

**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 системи передачі між пунктами Здолбунів – Дубно –
Кременець – Острог**

Виконав студент IV курсу, групи ТК-42
спеціальності 172 Телекомунікації та
радіотехніка
ОПП «Телекомунікації та комп'ютерні
технології»
Муха Денис Романович

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**

Мусі Денису Романовичу

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи	<i>Проект системи передачі між пунктами Здолбунів – Дубно – Кременець – Острого</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: Здолбунів – Дубно – 90; Здолбунів – Кременець – 120; Здолбунів – Шумськ – 150; Здолбунів – Острого – 180; Дубно – Кременець – 210; Кременець – Шумськ – 300.

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 Комплектація обладнання

4.7 Розрахунок надійності оптичної ЛП

4.8 Техніко-економічне обґрунтування.

4.9 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 мультіплексора AXD-155-3</i>
5.4.	<i>Обладнання моніторингу і інтерфейси для керування мережею</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>Комплектація обладнання. Розрахунок надійності оптичної ЛП</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)

Денис МУХА

_____ (ім'я, прізвище)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Анатолій РОМАНЮК

_____ (ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Текстова частина дипломної роботи: 78 с., 15 рис., 19 табл., 11 джерел.

Об'єкт проектування – оптична система передачі Здолбунів – Дубно – Кременець – Шумськ – Острог.

Мета проекту – організація необхідної кількості каналів між пунктами Здолбунів – Дубно – Кременець – Шумськ – Острог.

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	9
2 ВИБІР ТОПОЛОГІЇ МЕРЕЖІ	13
3 ВИБІР МАРКИ ОПТИЧНОГО КАБЕЛЮ	19
3.1 Вибір марки та ємності кабелю.....	19
3.2 Розрахунок необхідної кількості оптичного кабелю.....	21
4 ВИБІР СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ.....	22
4.1 Розрахунок мереженого навантаження.....	22
4.2 Розрахунок кількості потоків по сегментах мережі.....	22
4.3 Вибір системи передачі та типу обладнання.....	23
5 РОЗРАХУНОК ДОВЖИНИ РЕГЕНЕРАЦІЙНОЇ ДІЛЯНКИ ТРАСИ.....	32
5.1 Розрахунок довжини регенераційної ділянки по затуханню.....	32
5.2 Розрахунок довжини регенераційної ділянки по дисперсії.....	35
6 РОЗРОБКА СХЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗВ'ЯЗКУ.....	39
6.1 Організація зв'язку.....	39
6.2 Синхронізація мережі.....	40
6.3 Управління мережею.....	49
6.4 Комплектація обладнання	49
7 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ ОПТИЧНОЇ ЛП.....	53
8 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	56
8.1 Розрахунок капітальних вкладень	56
8.2 Розрахунок експлуатаційних витрат	57
8.3 Розрахунок тарифних доходів.....	60
8.4 Розрахунок показників менеджменту.....	62
9 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЕДІЯЛЬНОСТІ.....	65
9.1 Загальні положення.....	65
9.2 Організація охорони праці на підприємстві.....	66
9.3 Заходи безпеки на робочому місці.....	68
9.4 Санітарно-гігієнічні вимоги.....	69
ВИСНОВКИ	71
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	72
КОПІЇ ОBOB'ЯЗКОВИХ КРЕСЛЕНЬ.....	73
Лист 1 Аналіз траси мережі	74

Лист 2 Схема зв'язку двох кілець одного рівня (STM-4).....	75
Лист 3 Спрощена структурна схема мультиплексора AXD-155-3.....	76
Лист 4 Обладнання моніторингу і інтерфейси для керування мережею	77
Лист 5 Схема організації зв'язку	78

ВСТУП

Сучасні мережі зв'язку повинні будуватися на цифрових системах передачі і комутації, мати гнучку керовану структуру. Повинна забезпечуватися можливість сумісної праці апаратури різних фірм-виготовлювачів на мережі одного оператора і можливість взаємодії декількох мережевих операторів. Необхідна передача і переключення потоків інформації різної потужності, введення і виділення цих потоків у довільних пунктах, глибокий контроль якості і тарифікації у відповідності з дійсним часом користування зв'язком і його якістю. Повинні бути відкриті шляхи розвитку служб, які використовують як синхронний (STM), так і асинхронний (ATM) способи перенесення інформації.

Перелічені вимоги практично неможливо виконати а рамках плезіохронних цифрових ієрархій (PDH). Розвиток технологій швидкісних телекомунікацій на основі PDH (плезіохронних, тобто майже синхронних) привело до появи двох найбільш значних нових технологій: синхронної оптичної мережі SONET (COC), і синхронної цифрової ієрархії SDH (СЦІ).

У 1988 р. ITU-TS прийняв синхронну цифрову ієрархію (SDH), що підтримана системою міжнародних стандартів, які описують мережеві структури (SDH), функції і електричні параметри її апаратури. Особливості запровадження SDH в різних регіонах викладені в регіональних стандартах: в США, Канаді, Японії – це SONET, розроблена Американським Національним інститутом стандартів ANSI, для Європи – SDH, розроблений Європейським інститутом стандартів ETSI.

Принципами SDH зумовлено створення на мережі зв'язку універсальної транспортної системи (TS), яка органічно поєднує мережеві ресурси, котрі виконують функції передачі інформації, контролю і керування (оперативного переключення, резервування, експлуатації та ін.).

Безумовна перевага технологій SDH, це універсальні можливості транспортування сигналів різного роду, а властивість SDH мереж самовідновлюватися робить їх особливо вигідними. Перевагами таких мереж є

також простота нарощування потужності та гнучкість керування ними, можливість керування дистанційно, що зменшує ресурси обслуговування мережі.

Інформаційним навантаженням TS SDH можуть бути сигнали будь-якої з діючих PDH, потоки комірок ATM або інші цифрові сигнали.

Універсальні можливості транспортування сигналів різного роду досягаються в SDH завдяки використанню ідеї контейнерного перевезення. В TS SDH транспортуються спеціальні цифрові структури – віртуальні контейнери, в які і завантажуються сигнали. Спрощується ситуація з виділенням певного фрагмента потоку. Використання покажчиків початку фрагментів фрейму дозволяє гнучко компонувати внутрішню структуру контейнера-переносника, а їх додатковий захист кодами з корекцією помилок дозволяє одержати виключно надійну систему локалізації внутрішньої структури корисного навантаження, що передається по мережі. Після доставки до місця вивантаження з контейнерів сигнали приймають вихідну форму. Мережеві операції з контейнерами виконуються незалежно від їх змісту. Тому TS SDH являє собою всевітньо прозору систему і може використовуватися для розвитку будь-яких діючих мереж.

Широке розповсюдження SDH мереж останнім часом пов'язане не тільки з побудовою нових, але й з модернізацією старих телекомунікаційних мереж, в тому числі і тих, які використовують достатньо сучасні мережі PDH на основі волоконно-оптичних кабелів зв'язку.

Враховуючи основні тенденції розвитку зв'язку, в Україні відбувається перебудова первинної мережі, метою якої є побудова SDH мереж, з модернізацією існуючого та монтажем нового обладнання сучасних систем передачі.

Метою даного дипломного проекту є проектування мережі доступу до транспортної мережі України.

1 ВИБІР ТРАСИ МАГІСТРАЛІ

Лінійна споруда найбільш дорога і громіздка частина системи передачі. Витрати на лінійні споруди досягають 60-70 % загальних капітальних витрат, тому правильність вибору траси в багатьох випадках визначає економічність прийнятих рішень.

На основі вивчення географічної карти необхідно намітити всі можливі варіанти траси, провести порівняння цих варіантів і вибрати найбільш цілеспрямований і економічний. При виборі траси можна використати карти будь-якого масштабу з нанесеними залізничними, шосейними і ґрунтовими дорогами. Зручно використовувати атлас автомобільних доріг.

Вибір найбільш ефективного варіанту траси проводиться з наступних умов і рекомендацій:

1. Найменша відстань між кінцевими пунктами вздовж шосейних доріг;
2. Мінімальна кількість перепон для організації повної механізації будівельних доріг;
3. Забезпечення послугами зв'язку населених пунктів розмішених на трасі;
4. Можливість забезпечення будівництва електроенергією, водою та інше;
5. Економічні вигоди при експлуатації лінії передачі.

Враховуючи приведені рекомендації і аналізуючи розташування заданих кінцевих пунктів вибираємо варіант траси, малюємо ситуаційну схему з вказаними кінцевими станціями, доріг вздовж яких проектується прокладання кабелю, населених пунктів та інше. На рисунку показуємо віддалення від доріг, загальну довжину траси і кабелю по ділянках.

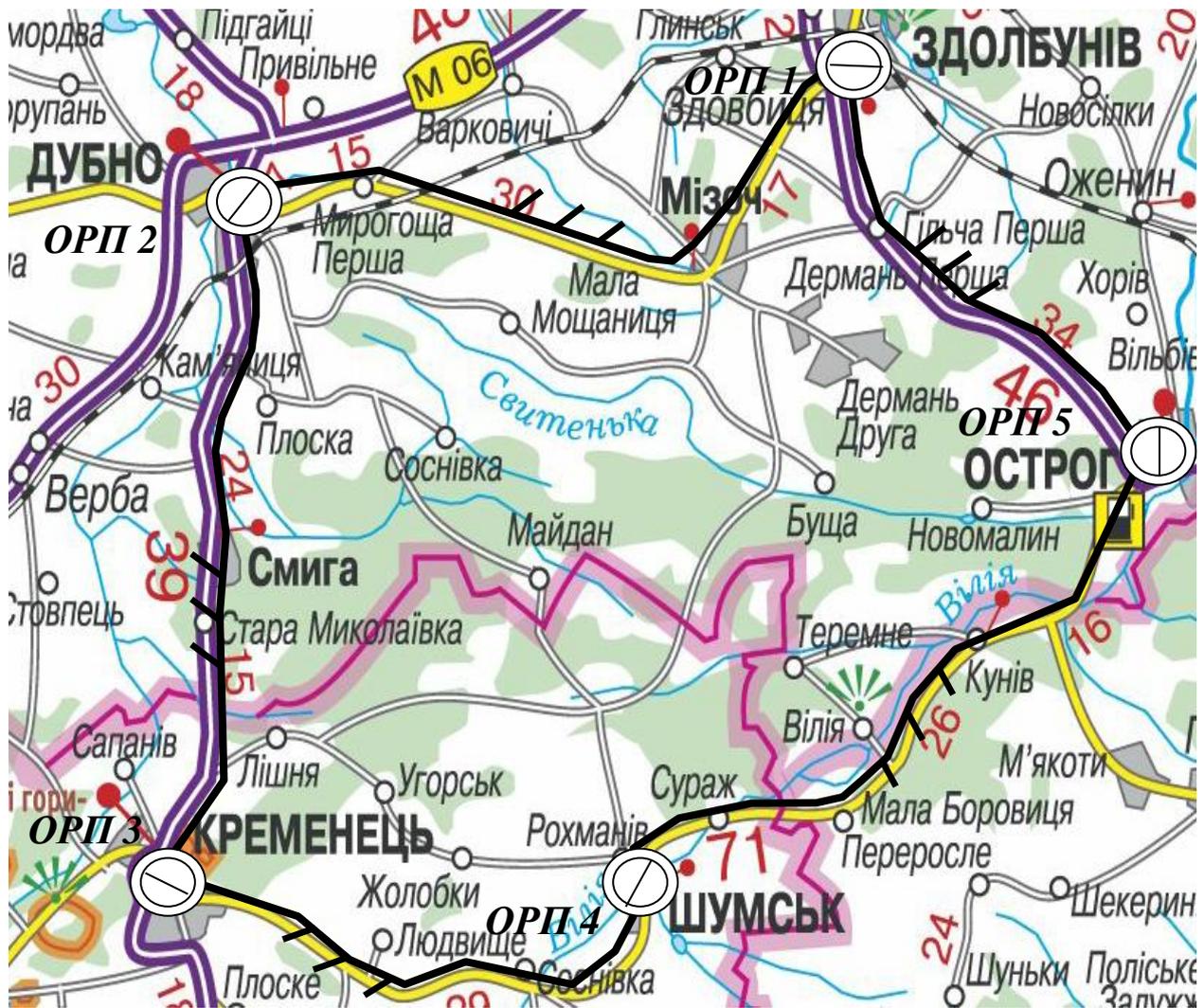


Рисунок 1.1 – Архітектура проектної SDH мережі

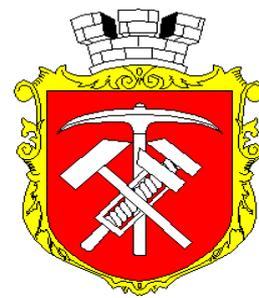
Використовуючи карту автомобільних доріг запишемо матрицю відстаней у вигляді таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Таблиця відстаней

Вузол №	1	2	3	4	5
1		46	88	76	33
2	46		42	75	78
3	88	42		33	77
4	76	75	33		44
5	33	78	77	44	

Здолбунів – місто, центр однойменного району Рівненської області, розкинулось вздовж долини річки Усті. Розташований за 12 км від Рівного, вузлова залізнична станція. У червні 1873 року закінчено будівництво залізниці

Київ – Брест, яка пролягла через Здолбунів. У післявоєнний період Здолбунів відбудовувався і розвивався на засадах соціалістичної економіки, комплексно, відповідно до свого статусу районного центру Рівненської області. Будуються цементно-шиферний комбінат, будівельні, пластмасовий та авторемонтний заводи, Укрцемремонт, побутові підприємства; відкриваються нові школи, лікарні, культурно-освітні заклади. Сучасний Здолбунів – це важливий залізничний вузол Західної України, центр будівельної, металообробної та харчової промисловості регіону.



Дубно завжди було центром культурного життя краю, виблискувало банями храмів, славалося своїми сімома монастирями. В другій половині XIX на початку XX ст. місто зростало, його розвитку сприяла відкрита 1873 року залізнична колія Здолбунів - Радивилів. У 30-х роках в місті побудовано шкірну фабрику (100 робітників), ще 100 робітників було зайнято на решті підприємств, 500 сезонних робітників працювали на хмелярнях. В 1940 році стала до ладу беконно-консервна фабрика, організовано промислову артіль ім.8 Березня, на базі приватної майстерні відкрито ливарно-механічний завод. В 1944р. став до ладу райхарчокомбінат, запрацювали промислові артілі "Комуніст", "Зірка", ім.8 Березня, відновили роботу м'ясокомбінат, ливарно-механічний завод. Дала струм міська електростанція. В серпні 1944 року випустила першу продукцію відбудована беконно-консервна фабрика, 1945 року пущено маслозавод, відбудовано цегельний і вапняний заводи. На ливарно-механічному заводі налагоджено випуск сільськогосподарського реманенту. У 1947 році стало до ладу нове підприємство- рукавично-трикотажна фабрика. В 1945 році відкрили педагогічне училище, культосвітній і сільськогосподарський технікуми, а в наступному році- сестринсько-медичну школу. На базі промкомбінату 1969 року створено два нові підприємства: завод гумово-технічних виробів та фабрику художньої галантереї. Сьогодні Дубно - місто обласного підпорядкування, районний центр Рівненської області.

Кременець - місто на Тернопільщині, що входить до переліку малих історичних міст Західної України. Візитною карткою міста є Замкова гора, або інакше гора Бона із залишками високих мурів, колись могутньої фортеці. До туристичних об'єктів також належить комплекс будівель Богоявленського монастиря, спорудженого 1760 року в стилі класицизму. Одним з чільних місць для відвідування туристами є комплекс будівель Кременецького ліцею з костьолом, спорудженого у 1731-1743 роках. Костьол є найвищою спорудою Кременця висотою 42 метри. Є у Кременці споруди колишнього Василіянського монастиря XVII століття.

Наприкінці XVI століття Острог стає великим освітнім, культурним і духовним центром України. Тут були академія і друкарня. Особлива сторінка історії "Волинських Афін" - діяльність Острозької друкарні. На сьогодні відомо 28 острозьких видань навчальних посібників, богословських праць, творів полемічної літератури, що побачили світ в часовому проміжку 1578-1612 рр. Першим острозьким друкарем був знаменитий Іван Федоров. Місто Острог є державним історико-культурним заповідником. В місті діє історико-краєзнавчий музей, музей "Книги та друкарства", музей нумізматики. Тут збереглися пам'ятки культури та архітектури XIV-XIX ст.



Шумськ – районний центр Тернопільської області. Кількість населення Шумська становить 5, 3 тис. чол. Територія міста 5380 гектарів. Місто було засноване у 1149 р. Місто славиться такими історичними пам'ятками : урочище "Соснина" (V-XIII ст.), Св.-Преображенська церква (1715 р.), урочище "Жолоб".

2 ВИБІР ТОПОЛОГІЇ МЕРЕЖІ

Топологія „последовна лінійна ланка”

Ця базова топологія використовується тоді, коли існує необхідність відгалужень у ряді точок на лінії, де можуть вводитися і виводитися канали доступу і реалізується з використанням як термінальних мультиплексорів, так і мультиплексорів вводу/виводу в точках відгалужень. Вона може бути реалізована або у вигляді простої послідовної лінійної ланки без резервування, як на рисунку 2.1, або ланцюгом з резервуванням типу 1 + 1, як на рисунку 2.2 Останній варіант топології часто називають пласким кільцем.

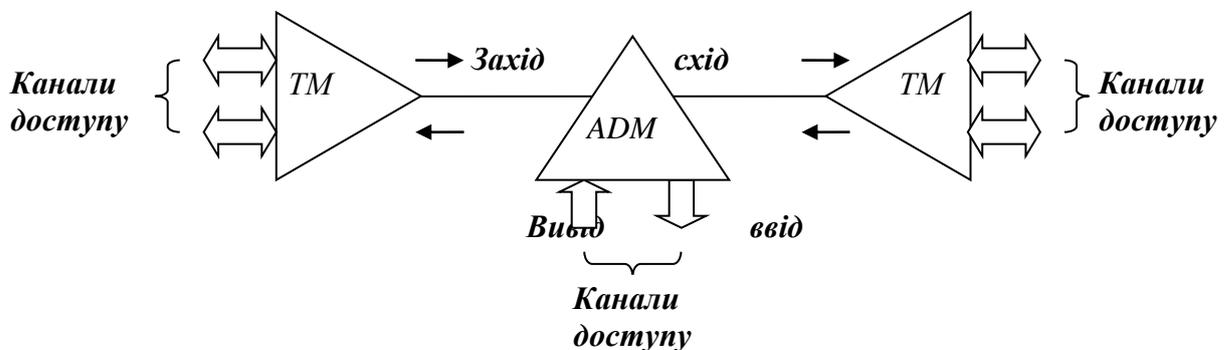


Рисунок 2.1 – Топологія „последовна лінійна ланка” реалізована з використанням TM і ADM

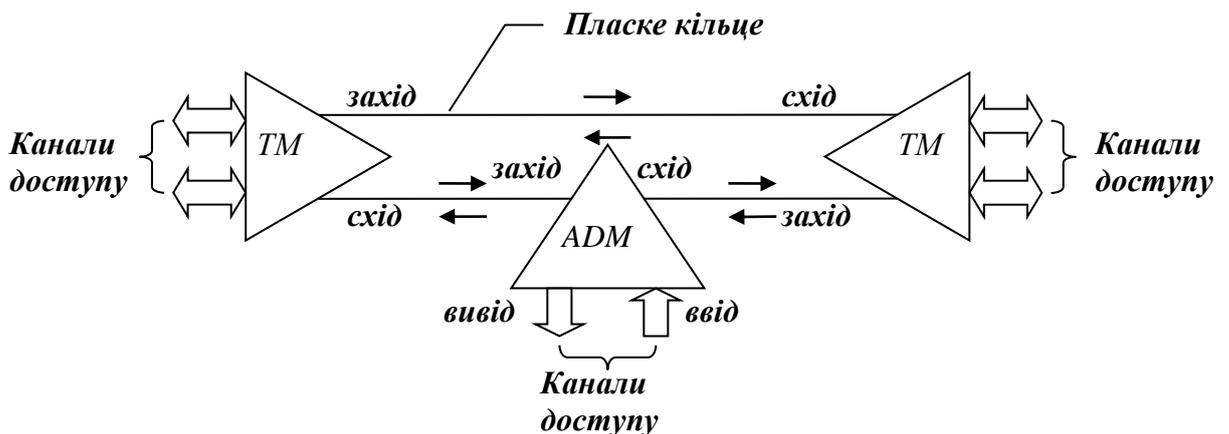


Рисунок 2.2 – Топологія „последовна лінійна ланка” з захистом 1 +1 типу пласке кільце

Переваги: Відносно дешева. Мінімальні затрати на прокладку кабелю.

Недоліки: Мала надійність. При обриві волокна повністю втрачається зв'язок між пунктами.

Топологія „зірка”

У цій 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).

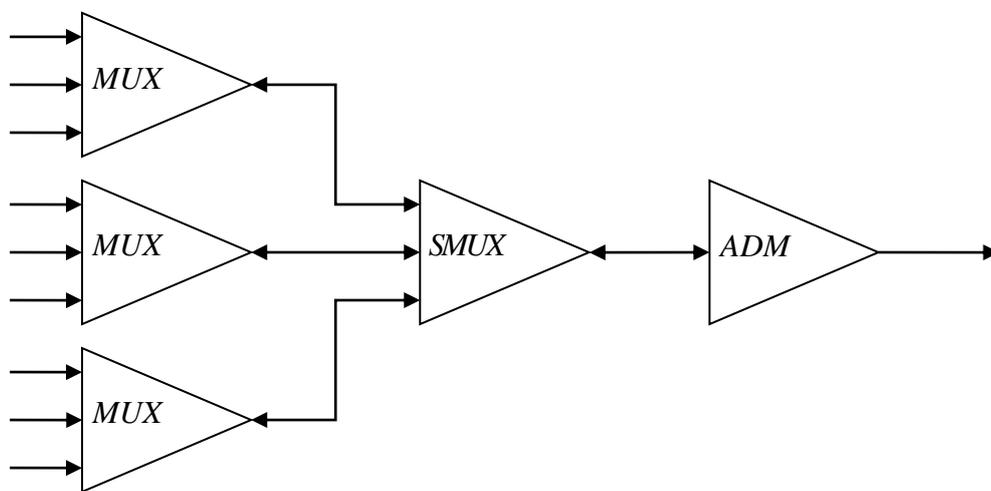


Рисунок 2.3 – Топологія „зірка” з мультиплексором в якості концентратора.

Переваги: досить висока надійність. При обриві в будь-якому місці втрачається зв'язок тільки з одним пунктом.

Недоліки: висока вартість. Великі затрати на прокладку кабелю, та його обслуговування.

Топологія „кільце”

Основна перевага цієї топології (рисунок 2.4) – легка організація захисту типу 1+1, наявність в мультиплексорах SMUX двох пар (основного і резервного) оптичних агрегатних виходів (каналів прийому/передачі): схід – захід, дає можливість формування подвійного кільця з зустрічними потоками (вказані стрілками).

Особливість кільцевої топології у тому, що потоки в різних перетинах кільця повинні бути однакові [1]. Схема організації 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.

Переваги: Висока надійність. Легка організація захисту типу 1+1.

Кільцева топологія володіє рядом цікавих властивостей, що дозволяють мережі самовідновлюватися, тобто бути захищеною від деяких характерних типів відмов.

Недоліки: Потоки в різних перетинах кільця повинні бути однакові.

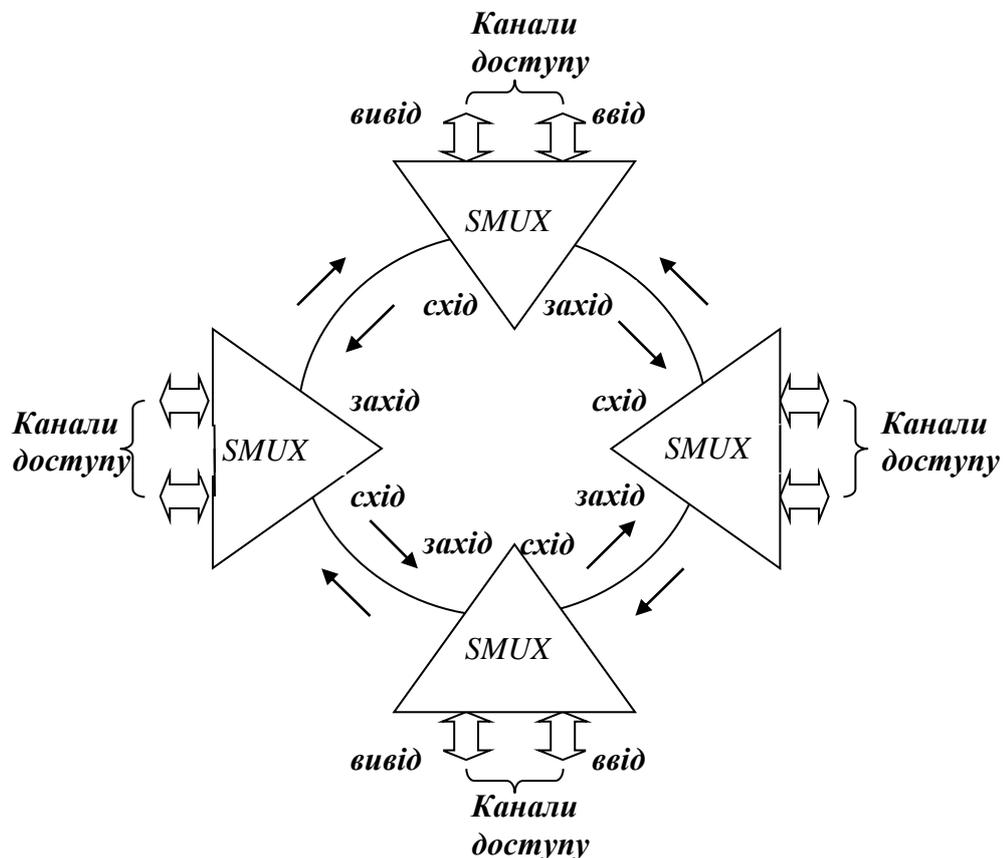


Рисунок 2.4 – Топологія „кільце” з захистом 1+1 на рівні трибних блоків TU-n

Топологія „коміркова мережа”

Традиційні телефонні мережі, засновані на використуванні вузлів комутації, побудовані на основі топології змішаної мережі, в якій можна виділити

базову топологію мережі – мережі, складеної із замкнутих контурів, або технологічних кілець. У них використовується різна форма комірок мережі.

Істотна відмінність коміркової топології, наприклад від кільцевої, у тому, що потоки в ланках, що сполучають вузли, можуть бути різними, залежно від необхідної пропускної спроможності конкретної ланки. При цьому замкнутий контур осередку формує так зване технологічне кільце, потоки якого в різних перетинах – різні. Проте комірка може виконувати і роль повноцінного, а не тільки технологічного кільця.

Характерна особливість коміркової топології – можливість розширення мережі шляхом нарощування (мультиплікування) однотипних комірок без втрати топологічної однорідності мережі. Такою властивістю володіють всі мережі, що використовують перераховані вище комірки. Більше того, вказані комірки дозволяють будувати такі мережі, де базові комірки можуть контактувати одна з одною як з двома вузлами. Остання властивість важлива при використанні методів захисту підмереж в мережах SDH.

Переваги: Потоки в ланках, що сполучають вузли, можуть бути різними, залежно від необхідної пропускної спроможності конкретної ланки.

Комірка, якщо потрібно, може виконувати роль повноцінного кільця.

Недоліки: Для організації коміркової мережі необхідна прокладка окремого кабелю, або виділення окремих волокон в кабелі, для суміжних комірок, що збільшує затрати.

Отже, так як між вузлами мережі, що проектується, значні відстані, та значно різняться вихідне навантаження вузлів, а також, зважаючи на переваги і недоліки різних топологій мереж, вважаю, що оптимальним варіантом є побудова мережі на основі кільцевої топології.

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

Радіально-кільцева архітектура. Ця мережа фактично побудована на базі використання двох базових топологій: „кільце” і „послідовне лінійне коло”. Число радіальних віток обмежується з міркувань допустимого навантаження на кільце.

Архітектура типу „кільце-кільце” – це друге часто використовуване в архітектурі мереж SDH рішення. Кільця в цьому з’єднанні можуть бути або однакового, або різного рівнів ієрархії SDH. На рисунку 2.5 показана схема з’єднання двох кілець одного рівня – STM-4 з допомогою інтерфейсних карт STM-1. При такому 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).

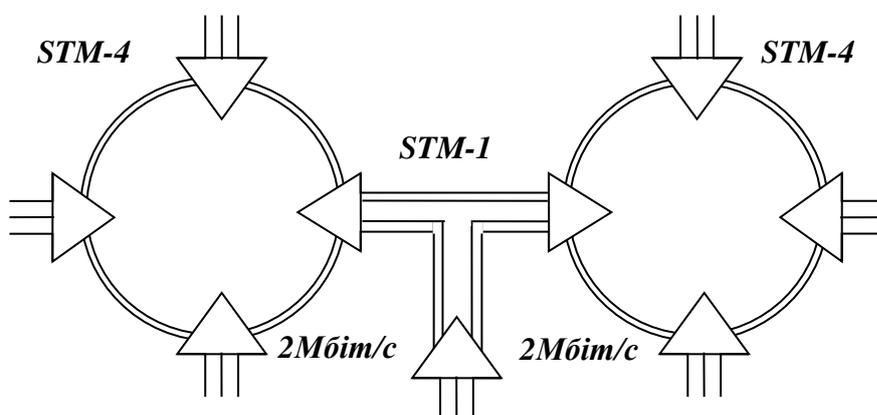


Рисунок 2.5 – Схема зв’язку двох кілець одного рівня (STM-4)

Лінійна архітектура для мережі великої довжини. Для лінійних мереж великої протяжності відстань між термінальними мультиплексорами ТМ більше або набагато більше тої відстані, яка може бути рекомендована з точки зору максимально допустимого затухання волоконно-оптичного кабелю. В такому випадку на маршруті між ТМ (рисунок 2.6) повинні бути встановлені крім загального прохідного комутатора ще й регенератори для відтворення (регенерації) затухаючого оптичного сигналу.

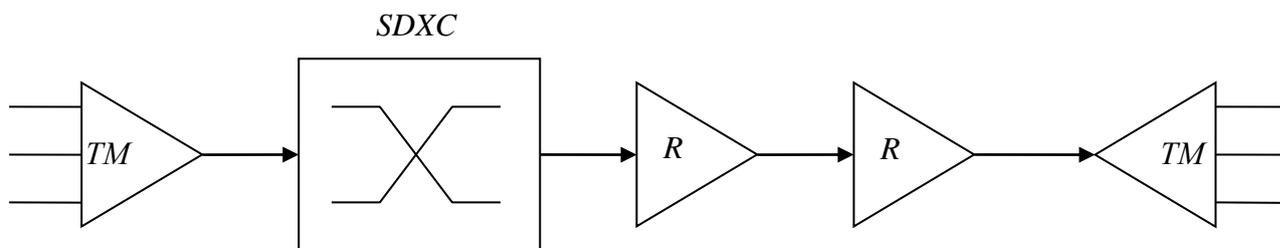


Рисунок 2.6 – Мережа SDH великої довжини з зв'язком типу „точка-точка”

Проект мережі доступу Здолбунів – Дубно – Кременець – Шумськ - Острого до транспортної мережі SDH країни 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.

Для проектної магістралі використовуємо кабель, що випускає ВАТ „Одескабель”.

Основні технічні характеристики ОК наведені в таблиці 3.1

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	12,0	17,0	15,0	17,6	21,1	18,0
- метала	12,0	17,0	15,0	17,6	-	-
- діелектрика та шару армідних ниток поверх скріплювальних	13,5	18,5	16,6	21,8	-	-

Продовження таблиці 3.1 – Основні технічні характеристики ОК

Найменування параметра	О К Л	ОКЛБ	ОКЛБг	ОКЛК	ОКЛК	ОКЛС
Розтягуючи зусилля на ОК, кН:						
- ДДАД2АД3АД4АМ	2,03,5	2,03,5	2,03,5	10,0	80,0---	10,0---
- ДАД2АД3АД4АМ	3,57,0	3,5---	3,5---	80,0---	----	----
- Д2АД3АД4АМ	7,0	---	---	----	----	----
- Д3АД4АМ	10,0	--	--	---	---	---
- Д4АМ	15,0	-	-	--	--	--
- М	3 , 5	3 , 5	3 , 5	-	-	-

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.

У дипломному проекті 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 магістралі, 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.

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

3.2 Розрахунок необхідної кількості оптичного кабелю

Розраховуючи загальну довжину оптичного кабелю для прокладання по проєктованій магістралі необхідно враховувати запас кабелю. Нормативний запас з урахуванням умов прокладання кабелю становить: 2% при прокладанні його в ґрунт; в кабельні каналізації – 5,7%; у водні перешкоди – 14%.

Розрахунок приведений 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	164	2	3,28	167,28
Каналізація	31	5,7	1,77	32,77
Водні	2	14	0,28	2,28
Разом	197	---	---	202,33

Згідно розрахунку необхідно 202,33 км кабелю.

Але, 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 203 км.

Отже, для побудови проєктованої магістралі необхідно 203 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

Розрахунок проводимо на основі заданої кількості каналів між пунктами мережі.

Здолбунів – Дубно – 90 каналів Т. Ч. – 3Е1.

Здолбунів – Кременець – 120 каналів Т. Ч. – 4Е1.

Здолбунів – Шумськ – 150 каналів Т. Ч. – 5Е1.

Здолбунів – Острог – 180 каналів Т. Ч. – 6Е1.

Дубно – Кременець – 210 каналів Т. Ч. – 7Е1.

Дубно – Шумськ – 240 каналів Т. Ч. – 8Е1.

Дубно – Острог – 270 каналів Т. Ч. – 9Е1.

Кременець – Шумськ – 300 каналів Т. Ч. – 10Е1.

Кременець – Острог – 30 каналів Т. Ч. – 1Е1.

Шумськ – Острог – 60 каналів Т. Ч. – 2Е1.

Таблиця 4.2 – Мережене навантаження

Вузол №	1	2	3	4	5	Σ
1		3	4	5	6	18
2	3		7	8	9	27
3	4	7		10	1	22
4	5	8	10		2	25
5	6	9	1	2		18
Σ	18	27	22	25	18	

4.2 Розрахунок кількості потоків по сегментах мережі

На основі таблиці мереженого 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, 3	2-1, 3	2-1, 3	2-1, 3	2-1, 3
1-3, 4	1-3, 4	3-1, 4	3-1, 4	3-1, 4
1-4, 5	1-4, 5	1-4, 5	4-1, 5	4-1, 5
1-5, 6	1-5, 6	1-5, 6	1-5, 6	5-1, 6
3-2, 7	2-3, 7	3-2, 7	3-2, 7	3-2, 7
4-2, 8	2-4, 8	2-4, 8	4-2, 8	4-2, 8
5-2, 9	2-5, 9	2-5, 9	2-5, 9	5-2, 9
4-3, 10	4-3, 10	3-4, 10	4-3, 10	4-3, 10
5-3, 1	5-3, 1	3-5, 1	3-5, 1	5-3, 1
5-4, 2	5-4, 2	5-4, 2	4-5, 2	5-4, 2
Σ 50				

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.

LAN інтерфейси. Ці інтерфейси використовуються в центрі керування для зв'язку мультиплексорів з елемент менеджером EM (EM) 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 10-1 для синхронних мультиплексорів SDH - STM-1. у верхній частині таблиці зазначений ряд параметрів мультиплексного устаткування, тоді як у нижній частині таблиці зазначені інші загальні для всіх мультиплексорів характеристики, що відносяться до систем керування елементами мережі і мережею в цілому.

Таблиця 4.3 – Порівняльні характеристики синхронних мультиплексорів

Характеристика \ Фірми	Alcatel	AT&T	Ericsson	Siemens
Синхронні мультиплексори STM-1				
Тип обладнання	1651 SM	ISM-2000/ STM-1	AXD-155	SMA-1
Канали доступу (триби) PDH (Мбіт/с)	2,34,45,140	2,34,140	2,34,140	2,34,140
Канали доступу (триби) SDH (Мбіт/с)	дробний 155	155	155	155
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)	16(2),3(34)
	1(140/155), 3(дроб.155)	1(140),1(155)	1(140),1(155)	1(140),1(155)
Число атрибутивних інтерфейсних карт	5(3+1+1)	5(4+1)	5(3+1+1)	5(4+1)
Тип захищеного режиму по входу	3:1,1:1(34/45)	N+1,1+1(155)	1+1,1+1(155)	4:0,4:1
Макс. навантаження на	63x2, 3x34	63x2, 3x34	63x2, 3x34	63x2, 6x34

мультиплексом (в захищеному режимі)	1x(140/155)	1x(140/155)	1x(140/155)	2x140
Лінійні канали (агрегатний вхід) (Мбіт/с)	155(ел.,опт.)	155(ел.,опт.)	155(ел.,опт.)	155(ел.,опт.)
Тип захищеного режиму по виходу	1+1, 1:1	1+1, 1:1	1+1, 1:1	1+1, 1:1
Можливість неблокованої комутації	1 x STM-1	1 x STM-1	8 x STM-1	254x2Мбіт/с
Варіанти використання обладнання	TM,R,ADM-л, к	TM,R,ADM-л, к	TM,R,ADM-л, к	TM,R,ADM-л, к
Розміри блоків в стійці (ВxШxГ) мм	475x483x285	622x450x260	475x483x285	500x450x280

Таблиця 4.4 – Загальна частина мультиплексного обладнання

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

Так як 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.

Основа мультиплексора AXD 155-3 складає блок MOST в який входять, як його частини, так і блоки: MUX CONTROL – мультиплексор контролер,

OPTICAL MUX – оптичний мультиплексор (до двох блоків), SWITCH – блок переключень (крос-комутатор), TIMEX – генераторне обладнання.

Блок MOST (контролер мультиплексор оптичного трибутива комутатора) виконує наступні функції:

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

MOST може бути обладнаний максимум двома лінійними модулями STM-1 (електричний/оптичний) і одним трибутивним модулем.

В модулі MOST може бути встановлений один із таких трибутивних модулів:

- Трибутивний модуль з асинхронним відображенням 32x2 Мбіт/с G.703.
- Трибутивний модуль 16x2 Мбіт/с.
- Трибутивний модуль 1x34 Мбіт/с.
- Електричний трибутивний модуль 1x STM-1 (G.703).

Для простих застосувань може використовуватись один блок MOST (тобто, один регенератор або один ADM з трибутивами 2 Мбіт/с до 32 штук), але, якщо необхідна більш складна робота (тобто, управління великим числом трибутивів чи інтерфейсом Q), AXD 155-3 може бути оснащена другим блоком MOST та наступними 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).

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

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

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.

Загальні характеристики, структура 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. 12.6.2-1 приводиться спрощена схема AXD 155-3, на якій вказано найбільш важливі шини.

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

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

Ширина монтажної корзинки AXD 155-3 складає половину стандартної

монтажної корзинки ETS300-119/4. Тому стандартний стояк ETS300-119/4 може вмістити до шести монтажних корзинок AXD 155-3.

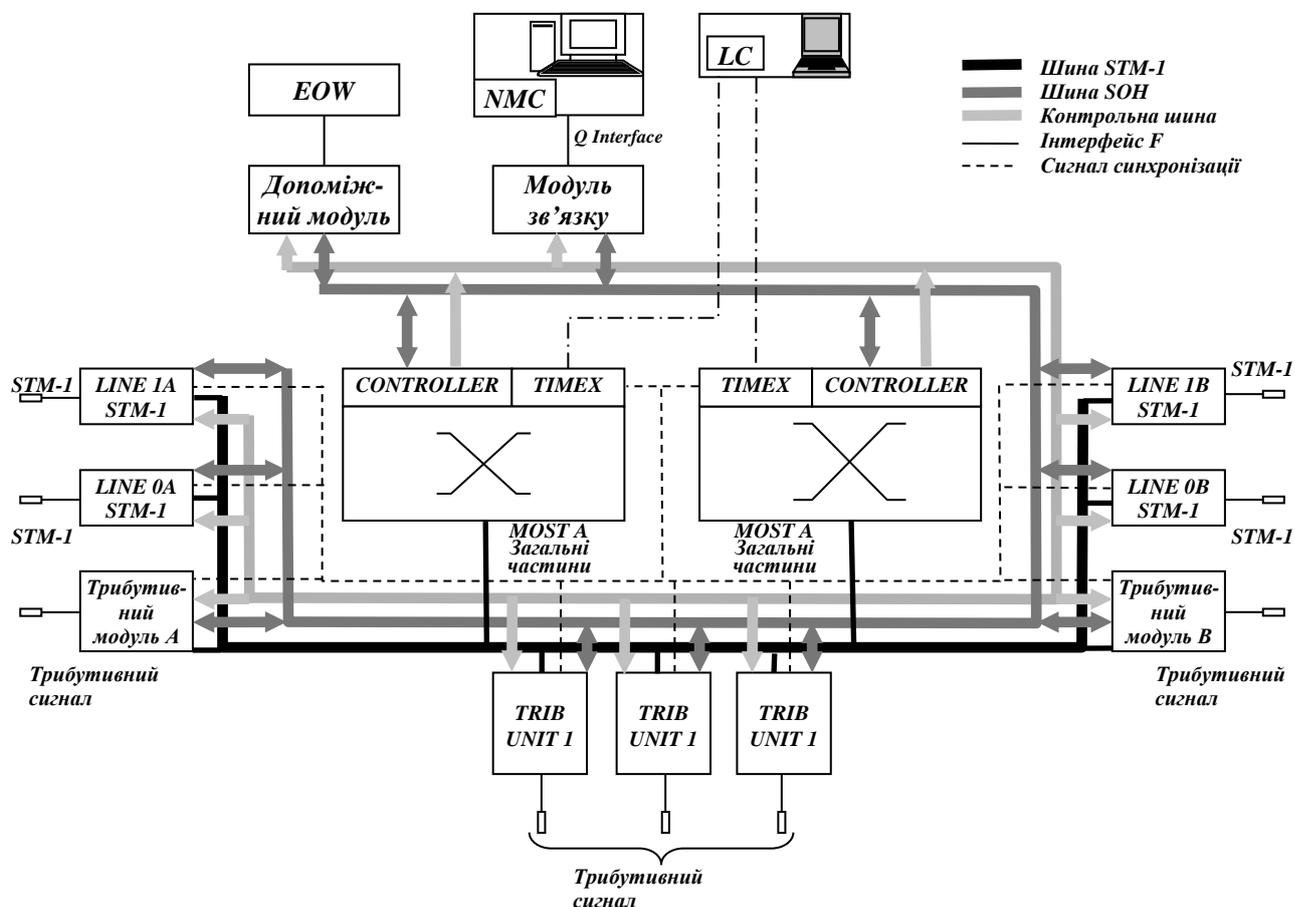


Рисунок 4.1 – Спрощена структурна схема мультиплексора AXD-155-3

Таблиця 4.5 – Оптичні характеристики AXD-155-3

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

Управління потоками. AXD-155-3 може керувати слідуєми потоками:

- до двох електричних або оптичних лінійних інтерфейсів STM-1 (1+1 або 1+0);
- до чотирьох електричних трибутивів STM-1;
- до 63 трибутивів 1,5 – 2 Мбіт/с.

Логічний шлях сигналу в середині AXD-155-3 проходить слідуєчим чином:

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 кожен лінійний і трибутивний модулі з'єднані з обома комутаторами). Сигнали (TU) з комутатора посилаються в напрямку вихідних інтерфейсів і проходять по шляху протилежному раніше описаному.

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.

Немає прямого зв'язку між трибутивним модулем MOST і комутатором другого модуля MOST. 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 розподілятись 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).

Зі 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.

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

Основним 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. Матриця переключення забезпечує створення логічних з'єднань між входами і виходами. Матриця переключення AXD 155-3 може виконувати взаємні з'єднання між лінійною і атрибутивною стороною. Процедура конфігурації реалізується за допомогою програмного забезпечення локального контролера.

AXD 155-3 може керувати слідуєми 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 мультиплексованої секції (MSP) на лініях і трибутивних інтерфейсах STM-1; Кільце: Захист підключення під мережі (Захист шляху).

З точки зору управління схема захисту шляху є самою простою, 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.

Конфігурація обладнання. Обладнання AXD 155-3 може бути встановлено в одній з чотирьох можливих конфігурацій: термінал, транзитний мультиплексор Add/drop, регенератор, цифровий крос-комутатор.

Обладнання може бути використане в мереженій 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

5.1 Розрахунок довжини регенераційної ділянки по затуханню

За 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 ($K_{\text{пом.}} = 10^{-9}$).

Рівень 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 $\alpha_{\text{вл}}$.

Також, необхідно 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 $P_{\text{зап}}$ ($P_{\text{зап}} = 6$ дБ).

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

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

Тому, рівень потужності на вході приймача випромінювання:

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

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

Загальні втрати складаються 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:

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

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

де α_1 - погонне загасання волокна, дБ/км; L_p - довжина світловоду або регенераційної ділянки, км.

Втрати потужності в з'єднаннях джерело випромінювання - ОВ ($\alpha_в$) 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 довжині регенераційної ділянки $L_{p\partial l}$ залежить від будівельної довжини кабелю $L_б$:

$$m = \frac{L_p}{L_{б\partial d}} + 1 \quad (5.5)$$

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

$$a_{заг} = a_{нрз} \left(\frac{L_p}{L_{б\partial d}} + 1 - q \right) + q \cdot a_{рз} \quad (5.6)$$

Звичайно в тракті на регенераційній ділянці - два з'ємних з'єднання ($q = 2$).

Тому:

$$a_{заг} = a_{нрз} \left(\frac{L_p}{L_{б\partial d}} - 1 \right) + 2 \cdot a_{рз} \quad (5.7)$$

Так як

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

то можемо записати:

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

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

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

Розрахунок довжини регенераційної ділянки по потужності (затуханню) здійснюється по наступній формулі, км:

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

Для проектної магістралі 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 OM-OB. 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 $L_{б\gammaд} = 2,0$ км.

Для організації довгої міжстанційної секції (L) оберемо лазерне джерело випромінювання (ПОМ), що працює на довжині хвилі 1550 нм, OB відповідає рекомендаціям G.652; G.654 – L-1.2, оптичні характеристики якого:

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

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

Проведемо розрахунки для довгої міжстанційної секції:

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

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

Отже, 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.

Для 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:

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

$$a_1 = 0,4 \text{ дБ/км}; \quad a_{\text{рз}} = 0,3 \text{ дБ}; \quad a_{\text{нз}} = 0,1 \text{ дБ}; \quad L_{\text{бюд}} = 2 \text{ км.}$$

Проведемо розрахунки для короткої міжстанційної секції:

$$Q = -12 - (-34) = 22 \text{ дБ};$$

$$L_{p1\max(S-1.1)} = (22 - 6 - 2 \cdot 0,3) / (0,4 + 0,1/2,0) \approx 34,22 \text{ км.}$$

Отже, енергетичний потенціал AXD-155-3 при використанні 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.

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

5.2 Розрахунок довжини регенераційної ділянки по дисперсії

Одним з основних чинників, що впливають на довжину регенераційної ділянки, є дисперсія [7]. Другим чинником, що впливає на довжину регенераційної ділянки, є оптична швидкість передачі інформації V .

При проходженні імпульсів світла по оптичному світловодному тракці змінюється не тільки його амплітуда, але і форма, тобто імпульс уширюється. Тобто тривалість його за рівнем половини амплітуди на виході тракту $t_{вих}$ більша, ніж на виході - t_{ex} . При фіксованій дисперсії настає момент, коли передані імпульси в оптичному лінійному тракці можуть перекриватися, тобто швидкість передачі обмежена.

Обмеження на швидкість передачі інформації в цифрових ВОСП накладають три основних чинники:

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 σ_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 хвилеводної $\sigma_{хв}$ дисперсії;

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

Тривалість фронту імпульса після проходження ділянки регенерації (на виході ПРОМ регенератора), с:

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

Тривалість фронту імпульса на виході ПРОМ регенератора 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 $T = 1/V$ – тривалість тактового інтервалу, с, при швидкості передачі інформації V , біт/с.

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

Аналіз впливу уширення імпульсів у лінійному тракті проектованої магістралі показав, що ними можна зневажити практично для всіх форм передачі імпульсів, якщо виконується умова: $B \leq 0,25 / \sigma$. (5.14)

У волокні довжиною L дисперсія буде розраховуватись:

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

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.

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

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

де $\omega = P_{прд} - P_{прм.мах} - \alpha_в - \alpha_{вув} = Q - \alpha_в - \alpha_{вув}$, $P_{прд}$ - потужність випромінювання передавача; $P_{прм.мах}$ - мінімальна чутливість приймача; $\alpha_в$ - втрати в з'єднанні джерело – ОВ; $\alpha_{вув}$ - втрати в з'єднанні ОВ – приймач; σ_1 - сумарна кілометрична дисперсія ОВ.

Якщо швидкість передачі інформації більша ніж критична, то передача інформації обмежена дисперсійними спотвореннями і максимальна довжина ділянки регенерації, км:

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

де: σ_1 - погонна дисперсія, з урахуванням ширини спектральної лінії джерела випромінювання; B – швидкість передачі в оптичному тракті.

За проектом швидкість передачі сигналу для обраної системи передачі AXD-155-3 дорівнює 155 Мбіт/с. Використовується кабель ОКЛ-3-ДА1-3х4Е-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 при використанні довжини хвилі 1310 нм довжина регенераційної ділянки дорівнює:

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

Розрахунок довжини регенераційної ділянки за часовими характеристиками ґрунтується на такому параметрі, як 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.

Тобто, максимальна довжина регенераційної ділянки L_{p2} визначається [11] по формулі:

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

Отже, 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 для $\lambda = 1310$ нм (інтерфейс S1.1):

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

Отже, порівнюючи віддалі між 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

Проектована мережа охоплює 5 комутаційних вузлів. Вони зв'язані між собою по принципу „кожний з кожним”. На даній мережі буде використовуватись кабель типу ОКЛ-3-ДА3-3х4Е-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.

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

Доступ до мережі країни буде здійснюватись через мультиплексор вузла Миргород.

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 Миргород буде являться 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

Загальні питання синхронізації описані в рекомендації ССІТТ G.810.

Ціль синхронізації – одержати по можливості найкраще хронуюче джерело (генератор тактових імпульсів або таймер) 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. Він 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) – 1×10^{-9} (G812T), та таймер локального (місцевого) вузла LNC (SSU-L) – 2×10^{-8} (G812L).

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

В склад 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 5×10^{-10} для транзитного вузла і 1×10^{-8} для місцевого вузла і добовим дрейфом 2×10^{-9} і 2×10^{-8} відповідно;

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

Сучасні 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).

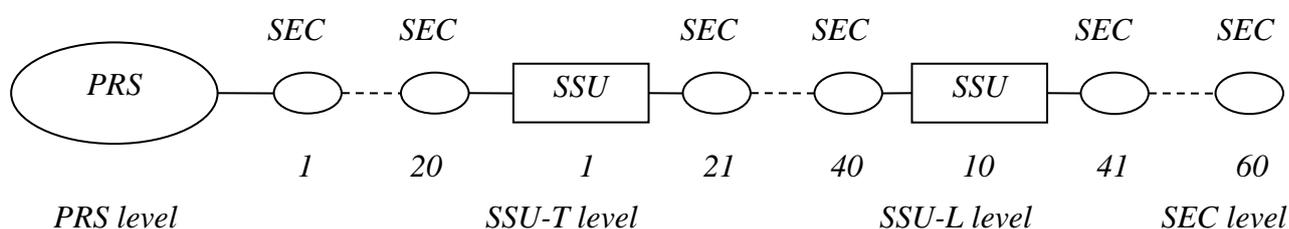


Рисунок 6.1 – Рівні та максимальне число джерел синхронізації

Вибір джерела синхронізації здійснюється згідно критеріїв „максимальної якості доступного джерела”.

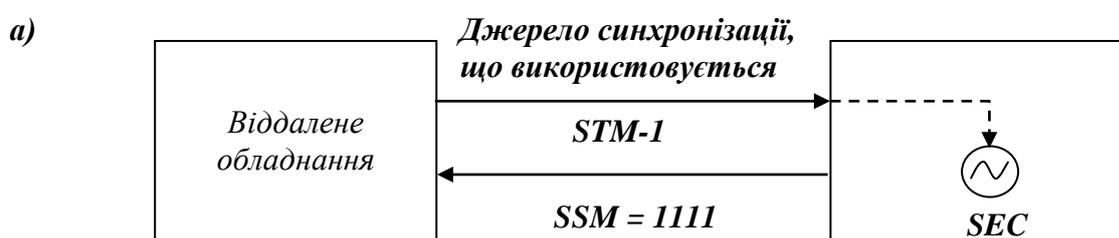
Сигнали STM-1 переносять як інформацію про опорну синхронізацію, так і індикацію рівня якості джерела синхронізації, від якого вони отримані. Рівень якості записується в бітах від 5-го до 8-го байта S1.

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).

Для того, 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” (1111)

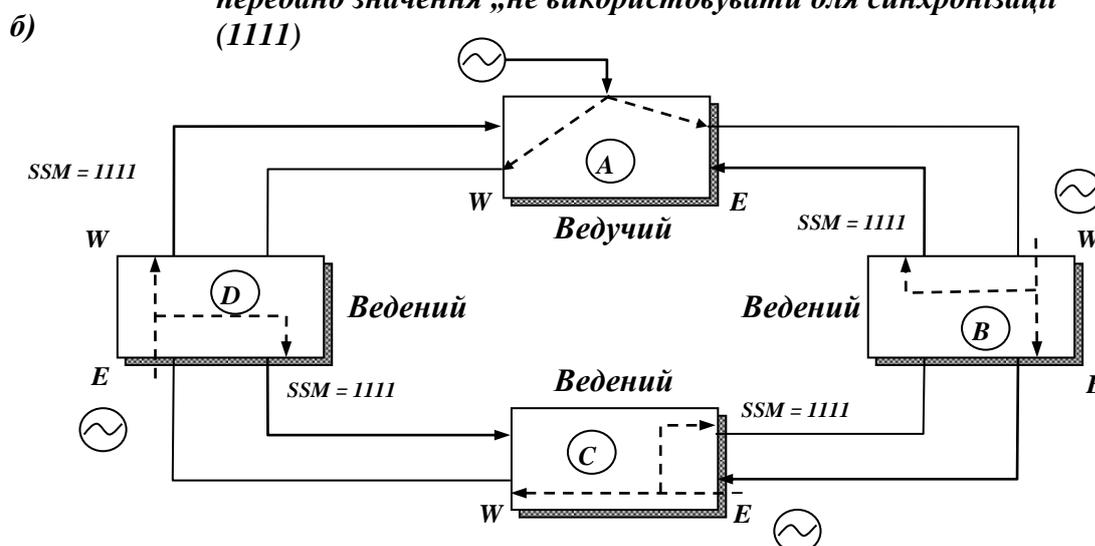


Рисунок 6.2 – Керування маркером синхронізації

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).

„Рівень мінімально допустимої якості” може бути встановлений як для внутрішньої синхронізації, так і для виходу синхронізації. 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 Миргород проходить трафік на Київ, тому є можливість отримувати синхронізацію по лінійному STM-N сигналу від ПЕГ, отже, в Миргород 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 такому розміщенні ЗГ ми досягаємо найбільш надійної роботи мережі.

Таблиця пріоритетів джерел синхронізації проектованої мережі вказано нижче.

Таблиця 6.1 – Таблиця пріоритетів

1 ^{ий} пріоритет	ВЗГ вузла Дубно (G.812-T)
2 ^{ий} пріоритет	ВЗГ вузла Кременець (G.812)
3 ^{ий} пріоритет	Внутрішній генератор (G.813)

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 мереженого 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 термінала керування (LC) через кожний інтерфейс F RS232.

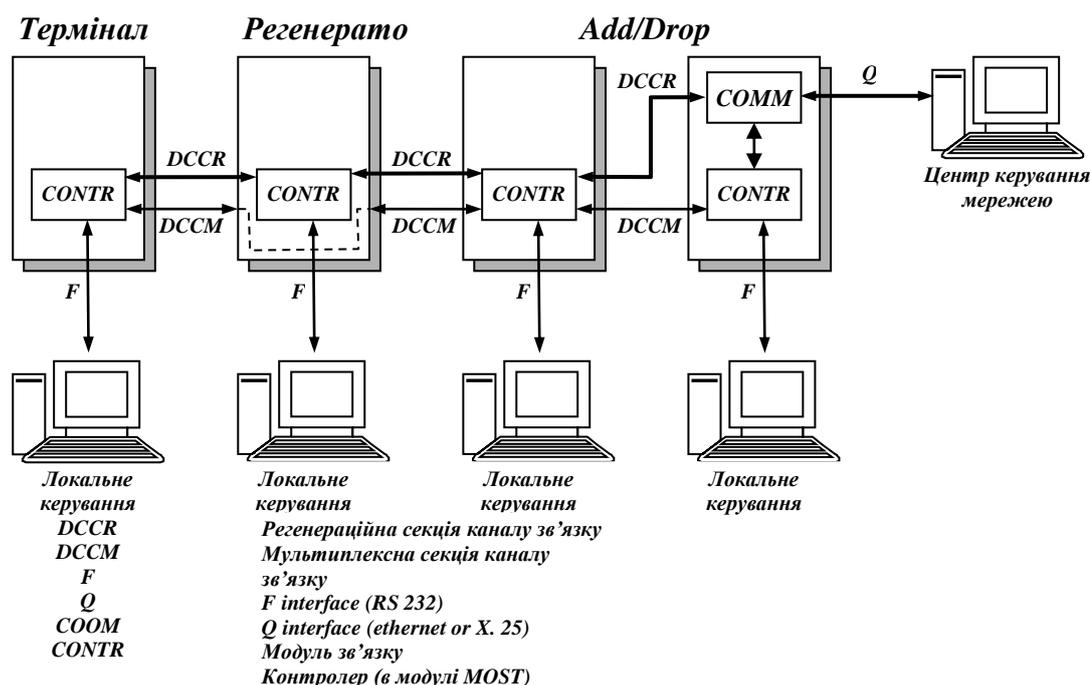


Рисунок 6.3 – Обладнання моніторингу і інтерфейси для керування мережею

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.

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.

Головні 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.

На рисунку 6.4 приведена схема керування мережею SDH.

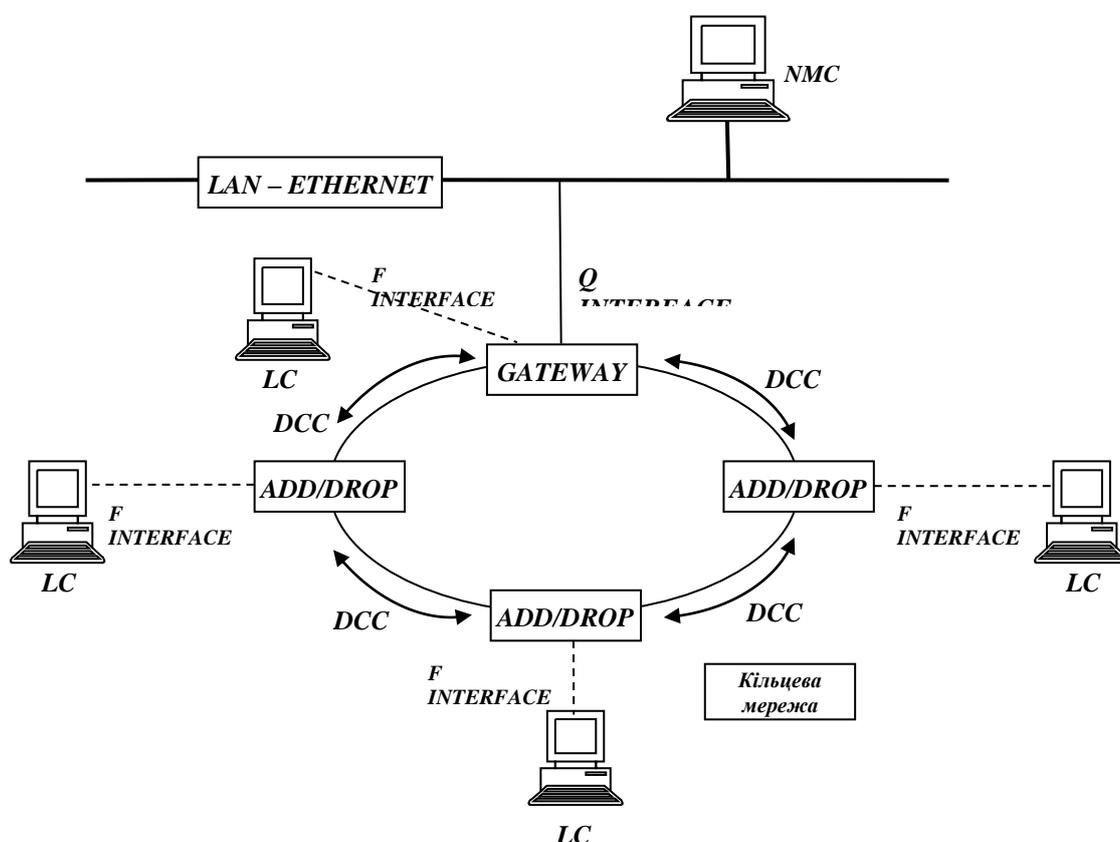


Рисунок 6.4 – Схема керування мережею SDH

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 ЕМ NMS. 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 Миргороді 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.

Здолбунів (вузол 1):

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

Дубно (вузол 2):

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

Кременець (вузол 3):

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

Шумськ (вузол 4):

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

Острог (вузол 5):

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

6.4 Комплектація обладнання

Конфігурація мультиплексорів вузлів SDH проектованої мережі залежить від величини мереженого навантаження, відстані між вузлами (потужності передавальних оптичних модулів лінійних плат).

Так як в проекті використовується кільцева топологія, то мультиплексори мережі будуть сконфігуровані як транзитні Add/drop (вводу/виводу).

Вибір комплектації обладнання здійснюємо з врахуванням схеми організації зв'язку (демонстраційний Лист 2).

Трибутивні плани обираємо виходячи з таблиці мереженого навантаження (табл. 4.1).

Перелік блоків/модулів мультиплексора AXD-155-3 приведений в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Перелік блоків/модулів мультиплексора AXD-155-3

Назва блоку модуля		Місце встановлення в касеті
MOST Unit	Контролер мультиплексора оптичного трибутива комутатора	1, 5
Common Parts Sub-Unit	Модуль загальної частини (комутатор, контроль, синхронізація)	
STM-1 Optical Sub-Unit	Лінійний модуль STM-1 з оптичним інтерфейсом	
STM-1 Electrica Sub-Unit	Лінійний модуль STM-1 з електричним інтерфейсом	
16x2 Mbit/s Trib. Sub-Unit	Компонентний модуль 16x2 Мбіт/с	
32x2 Mbit/s Trib. Sub-Unit	Компонентний модуль 32x2 Мбіт/с	
Communication Unit	Блок зв'язку (включає закінчення: інтерфейси Q, F, B, V11; зовнішній еталон синхронізації; вивід внутрішньої синхронізації; розширення EOW)	6
Auxiliary Unit	Сервісний блок	7
STM-1, G. 703 Unit	Компонентний блок STM-1 з електричним інтерфейсом	2, 3, 4 (рез.)
STM-1, Opt/Mux Unit	Компонентний блок STM-1 з оптичним інтерфейсом	2, 3, 4 (рез.)
1x140/155 Mbit/s Unit	Компонентний блок 1x140/155 Мбіт/с з електрич. інтерн.	2, 3, 4 (рез.)
63x2 Mbit/s Trib Unit	Компонентний блок 63x2 Мбіт/с	3, 4 (рез.)

Продовження таблиці 6.2 – Перелік блоків/модулів мультиплексора AXD-155-3

Назва блоку модуля		Місце встановлення в касеті
32x2 Mbit/s Trib Unit	Компонентний блок 32x2 Мбіт/с	4 (рез.)
3x34 Mbit/s Trib Unit	Компонентний блок 3x34 Мбіт/с	2, 3, 4
I/F PT	Модуль інтерфейсних закінчень для живлення	5
I/F	Модуль закінчень загальної частини	4
I/F Trib. STM-1, G.703	Модуль інтерфейсних закінчень для трибутивних плат STM-1 E	2
I/F Trib. 32x2 Mbit/s	Модуль інтерфейсних закінчень для трибутивних плат 63x2 Мбіт/с	1, 3
I/F Trib. 16x2 Mbit/s	Модуль інтерфейсних закінчень для трибутивної плати 32x2 Мбіт/с	1, 3

Комплектація обладнання вузлових мультиплексорів представлена в таблиці 6.3

Таблиця 6.3 – Комплектація мультиплексорів AXD-155-3 у ВЗ

№	Назва блоку	Кількість плат для комплектації обладнання AXD-155-3					
		ОРП 1 Здолбунів	ОРП 2 Дубно	ОРП 3 Кременець	ОРП 4 Шумськ	ОРП 5 Острог	Σ
1	ETC 300-119/3	1	1	1	1	1	5
2	MOST	1	2	1	1	1	6
3	Common Parts Sub-Unit	1	2	1	1	1	6
4	STM-1 Optical Sub-Unit	2	2	2	2	2	10
5	32x2 Mbit/s Trib. Unit						
6	32x2 Mbit/s Trib. Sub-Unit	1	1	1	1	1	5
7	16x2 Mbit/s Trib. Sub-Unit	-	-	-	-	-	0
8	STM-1, G. 703 Unit	-	1	-	-	-	1

9	Communication Unit	-	1	-	-	-	1
10	Auxiliary Unit	1	1	1	1	1	5
11	I/F PT	1	1	1	1	1	5
12	I/F	1	1	1	1	1	5
13	I/F Trib. 32x2 Mbit/s	1	1	1	1	1	5
14	I/F Trib. 16x2 Mbit/s	-	-	-	-	-	0
15	I/F Trib. STM-1, G.703	-	1	-	-	-	1

Комплектація мультиплексорів AXD-155-3 представлена на демонстраційному Листі 3.

7 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ ОПТИЧНОЇ ЛП

Необхідна швидкість і точність передачі інформації засобами електрозв'язку забезпечуються високою якістю роботи всіх ланок мережі електрозв'язку: підприємств, ліній зв'язку, технічних засобів. Узагальнюючим показником якості роботи засобів зв'язку є надійність.

Надійністю називається властивість об'єктів виконувати свої функції з необхідними показниками якості, які визначаються системою нормативно-технічної документації, в заданих умовах роботи і в заданий час. Надійність відображає вплив головним чином на внутрішньо системні чинники – випадкові відмови техніки, що викликаються фізико-хімічними процесами старіння апаратури, дефектами її виготовлення або помилками обслуговуючого персоналу.

В даному розділі буде розглянуто 2 основні показники надійності: інтенсивність відмов λ і ймовірність безвідмовної роботи для заданого інтервалу часу $P(t)$.

Для зручності розрахунку показників складемо структурну схему, яка буде характеризувати надійність зонової лінії зв'язку. На цій схемі послідовно з'єднаємо елементи, які повинні бути працездатними для збереження працездатності всього елемента (рисунок 7.1). В тому випадку, якщо для збереження працездатності об'єкту достатня працездатність одного з декількох елементів, то такі елементи з'єднаємо паралельно.



Рисунок 7.1 – Схема заміщення для розрахунку показників

Для дієздатності лінії зв'язку всі її елементи повинні бути працездатними, і тому в еквівалентній схемі надійності вони з'єднуються послідовно.

Ймовірність безвідмовної роботи всієї лінії рівна:

$$P(t) = \prod_{i=1}^n p_i(t) = \prod_{i=1}^n e^{-\lambda_i t} = e^{-\lambda t} \quad (7.1)$$

де n – число елементів;

λ – інтенсивність відмов;

$P_i(t)$ - ймовірність безвідмовної роботи елементів.

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i; \quad i = 1 \div n$$

Таким чином, трасу можна представити одним еквівалентним елементом з інтенсивністю відмов λ :

$$\lambda = \lambda_{орп} \cdot n_{орп} + \lambda_{каб} \cdot L, \quad 1/\Gamma \quad (7.2)$$

де $\lambda_{орп}, \lambda_{каб}$ - інтенсивність відмов ОРП (ОП) і 1 км кабелю відповідно, 1/Г;

$n_{орп}$ - число ОРП; L – довжина лінії, км.

Дані для розрахунку зведені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1

Показники надійності	ОРП	Кабель на 1 км
Інтенсивність відмов λ , 1/Г	10E-8	5 · 10E-12
Час відновлення пошкодження t_B , Г	0,5	5,0 – при повному розриві кабелю; 0,3 мс – при пошкодженні одного оптичного волокна (відбувається перемикання інформаційного потоку з одного пошкодженого волокна на інше, яке є неушкоджене).

Розраховуємо інтенсивність відмов по формулі (8.2):

$$\lambda = 10^{-7} \cdot 5 + 5 \cdot 10^{-8} \cdot 203 = 10,65 \cdot 10^{-6} \quad (1/\Gamma).$$

Розраховуємо середній час відновлення зв'язку:

$$T_B = \frac{(\lambda_{ОРП} \cdot n_{ОРП} \cdot t_{BОРП} + \lambda_{КАБ} \cdot L \cdot t_{BКАБ})}{\lambda}, \quad \text{ГОД} \quad (7.3)$$

де $t_{BОРП}, t_{BКАБ}$ - час відновлення пошкодженого ОРП (ОП) і оптичного кабелю відповідно, г.

$$T_B = \frac{(10^{-7} \cdot 5 \cdot 0,5 + 5 \cdot 10^{-8} \cdot 203 \cdot 5)}{10,65 \cdot 10^{-6}} = 4,79 \text{ год}$$

Знаючи середній час відновлення зв'язку, можемо знайти інтенсивність відновлення зв'язку:

$$\mu = 1/T_B, 1/\text{г}, \quad (7.4)$$

де T_B - середній час встановлення зв'язку, г;

$$\mu = 1/4,79 = 0,21 (1/\text{г}),$$

Ймовірність безвідмовної роботи визначаємо по формулі (8.1) для наступних інтервалів часу:

$$t_1 = 1 \text{ година};$$

$$t_2 = 1 \text{ місяць} = 720 \text{ годин};$$

$$t_3 = 1 \text{ рік} = 8640 \text{ годин};$$

$$t_4 = 5 \text{ років} = 43200 \text{ годин}.$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 7.2.

Таблиця 7.2 – Результати розрахунків ймовірності безвідмовної роботи

Ймовірність безвідмовної роботи	Інтервал часу t, г				
	0	1	720	8640	43200
P (t)	1	0,999989	0,9924	0,9123	0,6321

По результатах розрахунків будемо графік залежності ймовірності безвідмовної роботи від часу.

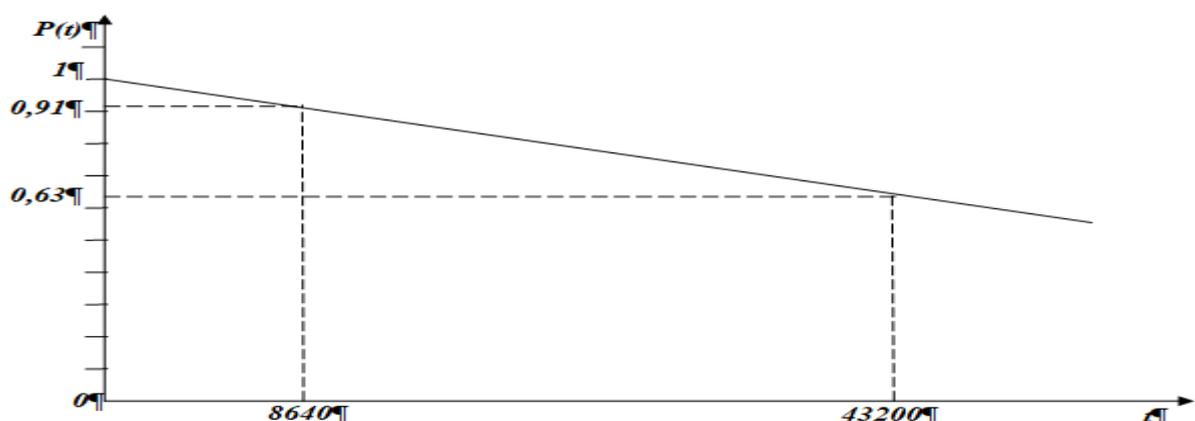


Рисунок 7.2 – Залежність ймовірності безвідмовної роботи від часу

8 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

8.1 Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення — це сукупність витрат на створення нових, сучасних засобів зв'язку та технічне переобладнання діючих структурних підрозділів підприємств зв'язку.

Для визначення загальної суми капіталовкладень необхідно розрахувати витрати на:

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

Розрахунок капіталовкладень на станційне обладнання здійснюється в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Вартість станційного обладнання

Назва системи	Кількість	Вартість однієї системи, тис.грн.	Загальна вартість, тис.грн.
AXD -155	6	90,00	540
Вартість не облікованого обладнання (10%)			54
Тара та упакування (4%)			21,60
Транспортно-заготівельні та складські витрати (12%)			64,8
Всього			615,60

Вартість монтажу обладнання становить 10% від вартості обладнання:

$$K_m = \frac{10 * K_{обл}}{100}, \quad (8.1)$$

$$K_M = \frac{10 \cdot 615,60}{100} = 61,56 \text{ тис.грн.}$$

$$K_{\text{обл}} + K_M = 615,60 + 61,56 = 677,16 \text{ тис.грн.}$$

Для розрахунку суми капіталовкладень на лінійні споруди складаємо таблицю 8.2.

Таблиця 8.2 – Вартість лінійних споруд

Найменування робіт або витрат	Кількість одиниць	Сума витрат тис.грн.	
		На одиницю	Загальна
1. Придбання кабелю	299,57	10	2995,7
Разом	-	-	2995,7
2. Транспортні витрати (4% від вартості кабелю)	-	-	119,83
Разом (п.1 + п.2)	-	-	3115,53
3. Заготівельно-складські витрати (1,2% від попереднього підсумку)	-	-	37,39
Разом (п.1 + п.2 + п.3)	-	-	3152,92
Будівельно-монтажні роботи по прокладці кабелю (358% від вартості кабелю з врахуванням накладних витрат)	-	-	11287,45
Всього	-	-	14440,37

Загальна сума капіталовкладень розраховується як сума всіх витрат:

$$K_{\Sigma} = K_{\text{обл}} + K_M + K_{\text{каб}} + K_{\text{пр}}, \quad (8.2)$$

$$K_{\Sigma} = 615,60 + 61,56 + 14440,37 = 15117,53 \text{ тис.грн.}$$

8.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

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

Розрахунок експлуатаційних витрат здійснюється в такій послідовності:

Для розрахунку фонду оплати праці визначаємо чисельність працівників за формулою:

$$P_{осн.} = \frac{n * Н_{шт}}{\Phi} * K, \quad (8.3)$$

де n – кількість одиниць обладнання або робіт;

$Н_{шт}$ – штатний норматив, люд.-год. в місяць;

Φ – місячний фонд робочого часу 1 робітника, год.;

K – коефіцієнт резерву на підміну під час чергових відпусток.

Поточне обслуговування каналів:

$$P_{кан} = \frac{2520 * 2,5}{173} * 1,07 = 39 \text{ роб.}$$

Поточне обслуговування кабелю:

$$P_{каб} = \frac{299,57 * 4,8}{173} * 1,07 = 9 \text{ роб.}$$

$$P_{осн} = 39 + 9 = 48 \text{ роб.}$$

Приймається 48 робітників.

Фонд оплати праці визначаємо за формулою:

$$\Phi ОП = Z_{cp} * P_{осн} * 12, \quad (8.4)$$

де Z_{cp} – середньомісячна зарплата, грн.;

$P_{осн}$ - чисельність робітників, роб.

$$\Phi ОП = 12200 * 48 * 12 = 7027200 \text{ грн.}$$

Нарахування на зарплату розраховуються за формулою:

$$НЗ = \frac{\Phi ОП * 36,7}{100}, \quad (8.5)$$

де 22 – норматив, %

$$HЗ = \frac{1267,2 * 22}{100} = 278,784 \text{ тис.грн.}$$

Витрати на матеріали і запчастини визначаються за формулою:

$$MЗ = \frac{(\Phi_{осн} * 0,3)}{100}, \quad (8.6)$$

де $\Phi_{осн}$ – вартість основних виробничих фондів, що прирівнюється до загальної суми капіталовкладень, тис.грн.;

0,3 – норматив запасу матеріалів та запчастин, %.

$$MЗ = \frac{17798,37 * 0,3}{100} = 53,39 \text{ тис.грн.}$$

Амортизаційні відрахування розраховуються за формулою:

$$A = \frac{\Phi_{осн} * H_a}{100}, \quad (8.7)$$

де H_a - норма амортизаційних відрахувань, %.

Дані розрахунків амортизаційних відрахувань заносимо в таблицю 8.3

Таблиця 8.3 – Амортизаційні відрахування

Види основних виробничих фондів	Балансова вартість тис.грн.	Річна норма амортизаційних відрахувань, %	Сума амортизаційних відрахувань, тис.грн.
Станційне обладнання	3358,00	6,6	221,63
Лінійні споруди	14440,37	4,0	577,61
Всього	17798,37	-	799,24

Витрати на електроенергію визначаються за формулою:

$$E_{ел} = \frac{P_{\Sigma} * t * T}{n}, \quad (8.8)$$

Де:

P_{Σ} - сумарна потужність, кВт;

t – фонд робочого часу (t – 365 днів * 24 год. = 8760 год.);
 T – тариф за одну кВт-год. (5,16 грн.)
 n – ККД (n= 0,86)

Сумарна потужність споживання становить:

$$P_{\Sigma} = k * P = 6 * 302 = 1812 \text{ Вт} = 1,812 \text{ кВт}$$

Де: k – кількість комплектів XDM

$$E_{ел} = \frac{1,812 * 8760 * 0,69}{0,86} = 12,76 \text{ тис.грн.}$$

$$E_{ел} = \frac{1,812 * 8760 * 5,16}{0,86} = 95238,72 \text{ грн}$$

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

$$I_n = \frac{\text{ФОП} + \text{НЗ} + \text{А} + \text{МЗ} + \text{Ел}}{81,8\%} * 18,2 =$$

$$\frac{1267,2 + 465,1 + 799,24 + 53,39 + 12,76}{81,8} * 18,2 = 577,97 \text{ ттис.гр}$$

Загальну суму експлуатаційних витрат подаємо у таблиці 8.4

Таблиця 8.4– Кошторис експлуатаційних витрат

Стаття витрат	Сума витрат, тис.грн.
Фонд оплати праці	1267,2
Нарахування на зарплату	278,784
Витрати на матеріали і запчастини	53,39
Амортизаційні відрахування	799,24
Витрати на електроенергію	12,76
Інші витрати	577,97
Всього	2989,34

8.3 Розрахунок тарифних доходів

Розподіл трафіку умовно приймаємо 80% каналів – під телефонні розмови – 2025
 20% - не комутовані (орендовані) канали – 504

Доходи від телефонних розмов визначаємо за формулою:

$$D_T = \frac{(P_M * CDT * N_{TЧ} * K)}{t_{xв}}, \quad (8.9)$$

де P_M - пропускна спроможність одного каналу за рік, тарифо-хв.;

CDT – середня доходна такса, грн.;

$N_{TЧ}$ – кількість каналів ТЧ;

K – коефіцієнт концентрації навантаження;

$t_{xв}$ – середня тривалість розмови, хв.

$$D_T = \frac{60000 * 1,05 * 2016 * 0,1}{5} = 2540,16 \text{ тис.грн.}$$

Доходи за оренду каналів:

– за включення каналів:

$$D_B = \frac{B * N_{TЧ}}{25} \quad (8.10)$$

де B – плата за включення, грн.;

25 – кількість років експлуатації, рік.

$$D_B = \frac{1667 * 504}{25} = 33,61 \text{ тис.грн.}$$

– за оренду каналів:

$$D_{ок} = \frac{B * L * N_{TЧ} * 365}{1000}, \quad (8.11)$$

де B – плата за повну добу оренди каналу на 1 кан.-км лінії, грн.

L – довжина лінії, км

365 – кількість днів у році

$$D_{ок} = \frac{0,144 * 299,57 * 504 * 365}{1000} = 7935,68 \text{ тис.грн.}$$

Визначаємо загальну суму тарифних доходів з ПДВ:

$$D_T = D_{TP} + D_B + D_{OK}, \quad (8.12)$$

$$D_T = 2540,16 + 33,61 + 7935,68 = 10509,45$$

8.4 Розрахунок показників менеджменту

Суму ПДВ визначаємо за формулою:

$$ПДВ = \frac{D_T * 20}{100}, \quad (8.13)$$

де 20 – ставка ПДВ, %

$$ПДВ = \frac{10509,45 * 20}{100} = 2101,89 \text{ тис.грн.}$$

Визначаємо чистий дохід:

$$D_q = D_T - ПДВ, \quad (8.14)$$

$$D_q = 10509,45 - 2101,89 = 8407,56$$

Коефіцієнт економічної ефективності капвкладень визначаємо за формулою:

$$E = \frac{(D_q - \varepsilon)}{K}, \quad (8.15)$$

де ε – загальна сума експлуатаційних витрат, тис.грн.;

K – сума капітальних вкладень, тис.грн.

$$E = \frac{(8407,56 - 3175,66)}{17798,37} = 0,29$$

Визначаємо термін повернення капітальних вкладень:

$$T = \frac{1}{E}, \quad (8.16)$$

$$T = \frac{1}{0,29} = 3,45 \text{ року}$$

Собівартість 100 грн. доходів визначається за формулою:

$$C = \left(\frac{\varepsilon}{D_T}\right) * 100, \quad (8.17)$$

Де ε – загальна сума експлуатаційних витрат, тис.грн.;

D_T - тарифні доходи, тис.грн.;

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

$$C = \frac{3175,66}{10509,45} * 100 = 30,22 \text{ грн.}$$

Продуктивність праці визначається за формулою:

$$P_{PP} = \frac{D_T}{P}, \quad (8.18)$$

де P – чисельність працівників, роб.

$$P_{PP} = \frac{10509,45}{48} = 218,95 \text{ тис.грн.}$$

Питомі капітальні вкладення на 1 канало-кілометр:

$$K_{ПІТ} = \frac{K}{N_{\text{кан}} * L}, \quad (8.19)$$

$$K_{ПІТ} = \frac{17798,37}{2520 * 299,57} = 23,58 \text{ грн./кан.-км}$$

Питомі експлуатаційні витрати на 1 канало-кілометр:

$$C_{ПІТ} = \frac{E}{N_{\text{кан}} * L}, \quad (8.20)$$

$$C_{\text{пит}} = \frac{3175,66}{2520 * 299,57} = 4,2 \text{ грн./кан.-км}$$

Для обґрунтування економічної доцільності будівництва ВОЛЗ складаємо зведену таблицю 8.5

Таблиця 8.5 - Основні показники менеджменту

Найменування показника	Одиниці виміру	Розрахункові значення
1. Виробничий потенціал:		
– кількість каналів	канал	2520
– чисельність персоналу	роб.	48
2. Капітальні вкладення	тис.грн.	15117,53
3. Експлуатаційні витрати	тис.грн.	2989,34
4. Тарифні доходи	тис.грн.	2540,16
5. Собівартість 100 грн. доходів	грн.	30,22
6. Продуктивність праці	тис.грн./роб.	218,95
7. Коефіцієнт економічної ефективності капвкладень		0,29
8. Термін повернення капвкладень	рік	3,45

На основі отриманих даних можна зробити висновок, що реорганізація мережі, необхідно витратити 17798,37 тис.грн. Ці кошти повернуться за рахунок прибутку за 3,45 року, що є нижчим нормативного 7,1 року. Розрахований коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень складає 0,29, що є вище нормативного 0,14.

9 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЕДІЯЛЬНОСТІ

9.1 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.

9.2 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 проводитись 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.

9.3 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.

9.4 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 даному дипломному проекті розроблено мережу доступу до транспортної мережі України 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.

Передача потоків буде відбуватися на швидкості 155 Мбіт/с, що гарантує високу пропускну здатність. Використання кільцевої топології та захист маршруту трактів SNCP забезпечує високу надійність мережі, а використання методу ієрархічної примусової синхронізації та встановлення вторинних еталонних генераторів – високу стабільність передачі, а отже високу якість зв'язку.

Запропонований проект має можливість модернізації кінцевого обладнання, а також володіє досить істотними технічними перспективами: можливість використання у якості вхідних каналів практично всіх основних каналів доступу; можливість передачі і переключення потоків інформації різної потужності; введення і виділення цих потоків у довільних пунктах; глибокий контроль якості; використання ефективної системи маршрутизації; можливість дистанційного керування мережею; 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