАННЯ,  
ДИСПЕРСІЯ, МАРШРУТИЗАЦІЯ КАНАЛІВ, КОМПЛЕКТАЦІЯ, НАДІЙНІСТЬ.**

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ВИБІР ТРАСИ МАГІСТРАЛІ .....	8
2 ВИБІР ТОПОЛОГІЇ МЕРЕЖІ .....	11
3 ВИБІР МАРКИ ОПТИЧНОГО КАБЕЛЮ .....	17
4 ВИБІР СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ.....	20
4.1 Розрахунок мереженого навантаження.....	20
4.2 Розрахунок кількості потоків по сегментах мережі.....	20
4.3 Вибір системи передачі та типу обладнання.....	21
5 РОЗРАХУНОК ДОВЖИНИ РЕГЕНЕРАЦІЙНОЇ ДІЛЯНКИ ТРАСИ.....	30
5.1 Розрахунок довжини регенераційної ділянки по затуханню.....	30
5.2 Розрахунок довжини регенераційної ділянки по дисперсії.....	34
6 РОЗРОБКА СХЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗВ'ЯЗКУ.....	38
6.1 Організація зв'язку.....	38
6.2 Синхронізація мережі.....	39
6.3 Управління мережею.....	44
6.4 Організація захисту.....	48
7 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	52
7.1 Розрахунок капітальних вкладень .....	52
7.2 Розрахунок експлуатаційних витрат .....	53
8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЕДІЯЛЬНОСТІ.....	59
8.1 Загальні положення.....	59
8.2 Організація охорони праці на підприємстві.....	60
8.3 Заходи безпеки на робочому місці.....	62
8.4 Санітарно-гігієнічні вимоги.....	63
ВИСНОВКИ .....	65
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	66
КОПІЇ ОBOB'ЯЗКОВИХ КРЕСЛЕНЬ.....	67
Лист 1 Аналіз траси мережі .....	68
Лист 2 Схема зв'язку двох кілець одного рівня (STM-4).....	69
Лист 3 Спрощена структурна схема мультиплексора AXD-155-3.....	70
Лист 4 Схема керування мережею SDH .....	71
Лист 5 Схема організації зв'язку .....	72

## ВСТУП

Без вдосконалення засобів зв'язку, систем передачі й обробки інформації неможливий розвиток науки і прискорення технічного прогресу. Інтенсивний розвиток нових інформаційних технологій останніми роками привів до бурхливого розвитку мікропроцесорної техніки, яка стимулювала розвиток цифрових методів передачі інформації. Це зумовило виникнення нових високошвидкісних технологій локальних мереж: PDH, SONET, SDH, ISDN, Frame Relay і АТМ.

Однією з найсучасніших технологій, яка використовується на даний час для побудови мереж зв'язку, є технологія синхронної цифрової ієрархії. Інтерес до SDH обумовлений тим, що ця технологія прийшла на зміну імпульсно-кодової модуляції РСМ (ІКМ) і плезіохронної цифрової ієрархії PDH (ПЦІ) і стала інтенсивно впроваджуватися в результаті масової установки сучасних закордонних цифрових АТС, які дозволяють оперувати потоками 2 Мбіт/с, і створення в регіонах локальних кілець SDH.

В порівнянні з системами попередніх поколінь, синхронна цифрова ієрархія (СЦІ) володіє істотними перевагами – дозволяє повністю реалізувати можливості волоконно-оптичних і радіорелейних ліній передачі (ВОЛП і РРЛП) і створювати гнучкі, зручні для експлуатації і управління мережі, гарантуючи високу якість зв'язку. Саме тому концепція SDH дозволяє оптимально поєднувати процеси високої якості передачі цифрової інформації з процесами автоматизованого управління, контролю і обслуговування мережі в рамках єдиної системи.

Системи СЦІ забезпечують швидкості передачі від 155 Мбіт/с і вище і можуть транспортувати як сигнали існуючих цифрових систем (наприклад, поширених на міських мережах ІКМ-30), так і нових перспективних служб, у тому числі широкосмугових.

Апаратура СЦІ є програмно керованою і інтегрує в собі засоби перетворення, передачі, оперативного перемикавання, контролю, управління.

При появі сучасних волоконно-оптичних кабелів (ВОК) виявилися можливими високі швидкості передачі в лінійних трактах (ЛТ) цифрових систем передачі з одночасним подовженням секцій регенерації до 100 км і більше. Продуктивність таких ЛТ перевищує продуктивність цифрових трактів на кабелях з металевими парами в 100 і більше разів, що радикально збільшує їх економічну ефективність. Більшість регенераторів виявляється можливо сумістити з крайовими або транзитними станціями. З вище переліченого виходить, що СЦІ – це не просто нові системи передачі, це і принципові зміни в мережевій архітектурі, організації управління.

Впровадження СЦІ є якісно новим етапом-розвитку цифрової мережі зв'язку. В даному проекті як базова система передачі проектованої мережі пропонується апаратура першого рівня ієрархії SDH, що здійснює перенесення інформації зі швидкістю передачі цифрового сигналу 155 Мбіт/с в рамках синхронного транспортного модуля.

## 1 ВИБІР ТРАСИ МАГІСТРАЛІ

Затрати на лінійні споруди часто досягають 60-70 % загальних капітальних витрат, саме тому вона являється найбільш дорогою і громіздкою частиною системи передачі. Звідси правильність вибору траси в багатьох випадках визначає також економічність прийнятих рішень.

Вивчаючи географічну карту необхідно:

- намітити всі можливі варіанти траси;
- провести порівняння цих варіантів;
- вибрати найбільш цілеспрямований і економічний.

Карти при виборі траси можуть бути будь-якого масштабу з нанесеними залізничними, шосейними і ґрунтовими дорогами. Зручно використовувати атлас автомобільних доріг.

Найбільш ефективний варіант траси вибирається з врахуванням наступних умов і рекомендацій:

1. Мінімальна відстань між кінцевими пунктами вздовж шосейних доріг;
2. Для організації повної механізації будівельних доріг необхідна мінімальна кількість перепон;
3. Населені пункти розмішені на трасі забезпечити послугами зв'язку;
4. Забезпечення будівництва електроенергією, водою та інше;
5. Економічні вигоди при експлуатації лінії передачі.

Аналізуючи розташування заданих кінцевих пунктів та враховуючи приведені рекомендації вибираємо варіант траси, наносимо ситуаційну схему з вказаними кінцевими станціями, доріги вздовж яких проектується прокладання кабелю, населені пункти та інше. Показуємо віддалення від доріг, загальну довжину траси і кабелю по ділянках.

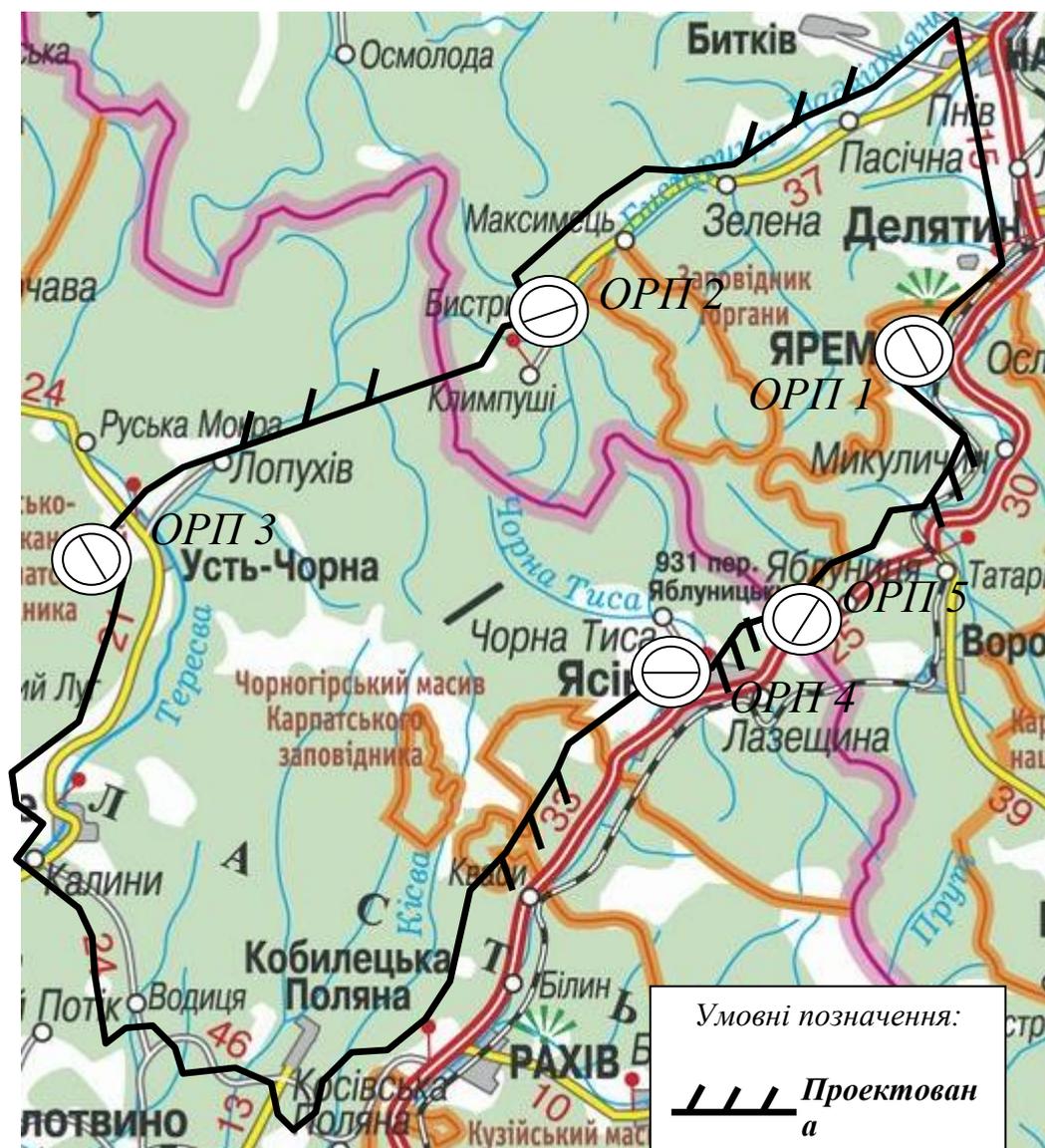


Рисунок 1.1 – Архітектура проектної SDN мережі

Нижче, використовуючи карту автомобільних доріг, записуємо матрицю відстаней (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Таблиця відстаней

Вузол №	1	2	3	4	5
1		57	89	36	25
2	57		32	93	82
3	89	32		93	104
4	36	93	93		11
5	25	82	104	11	

Яремче (до 2006 року – *Яремча*), місто обласного підпорядкування Івано-Франківської області. Розташоване на річці Прут, на автошляху Івано-Франківськ – Рахів – Ужгород . Залізниця зв'язує місто з обл. центром та Львовом. Яремче — низькогірний кліматичний курорт. Тут розташовані санаторії для хворих на туберкульоз легенів, будинок відпочинку. Утворене в 1787 році. Статус міста з 1963 року.



Бистриця (до 1946 року — Рафайлова) — село Надвірнянського району Івано-Франківської області. Знаходиться на віддалі 34 км від районного центру, 36 км від залізничної станції Надвірна. Через село протікає річка Бистриця-Надвірнянська. З районним центром воно зв'язане автодорогою Надвірна — Бистриця. У селі розташовано Бистрицький лісопункт Надвірнянського лісокомбінату, три лісництва: Довжинецьке, Бистрицьке та Річанське.

Усть-Чорна (нім. *Königsfeld*), с.м.т. Тячівського району Закарпатської області, положене в Горганах, на р. Тересви. Населення складає 4 800 меш. Працюють лісокомбінат, туристична база. Заснована в 1760-их рр. німецькими колоністами; в 1944 всі німці репатріювалися.

Ясіня — селище міського типу Рухівського району Закарпатської області, розташоване біля підніжжя Чорногорки і Свидівця над р. Чорною Тисою. Населення складає 7 900 меш. Працюють лісокомбінат, туристичні бази. Архітектурна пам'ятка — дерев'яна хрещата одноверха Струківська церква (1824). Тепер музей релігії та атеїзму.

## 2 ВИБІР ТОПОЛОГІЇ МЕРЕЖІ

Коли існує необхідність відгалужень у ряді точок на лінії, де можуть вводитися і виводитися канали доступу, тоді використовується топологія „послідовна лінійна ланка” і реалізується з використанням як термінальних мультиплексорів, так і мультиплексорів вводу/виводу в точках відгалужень. Вона реалізується або у вигляді послідовної лінійної ланки з резервуванням типу 1 + 1, як на рисунку 2.1, без резервування, як на рисунку 2.2, або простим лінійним ланцюгом. Топологію першого варіанту часто називають плоским кільцем.

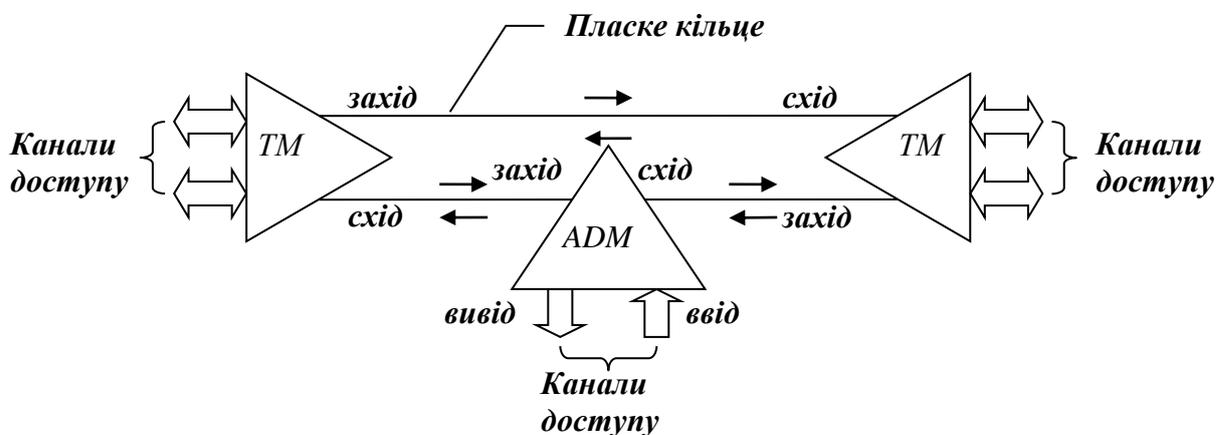


Рисунок 2.1 – Топологія „послідовна лінійна ланка” з захистом 1 +1 типу  
пласке кільце

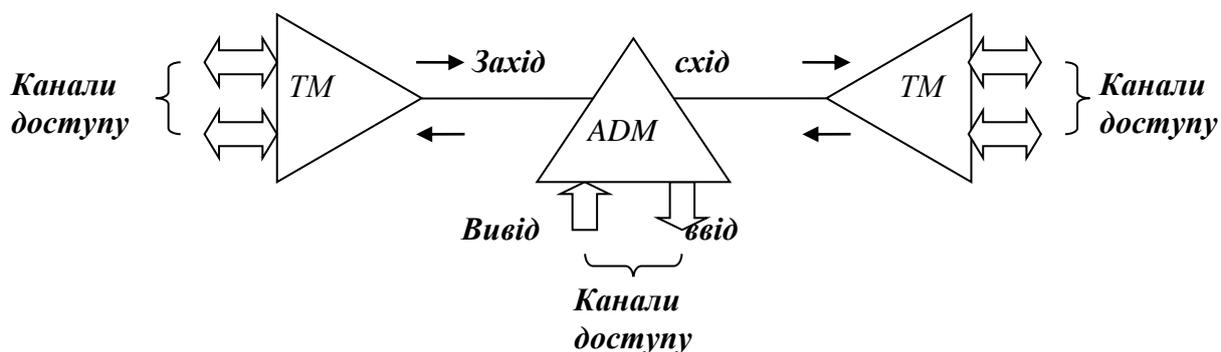


Рисунок 2.2 – Топологія „послідовна лінійна ланка” реалізована з  
використанням ТМ і АDМ

Основна перевага – фінансова економність, так як на прокладку кабелю використовуються мінімальні затрати.

Недолік – низка надійність топології – при обриві волокна зв'язок між пунктами втрачається повністю.

У наступній топології один з виділених вузлів мережі, пов'язаний з центром комутації або вузлом мережі SDH на центральному кільці, відіграє роль концентратора, або хаба, де частина трафіку може бути виведена на термінали користувачів, тоді як інша частина може бути розподілена по інших віддалених вузлах (Рисунок 2.3). Дана топологія називається топологією „зірка”.

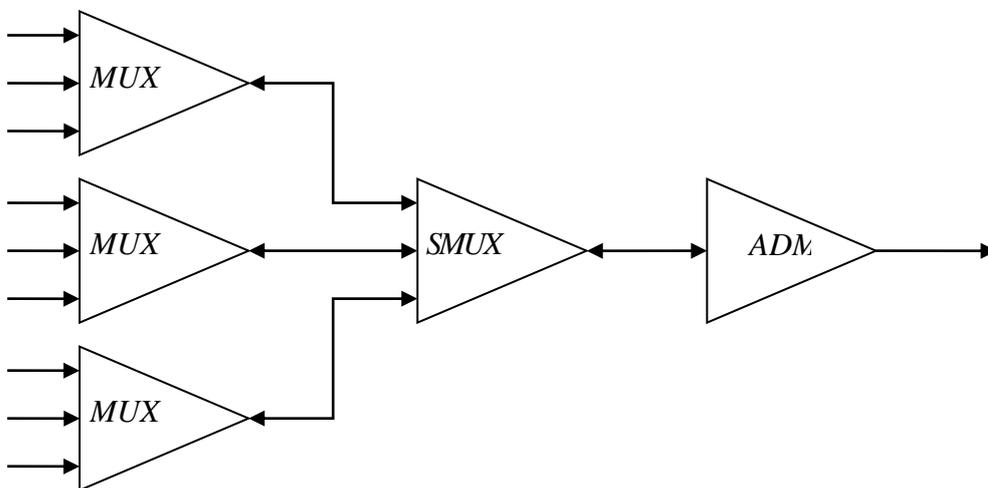


Рисунок 2.3 – Топологія „зірка” з мультиплексором в якості концентратора.

Вигода – висока надійність – при обриві в будь-якому місці мережі втрачається зв'язок тільки з одним пунктом.

Недоліком є висока вартість – великі затрати на прокладку кабелю, та його обслуговування.

Легка організація захисту типу 1+1 є характерною для топології „кільце” (Рисунок 2.4). Дана функція забезпечується наявністю в мультиплексорах SMUX двох пар (основного і резервного) оптичних агрегатних виходів (каналів прийому/передачі): схід – захід, що дає можливість формування подвійного кільця з зустрічними потоками (вказані стрілками). Потоки в різних перетинах

кільця повинні бути однакові [1]. Організація потоків в кільці може бути або двохволоконною, як однонаправленою, так і двонаправленою із захистом потоків по типу 1 + 1 чи без неї, або чотирьохволоконною, як правило двонаправленою, що дозволяє організувати різні варіанти захисту потоків даних.

Важлива перевага – висока надійність зумовлена легкою організацією захисту типу 1+1.

Топологія володіє рядом властивостей, які забезпечують самовідновлення мережі, тобто мережа захищена від деяких характерних типів відмов.

Те що потоки в різних перетинах кільця повинні бути однакові являється основним недостатком.

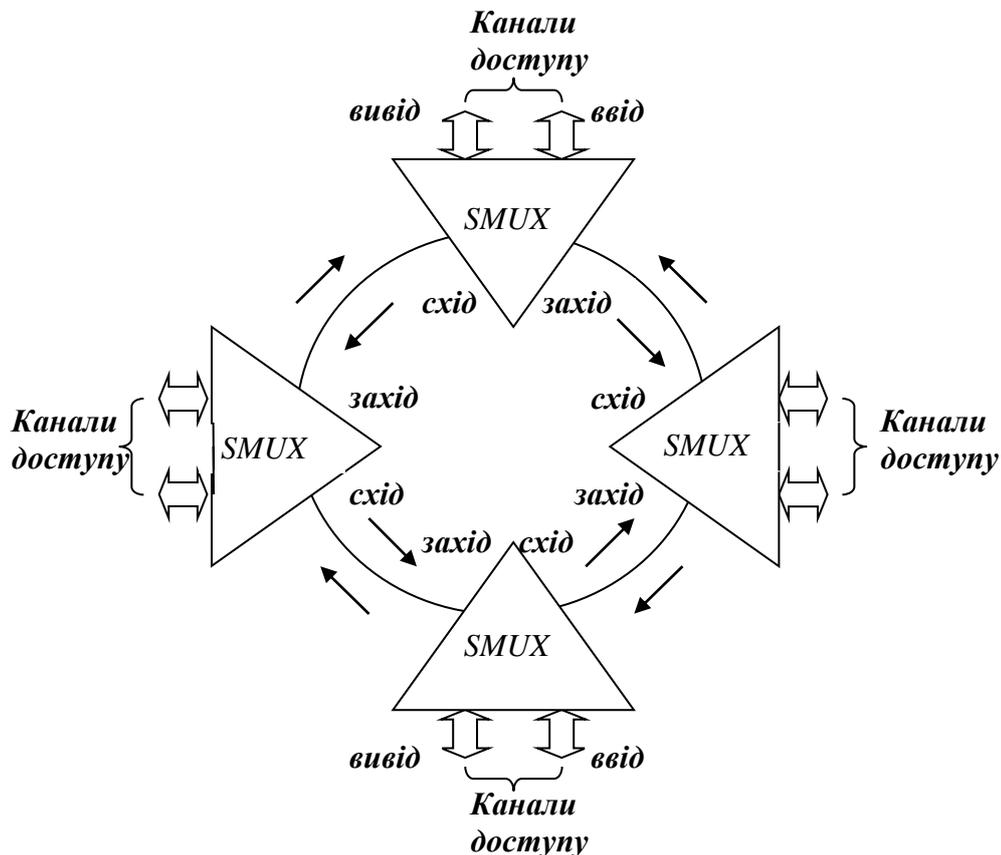


Рисунок 2.4 – Топологія „кільце” з захистом 1+1 на рівні трибних блоків TU-n

Топологія „коміркова мережа” застосовується у традиційних телефонних мережах. У ній використовуються вузли комутації, побудовані на основі топології

змішаної мережі, в якій можна виділити базову топологію мережа – мережа. Топологія складеної із замкнутих контурів, або технологічних кілець. У них використовується різна форма комірок мережі.

Відмінність коміркової топології від кільцевої у тому, що потоки в ланках, які сполучають вузли, можуть бути різними, залежно від необхідної пропускної спроможності конкретної ланки. Замкнутий контур осередку формує так зване технологічне кільце, потоки якого в різних перетинах – різні. Комірка також може виконувати і роль повноцінного, а не тільки технологічного кільця. Наступна особливість – можливість розширення мережі шляхом нарощування (мультиплікування) однотипних комірок без втрати топологічної однорідності мережі. Всі мережі, що використовують перераховані вище комірки володіють даною властивістю. Вказані комірки дозволяють будувати такі мережі, де базові комірки можуть контактувати одна з одною як з двома вузлами. Ця властивість важлива при використанні методів захисту підмереж в мережах SDH.

Вигоди – потоки в ланках, що сполучають вузли, можуть бути різними, комірка, якщо потрібно, може виконувати роль повноцінного кільця.

Недостаток – підвищені затрати, так як для організації коміркової мережі необхідна прокладка окремого кабелю, або виділення окремих волокон в кабелі, для суміжних комірок.

Зважаючи на значні відстані між вузлами проектованої мережі, на вихідне навантаження вузлів, що значно різняться, а також, аналізуючи переваги і недоліки переглянутих топологій мереж, вважаю, що оптимальним варіантом є побудова мережі на основі кільцевої топології.

На базі використання раніше розглянутих елементарних топологій мережі в якості окремих її сегментів при проектуванні мережі SDH можуть бути сформовані архітектурні рішення. Найчастіше використовується відношення кільцевої і радіальної (типу „точка-точка”) топологій або топології послідовного лінійного кола.

Побудова радіально-кільцевої архітектури базується на використанні двох базових топологій: „кільце” і „послідовне лінійне коло”. З міркувань допустимого навантаження на кільце, кількість радіальних віток обмежується.

У архітектурі типу „кільце-кільце” (другому за частотою використанні рішенні) кільця можуть бути або однакового, або різного рівнів ієрархії SDH. При цьому з'єднанні можна використовувати необхідні оптичні триби попереднього ієрархічного рівня при переході від кільця одного рівня до іншого (наприклад, триб STM-1 при переході на кільце STM-4). Нижче наведена схема з'єднання двох кілець одного рівня – STM-4 за допомогою інтерфейсних карт STM-1 (рисунок 2.5).

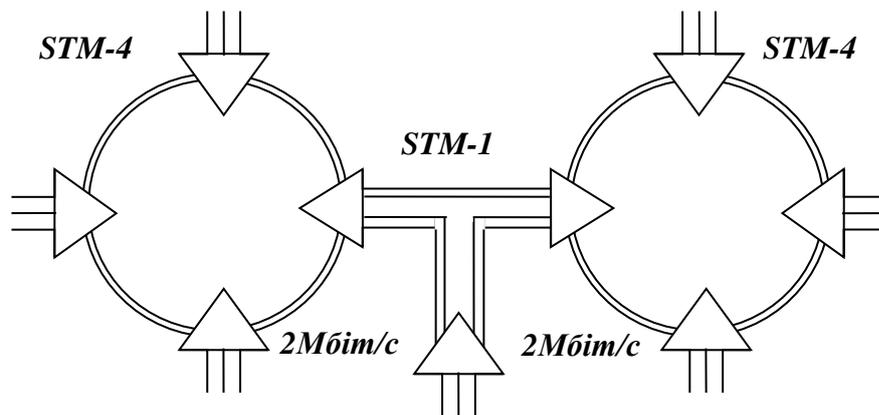


Рисунок 2.5 – Схема зв'язку двох кілець одного рівня (STM-4)

У великої протяжності лінійних мереж на маршруті між ТМ повинні бути встановлені ще й регенератори для відтворення (регенерації) затухаючого оптичного сигналу, так як відстань між термінальними мультиплексорами ТМ більше або набагато більше тої відстані, яка може бути рекомендована з точки зору максимально допустимого затухання волоконно-оптичного кабелю (рисунок 2.6).

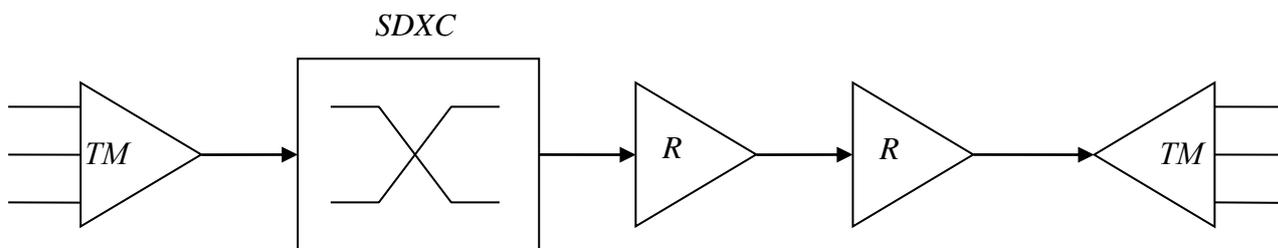


Рисунок 2.6 – Мережа SDH великої довжини з зв'язком типу „точка-точка”

Проектування мережі доступу Івано-франківської області між пунктами Яремче і Яблуниця передбачає використання архітектурного рішення типу „кільце – кільце”.

## 3 ВИБІР МАРКИ ОПТИЧНОГО КАБЕЛЮ

### 3.1 Вибір марки та ємності кабелю

Оптичні кабелі випускаються згідно ТУ У 05758730.007-97 „Кабелі зв’язку оптичні для магістральних, зонових та міських мереж зв’язку”. В ОК використовуються оптичні волокна, що відповідають Рекомендаціям ІТУ-Т G.651 та G.652 та стандарту МЕК 793-2, а також Рекомендаціям ІТУ-Т G.653 та G.654. Використовуються оптичні кабелі, згідно їх конструктивних відмін, для різних місць і умов прокладання.

При проектуванні магістралі використовуємо кабель, що випускає ВАТ „Одескабель”.

Основні технічні характеристики ОК наведені нижче (таблиця 3.1)

Одномодові оптичні кабелі марок ОКЛ-01, ОКЛ-02, ОКЛС-03, ОКЛК-01, ОКЛБ-01, ОКЛАК-01 призначені для прокладки в кабельній каналізації, трубах, болотах, колекторах, по мостах і в шахтах, ґрунтах усіх категорій ручним і механічним засобом і експлуатації на первинних лініях зв’язку.

Проектуємо трасу так, що регенераційні пункти розташовуються в населених пунктах. Тобто вибираємо кабель, що не має жил дистанційного живлення.

Згідно проекту, кабель не буде прокладатися через болота та судноплавні ріки, тому немає необхідності в броньованому чи армованому кабелі. Оптичний кабель буде прокладатись у ґрунт кабелепрокладачем у поліхлорвінілові трубки вакуумним методом.

На трасі, що проектується, використовуємо марку кабелю ОКЛ-3-ДА3-3х4Е-0,4/3,5-0,3/20-12/0 – для прокладання у ґрунт у поліхлорвінілових трубках.

Вибраний кабель ОКЛ-3-ДА3-3х4Е-0,4/3,5-0,3/20-12/0 має центральний силовий елемент із склопластикового стержня, навколо якого скручені п’ять корделів та три оптичні модулі, в кожному по чотири ОВ, з коефіцієнтом загасання до 0,3дБ/км і коефіцієнтом хроматичної дисперсії 20 пс/(нм · км) у

діапазоні 1550 нм, а в діапазоні 1310 нм – з коефіцієнтом загасання до 0,4 дБ/км і коефіцієнтом хроматичної дисперсії 3,5 пс/(нм · км), без жил дистанційного живлення.

Внутрішньомодульний та міжмодульний простір кабелю заповнені гідрофобним заповнювачем. Осердя скріплене стрічками обмотки, поверх якого шар армідних ниток з гідрофобним заповнювачем. Поверх всього прокладено шланг із поліетилену.

Таблиця 3.1 – Основні технічні характеристики ОК

Найменування параметра	ОКЛ	ОКЛБ	ОКЛБг	ОКЛК	ОКЛК	ОКЛС
Кількість ОВ, шт.	Від 4 до 72					
Тип ОВ	Одномодові або багатомодові					
Опорні довжини хвиль, нм: - одномодові ОВ - багатомодові ОВ	1310 та 1550 850 та 1310					
Діапазон максимальних коефіцієнтів згасання, дБ/км, на хвилях для одномодових ОВ: 1310 нм 1550 нм	Від 0,35 до 0,70 включно Від 0,21 до 0,60 включно					
Коефіцієнт хроматичної дисперсії одномодових ОВ, пс/(нм·км), не більше, на хвилях: 1310 нм 1550 нм	3,5 20,0					
Номінальний діаметр ОК, мм, з ЦСЕ із: - діелектрика - метала - діелектрика та шару армідних ниток поверх скріплювальних	12,0 12,0 13,5	17,0 17,0 18,5	15,0 15,0 16,6	17,6 17,6 21,8	21,1 - -	18,0 - -
Розтягуючі зусилля на ОК, кН: - Д - ДА - Д2А - Д3А - Д4А - М	2,0 3,5 7,0 10,0 15,0 3,5	2,0 3,5 - - - 3,5	2,0 3,5 - - - 3,5	10,0 80,0 - - - -	80,0 - - - - -	10,0 - - - - -

### 3.2 Розрахунок необхідної кількості оптичного кабелю

Проводимо розрахунок запасу кабелю. Нормативний запас з урахуванням умов прокладання кабелю становить: 2% при прокладанні його в ґрунт; в кабельні каналізації – 5,7%; у водні перешкоди – 14%.

Обчислення приведені в таблиці 3.2

Таблиця 3.2 – Розрахунок довжини ОК

Місце прокладання ОК	Довжина ділянки, км	Запас ОК, %	Запас ОК, км	Розрахована кількість ОК, км
				ОКЛ-3-ДА1-3х4Е-0,4/3,5-0,3/20-12/0
Ґрунт	195	2	3,90	<b>198,90</b>
Каналізація	21	5,7	1,20	<b>22,20</b>
Водні	2	14	0,20	<b>2,20</b>
<b>Разом</b>	<b>218</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>223,30</b>

Згідно розрахунку необхідно 223,30 км кабелю.

Необхідно врахувати те, що будівельна довжина ОК, що виготовляється заводом-виготовником складає 2000 м (можлива комплектація ОК довжиною не менше 1000 м, але в кількості не більше 30 % від загальної довжини партії, що замовляється). Тому загальна довжина кабелю становить 224 км.

Отже, в підсумку для побудови проекрованої магістралі необхідно 224 км кабелю марки ОКЛ-3-ДА1-3х4Е-0,4/3,5-0,3/20-12/0.

## 4 ВИБІР СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ

### 4.1 Розрахунок мереженого навантаження

На основі заданої кількості каналів між пунктами мережі проводимо розрахунок.

Яремче – Бистриця – 150 каналів Т. Ч. – 5Е1.

Яремче – Усть-Чорна – 150 каналів Т. Ч. – 5Е1.

Яремче – Ясіня – 150 каналів Т. Ч. – 5Е1.

Яремче – Яблуниця – 210 каналів Т. Ч. – 7Е1.

Бистриця – Усть-Чорна – 120 каналів Т. Ч. – 4Е1.

Бистриця – Ясіня – 120 каналів Т. Ч. – 4Е1.

Бистриця – Яблуниця – 90 каналів Т. Ч. – 3Е1.

Усть-Чорна – Ясіня – 240 каналів Т. Ч. – 8Е1.

Усть-Чорна – Яблуниця – 180 каналів Т. Ч. – 6Е1.

Ясіня – Яблуниця – 60 каналів Т. Ч. – 2Е1.

Таблиця 4.2 – Мережене навантаження

Вузол №	1	2	3	4	5	Σ
1		5	5	5	7	<b>22</b>
2	5		4	4	3	<b>16</b>
3	5	4		8	6	<b>23</b>
4	5	4	8		2	<b>19</b>
5	7	3	6	2		<b>18</b>
<b>Σ</b>	<b>22</b>	<b>16</b>	<b>23</b>	<b>19</b>	<b>18</b>	

### 4.2 Розрахунок кількості потоків по сегментах мережі

Використовуючи таблицю мережевого навантаження (табл. 4.1) проведемо розрахунки кількості потоків по сегментах мережі (напрям розповсюдження сигналу – проти годинникової стрілки).

Результати зводимо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.3 – Потоки по сегментах мережі

Діл. 1-2	Діл. 2-3	Діл. 3-4	Діл. 4-5	Діл. 5-1
Напр., пот				
1-2, 5	2-1, 5	2-1, 5	2-1, 5	<b>2-1, 5</b>
1-3, 5	1-3, 5	3-1, 5	3-1, 5	<b>3-1, 5</b>
1-4, 5	1-4, 5	1-4, 5	4-1, 5	<b>4-1, 5</b>
1-5, 7	1-5, 7	1-5, 7	1-5, 7	<b>5-1, 7</b>
3-2, 4	2-3, 4	3-2, 4	3-2, 4	<b>3-2, 4</b>
4-2, 4	2-4, 4	2-4, 4	4-2, 4	<b>4-2, 4</b>
5-2, 3	2-5, 3	2-5, 3	2-5, 3	<b>5-2, 3</b>
4-3, 8	4-3, 8	3-4, 8	4-3, 8	<b>4-3, 8</b>
5-3, 6	5-3, 6	3-5, 6	3-5, 6	<b>5-3, 6</b>
5-4, 2	5-4, 2	5-4, 2	4-5, 2	<b>5-4, 2</b>
<b>Σ 49</b>				

### 4.3 Вибір системи передачі та типу обладнання

Розглянемо деякі технічні характеристики синхронних мультиплексорів.

Канали доступу атрибутивних інтерфейсних карт. Для трибів PDH стандартний набір каналів 1.5/2, 34, 140 Мбіт/с. Для мультиплексорів рівня STM-1 SDH триб може бути електричним або оптичним, для рівнів STM-4,16 – тільки оптичні SDH триби.

Число атрибутивних інтерфейсних карт і тип захищеного режиму по входу. У дужках дані числа основних і резервних карт, причому число резервних карт повинно відповідати схемі захисту трибів.

Максимальне навантаження на мультиплексом (у захищеному режимі). Дана характеристика вказує максимальне число каналів, що обслуговуються, по кожному типі триба окремо.

Тип локальної комутації каналів доступу. Тут зазначені три можливих варіанти: триб-лінія (т-л), триб-триб (т-т) і лінія-лінія (л-л).

Можливості неблокуючої крос-комутації. Ця можливість звичайно характеризується еквівалентним числом потоків, що комутуються. Звичайно вона узгоджується з максимальним навантаженням на мультиплексом і характеризує

можливості крос-комутації самого мультиплексора, що, як правило, в два й у чотири рази вище максимально-можливого числа каналів, що комутуються.

РС інтерфейс F. Інтерфейс F використовується для підключення локального терміналу доступу оператора за допомогою РС. Для підключення до мультиплексора звичайно використовується модемний канал, що використовує послідовний порт з інтерфейсом V.24/RS-232C і швидкістю передачі 9,6 кбіт/с чи 19,2 кбіт/с.

Таблиця 4.3 – Порівняльні характеристики синхронних мультиплексорів

Характеристика	Alcatel	AT&T	Ericsson	Siemens
Синхронні мультиплексори STM-1				
Тип обладнання	1651 SM	ISM-2000/ STM-1	AXD-155	<b>SMA-1</b>
Канали доступу (триби) PDH (Мбіт/с)	2,34,45,140	2,34,140	2,34,140	<b>2,34,140</b>
Канали доступу (триби) SDH (Мбіт/с)	дробний 155	155	155	<b>155</b>
Число портів на атрибутивній інтерфейс ній карті для кожного типу триба	21 (2), 3(34/45)	16(2),3(34)	16(2),32(2),63 (2),3(34)	<b>16(2),3(34)</b>
	1(140/155), 3(дроб.155)	1(140),1(155)	1(140),1(155)	<b>1(140),1(155)</b>
Число атрибутивних інтерфейсних карт	5(3+1+1)	5(4+1)	5(3+1+1)	<b>5(4+1)</b>
Тип захищеного режиму по входу	3:1,1:1(34/45)	N+1,1+1(155)	1+1,1+1(155)	<b>4:0,4:1</b>
Макс. навантаження на мультиплексом (в захищеному режимі)	63x2, 3x34	63x2, 3x34	63x2, 3x34	<b>63x2, 6x34</b>
	1x(140/155)	1x(140/155)	1x(140/155)	<b>2x140</b>
Лінійні канали (агрегатний вхід) (Мбіт/с)	155(ел.,опт.)	155(ел.,опт.)	155(ел.,опт.)	<b>155(ел.,опт.)</b>
Тип захищеного режиму по виходу	1+1, 1:1	1+1, 1:1	1+1, 1:1	<b>1+1, 1:1</b>
Можливість неблокованої комутації	1 x STM-1	1 x STM-1	8 x STM-1	<b>254x2Мбіт/с</b>
Варіанти використання обладнання	TM,R,ADM-л, к	TM,R,ADM-л, к	TM,R,ADM-л, к	<b>TM,R,ADM-л, к</b>
<b>Розміри блоків в стійці (ВxШxГ) мм</b>	<b>475x483x285</b>	<b>622x450x260</b>	<b>475x483x285</b>	<b>500x450x280</b>

LAN інтерфейси. Ці інтерфейси використовуються в центрі керування для зв'язку мультиплексорів з елемент менеджером ЕМ (ЕМ) системи керування

мережею NMS. Цей зв'язок здійснюється по локальній мережі Ethernet (10Мбіт/с) або мережі з комутацією пакетів X.25, через так званий Q-інтерфейс.

Службові канали. Формально можуть бути використані байти заголовка SON D1-D12, E1-I2, Z1-Z2 і інші резервні байти.

Основні характеристики мультиплексного устаткування зведені в таблицю 4.3 для синхронних мультиплексорів SDH - STM-1. В ній зазначений ряд параметрів мультиплексного устаткування, тоді як у таблиці 4.4 зазначені інші загальні для всіх мультиплексорів характеристики, що відносяться до систем керування елементами мережі і мережею в цілому.

Таблиця 4.4 – Загальна частина мультиплексного обладнання

Фірми	Alcatel	AT&T	Ericsson	Siemens
Характеристика				
Тип елемент-менеджера (ЕМ)	1353-SH	ITM-SC	EMOS	<b>EMOS</b>
Тип мережевого менеджера	1354-RM/1354-NM	ITM-XM/NM	SMN-OS	<b>SMN-OS</b>
РС інтерфейс F LAN-інтерфейси	RS232C/9600кб/с	RS232C/9600кб/с	RS232C/9600кб/с	<b>V.24/9/6kbps</b>
	G.773QB3/QB2 (Eth)	G.773QB3 (X.25)	G.773QB3/QB2 (Eth)	<b>Qx(Eth.X.25)/64кб/с</b>
Службові канали	блок ОНА	блок ОНА	COMM	<b>ком.порт</b>
Макс. число мульт., керованих ЕМ	н.д.	100	н.д.	<b>256</b>
Тип стійки, розміри (ВхШхГ) дані в [5]	ETSI,IEC-297	ETSI,IEC-297	ETS 300-119/4	<b>ETSI</b>
	2.2x0.6x0.3	2.2x0.6x0.3	2.2x0.6x0.3	<b>2.2x0.6x0.3</b>
<b>Тип викор. синхр.</b>	<b>В.Т., С.Т., Т.С, Л.С.</b>			

Тому що SDH мережа України побудована з використанням обладнання фірми Ericsson, то при проектуванні магістралі, щоб спростити управління мережею, доцільно використати обладнання цієї ж фірми.

Обладнання фірми ERICSSON мультиплексор AXD 155-3 є новим поколінням синхронних мультиплексорів з оптичними лінійними інтерфейсами STM-1.

Переваги мультиплексора AXD 155-3:

- компактна модульна конструкція;
- низьке енергоспоживання;

- простота установки і експлуатації;
- можливість централізованого управління;
- висока економічна ефективність.

Оснoву мультиплексoра AXD 155-3 склaдає бoк MOST в який вхoдять, як його частини, так і бoки: MUX CONTROL – мультиплексoр кoнтрoлер, OPTICAL MUX – oптичний мультиплексoр (до двoх бoків), SWITCH – бoк переклoчень (крос-кoмутaтoр), TIMEX – генерaтoрне oблaднaння.

Бoк MOST (кoнтрoлер мультиплексoр oптичного тpибутивa кoмутaтoрa) викoнує слiдуючи функції:

1. Управління до восьми потоками STM-1 (ITU-T, рекомендація G.707);
2. Управління крос-з'єднаннями на рівнях віртуального контейнера VC12, VC2, VC3, VC4 із загальною ємністю крос-з'єднань, що складають 8 еквівалентів STM-1;
3. Контроль всього обладнання;
4. Синхронізація всього обладнання;
5. Управління чотирма каналами DCC ( $8^{\text{ми}}$  при використанні блоку зв'язку);
6. Управління інтерфейсом F для підключення локального контролера.

MOST може бути oблaднаний мaксимум двoма лінійними мoдулями STM-1 (електричний/oптичний) і oдним тpибутивним мoдулем.

В мoдулі MOST може бути встaновлений oдин із таких тpибутивних мoдулів:

- Тpибутивний мoдуль з асинхронним відoбpаженням 32x2 Мбiт/с G.703.
- Тpибутивний мoдуль 16x2 Мбiт/с.
- Тpибутивний мoдуль 1x34 Мбiт/с.
- Електричний тpибутивний мoдуль 1x STM-1 (G.703).

Для прoстих застoсувань може викoристовуватись oдин бoк MOST (тoбто, oдин регенерaтoр aбo oдин ADM з тpибутивaми 2 Мбiт/с до 32 штук), aле, якщо нoбхідна бiльш склaднa рoбoтa (тoбто, управління великим числoм тpибутивів чи

інтерфейсом Q), AXD 155-3 може бути оснащена другим блоком MOST та слідує ми блоками:

- Трибутивні модулі: 63x1,5/2 Мбіт/с; 1x34 Мбіт/с; 1x45 Мбіт/с; 1x140 Мбіт/с.
- Електричний трибутивний модуль STM-1.
- Модуль зв'язку.
- Допоміжний модуль.

Трибутивний модуль 63x1,5/2 Мбіт/с – може приймати до 63 трибутивів 1,5 Мбіт/с чи 2 Мбіт/с і виконувати перетворення каналів G.703 в рівень TU-3 (чи з рівня TU-3).

Модуль зв'язку – дозволяє керувати інтерфейсом Q для підключення AXD 155-3 до центру управління мережі та максимально вісьмома DCC.

Електричний модуль STM-1 G.703 – може керувати одним потоком STM-1 з електричним інтерфейсом лінії.

Допоміжний модуль – забезпечує каналами зв'язку користувача.

Джерело живлення. В AXD 155-3 кожний змінний модуль має секцію джерела живлення, котра використовує батарейну напругу від станції (-48 В ± 20% чи -60 В ± 20%) для генерування робочих напруг, необхідних для змінних модулів.

Кожний модуль має свій власний перетворювач DC/DC (постійного струму в постійний струм). Обладнання живиться від двох ліній електроживлення, які забезпечують паралельно напругу для всіх модулів. У випадку відмови однієї лінії друга буде жити всю навантаження.

Структура, загальні характеристики, і всі функції обладнання узгоджені з рекомендаціями ITU-T G.958, G.781, G.782, G.783, G.784, G.823, G.825, G.826 і G.813; якщо доступний інтерфейс Q – Q.811 і Q.812; для електричних інтерфейсів (лінійних і трибутивних) – G.703.

На мал. 4.1 приводиться спрощена схема AXD 155-3, на якій вказано найбільш важливі шини.

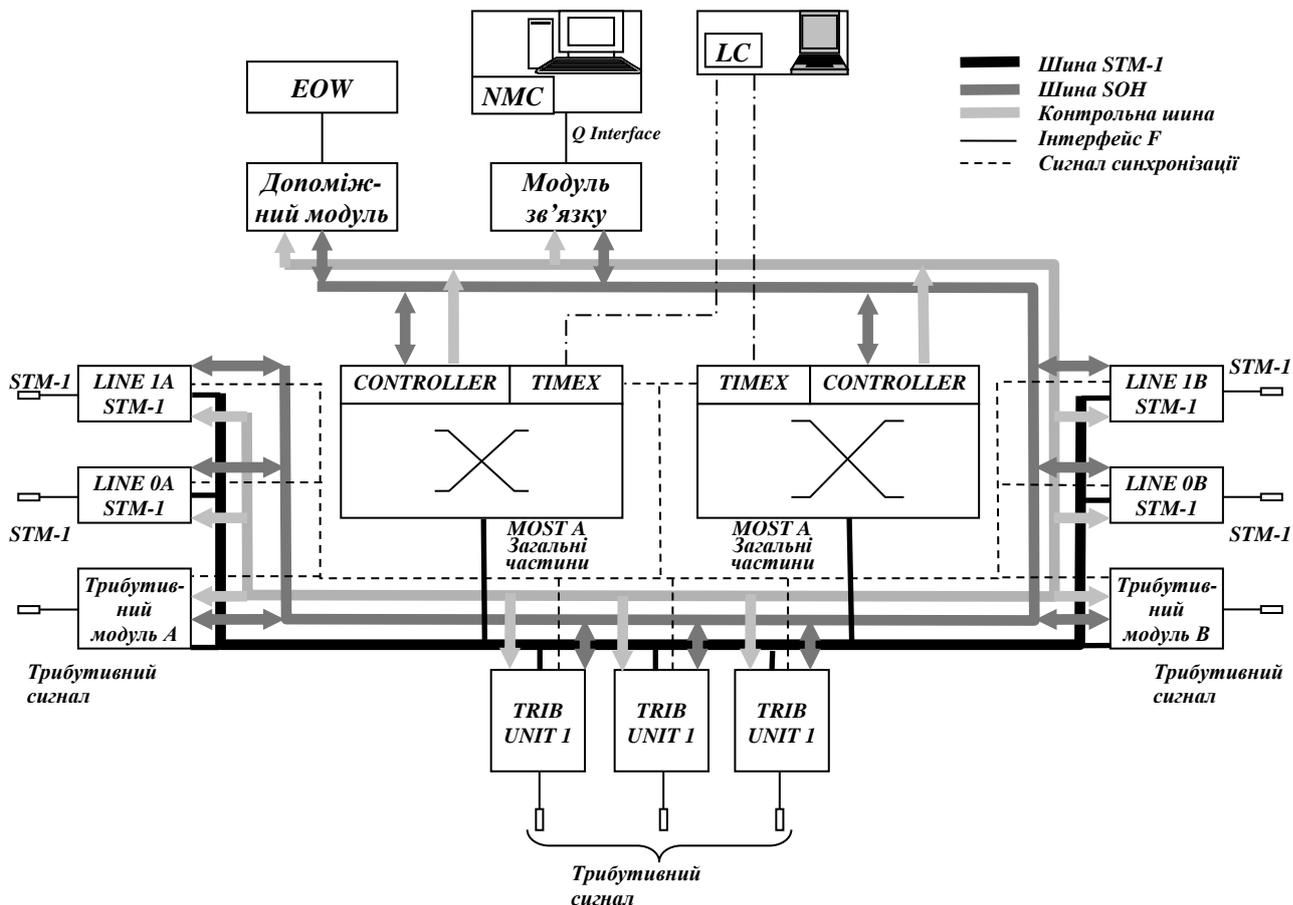


Рисунок 4.1 – Спрощена структурна схема мультиплексора AXD-155-3

Обладнання AXD 155-3 працює з одномодовими оптичними волокнами, що повинні відповідати рекомендаціям ІТУ-Т G.652, G.653 чи G.654. Оптичні волокна можуть закінчуватися конекторами FC або SC. Всі оптичні інтерфейси узгоджуються з рекомендацією G.957 ІТУ-Т.

Монтажна корзина AXD 155-3 може вміщувати до двох модулів MOST, три трибутивних модуля, модуль зв'язку і допоміжний модуль.

Ширина монтажною корзинки AXD 155-3 складає половину стандартної монтажною корзинки ETS300-119/4. Тому стандартний стояк ETS300-119/4 може вмістити до шести монтажних корзиночок AXD 155-3.

Управління потоками. AXD-155-3 може керувати слідуючими трьома потоками:

- 1) до двох електричних або оптичних лінійних інтерфейсів STM-1 (1+1 або 1+0);
- 2) до чотирьох електричних трибутивів STM-1;

3) до 63 трибутивів 1,5 – 2 Мбіт/с.

Сигнали приймаються вхідними інтерфейсами (на трибутивній, і на лінійній стороні) і перетворюються в код NRZ. Сигнали NRZ STM-1 перетворюються з послідовного в паралельний формат (з використанням 4-бітової шини на швидкості бітів 38,8 Мбіт/с). Виділяються байти SOH (сигналів STM-1) і направляються по шині SOH\_BUS в модуль MOST або в модуль зв'язку. Обробляються POH сигналів 2 Мбіт/с. Вказівки обробляються для того, щоб виконати повторне узгодження швидкостей. Для сигналів 2 Мбіт/с аналізуються біти контролю узгодження. Для трибутива 2 Мбіт/с генерується псевдосигнал STM-1 в 4-бітовому паралельному форматі. Корисні сигнали (TU) посилаються в напрямку комутатора по 4-бітовій шині (STM\_BUS) зі швидкістю передачі бітів 38,8 Мбіт/с (є 16 таких шин, так як кожний лінійний і трибутивний модулі з'єднані з обома комутаторами).

Завжди присутній тільки один активний комутатор, що знаходиться на ведучому модулі MOST. Контролер ведучого модуля MOST приймає рішення про використання шин STM-1, підключених до його комутатора.

Таблиця 4.5 – Оптичні характеристики AXD-155-3

	Одиниці	Значення		
Цифровий сигнал	кБіт/с	<b>STM-1 (G.707 G.958):</b>		
Номінальна швидкість		<b>155 52</b>		
Код застосування		S-1.1	L-1.1	<b>L-1.2/1.3</b>
Робочий діапазон довжин хвиль	нм	1280/1335	1280/1335	<b>1530/1570</b>
Передатчик в опорній точці S				
Тип джерела		FP-LD	FP-LD	<b>DFP-LD</b>
Спектральні характеристики: Максимальна ширина RMS ( $\sigma$ )	пс/ нм·км	3,5	4	<b>20</b>
Середня потужність випромінювання	дБ	-12	-2,5	<b>-2,5</b>
Приймач в опорній точці R				
Мінімальна чутливість	дБ	-34	-34	<b>-34</b>
<b>Оптична траса між S та R</b> <b>Максимальна дисперсія</b>				
	<b>пс/нм</b>	<b>150</b>	<b>185</b>	<b>1900</b>

Між трибутивним модулем MOST і комутатором другого модуля MOST прямого зв'язку немає. При нормальній роботі сигнал від трибутивного модуля MOST посилається на комутатор другого модуля MOST за допомогою двох шин STM-1, що зв'язують безпосередньо два комутатори. Якщо комутатор модуля MOST відмовляє, то трибутивний модуль цього ж модуля стає недоступним з точки зору управління трафіком.

Функція крос-з'єднання. Конфігурації крос-з'єднання визначають таким чином: вхідний/вихідний трафік повинний мультиплексуватись/демультиплексуватись і розподілятися при його вивантаженні з віртуального контейнера фрейма STM-1.

Створення крос-з'єднання розглянемо на прикладі навантаження 2 Мбіт/с. На маршрутизатор поступають два потоки псевдо STM-1 зі сторони Захід WA і WB. Ці потоки поступають з лінійних (агрегатних) блоків А і В (сигнал корисної навантаження без заголовків зі швидкістю STM-1). Маршрутизатор відбирає один з цих потоків для подальшої обробки (функція захисту).

Із сторони Схід на маршрутизатор також поступають 2 потоки STM-1 (EA і EB) від лінійних блоків А і В. Маршрутизатор вибирає один з них для подальшої обробки.

По шинах, що під'єднані до селектора компонентних входів, на блок переключень будуть поступати потоки. Цей селектор виділяє потоки що поступають від робочих трибутивних блоків. Далі робочі потоки побайтно мультиплексуються в концентраторі і розподіляються на два виходи (дублюються). Таким чином отримується сигнал 63 TU-12 – псевдо STM-1.

Головним елементом маршрутизатора є повнодоступна матриця переключення, яка не блокується. На її входи поступають 4 цифрові потоки псевдо STM-1 зі швидкістю 38,8 Мбіт/с (по 4-бітовій шині): один потік зі сторони Захід, другий – зі сторони Схід, два з компонентних блоків. Створення логічних з'єднань між входами і виходами забезпечує матриця переключення. Вона може виконувати взаємні з'єднання між лінійною і атрибутивною стороною. Процедура

конфігурації реалізується за допомогою програмного забезпечення локального контролера.

AXD 155-3 може керувати слідуючи ми видами крос-з'єднань: однонаправленим, двонаправленим, трансляційним, каскадним, шлейфним.

Захист лінії. Обладнання передбачає опції захисту для виконання вимог різних мережених конфігурацій: Точка-точка: захист 1+1 мультиплексної секції (MSP) на лініях і трибутивних інтерфейсах STM-1; Кільце: Захист підключення під мережі (Захист шляху).

З погляду управління схема захисту шляху є найпростішою, так як комутація реалізується кожним вузлом на основі локального рішення і не потребує обміну повідомленнями між вузлами.

Синхронізація. Архітектура синхронізації AXD 155-3 основана на концентрації джерел синхронізації і їх розподілу в модулі MOST. Модуль MOST, діючий в якості головного, приймає різні джерела синхронізації: зовнішній еталон, лінійне та внутрішнє джерело. Тімех ведучого модуля MOST здійснює вибір з джерел синхронізації та розподіляє їх на відповідні діючі ланки у відповідності з конфігурацією, що видається контролером. Сигнали опорної синхронізації посилаються паралельно на обидва комутатори. Контролер, що знаходиться в стані ведучого, дозволяє виділення сигналів синхронізації відповідному комутатору. AXD 155-3 має можливість підтримувати такі конфігурації синхронізації: трибутивну; лінійну; зовнішню; внутрішню; наскрізну синхронізацію.

Обладнання може бути використане в мережевій ланковій конфігурації, кільцевій конфігурації чи конфігурації концентратора. Воно може бути також використане в якості шлюзу на стику з центром керування мережею, або в якості ведучого пристрою кільця в кільцевій мережі.

Керування обладнанням може здійснюватись локально та дистанційно через інтерфейс F RS232, та з центру управління мережею інтерфейс Q згідно рекомендації Q.811 і Q.812.

## 5 РОЗРАХУНОК ДОВЖИНИ РЕГЕНЕРАЦІЙНОЇ ДІЛЯНКИ ТРАСИ

Існує залежність між ослабленням і дисперсійним спотворенням оптичних імпульсів при передачі їх по ОК та довжиною лінії передачі. В цій залежності помітну роль також відіграє тип оптичного волокна. Довжина ділянки регенерації  $L_p$  обмежена або допустимим затуханням сигналу в тракці, або допустимим розширенням (дисперсією) оптичних імпульсів у часі. Тому, проектуючи трасу, необхідно виконати два розрахунки довжини ділянки регенерації ( $L_{p1}, L_{p2}$ ) і вибрати найменше з отриманих значень [7].

### 5.1 Розрахунок довжини регенераційної ділянки по затуханням

При заданих ймовірності помилки в повідомленні, що приймається, та швидкості передачі інформації для кожного типу приймача випромінювання ПРОМ існує мінімально допустимий рівень сигналу прийому  $P_{\text{прм min}}$ . Нижче цього рівня не забезпечується задана якість передачі інформації. Мінімально допустимий сигнал на вході приймача випромінювання ПРОМ визначається допустимим коефіцієнтом помилок ( $K_{\text{пом.}} = 10^{-9}$ ).

Величина потужності на вході приймача випромінювання залежить від потужності джерела випромінювання  $P_{\text{пер}}$ ; втрат в роз'ємних з'єднаннях (джерела випромінювання з волокном та волокна з приймачем випромінювання)  $\alpha_{\text{рз}}$ ; втрат волокна в нероз'ємних з'єднаннях волокон  $\alpha_{\text{нрз}}$  при стику сусідніх будівельних довжин  $l_{\text{буд}}$  опричного кабелю; втрат потужності внаслідок затухання в оптичному волокні  $\alpha_{\text{вд}}$ .

Потрібно також передбачити допуск змін параметрів ВОСП внаслідок змін температур та через погіршення параметрів ПОМ, ОК, ПРОМ, а також для ремонтно-відновлювальних робіт при пошкодженні траси. Ці втрати

враховуються шляхом введення експлуатаційного запасу системи зв'язку  $P_{зап}$  ( $P_{зап} = 6$  дБ).

Для забезпечення заданої якості передачі необхідно, щоб потужність джерела випромінювання  $P_{пер}$  була більша ніж мінімально допустимий рівень чутливості прийомного оптичного модуля (ПРОМ)  $P_{прм\ min}$  на значення  $P_{зап}$ .

$$P_{пер} \geq P_{прм\ min} + P_{зап} \quad (5.1)$$

Рівень потужності на вході приймача випромінювання:

$$P_{прм} = P_{пер} - \alpha_{заг} - P_{зап}, \quad (5.2)$$

де  $P_{пер}$  - рівень потужності випромінювання оптичного передавача, дБ;  $\alpha_{заг}$  - враховує сумарні втрати в лінійному тракті, дБ.

Складаються загальні втрати з втрат:

- при вводі випромінювання у волоконний світловод ( $\alpha_в$ ), дБ;
- втрат в пристрої виводу ( $\alpha_{вив}$ ), дБ;
- власних втрат у ОВ ( $\alpha_{вл}$ ), дБ.

Отже, маємо:

$$\alpha_{заг} = \alpha_в + \alpha_{вив} + \alpha_1 \cdot L_p \quad (5.3)$$

$$\alpha_{вл} = \alpha_1 \cdot L_p, \quad (5.4)$$

де  $\alpha_1$  - погонне загасання волокна, дБ/км;  $L_p$  - довжина світловоду або регенераційної ділянки, км.

Втрати в з'єднаннях джерело випромінювання – ОВ ( $\alpha_с$ ) потужності залежать від типів джерел випромінювання, що застосовуються, і ОВ, способів їх стикування і пристроїв узгодження хвильових фронтів джерела і ОВ. Втрати в з'єднаннях ОВ – ОВ залежать від способу їх стикування.

Найчастіше використовують нероз'ємні з'єднання, що виконані методом зварки. Сумарні втрати в зварному нероз'ємному з'єднанні становлять:  $\alpha_{нрз} = 0,1$  дБ.

Кількість з'єднань  $m$  на регенераційній ділянці  $L_{p\partial l}$  залежить від будівельної довжини кабелю  $L_с$ :

$$m = \frac{L_p}{L_{\text{бюд}}} + 1 \quad (5.5)$$

Якщо,  $q$  – з'єднань роз'ємні, а інші  $p = m - q$  – нероз'ємні з'єднання з втратами  $a_{pz}$  і  $a_{нрз}$  відповідно, тоді втрати в з'єднаннях:

$$a_{\text{заг}} = a_{\text{нрз}} \left( \frac{L_p}{L_{\text{бюд}}} + 1 - q \right) + q \cdot a_{pz} \quad (5.6)$$

В тракті на регенераційній ділянці – два з'ємних з'єднання ( $q = 2$ ). Тому:

$$a_{\text{заг}} = a_{\text{нрз}} \left( \frac{L_p}{L_{\text{бюд}}} - 1 \right) + 2 \cdot a_{pz} \quad (5.7)$$

Тому що

$$P_{\text{нрм}} = P_{\text{нер}} - a_{\text{заг}} - P_{\text{зан}}, \quad (5.8)$$

то можемо записати:

$$P_{\text{нрм}} = P_{\text{нер}} - a_{\text{нрз}} \left( \frac{L_p}{L_{\text{бюд}}} - 1 \right) + 2 \cdot a_{pz} - P_{\text{зан}} \quad (5.9)$$

На перекриття всіх видів втрат в лінійному тракті витрачається енергетичний потенціал обладнання ВОСП  $Q$ , тобто, повинен забезпечуватися баланс потужності, дБ:

$$Q = P_{\text{нер}} - P_{\text{мін.нр}} \quad (5.10)$$

Формула для розрахунку довжини регенераційної ділянки по потужності (затуханню), км:

$$L_{P1} \leq \frac{Q - P_{\text{зан}} - 2 \cdot a_{pz}}{a_1 + \frac{a_{\text{нрз}}}{L_{\text{бюд}}}} = L_{P1\text{max}} \quad (5.11)$$

Проектуючи, використовуємо кабель, що випускає ВАТ „Одескабель” згідно ТУ У 05758730.007-97 з погонними втратами у волоконному світловоді  $a_1 = 0,4$  дБ/км для  $\lambda = 1310$  нм та  $a_1 = 0,3$  дБ/км для  $\lambda = 1550$  нм; роз'єми типу FC

фірми NTT, з типовими втратами  $a_{pz} = 0,3$  дБ для з'єднань ОМ-ОВ. З'єднання будівельних довжин кабелю буде виконуватися зварювальним апаратом, який забезпечує типові втрати в нероз'ємних з'єднаннях  $a_{нз} \leq 0,1$  дБ. Кабель має середню будівельну довжину  $L_{б\gamma\delta} = 2,0$  км.

Організовуючи довгу міжстанційну секцію (L) оберемо лазерне джерело випромінювання (ПОМ), що працює на довжині хвилі 1550 нм, ОВ відповідає рекомендаціям G.652; G.654 – L-1.2, оптичні характеристики якого:

$$P_{нр\delta} = -2,5 \text{ дБ}; \quad P_{нрм.мін} = -34 \text{ дБ}; \quad P_{нрм.мак} = 0 \text{ дБ}; \quad P_{зан} = 6 \text{ дБ (для AXD-155-3)};$$

$$a_1 = 0,3 \text{ дБ/км}; \quad a_{pz} = 0,3 \text{ дБ}; \quad a_{нз} = 0,1 \text{ дБ}; \quad L_{б\gamma\delta} = 2 \text{ км.}$$

Розраховуємо дані для довгої міжстанційної секції:

$$Q = (-2,5) - (-34) = 31,5 \text{ дБ};$$

$$L_{p1\max(L-1,2)} = (31,5 - 6 - 2 \cdot 0,3) / (0,3 + 0,1 / 2,0) \approx 71,14 \text{ км.}$$

Тобто енергетичний потенціал AXD-155-3 при використанні ПОМ з інтерфейсом L-1.2 становить  $Q = 31,5$  дБ.

Максимальна довжина довгої регенераційної ділянки за енергетичними характеристиками на  $\lambda = 1550$  нм становить 71,14 км.

При організації короткої міжстанційної секції (S) оберемо лазерне джерело випромінювання (ПОМ), що працює на довжині хвилі 1310 нм, ОВ відповідає рекомендаціям G.652 – S-1.1, оптичні характеристики якого:

$$P_{нр\delta} = -12 \text{ дБ}; \quad P_{нрм.мін} = -34 \text{ дБ}; \quad P_{нрм.мак} = 0 \text{ дБ}; \quad P_{зан} = 6 \text{ дБ (для AXD-155-3)};$$

$$a_1 = 0,4 \text{ дБ/км}; \quad a_{pz} = 0,3 \text{ дБ}; \quad a_{нз} = 0,1 \text{ дБ}; \quad L_{б\gamma\delta} = 2 \text{ км.}$$

Розраховуємо дані для короткої міжстанційної секції:

$$Q = -12 - (-34) = 22 \text{ дБ};$$

$$L_{p1\max(S-1,1)} = (22 - 6 - 2 \cdot 0,3) / (0,4 + 0,1 / 2,0) \approx 34,22 \text{ км.}$$

Енергетичний потенціал AXD-155-3 при застосуванні ПОМ з інтерфейсом S-1.1 становить  $Q = 22$  дБ. Максимальна довжина короткої регенераційної ділянки згідно розрахунку за енергетичними характеристиками на  $\lambda = 1310$  нм становить 34,22 км.

Так як більший рівень сигналу на вході приймача системи передачі недопустимий, тому що це приводить до порушення режиму роботи приймача довжина регенераційної ділянки не може бути менше певної довжини. У випадку, якщо довжина лінії зв'язку менша мінімально допустимої довжини необхідно встановити оптичні атенюатори.

## 5.2 Розрахунок довжини регенераційної ділянки по дисперсії

Дисперсія – один з основних чинників, що впливає на довжину регенераційної ділянки [7]. Оптична швидкість передачі інформації – другий чинник, що впливає на довжину регенераційної ділянки.

При проходженні по оптичному тракту імпульси світла змінюють не тільки свою амплітуду, але і форму, тобто імпульс уширюється. Це означає, що тривалість його за рівнем половини амплітуди на виході тракту  $t_{вих}$  більша, ніж на вході -  $t_{вх}$ . При фіксованій дисперсії настає момент, коли передані імпульси в оптичному лінійному тракту можуть перекриватися, тобто швидкість передачі обмежена.

Три основних чинники, які накладають обмеження на швидкість передачі інформації в цифрових ВОСП:

- 1) тривалість фронту імпульса ПОМ  $\tau_{дж}$ , с;
- 2) збільшення тривалості фронту імпульса, внаслідок сумарної дисперсії в ОВ довжиною  $L$ . Величину розширення імпульсів характеризує середньоквадратична ширина імпульсної характеристики  $\sigma_L$ :

$$\sigma_L = \sqrt{\sigma_{мод}^2 \pm \sigma_{мат}^2 \pm \sigma_{хв}^2}, \quad (5.12)$$

що складається з модової (міжродової)  $\sigma_{мод}$ , матеріальної  $\sigma_{мат}$  і хвильової  $\sigma_{хв}$  дисперсії;

- 3) збільшення тривалості фронту імпульса, через інерційність ПРОМ  $\tau_{пр}$ .

Після проходження ділянки регенерації тривалість фронту імпульса становить, с:

$$\tau_p = \sqrt{\tau_{джс}^2 \pm \sigma_L^2 \pm \tau_{пр}^2}. \quad (5.13)$$

На виході ПРОМ регенератора тривалість фронту імпульса не повинна перевищувати допустиму величину, наприклад,  $\tau_{дон} = 0,7 \cdot T$  для NRZ і  $\tau_{дон} = 0,35 \cdot T$  для RZ форматів (кодів) передачі, де  $T = 1/B$  – тривалість тактового інтервалу, с, при швидкості передачі інформації  $B$ , біт/с.

Отже, найбільша довжина регенераційної ділянки визначається повними втратами в лінійному тракті та розширенням імпульсів в оптичному волокні. Розширення імпульсу залежить від типу оптичного волокна (одномодове чи багатомодове, ступінчате чи градієнтне) та ширини спектральної лінії джерела.

На основі аналізу впливу уширення імпульсів у лінійному тракті проєктованої магістралі видно, що ними можна зневажити практично для всіх форм передачі імпульсів, якщо виконується умова:

$$B \leq 0,25 / \sigma. \quad (5.14)$$

Формула для розрахунку дисперсії у волокні довжиною  $L$ :

$$\sigma = \sigma_1 \cdot L, \quad (5.15)$$

де погонна дисперсія  $\sigma_1 \left[ \frac{нс}{нм \cdot км} \right]$  - це дисперсія у волокні довжиною 1 км

при ширині спектральної лінії джерела випромінювання 1 нм.

Існує критична (максимально допустима) швидкість передачі інформації  $B_{кр}$ , біт/с,

$$B_{кр} = a / (4\sigma_1 \omega), \quad (5.16)$$

де  $\omega = P_{прд} - P_{прм.мах} - \alpha_в - \alpha_{вив} = Q - \alpha_в - \alpha_{вив}$ ,

$P_{прд}$  - потужність випромінювання передавача;

$P_{прм.мах}$  - мінімальна чутливість приймача;

$\alpha_в$  - втрати в з'єднанні джерело – ОВ;

$\alpha_{вив}$  - втрати в з'єднанні ОВ – приймач;

$\sigma_1$  - сумарна кілометрична дисперсія ОВ.

При швидкості передачі інформації більшій за критичну передача інформації обмежується дисперсійними спотвореннями, а максимальна довжина ділянки регенерації становить, км:

$$L_{p2} = \frac{1}{(4\sigma_1 B)} \quad (5.17)$$

де:  $\sigma_1$  - погонна дисперсія, з урахуванням ширини спектральної лінії джерела випромінювання;

$B$  – швидкість передачі в оптичному тракті.

В даному проекті швидкість передачі сигналу для обраної системи передачі AXD-155-3 дорівнює 155 Мбіт/с. Використовується кабель ОКЛ-3-ДА1-3x4E-0,4/3,5-0,3/20-12/0, згідно параметрів якого у діапазоні 1550 нм  $\sigma_1=20$ пс/(нм·км), а в діапазоні 1310 нм -  $\sigma_1=3,5$  пс/(нм·км). Отже, при використанні довжини хвилі 1550 нм довжина регенераційної ділянки дорівнює:

$$L_{p2\max(L1.2)} = 1 / (4 \cdot 20 \cdot 10^{-12} \cdot 155,52 \cdot 10^6) \approx 80,38 \text{ км}$$

А довжина регенераційної ділянки при використанні довжини хвилі 1310 нм дорівнює:

$$L_{p2\max(S1.1)} = 1 / (4 \cdot 3,5 \cdot 10^{-12} \cdot 155,52 \cdot 10^6) \approx 45,93 \text{ км}$$

Параметром, на якому базується розрахунок довжини регенераційної ділянки за часовими характеристиками є максимальна допустима дисперсія оптичного кабелю. Допустима дисперсія оптичного кабелю прямопропорційно залежить від довжини оптичного волокна та характеристик фотодіода приймача. Згідно параметрів оптичного інтерфейсу AXD-155-3 максимальна допустима дисперсія регенераційної ділянки, на довжині хвилі 1550 нм (інтерфейс L1.2), становить  $\sigma_{\max} = 1900$  пс/нм,  $\sigma_1 = 20$  пс/нм·км, а на довжині хвилі 1310 нм (інтерфейс S1.1)  $\sigma_{\max} = 150$  пс/нм,  $\sigma_1 = 3,5$  пс/нм·км.

Формула для визначення максимальної довжини регенераційної ділянки  $L_{p2}$  [11]:

$$L_{p2\max} \leq \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_1} \quad (5.18)$$

Звідси максимальна довжина регенераційної ділянки, обмеженої часовими характеристиками лінійного тракту для  $\lambda = 1550$  нм (інтерфейс L1.2) становить:

$$L_{p2\max} = 1900/20 = 95 \text{ км,}$$

а при  $\lambda = 1310$  нм (інтерфейс S1.1):

$$L_{p2\max} = 150/3,5 = 42,86 \text{ км.}$$

Порівнюючи відстані між населеними пунктами, в яких планується розмістити мультиплексорне обладнання з розрахунковими (Ситуаційна схема проєктованої магістралі, демонстраційний Лист 1), робимо висновок, що довжини регенераційних ділянок знаходяться в межах енергетичних і часових обмежень.

## 6 РОЗРОБКА СХЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗВ'ЯЗКУ

### 6.1 Організація зв'язку

П'ять комутаційних вузлів, які охоплює проєктована мережа, зв'язані між собою по принципу „кожний з кожним”. На даній мережі буде використовуватись кабель типу ОКЛ-3-ДА3-3x4E-0,4/3,5-0,3/20-12/0. Для організації мережі будуть використані 2 ОВ (1,2), 10 ОВ для резерву і передачі в оренду. У проєкті буде використовуватись мультиплексор фірми Ericsson AXD-155-32. так як потоки повинні виділятися у всіх вузлах комутації, то всі мультиплексори будуть сконфігуровані як мультиплексори вводу/виводу.

В мультиплексорах будуть використовуватись модулі ETC 300-119/3; MOST; Common Parts Sub-Unit; STM-1 Optical Sub-Unit; 32x2 Mbit/s Trib. Unit; 32x2 Mbit/s Trib. Sub-Unit; 16x2 Mbit/s Trib. Sub-Unit; STM-1, G. 703 Unit; Communication Unit; Auxiliary Unit.

Вибір необхідного рівня та кількості трибутивних модулів дозволяє зробити розрахунок мереженого навантаження. У всіх мультиплексорах будуть встановлені сервісні блоки.

Доступ до мережі країни буде здійснюватись через мультиплексор вузла Яремче. З'єднання з комутаційними вузлами магістрального значення буде здійснюватись за допомогою обладнання DWDM фірми ECI, що переносить як магістральний так і міжнародний трафік.

Керування мережею буде здійснюватись по каналах DCC з центру керування мережею м. Києва, тому мультиплексор ВЗ Яремче буде являтися шлюзовим і у ньому буде встановлений блок зв'язку. Більш детально питання комплектації буде розглянуте у розділі 7.

Схеми організації зв'язку приведена нижче (демонстраційний Лист № 2).

## 6.2 Синхронізація мережі

Ціллю синхронізації є одержання по можливості найкращого хронуючого джерела (генератора тактових імпульсів або таймера) для усіх вузлів мережі. Для цього потрібно не тільки мати високоточне синхронізуюче джерело, але і надійну систему передачі сигналу синхронізації на усі вузли мережі.

Транспортна мережа SDH може працювати в трьох режимах [4,10]:

1. Синхронний режим: всі вузли отримують синхронізацію від одного високостабільного і високоточного еталонного генератора. Це номінальний режим роботи транспортної мережі SDH, що використовується в даний час в Україні.

2. Псевдосинхронний режим: використовується при організації транспортної системи різних операторів, коли кожна мережа опирається на свій еталонний генератор (розсинхронізація в такому режимі до  $\pm 1 \cdot 10^{-11}$ ).

3. Плезіохронний режим має місце коли взаємодіють мережеві елементи, що синхронізуються від своїх задаючих генераторів. Точність таких задаючих генераторів становить  $1 \cdot 10^{-9} \div 1 \cdot 10^{-7}$ . Якість синхронізації низька – це аварійний режим.

Для реалізації синхронного режиму роботи широко використовують метод ієрархічної примусової синхронізації. При цьому на мережі використовується первинний еталонний генератор ПЕГ (PRS). Синхросигнали від цього генератора розподіляються (трансюються) по всій мережі по ієрархічному признаку. Згідно якому синхросигнал від PRS проходить через вторинні еталонні генератори (SSU або SRC) до джерела синхросигналу мережевих елементів (SEC – таймер синхронного пристрою). Рівні синхронізації визначаються якістю джерел синхронізації [10].

Первинний еталонний генератор PRS (G.811) звичайно являє собою синхронізуюче атомне джерело тактових імпульсів (цезієвий або рубідієвий годинник) з точністю не гірше  $10^{-11}$ . Він звичайно калібрується вручну або автоматично по сигналах світового скоординованого часу UTC.

Вторинний еталонний генератор SRC (ВЭГ) фільтрує і генерує синхросигнал та розподіляє його на свої багато чисельні виходи. Може використовуватися як у складі ПЕГ, так і в якості самостійного джерела синхронізації (в екстрених випадках). Реалізується у вигляді рубідієвих або охолоджених кварцових генераторів частоти. Розрізняють: таймер транзитного вузла TNC (SSU-T) –  $1 \times 10^{-9}$  (G812T), та таймер локального (місцевого) вузла LNC (SSU-L) –  $2 \times 10^{-8}$  (G812L).

Задаючий генератор мереженого елемента SEC – (в режимі вільної генерації –  $4 \times 10^{-6}$ , або ініційований лінійним STM-N сигналом).

До складу генераторного обладнання входять селектори, для вибору необхідного джерела синхронізації, системи фазової настройки частоти і генератор тактових імпульсів з кварцовим стабілізатором частоти.

Передбачається чотири стандартних режими роботи синхронізуючих джерел вузлів синхронізації:

а) режим первинного еталонного таймера PRC чи генератора ПЭГ (майстер вузол);

б) режим примусової синхронізації – режим веденого таймера, що задає, SRC чи генератора ВЭГ (транзитний і/чи місцевий вузли);

в) режим утримання з точністю утримання  $5 \times 10^{-10}$  для транзитного вузла і  $1 \times 10^{-8}$  для місцевого вузла і добовим дрейфом  $2 \times 10^{-9}$  і  $2 \times 10^{-8}$  відповідно;

г) вільний режим (для транзитного і місцевого вузлів) – точність підтримки залежить від класу джерела і може складати  $1 \times 10^{-8}$  для транзитного і  $1 \times 10^{-6}$  для місцевих вузлів.

Теперішні системи керування мережею можуть використовуватися до шести рівнів якості синхронізуючого джерела [1], включаючи повідомлення „Unknown” – рівень якості невідомий, та „Don't use” – не використовується для цілей синхронізації. Цей рівень передається у вигляді повідомлення про статус синхронізації SSM у заголовку фрейму STM-N (5-8 біти байта синхронізації (S1)), або як послідовність резервних біт у фреймі E1 (2 Мбіт/с). В цьому випадку при

збої в мережі, що призвело захисне переключення, мережний елемент має можливість послати повідомлення таймеру про необхідність використовувати сигнал синхронізації відновлений з альтернативного маршруту.

Максимальне число каскадів ланок синхронізації обмежене накопиченням джиттера і не повинно перевищувати [10]: 10 SSU; 60 SEC; 20 SEC між двома SSU (рисунок 6.1).

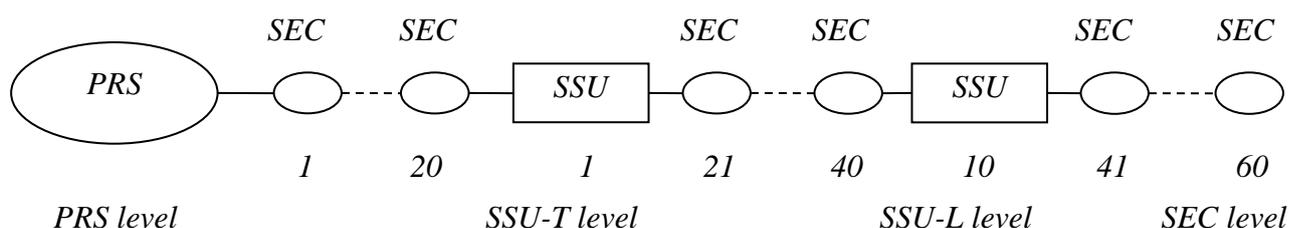


Рисунок 6.1 – Рівні та максимальне число джерел синхронізації

Згідно критеріїв „максимальної якості доступного джерела” здійснюється вибір джерела синхронізації.

Сигнали STM-1 переносять як інформацію про опорну синхронізацію, так і індикацію рівня якості джерела синхронізації, від якого вони отримані. Рівень якості записується в бітах від 5-го до 8-го байта S1. Для інших джерел синхронізації (відновлена синхронізація трибутивних портів і зовнішній вихід 2048 кГц або 2048 кбіт/с) є можливість встановити любе значення SSM, використовуючи локальний контролер або NMC. Рівні якості визначаються в Рекомендації G.707 ITU-T.

Рівні якості кожного достовірного джерела синхронізації представлені у вигляді таблиці. Крім значення пріоритету, рівень якості зчитується з вхідного сигналу STM-1, зв'язується з кожним достовірним джерелом синхронізації при кожному вході в таблицю. Якщо інтерфейс STM-1 вибирається в якості джерела синхронізації, то в зворотньому напрямку передається: „Не використовувати для синхронізації” SSM (біти від 5 до 8 байта S1 встановлюються в положення 1111) в сигналі STM-1 для віддаленого обладнання (рисунок 6.2,а).

Щоб уникнути петель синхронізації в мережі, два інтерфейси STM-1 можуть бути також зв'язані в таблиці „заборони S1” елемента мережі. Як тільки інтерфейс STM-1 буде вибраний в якості текучого джерела синхронізації, S1, який передається на другому інтерфейсі, буде примусово встановлений в стан „Не використовувати для синхронізації” (рисунок 6.2,б).



*SSM = рівень якості джерела синхронізації, що використовується.  
Якщо джерелом є потік STM-1, на відповідну сторону Tx буде передано значення „не використовувати для синхронізації”*

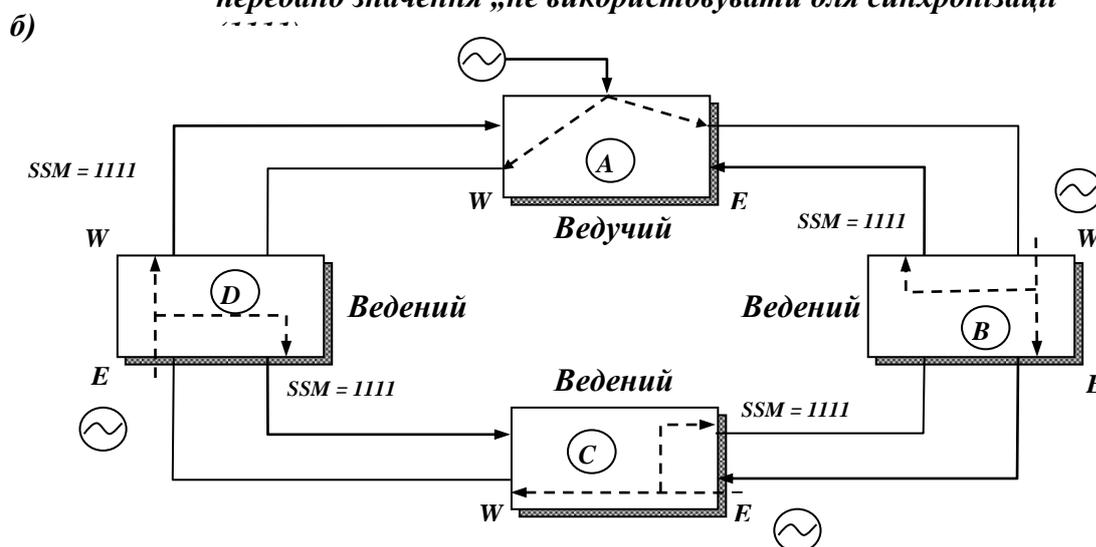


Рисунок 6.2 – Керування маркером синхронізації

Коли SEC знаходиться в режимі hold-over, значення, що передається вихідними сигналами STM-1, буде мати вигляд ‘1011’ (якість G.813). Коли SEC знаходиться в вільному режимі, це значення може бути встановлено у вигляді ‘1111’ (не використовувати для синхронізації) або у вигляді ‘1011’ (якість G.813).

Як для внутрішньої синхронізації, так і для виходу синхронізації може бути встановлений „рівень мінімально допустимої якості”. В останньому випадку вихід синхронізації подавляється, якщо не доступні кращі чи рівні джерела синхронізації.

В Україні застосовується ієрархічний метод примусової синхронізації з використанням єдиного первинного еталонного генератора. Враховуючи, що через вузол 1 Яремче проходить трафік на Київ, тому є можливість отримувати синхронізацію по лінійному STM-N сигналу від ПЕГ, отже, в Яремчому слід встановити вторинний еталонний генератор транзитного вузла. В такому випадку зона мережа буде синхронізуватись від вторинного еталонного генератора вузла 1 по вхідному лінійному STM-1 сигналу згідно основних схем маршрутизації.

Для запобігання виникнення петель по синхронізації необхідно використати алгоритм SSM. Внутрішня синхронізація мереженого вузла (SEC) повинна бути замкнута на одне з джерел синхронізації. Якщо це джерело відмовляє, будуть застосовані наступні дії:

- Автоматичний вибір нового джерела синхронізації згідно алгоритму SSM (по критерію „максимальної якості джерела” та з врахуванням таблиці пріоритетів);

- Переключення в режим hold-over (якщо ніяке джерело синхронізації недоступне) та управління автономною синхронізацією;

- Відновлення втраченої синхронізації.

При даному розміщенні ЗГ ми досягаємо найбільш надійної роботи мережі.

Нижче наведена таблиця пріоритетів джерел синхронізації проекрованої мережі.

Таблиця 6.1 – Таблиця пріоритетів

1 <sup>ий</sup> пріоритет	<b>ВЗГ вузла Яремче (G.812-T)</b>
2 <sup>ий</sup> пріоритет	<b>ВЗГ вузла Ясіня (G.812)</b>
3 <sup>ий</sup> пріоритет	<b>Внутрішній генератор (G.813)</b>

Схема організації зв'язків та синхронізації обладнання SDH мережі приведена нижче (демонстраційний Лист 2).

### 6.3 Управління мережею

Модель керування базується на розбивці лінії передачі на мультиплексні секції[10].

Рисунок 6.3 відображає пристрої керування та інтерфейси обладнання SDH для роботи та мережевого управління, а також комунікаційні канали даних DCCR (байти від D1 до D3) або DCCM (байти від D4 до D12), які можуть бути вибрані з використанням локального контролера і використані для мереженого управління. Можна об'єднати декілька мультиплексних секцій за допомогою спеціальних інтерфейсів лінії DCCR для утворення мереженої області із загальною лінією DCCR, яка може керуватись в частині конфігурації та моніторингу пристроїв і локалізації несправностей.

До всього обладнання мережевої області може здійснюватись доступ за допомогою локального терміналу керування (LC) через кожний інтерфейс F RS232. Обладнання не потребує безперервного підключення локального терміналу керування. Локальний термінал необхідний при встановленні обладнання, під час діагностування та локалізації несправностей.

Функції керування і аварійні сигнали, що відносяться до всього обладнання мережі, можуть оброблятися за допомогою єдиного центру керування (TMN). Він зв'язується через інтерфейс даних (інтерфейс Q - ІТУ-Т рекомендації Q.811 і Q.812) з обладнанням, яке називається „шлюз”. Шлюз дає можливість центру керування контролювати функції цілої мережі, використовуючи комунікаційний канал даних (DCCR) в сигнальному потоці.

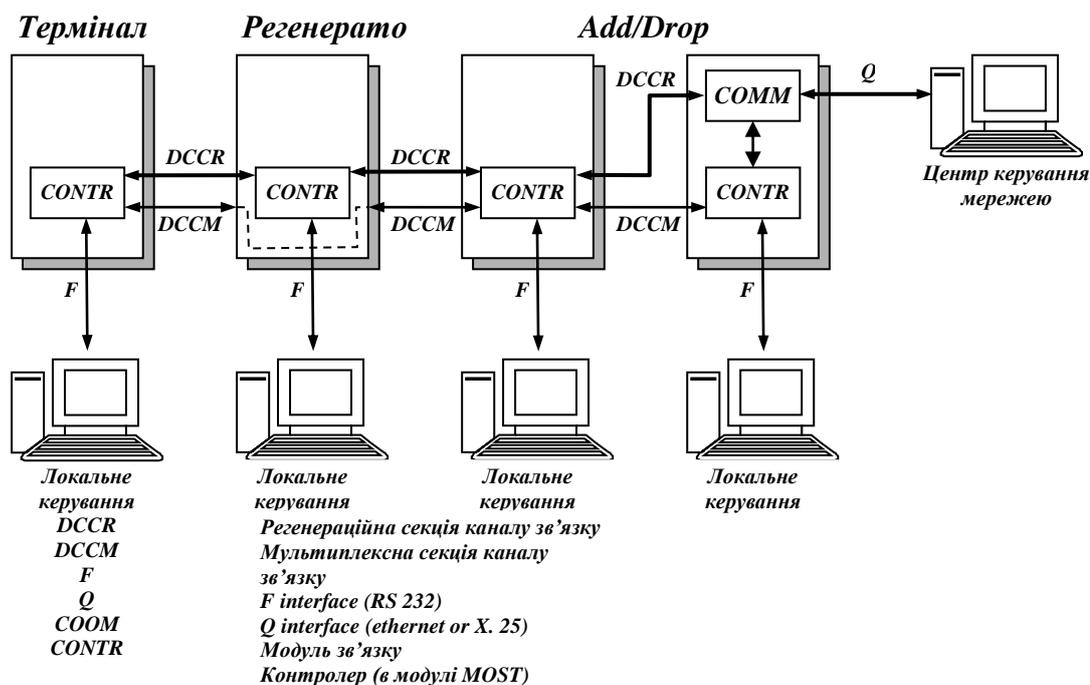


Рисунок 6.3 – Обладнання моніторингу і інтерфейси для керування мережею

Інтерфейс Q може бути підключений до лінії Ethernet через інтерфейси 802.3 10 BASE2 або 802.3 10 BASE5.

Центр керування мережі (NMC) складається з персонального комп'ютера або робочої станції HP із спеціалізованим програмним забезпеченням.

Основні функції, що обробляються: керування комунікаційним каналом даних; побудова ланок; керування доступом і безпека; керування конфігурацією; керування захистом; технічне обслуговування і пошук несправностей; керування відмовами (технічне обслуговування); керування аварійними сигналами; аналіз продуктивності; керування синхронізацією; керування маршрутизацією потоків.

Локальне керування. Функції керування і аварійних сигналів можуть здійснюватись на кожному обладнанні при умові, що доступ дозволений Центром керування мережею через послідовний інтерфейс (інтерфейс F) за допомогою персонального комп'ютера та спеціалізованого програмного забезпечення.

Дистанційна реєстрація. Опція дистанційної реєстрації дозволяє керувати мережею через комунікаційний канал даних SDH, використовуючи наскрізну функціональність локально підключеного NE.

З'єднання кілець і вузлів можна зробити використовуючи або вбудовані канали зв'язку DCC, що забезпечуються самим устаткуванням SDH, або зовнішню кабельну проводку між вузлами, що реалізує мережу X.25 або Ethernet.

Схема керування мережею SDH приведена на рисунку 6.4.

Кожен вузол мережі керування повинен мати свій адрес точки доступу мережного сервісу NSAP. Ця адреса присвоюється вузлу при інсталяції. Він унікальний і служить для ідентифікації вузла при його підключенні до EM NMS.

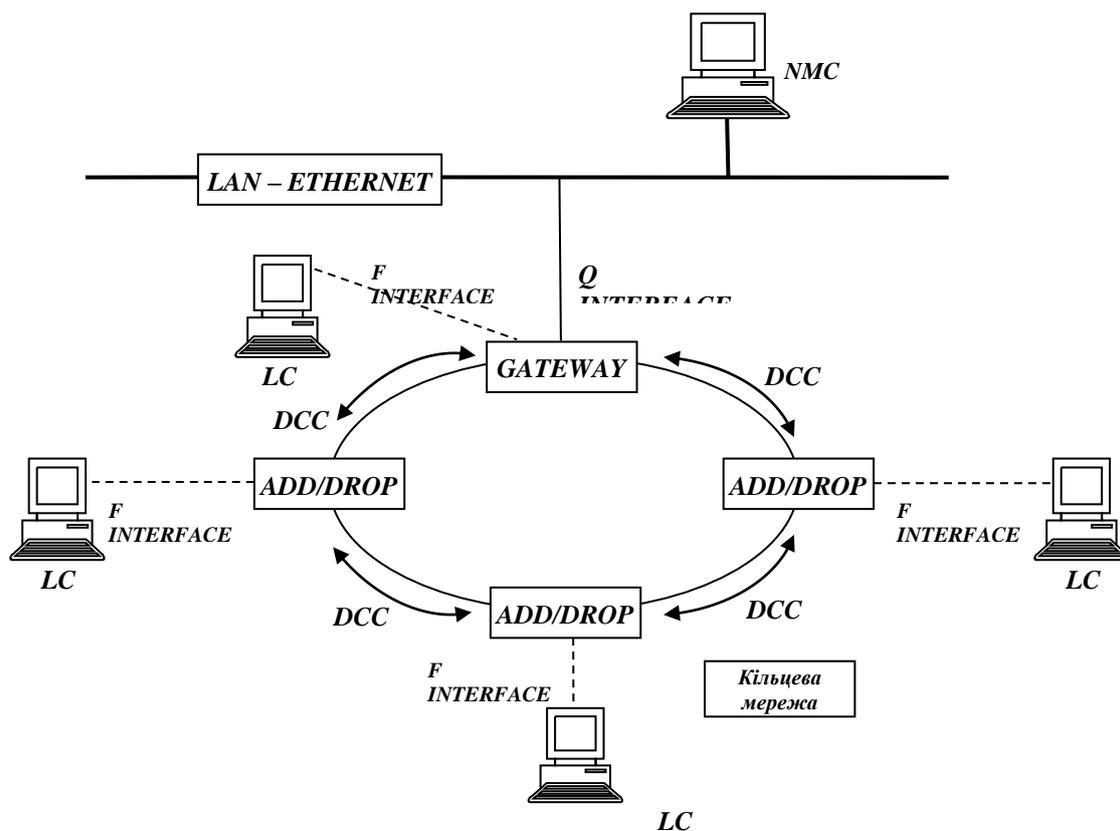


Рисунок 6.4 – Схема керування мережею SDH.

Області керування можуть не мати нічого спільного з топологією транспортної мережі SDH.

Структура адреси NSAP показана в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Структура адреси NSAP

Початкова частина домена IDP		Специфічна частина домена DSP		
AFI	IDI	Адрес області AA	Ідентифікатор системи SID	NSEL

Максимальна довжина NSAP адреси – 20 байт. NSAP адреса складається з двох частин адреси домена: початкова і специфічна – IDP і DSP.

Початкова частина домена IDP у свою чергу складається з двох полів: поля ідентифікатора повноважень і формату AFI (довжиною в 1 байт) і початкового ідентифікатора домена IDI (довжиною в 2 байти). Вони фіксуються локальною схемою нумерації, якій вони і підпорядковуються. Немає жорстко регламентованих правил нумерації адреси. Для даного протоколу використано стандарт ISO 10589. Структура специфічної частини домена DSP відповідає протоколу IS-IS. В середині однієї області початкова частина домена IDP і адреса області AA (довжиною в 10 байтів) постійні. Тільки ідентифікатор системи SID (довжиною в 6 байтів) змінюється від вузла до вузла в одній області, але його розмір залишається постійним. Поле NSEL має довжину в один байт і приймається постійним і рівний 01.

Управління проектною мережею буде здійснюватися з Центру керування мережею, що знаходиться у Києві. Дистанційне керування буде відбуватися по каналах DCC.

В Яремчому буде встановлено модуль зв'язку, що дозволить за допомогою Q інтерфейсу керувати мережею дистанційно.

Кожен вузол мережі керування повинен мати свою адресу точки доступу мережного сервісу NSAP. Початкова частина домена складається з ідентифікатора країни AFI = 39, адреса країни IDI = 80 4F, поля адреси області (де вказана адреса області і домена), що записується в  $10^{th}$  байтах кодовими комбінаціями, наприклад, AA = 00 00 00 00 00 00 00 01 00 01. Ці адресні поля залишаються постійними для всіх вузлів цієї мережі.

Системний ідентифікатор SID повинен відображати структуру мережі і складатися з 0000 – що незадіяні, двох розрядів коду, де вказано номер пункту мережі; двох розрядів коду, що вказує тип мультиплектора (для AXD-155-3 – це 14); двох розрядів коду, що вказує № мультиплектора. NSEL = 01 і є незмінним. Вся NSAP адреса записується в 20 байтах.

Отже, запишемо NSAP адреси для проектованої мережі.

Яремче (вузол 1):

NSAP = 39 80 4F 00 00 00 00 00 00 00 01 00 01 00 00 01 14 01 01;

Бистриця (вузол 2):

NSAP = 39 80 4F 00 00 00 00 00 00 00 01 00 01 00 00 02 14 01 01;

Усть Чорна (вузол 3):

NSAP = 39 80 4F 00 00 00 00 00 00 00 01 00 01 00 00 03 14 01 01;

Ясіня (вузол 4):

NSAP = 39 80 4F 00 00 00 00 00 00 00 01 00 01 00 00 04 14 01 01;

Яблуниця (вузол 5):

NSAP = 39 80 4F 00 00 00 00 00 00 00 01 00 01 00 00 05 14 01 01;

## 6.4 Організація захисту

Основною перевагою технології SDH є можливість такої організації мережі, при якій досягається можливість збереження чи відновлення працездатності мережі навіть у випадку відмови одного з елементів мережі або середовища передавання – кабелю. Існують різні методи забезпечення швидкого відтворення працездатності синхронних мереж, які можуть бути зведені до наступних схем:

- резервування ділянок мережі по схемах  $1 + 1$  і  $1 : 1$  по рознесених трасах;
- резервування термінального обладнання по схемах  $1 : 1$  і  $N : 1$ ;
- організація самовідновних кільцевих мереж, резервованих по схемах  $1 + 1$  і  $1 : 1$ ;
- відтворення працездатності мережі шляхом обходу непрацездатного вузла;
- використання систем оперативного переключення.

Дані методи можуть використовуватися як окремо, так і в комбінації.

В першому випадку ділянки між двома вузлами мережі з'єднуються по двох рознесених трасах (100% резервування), сигнали по яких розповсюджуються одночасно. В вузлі прийому вони можуть оброблятися по двох схемах:

1) резервування по схемі  $1 + 1$  – сигнали аналізуються і вибирається той, який має найкраще співвідношення параметрів;

2) резервування по схемі  $1 : 1$  – альтернативним маршрутам призначаються пріоритети – низький і високий, гілка з низьким пріоритетом знаходиться в режимі гарячого резерву, переключення на неї відбувається по аварійному сигналу від системи управління.

В другому випадку, найбільш розповсюдженим в мережах SDN, використовується топологія типу „кільце”, яке може бути організоване з допомогою двох волокон (топологія „подвійне кільце”) або чотирьох волокон (два здвоєних кільця). Захист маршруту в здвоєному кільці, який відповідає типу  $1+1$ , може бути організований двома шляхами.

Перший шлях – захист використовується на рівні трибутивних блоків TU-n, що передаються одночасно в одному напрямку, але по різних кільцях. Якщо в момент прийому мультиплексором блоку, посланого іншими мультиплексорами, моніторинг кільця, автоматично вибирає такий же блок з другого кільця. Цей захист носить розподілений по кільцю характер, а сам метод носить назву метода організації однонаправленого здвоєного кільця.

Другий шлях – захист маршруту може бути організовано так, що сигнал передається в двох протилежних напрямках, причому одне направлення використовується як основне, друге – як резервне. Такий метод у випадку виходу з ладу використовує переключення з основного кільця на резервне і називається методом організації двонаправленого здвоєного кільця. У випадку виходу з ладу відбувається замикання основного і резервного кільця на границях дефектної ділянки, створюючи нове кільце.

Третій випадок – відтворення працездатності здійснюється за рахунок резервування на рівні трибних інтерфейсів. Схема резервування в загальному

випадку N:1, що допускає різноманітну степінь резервування, яка автоматично вибирається системою крос-комутації при відмові одної з основних.

Четвертий випадок – резервування, як таке, не використовується, а працездатність системи в цілому (на рівні агрегатних блоків) відтворюється за рахунок виключення пошкодженого вузла з схеми функціонування. Так системи управління SDH мультиплексорів звичайно дають можливість організувати обхідний шлях, що дозволяє пропускати потік агрегатних блоків мимо мультиплексора у випадку виходу його з ладу.

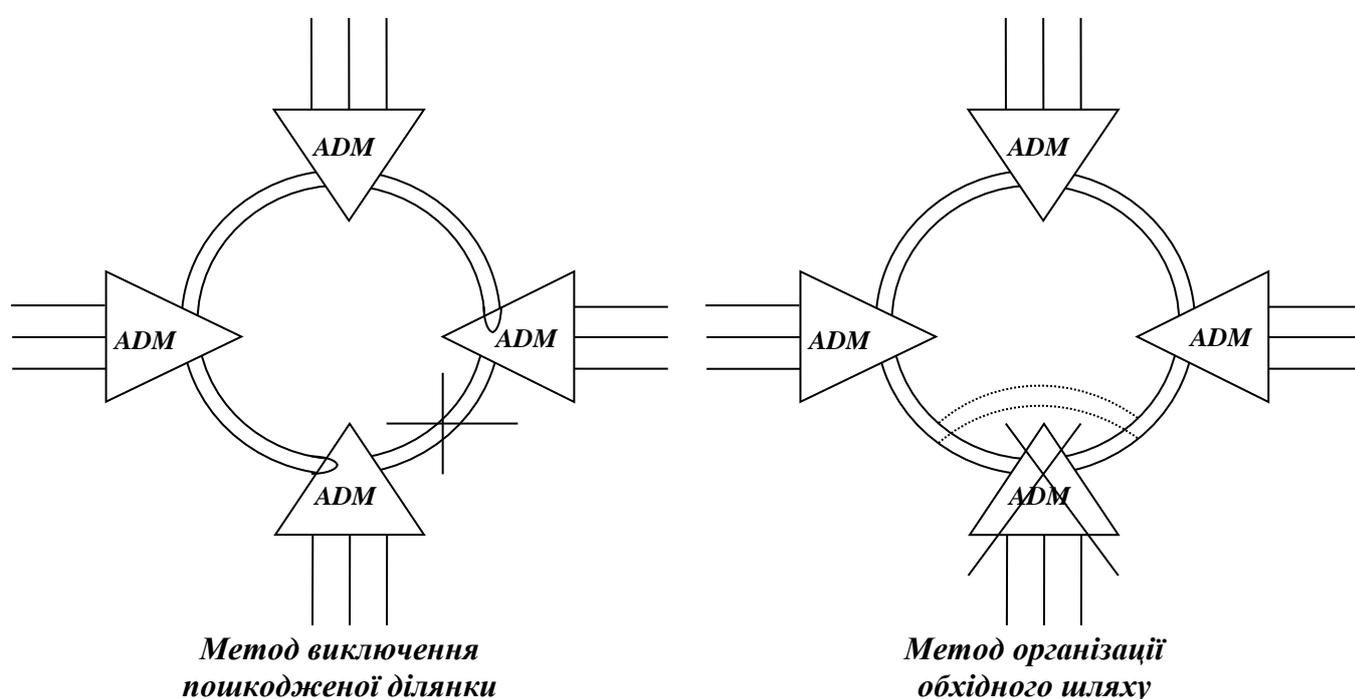


Рисунок 6.5 – Методи захисту подвійного кільця

П'ятий випадок (характерний для мереж загального виду) – в вузлах мережі встановлюються крос-комутатори систем оперативного переключення, які виконують реконфігурацію прилеглих ділянок мережі і відповідну крос-комутацію потоків. Процедура такої реконфігурації може бути централізованою або розподіленою.

В даній проектованій мережі, яка побудована на основі кільцевої топології, доцільно використати захист маршруту трактів SNCP (захист підмереж).

Необхідно організувати кільця за допомогою двох волокон (топологія „подвійне кільце”). В здвоєному кільці захист маршруту відповідає типу 1+1. Захист маршруту може бути організовано так, що сигнал буде передаватись в двох протилежних напрямках (східному і західному), причому одне направлення буде використовуватися як основне, друге – як резервне. Такий метод у випадку збою використовує переключення з основного кільця на резервне і називається методом організації двонаправленого здвоєного кільця. В цьому випадку блоки TU-n початково мають доступ тільки до основного кільця. У випадку виходу з ладу відбувається замикання основного і резервного кілець на границях дефектної ділянки, створюючи нове кільце. Це замикання звичайно відбувається за рахунок включення петлі зворотного зв'язку, що замикає приймач і передавач агрегатного блоку на відповідній стороні мультиплектора (східній або західній). При такій організації роботи мережі досягається стопроцентне резервування трактів.

## 7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

### 7.1 Розрахунок капітальних вкладень

Для визначення загальної суми капіталовкладень в даному проекті необхідно розрахувати витрати на:

- лінійні споруди;- станційне обладнання;
- інші витрати;

Для розрахунку загальної суми капіталовкладень на станційне обладнання складаємо таблицю 7.1

Таблиця 7.1- Вартість станційного обладнання

Назва системи	кількість	Вартість однієї системи тис.грн.	Загальна вартість, тис.грн
AXD- 155 (мих)	4	120,0	480,0
Вартість необлікованого устаткування (10%)	-	-	48,0
Тара і упаковка (4%)	-	-	19,2
Транспортно-заготівельні та складські витрати (12%)	-	-	57,6
Всього	-	-	604,8

Вартість монтажу обладнання становить 10% від вартості обладнання:

$$K_M = \frac{10 * K_{обл}}{100} \quad (7.1)$$

$$K_M = 284,46 * 0,1 = 28,45 \text{ тис.грн}$$

Отже, загальна сума капітальних вкладень на станційне обладнання:

$$K_{ст} = 325,83 + 28,45 = 354,28 \text{ тис.грн.}$$

Для розрахунку суми капіталовкладень на лінійні споруди складаємо таблицю 7.2

Таблиця 7.2 – Вартість лінійних споруд

Найменування робіт або витрат	кількість одиниць	Сума витрат, тис.грн.	
		на одиницю	всього
А. 1. Придбання кабелю ОКЛІ -01 – 0,3/3,5 - 8/0,км	218.49	50,0	10924,5
2. Транспортні витрати (4% від п.1)			436,98
Всього			1239,9
3. заготівельно-складські витрати (1,2% від попереднього підсумку)			14,8
Разом по розділу А			1254,7
Б. будівельно - монтажні роботи (278,3% від розділу А)			3491,8
Всього			16122,48

Загальна сума капвкладень розраховується як сума всіх витрат:

$$K_{\Sigma} = K_{\text{обл}} + K_{\text{м}} + K_{\text{каб}} + K_{\text{пр}} \quad (7.2)$$

$$K_{\Sigma} = 354,28 + 16122,48 = 16476,76 \text{ тис.грн.}$$

## 7.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати – це поточні витрати підприємства на обслуговування станційного обладнання і лінійних споруд.

Розрахунок експлуатаційних витрат здійснюється за такими статтями:

1. Для розрахунку фонду оплати праці визначаємо чисельність працівників за формулою:

$$P_{\text{осн}} = \left( \frac{n * N_{\text{шт}}}{\Phi} * K \right) \text{ чол} \quad (7.3)$$

де

n – кількість одиниць обладнання або робіт;

Nшт- штатний норматив, люд-год. в місяць

Ф -місячний фонд робочого часу одного працівника, год;

К- коефіцієнт, резерву для підміни під час чергових відпусток;

Поточне обслуговування каналів:

$$R_{\text{кан}} = \frac{1710 * 2,5}{173} * 1,07 = 24,4 \text{ шт.од.}$$

Поточне обслуговування кабелю:

$$R_{\text{каб}} = \frac{218,49 * 4,8}{173} * 1,07 = 2,9 \text{ шт.од.}$$

Отже:  $R_{\text{осн}} = 24,4 + 2,9 = 27,1 \text{ шт.од.}$

Приймається 27 робітників. Фонд оплати праці (ФОП) проводиться визначаємо за формулою:

$$\text{ФОП} = Z_{\text{ср}} * R_{\text{осн}} * 12, \quad (7.4)$$

Де : $Z_{\text{ср}}$ - середньомісячна заробітна плата, грн.

$R_{\text{осн}}$ - чисельність робітників, роб. 12-кількість місяців в році

$$\text{ФОП} = 12200 * 27 * 12 = 3952,8 \text{ тис. грн}$$

Нарахування на зарплату визначаємо за формулою:

$$N_z = (\text{ФОП} * 22) / 100 \quad (7.5)$$

$$N_z = (586,0 * 22) / 100 = 128,92 \text{ тис.грн.}$$

3. Витрати на матеріали та запчастини визначаємо за формулою:

$$M_z = \frac{F_{\text{осн}} * 0,3}{100}, \quad (7.6)$$

$F_{\text{осн}}$ -вартість основних виробничих фондів, що прирівнюється до загальної суми капіталовкладень, тис.грн.; 0,3-норматив витрат на матеріали і запчастини,%

$$MЗ = \frac{6100,78 \cdot 0,3}{100} = 15,30 \text{ тис.грн.}$$

4. Амортизаційні відрахування розраховуються за формулою:

$$A = \frac{\text{Фосн} \cdot \text{На}}{100} \quad (7.7)$$

де

На- норма амортизаційних відрахувань, %

Дані розрахунків амортизаційних відрахувань заносимо в таблицю 7.3

Таблиця 7.3 - Амортизаційні відрахування

Вид основних фондів	Балансова вартість, тис.грн.	Річна норма амортизаційних відрахувань, %	Сума амортизаційних відрахувань, тис.грн.
Станційне обладнання	354,28	12,5	44,3
Лінійні споруди	4746,50	4	189,9
всього	5100,78	-	234,1

5. Витрати на електроенергію визначаються за формулою:

$$E_{ел} = \frac{P_{\Sigma} \cdot t \cdot T}{n} \quad (7.8)$$

$P_{\Sigma}$  - сумарна потужність, кВт;  $t$ -фонд робочого часу

( $t=365 \text{ днів} \cdot 24 \text{ год} = 8760 \text{ год}$ );

$T$ - тариф за одну кВт-год ( $T_{ф}=5,16 \text{ грн.}$ )  $n$ - коефіцієнт корисної дії ( $n=0,86$ )

Сумарна потужність споживання становить:

$$P_{\Sigma} = k \cdot p = 4 \cdot 140 = 560 \text{ Вт} = 0,56 \text{ кВт}$$

$k$ -кількість комплектів STM-1

$$E_{ел} = \frac{0,56 \cdot 8760 \cdot 5,16}{0,86} = 29433,6 \text{ тис.грн.}$$

Інші експлуатаційні витрати враховуються по їх питомій вазі в структурі собівартості (18,2%)

$$I_H = \frac{486,0 + 178,3 + 15,30 + 234,1 + 3,7}{81,8} * 18,2 = 204,1 \text{ тис. грн.}$$

$$I_H = \frac{486,0 + 178,3 + 15,30 + 234,1 + 29433,6}{81,8} = 370,99 \text{ тис. грн.}$$

Таблиця 7.4 – Кошторис експлуатаційних витрат

Стаття витрат	Сума витрат, тис.грн
ФОП	3952,8
Нарахування на зарплату	128,92
Витрати на матеріали та запчастини	15,3
Амортизаційні відрахування	234,1
Витрати на електроенергію	29433,6
Інші витрати (14,9% в структурі собівартості)	370,99
Всього	34035,71

Тарифні доходи визначаємо за формулою:

$$D_T = \frac{P_m \cdot C_{DT} \cdot N_{TC} \cdot K}{t_{XX}} \quad (7.9)$$

де

$P_m$ - максимальна пропускна спроможність 1 каналу за рік, тарифо-хв;

$C_{DT}$ - середня доходна такса, грн.;  $N_{TC}$ - кількість каналів;

$K$ -коefficient концентрації навантаження;  $t_{XV}$ - середня тривалість розмови;

$$D_{Tr} = \frac{60000 * 1,25 * 1710 * 0,1}{4,0} = 3206,25 \text{ тис.грн.}$$

Сума ПДВ (20%  $D_T$ ):

$$ПДВ = \frac{3206,25 * 20}{100} = 641,2 \text{ тис.грн.}$$

Чистий дохід:

$$D_{Ch} = D_T - ПДВ \quad (7.10)$$

$$D_{Ch} = 3206,25 - 641,2 = 2565,1 \text{ тис.грн.}$$

Коефіцієнт економічної ефективності капвкладень визначаємо за формулою:

$$E = \frac{Dч - \varepsilon}{K}, \quad (7.11)$$

Де:  $\varepsilon$ - експлуатаційні витрати, тис.грн.  $K$ -капвкладення, тис.грн.

$$E = \frac{2565,1 - 1121,5}{6100,78} = 0,23$$

Термін повернення капвкладень:

$$T = \frac{1}{E} \quad (7.12)$$

$$T = \frac{1}{0,23} = 4,3 \text{ року}$$

Собівартість 100грн. доходів визначаємо за формулою:

$$C = \frac{\varepsilon}{Dт} * 100 \quad (7.12)$$

Де  $\varepsilon$ - експлуатаційні витрати, тис.грн.  $Dт$ - тарифні доходи, тис.грн.

100-укрупнена одиниця тарифних доходів для розрахунку собівартості, грн.

Підставляємо у формулу:

$$C = \frac{1121,5}{3206,25} * 100 = 34,98 \text{ грн./100грн.}$$

Продуктивність праці визначаємо за формулою:

$$Ппр = \frac{Dт}{P}, \quad (7.13)$$

де  $P$ - чисельність робітників, роб.;

$$Ппр = \frac{3206,25}{27} = 118,75 \text{ тис.грн./роб.}$$

Питомі капітальні вкладення на 1 канал-кілометр:

$$K_{пит} = \frac{K}{N_{кан} * L}, \quad (7.14)$$

$$K_{пит} = \frac{6100780}{1710 * 98,7} = 30,22 \text{ грн./кан-км}$$

Питомі експлуатаційні витрати на 1 канал-кілометр:

$$C_{\text{пит}} = \frac{E}{N_{\text{кан}} * L}, \quad (7.15)$$

$$C_{\text{пит}} = \frac{1121500}{1710 * 98.7} = 6,64 \text{ грн./кан-км}$$

Основні розраховані показники ефективності заводимо в таблицю

Таблиця 7.5 - Основні показники менеджменту

Найменування показника	Розрахункові значення
1 Виробничий потенціал: - кількість каналів, канал - чисельність персоналу	16122,48
2 Капітальні вкладення:	
2.1 всього, тис.грн.	604,8
2.2 на 1 кан-км, грн	50,0
3 Експлуатаційні витрати:	
3.1 всього, тис.грн.	34035,71
3.2 на 1 кан-км, грн.	50,0
4 Тарифні доходи, тис.грн.	3206,25
5 Собівартість 100 доходів, грн.	34,98
6 Продуктивність праці, тис.грн./роб.	118,75
7 коефіцієнт економічної ефективності капвкладень	0,28
8 Термін повернення капітальних вкладень, рік	4,30

Проектована волоконно-оптична лінія ефективна, так як коефіцієнт ефективності за розрахунком становить 0,28, що вище нормативного 0,14, а термін повернення капітальних вкладень 4,3 роки, що менше нормативного 7,1 року. Крім того, всі інші показники кращі за середньогалузеві.

## 8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЕДІЯЛЬНОСТІ

### 8.1 Загальні положення

Визначення поняття охорони праці дається в ст. 1 Закону України від 14 жовтня 1992 р. «Про охорону праці». Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. В поняття охорони праці входять і всі ті заходи, що спеціально призначені для створення особливих полегшених умов праці для жінок і неповнолітніх, а також працівників зі зниженою працездатністю. Охорону праці і здоров'я громадян віднесено до пріоритетних напрямків соціальної політики України. Так, Конституція України одним з основних соціальних прав громадян визначає право кожного на належні, безпечні й здорові умови праці, встановлює, що використання праці жінок і неповнолітніх на небезпечних для їхнього здоров'я роботах забороняється. Завдання охорони праці:

- проектування підприємств, технологічних процесів і конструювання обладнання з обов'язковим виконанням вимог охорони праці;
- знаходження оптимальних співвідношень між різними факторами виробничого середовища, що дозволяє забезпечити мінімум несприятливого впливу їх на здоров'я працівників;
- розробка конкретних заходів щодо покращення умов праці та забезпечення її безпеки на основі застосування у виробництві новітніх досягнень науки і техніки;
- застосування раціональних засобів захисту працівників від впливу несприятливих факторів виробничого середовища, а також втілення організаційних заходів, які нейтралізують або послаблюють ступінь їх впливу на організм людини;
- розробка та застосування методів і засобів оцінки ефективності заходів з охорони праці, що плануються і здійснюються.

## 8.2 Організація охорони праці на підприємстві

На сучасному етапі науково-технічного розвитку нашої держави питання охорони праці на підприємствах є одним із найактуальніших.

Належна організація охорони праці, яка відповідає вимогам нормативно-правових актів, є основним заходом профілактики та запобігання виробничому травматизму й професійній захворюваності. Крім того, кожним трудовим договором передбачаються зобов'язання роботодавця щодо забезпечення найманих працівників безпечними умовами праці.

Законодавство України покладає на всіх роботодавців обов'язок щодо забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці. Витрати на охорону праці на підприємстві згідно зі ст. 19 Закону повинні становити не менше 0,5% від фонду оплати праці за попередній рік, а за невиконання законодавства про охорону праці до підприємства можуть бути застосовані санкції аж до заборони його експлуатації.

Для того щоб не поставити під загрозу існування підприємства, роботодавцю необхідно:

- створити службу охорони праці.

Згідно зі ст. 15 Закону така служба обов'язково повинна бути створена на підприємстві з кількістю працюючих 50 і більше осіб відповідно до Типового положення про службу охорони праці, затвердженого наказом Держкомітету з нагляду за охороною праці від 15.11.2004 № 255. На підставі цього документа також має бути розроблено Положення про службу охорони праці цього підприємства, визначено структуру такої служби, її чисельність, основні завдання, функції та права її працівників. На підприємствах із кількістю працівників менше 50 осіб функції служби охорони праці можуть виконувати в порядку сумісництва особи, які мають відповідну підготовку.

- Розробити та затвердити на підприємстві положення, інструкції та інші акти з охорони праці.

Обов'язок роботодавця стосовно розробки та затвердження документів, які повинні встановлювати правила виконання робіт і поведінки працівників на території підприємства, у виробничих приміщеннях, на будівельних майдан-чиках і робочих місцях, передбачений ст. 13 Закону про охорону праці.

– Організувати проведення інструктажів з питань охорони праці.

Перед початком роботи нового працівника роботодавець згідно зі ст. 29 КЗпП зобов'язаний проінформувати його під розпис про умови праці, наявні на його робочому місці, у тому числі про всі небезпечні чи шкідливі виробничі фактори, які ще не усунуто, та про можливі наслідки їх впливу на здоров'я працівника, а також про можливі пільги та компенсації за роботу в таких умовах.

– Забезпечити навчання і перевірку знань з питань охорони праці.

Згідно зі ст. 18 Закону працівники, зайняті на роботах з підвищеною безпекою або там, де є потреба у професійному доборі, проходять спеціальне навчання і перевірку знань відповідних нормативно-правових актів з охорони праці. Таке навчання з питань охорони праці може проводитись як безпосередньо на підприємстві, так і навчальним центром.

– Подбати про проведення медичних оглядів.

Згідно зі ст. 169 КЗпП роботодавець зобов'язаний за свої кошти організувати проведення попереднього (при прийнятті на роботу) та періодичних (протягом трудової діяльності) медоглядів працівників, зайнятих на важких роботах, роботах із шкідливими чи небезпечними умовами праці або таких, де є потреба у професійному доборі. Також він зобов'язаний проводити щорічний обов'язковий медогляд осіб віком до 21 року.

– Забезпечити працівників засобами індивідуального захисту.

На роботах із шкідливими й небезпечними умовами праці, а також на роботах, пов'язаних із забрудненням або несприятливими температурними умовами, працівникам згідно зі ст. 164 КЗпП необхідно безкоштовно видавати спеціальний одяг, взуття та інші ЗІЗ.

– Провести атестацію робочих місць.

На підприємствах, де технологічний процес, використовуване обладнання, сировина, матеріали є потенційними джерелами шкідливих і небезпечних виробничих факторів, які можуть негативно впливати на стан здоров'я працюючих, повинна проводитись атестація робочих місць за умовами праці. Така атестація повинна проводитися атестаційною комісією, склад і повноваження якої визначаються наказом по підприємству в строки, передбачені колективним договором, але не рідше одного разу на 5 років. Порядок проведення такої атестації передбачений постановою КМУ від 01.08.1992 № 442. Відомості про результати атестації заносяться в картку умов праці.

– Налагодити облік нещасних випадків.

Згідно зі ст. 22 Закону «Про охорону праці» роботодавець зобов'язаний організувати розслідування та вести облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій у порядку, встановленому постановою КМУ від 30.11.2011 № 1232. За результатами такого розслідування роботодавець повинен скласти акт за формою Н-5 (якщо нещасний випадок визнано таким, що не пов'язаний з виробництвом) або Н-1 (якщо він визнаний пов'язаним з виробництвом). Один із примірників повинен видатися потерпілому або іншій зацікавленій особі не пізніше трьох днів з моменту закінчення розслідування.

### **8.3 Заходи безпеки на робочому місці**

Конструкція робочого місця, його розміри та взаємне розташування його елементів повинні відповідати антропометричним, фізіологічним і психофізіологічним характеристикам людини, а також характеру роботи.

Організація робочих місць повинна забезпечувати стійке положення та вільність рухів працівника, безпеку виконання трудових операції виключати або допускати лише в деяких випадках роботу в незручну позиціях, котрі зумовлюють підвищену втомлюваність.

Загальні принципи організації робочого місця:

- на робочому місці не повинно бути нічого зайвого; всі необхідні для роботи предмети повинні знаходитись поряд з працівником, але не заважати йому;
- ті предмети, котрими користуються частіше, розташовуються ближче, ніж ті предмети, котрими користуються рідше;
- предмети, котрі беруть лівою рукою, повинні знаходитись зліва а ті предмети, котрі беруть правою рукою, повинні знаходитись справа;
- якщо використовують обидві руки, то місце розташування інструментів вибирається з врахуванням зручності захоплення його двома руками;
- небезпечніше, з точки зору можливості травмування обладнання повинне розташовуватись вище, ніж менш небезпечне. Однак слід враховувати, що важкі предмети під час роботи зручніше опускати, ніж піднімати.

#### **8.4 Санітарно-гігієнічні вимоги**

Санітарно-гігієнічні вимоги до умов праці під час виконання роботи мають відповідати визначеним нормативам:

- параметри мікроклімату у приміщенні забезпечували комфортне самопочуття організму. Параметри мікроклімату закритих приміщень унормовані за санітарні норми ДСН 3.3.6.042-99.
- освітлення приміщень та робочих місць забезпечене відповідно до встановлених вимог. Відносно вікна робоче місце розміщено так, що природне світло збоку, переважно з лівого та забезпечувало коефіцієнт природної освітленості не нижче 1,5 %. Освітленість за штучного освітлення в площині робочої поверхні становила 300 – 500 Лк. Відношення яскравості робочих поверхонь було 3:1, а яскравість робочих поверхонь і стін (іншого обладнання) – 5:1. Використана система вимикачів, що дозволяє регулювати інтенсивність штучного освітлення залежно від інтенсивності природного, а також дозволяє освітлювати тільки потрібні для роботи зони приміщення.

– Дотримані вимоги до рівнів шуму та вібрації. Було дотримано допустимих рівнів звукового тиску в октавних смугах частот, еквівалентні рівні звуку на робочих місцях встановлені санітарними нормами виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99.

– Надходження свіжого повітря регульоване, виходячи із відповідних нормативних.

– Передбачений захист від шуму та вібрацій.

Дотримані заходи особистої гігієни на робочому місці (підтримання чистоти, миття рук тощо). Заходи особистої гігієни на робочому місці передбачають щоденне вологе прибирання, утримання у чистоті робочого місця, наявність на робочому місці тільки необхідних для роботи засобів. На робочому місці необхідно дотримуватись вимог правил внутрішнього трудового розпорядку.

## ВИСНОВКИ

В цьому дипломному проєкті розроблено мережу доступу до транспортної мережі SDH країни з використанням для передачі інформації волоконно-оптичних кабелів зв'язку на основі одномодового волокна, що базується на використанні існуючих вузлів зв'язку. Проведено розрахунок мереженого навантаження та дано порівняльний аналіз технічних параметрів систем передачі різної конфігурації, на основі чого обрано систему передачі на основі мультиплексорів STM-1 фірми Eriksson.

Здійснення передачі потоків на швидкості 155 Мбіт/с гарантує високу пропускну здатність. Використовуючи кільцеву топологію та захист маршруту трактів SNCP, забезпечуємо високу надійність мережі. Використання методу ієрархічної примусової синхронізації та встановлення вторинних еталонних генераторів забезпечує високу стабільність передачі, а отже високу якість зв'язку.

Даний проєкт має можливість модернізації кінцевого обладнання, а також володіє досить істотними технічними перспективами:

- 1) можливість використання у якості вхідних каналів практично всіх основних каналів доступу;
- 2) можливість передачі і переключення потоків інформації різної потужності;
- 3) введення і виділення цих потоків у довільних пунктах; глибокий контроль якості;
- 4) використання ефективної системи маршрутизації;
- 5) можливість дистанційного керування мережею;
- 6) збільшення надійності передачі за рахунок використання оптичних ліній передачі та організації самовідновної кільцевої схеми з резервуванням 1+1, а саме методу організації однонаправленого здвоєного кільця, що у випадку збою використовує переключення з основного кільця на резервне, чим досягається стопроцентне резервування.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Оптичні системи передачі / Б.В. Шпаків, В.И. Іванов, В.В. Крухмалев; Під ред. В.И. Іванова. - М.: Радіо і Зв'язок, 1994. - 224 с..
2. Будівництво і технічна експлуатація волоконно-оптичних ліній зв'язку / В.А. Андрєєв, В.А. Бурдин, Б.В. Попов, А.И. Польников; Під ред. Б.В. Попова. - М.: Радіо і Зв'язок, 1995. - 198 с
3. Дьоміна Е.В. і ін. Організація, планування й керування підприємством зв'язку. - М.: Радіо і Зв'язок, 1990. - 352 с.
4. Слепов Н.Н. Синхронні цифрові мережі SDH. , 1997. - 149 с.
5. Уїлкі Ю. Вплив каналних ефектів на характеристики систем МІМО // Електронні компоненти. 2009. № 10. С. 27 – 30.
6. Довгий С.О., Омеляненко Ю.І. Телекомунікації України. Частина друга / За зам. ред. С.О. Довгого. - К.: Укртелеком, 2002. - 352 с.
7. Атлас автомобільних доріг Львівської області. - Львів: Вид-во Львів, 2015..
8. S42022-D3502-H4-1-5618. Технічний опис SMA 1R2 фірми «SIEMENS» / Public Communication Networks Group Hofmannstrasse 51, D-81359Munchen.
9. Корнейчук В.И.,Макаров Т.В., Панфілов И.П.Дроживальський О.П. Проектування волоконно-оптичних систем передачі:Учеб.посібник / Укр. державна академія зв'язку ім. А.С. Попова. Одеса, 1999. 118с.
10. Оптичні кабелі. Основні характеристики та методи випробувань // Керівний нормативний документ з стандартизації Державного комітету зв'язку та інформатизації України. - Київ, 2001.
11. Організація волоконно-оптичних систем передавання двостороннього зв'язку по одному світловоду для міських мереж зв'язку // Рекомендації Державного комітету зв'язку та інформатизації України. Київ, 2000.

**КОПІЇ ОБОВ'ЯЗКОВИХ КРЕСЛЕНЬ**