

Ім'я користувача:
приховано налаштуваннями конфіденційності

ID перевірки:
1015625407

Дата перевірки:
16.06.2023 12:46:48 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Library

Дата звіту:
16.06.2023 12:49:19 EEST

ID користувача:
100011372

Назва документа: БАКАЄВ Роман ТКс24 повторно

Кількість сторінок: 51 Кількість слів: 9597 Кількість символів: 67741 Розмір файлу: 380.66 KB ID файлу: 1015272304

25.3% Схожість

Найбільша схожість: 24.8% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1015245304)

Пошук збігів з Інтернетом не проводився

25.3% Джерела з Бібліотеки

129

Сторінка 53

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

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

Замінені символи

114

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СИНХРОННИХ ЦИФРОВИХ ІЄРАРХІЙ

Синхронна цифрова ієрархія (SDH) є стандартом передачі цифрових сигналів, який забезпечує організацію універсальної транспортної системи для передавання інформації, контролю та керування в мережі. SDH розроблена для транспортування плезіохронних цифрових сигналів, а також для підтримки різноманітних служб, включаючи широкосмугові цифрові мережі з використанням асинхронного передавання ATM.

SDH використовує передові досягнення в галузі електроніки, системотехніки та обчислювальної техніки. Застосування SDH дозволяє значно зменшити обсяг і вартість обладнання, експлуатаційні витрати, а також скоротити час монтажу і налаштування обладнання. Водночас, застосування SDH суттєво підвищує надійність, життєздатність і гнучкість мережі, а також якість зв'язку.

Сигнали в синхронній цифровій ієрархії організовані в синхронні транспортні модулі STM, (табл. 1.1) де перший модуль має швидкість 155.520 Мбіт/с, а кожен наступний модуль має швидкість, в чотири рази вищу за попередній модуль, шляхом байтового синхронного мультиплексування.

SDH надає стандартизовану структуру для передачі цифрових сигналів, що дозволяє ефективно використовувати пропускну здатність мережі та забезпечувати високу надійність та якість обслуговування. Вона використовується в телекомунікаційних мережах для забезпечення передачі даних, голосу та відео на великі відстані з високою якістю та швидкістю передачі.

Таблиця 1.1 – Ієрархія швидкостей SDH

Рівень ієрархії	SDH	Швидкість
1	STM-1	155.520 Мбіт/с
4	STM-4	622.080 Мбіт/с
16	STM-16	2.488 Гбіт/с
64	STM-64	9.953 Гбіт/с
256	STM-256	39.81 Гбіт/с

Синхронна цифрова ієрархія (SDH) використовується для передачі сигналів у волоконно-оптичних лініях зв'язку (ВОЛЗ), а також може використовувати радіолінії як альтернативне середовище передачі. Якщо пропускна здатність радіолінії недостатня для передачі STM-1 (155.520 Мбіт/с), то використовується субпервинний транспортний модуль STM-RR (STM-0) зі швидкістю 52 Мбіт/с. Проте STM-RR не є рівнем синхронної цифрової ієрархії і не може використовуватись на інтерфейсах мережних вузлів.

У SDH використовується принцип контейнерного перевезення, де сигнали, які потрібно передавати, розміщуються в стандартних контейнерах. Операції з контейнерами виконуються незалежно від їхнього вмісту. Це забезпечує прозорість мережі SDH, що означає здатність транспортувати різноманітні сигнали, включаючи плезіохронну цифрову ієрархію, потоки АТМ та нові сигнали.

Мережа SDH складається з трьох основних шарів: мережевого шару, середнього шару та фізичного шару. Мережевий шар обслуговує кінцевих користувачів через мережу каналів. Групи каналів об'єднуються в групові тракти різних порядків в середньому шарі, які в свою чергу організуються в лінійні тракти фізичного середовища передачі. Фізичний шар поділяється на підшар секцій (мультиплексні і регенераційні) та підшар фізичного середовища.

SDH використовує контейнери табл. 2.1 на чотирьох рівнях, які мають різні швидкості передачі. Кожен рівень контейнера використовується для передачі різних типів сигналів. Застосування різних рівнів контейнерів дозволяє передавати різноманітні дані у мережі SDH.

Одним з переваг SDH є його функціональна ієрархія, де кожен нижчий шар може обслуговувати вищий шар і замінити його. Це дозволяє впроваджувати, модернізувати або замінити окремі шари мережі, не впливаючи на інші шари.

Застосування SDH у мережах зв'язку дозволяє значно покращити якість зв'язку, забезпечити високу надійність, гнучкість і ефективність мережі, а також скоротити обсяг апаратури, експлуатаційні витрати і час монтажу та налаштування устаткування.

Таблиця 1.2 – Швидкості стандартних каналів доступу

Рівень	Контейнер	Швидкість транспортування сигналів PDH Мбіт/с
1	C ₁₁	1.544
	C ₁₂	2.048
2	C ₂	8.448
3	C ₃	34.368
4	C ₄	140

Ієрархія SDH включає декілька рівнів STM (Synchronous Transport Module), які використовуються для розміщення груп каналів у мережі. На рисунку 1.1 показана прикладна первинна мережа SDH, де використовуються різні рівні STM для різних рівнів мережі.

У даному прикладі на найвищому рівні мережі SDH розташовані кінцеві користувачі, які обслуговуються мережею каналів. Групи каналів збираються в групові тракти різних порядків, що утворюють середній шар. Наприклад, магістральна мережа побудована на потоках STM-16, регіональні мережі використовують потоки STM-4, а локальні мережі мають потоки STM-1.

Ця ієрархія дозволяє створити більш складні структури мережі з різними рівнями обробки трафіку і забезпечити ефективне використання пропускної здатності. Використання різних рівнів STM дозволяє розподілити трафік у мережі залежно від його обсягу та вимог користувачів.

Така ієрархічна структура дозволяє побудувати розгалужену та масштабовану мережу SDH з різними рівнями обробки трафіку для задоволення різноманітних потреб користувачів у передачі даних.



Рисунок 1.1 – Приклад первинної мережі, побудованої на технології SDH

В процесі впровадження технології SDH можливе поява комбінованих мереж SDH/PDH, особливо на початковому етапі. На рисунку 1.2 показана структура таких комбінованих мереж, де канали SDH об'єднуються з існуючою первинною мережею PDH.

У першій стадії впровадження SDH, технологія застосовується у вигляді "островів", що означає, що деякі частини мережі перехідної структури використовують технологію SDH, тоді як інші частини зберігають існуючу первинну мережу PDH. Ці "острови" SDH і PDH об'єднуються за допомогою каналів, що забезпечує зв'язок між ними.

На другому етапі, "острови" SDH поступово об'єднуються в єдину первинну мережу, побудовану на основі технології SDH. Цей процес об'єднання дозволяє покращити ефективність мережі, забезпечуючи її більш гнучку структуру і підвищену пропускну здатність.

Однак, важливо враховувати процеси взаємодії між технологіями SDH і PDH в комбінованих мережах. Це означає, що для ефективного функціонування мережі необхідно вивчати і розуміти особливості і протоколи взаємодії між цими двома технологіями.

Зрозуміння комбінованих мереж SDH/PDH є важливим на сучасному етапі розвитку телекомунікаційних мереж, оскільки багато мереж все ще використовують елементи PDH разом зі структурами SDH для забезпечення зв'язку.



Рисунок 1.2 - Приклад комбінованої первинної мережі PDH/SDH

2 ПРИНЦИП ПОБУДОВИ SDH ЛІНІЙНИХ ТРАКТІВ

Успіх мереж SDH величезною мірою пов'язаний з узгодженням та підтримкою стандартів PDH. Під час розробки технології SONET враховувалась американська ієрархія PDH, а при розробці SDH - європейська ієрархія PDH. Остаточні стандарти SONET/SDH підтримували обидві попередні ієрархії.

Це означає, що обладнання, таке як термінальні мультиплексори та мультиплексори вводу/виводу в мережах SONET/SDH, були розроблені з урахуванням підтримки вхідних каналів або каналів доступу зі швидкістю передачі, що відповідає стандартному ряду американської та європейської ієрархії PDH (наприклад, 1.5, 2, 6, 8, 34, 45, 140 Мбіт/с). Ці цифрові сигнали каналів доступу з відповідними швидкостями називаються "трибами PDH", тоді як сигнали зі швидкостями, що відповідають стандартному ряду швидкостей SDH, називаються "трибами SDH".

Перша особливість ієрархії SDH полягає в тому, що вона підтримує вхідні сигнали каналів доступу лише в форматі трибів PDH і SDH.

Друга особливість полягає у процедурі формування структури фрейма. За наявності ієрархічної структури, структура верхнього рівня будується зі структур нижнього рівня, при цьому кілька структур цього рівня можуть бути об'єднані в більш загальну структуру.

Ці особливості SDH дозволяють забезпечувати ефективне управління трафіком і підвищену гнучкість мережі, дозволяючи передавати різноманітні типи трафіку з різною швидкістю і забезпечуючи ієрархічну структуру мережі для кращого контролю та керування.

В ієрархії SDH використовується поняття контейнера для упаковки трибів PDH. Контейнери відповідають рівням PDH і мають стандартні розміри. Контейнер складається з супроводжуючої інформації (заголовка), яка містить поля-параметри для управління та маршрутизації контейнера, а також внутрішньої ємності для розміщення корисного навантаження.

У структурі SDH використовуються віртуальні контейнери, які складаються з контейнерів меншого розміру. Кожен контейнер має ярлик, що містить управляючу інформацію для збору статистики проходження контейнера. Віртуальні контейнери є логічними об'єктами і використовуються для переносу інформації.

Одна з особливостей ієрархії SDH полягає в тому, що триби PDH повинні бути запаковані в стандартно розташовані контейнери, розміри яких визначаються рівнем трибу в ієрархії PDH.

Крім того, віртуальні контейнери можуть бути об'єднані в групи двома різними способами. Контейнери нижніх рівнів можуть мультиплексуватись (складатись разом) і використовуватись як корисне навантаження контейнерів верхнього рівня, які, в свою чергу, служать корисним навантаженням найвищого рівня (найбільшого розміру), такого як фрейм STM-1.

Ці особливості структури фрейма і використання контейнерів дозволяють ефективно організувати передачу і комутацію сигналів PDH і SDH в мережі SDH

Групування контейнерів може відбуватись за жорсткою синхронною схемою, де місце окремого контейнера в полі для розміщення має фіксоване навантаження. Це забезпечує стабільність та передбачуваність у вводі/виводі контейнерів.

Однак, при створенні мультифрейму з декількох фреймів і використанні різних типів контейнерів можуть виникати додаткові варіації та можливість для помилок через можливі нестабільності синхронізації в мережі. У таких випадках важливо встановити фактичний адрес початку контейнера на карті поля, що відведене під корисне навантаження. Вказівник дає контейнеру певну гнучкість, але забезпечує гарантоване збереження його навантаження.

У SDH технології передбачена можливість конкатенації контейнерів, що дозволяє скріплювати декілька контейнерів меншого розміру в один більший контейнер. Це може бути корисним, коли розмір контейнера верхнього рівня не вистачає або коли потрібно пристосувати технологію до нових типів навантаження, які не були враховані на етапі розробки.

Ці можливості групування, конкатенації і використання різних розмірів контейнерів дозволяють оптимізувати використання ресурсів і легко адаптувати технологію до змінних вимог і нових типів навантаження.

Четверта особливість ієрархії SDH полягає в можливості зчеплення кількох контейнерів одного рівня разом, щоб утворити один неперервний контейнер, який використовується для розміщення нестандартного корисного навантаження. Це дозволяє ефективно використовувати ресурси та передавати нестандартні потоки даних.

П'ята особливість ієрархії SDH полягає у формуванні окремого поля заголовків розміром $9 \times 9 = 81$ байт. Це поле заголовку використовується для розміщення керуючої та контрольної інформації, а також для службових каналів передачі даних. Хоча заголовок становить лише 3,33% від загального обсягу даних, він є достатньо великим для розміщення всієї необхідної інформації. Враховуючи, що передача кожного байта в SDH еквівалентна потоку даних зі швидкістю 64 кбіт/с, передача вказаного заголовку відповідає організації потоку службової інформації зі швидкістю 5,184 Мбіт/с.

При побудові ієрархії SDH важливо визначити стандартні швидкості або правила формування цієї ієрархії. У випадку PDH стандартна швидкість DSO (64 кбіт/с) була визначена досить просто. Однак для SDH перша швидкість може бути визначена лише після визначення структури фрейму та його розміру.

Узагальнена схема мультиплексування потоків SDH включає розміщення корисного навантаження в контейнери, використання полів заголовків для керуючої та контрольної інформації та формування ієрархії шляхом зчеплення контейнерів різних рівнів. Ця схема дозволяє ефективно передавати різні типи даних у структурованому і керованому середовищі.

Стандартна схема рис 2.1 інкапсуляції PDH трибів в контейнери передбачає розміщення трьох трибів в одному контейнері. Кожен триб складається з 30 каналів, кожен з яких має швидкість 64 кбіт/с. Отже, загальна швидкість одного трибу становить 30×64 кбіт/с = 1,920 Мбіт/с. Три триби, зібрані в один контейнер, утворюють контейнер швидкістю 3,840 Мбіт/с.



Рисунок 2.1 – Схема мультиплексування PDH трибів в технології SONET/ SDH

У схемі мультиплексування SDH використовуються наступні скорочення для різних рівнів та блоків:

– C-n - контейнери рівня n, де n = 1, 2, 3, 4. Ці контейнери призначені для інкапсуляції сигналів каналів доступу або трибів з метою послідовного переносу.

– VC-n- віртуальні контейнери рівня n, де n = 1, 2, 3, 4. Вони є підмножиною контейнерів і використовуються для передачі окремих послідовних потоків даних.

– TU-n - трибні блоки рівня n, де n = 1, 2, 3. Вони є одиницями обробки даних в SDH і включають в себе групу каналів або віртуальних контейнерів.

– TUG-n - групові трибні блоки рівня n, де n = 2, 3. Вони є комбінацією кількох трибних блоків та використовуються для більш високорівневої організації даних.

– AU-n- адміністративні блоки рівня n, де n = 3, 4. Вони містять керуючу і контрольну інформацію для мережевого управління та моніторингу.

AUG-n - групові адміністративні блоки, які використовуються на рівні n, де n = 3, 4.

STM-N - Синхронний транспортний модуль, де N вказує на швидкість передачі даних. Наприклад, STM-1 має швидкість 155.52 Мбіт/с.

Рівні контейнера C-n відповідають рівням PDH ієрархії, а кількість типорозмірів контейнерів N повинна бути збалансована з кількістю членів стандартного ряду. Наприклад, C-4 інкапсулює E4, а контейнери C-1, C-2, C-3 розбиваються на два підрівні для інкапсуляції трибів AC і EC ієрархій

Для розуміння схеми мультиплексування SDH і інкапсуляції PDH трибів в контейнери, розглянемо структуру контейнерів C-n і віртуальних контейнерів VC-n різних рівнів.

Контейнери C-n.

Контейнер рівня n (C-n) є елементом SDH, який вміщує PDH триби T-n або E-n. Рівні контейнера C-n відповідають рівням PDH ієрархії (n = 1, 2, 3, 4). Наприклад, C-1 вміщує T-1 (1.5 Мбіт/с) і E1 (2 Мбіт/с), C-2 вміщує T2 (6 Мбіт/с) і E2 (8 Мбіт/с), C-3 вміщує E3 (34 Мбіт/с) і T3 (45 Мбіт/с), а C-4 вміщує E4 (140 Мбіт/с).

Віртуальні контейнери VC-n.

Віртуальні контейнери рівня n (VC-n) є підрівнем контейнерів C-n і використовуються для передачі окремих потоків даних. Вони розбиваються на підрівні VC-nm. Наприклад, VC-1 розбивається на VC-11 і VC-12, VC-2 розбивається на VC-21 і VC-22, а VC-3 розбивається на VC-31 і VC-32.

Структура контейнерів і віртуальних контейнерів включає маршрутний заголовок (RON) та корисне навантаження (PL). Наприклад, структура контейнера C-n буде виглядати як RON + PL.

Ці контейнери і віртуальні контейнери є основними елементами SDH ієрархії та використовуються для передачі та організації різних рівнів PDH трибів в мережі SDH.

Поле PL (корисне навантаження). Це поле має різні розміри, залежно від типу віртуального контейнера (VC). Формат поля PL є двовимірною структурою розміром $9 \times m$, де 9 - кількість стрічок, а m - кількість стовпців. Це поле формується з контейнерів відповідного рівня (наприклад, для VC-1,2, PL

формується з контейнерів C-1,2). Воно також може формуватись з інших елементів структури мультиплексування SDH.

Поле RON (маршрутний заголовок). Це поле має розмір не більше 9 байт. Формат поля RON є двовимірною структурою виду $1 \times n$, де 1 - кількість рядків, а n - кількість байтів. Наприклад, VC-4 і VC-32 мають формат 1×9 байт, а VC-31 має формат 1×6 байт. Поле RON складається з різних байтів, які мають своє призначення.

TU-n (трибні блоки). TU-n є елементами структури мультиплексування SDH рівня n (де $n = 1, 2, 3$). Формат TU-n є простим і складається з PTR (показника трибного блока) і VC (віртуального контейнера). Наприклад, TU-1 має формат (TU-1 PTR) + VC-1. Трибні блоки TU-n також розбиваються на підрівні TU-nm, наприклад, TU-1 розбивається на TU-11 і TU-12, TU-2 розбивається на TU-21 і TU-22, а TU-3 розбивається на TU-31 і TU-32.

TUG-n (група трибних блоків). TUG-n є групою трибних блоків рівня n. Спочатку використовувався тільки рівень 2 (TUG-2), а потім додали рівень 3 (TUG-3). TUG-2 формується шляхом мультиплексування трибних блоків TU-1,2 з відповідними коефіцієнтами мультиплексування. TUG-2 також розбивається на два підрівні - TUG-21 і TUG-22.

Ці елементи структури мультиплексування SDH (PL, RON, TU-n, TUG-n) використовуються для організації передачі та мультиплексування різних рівнів PDH трибів у мережі SDH

Мультиплексування STM-1 в STM-N може бути здійснене каскадно, у вигляді послідовного збільшення коефіцієнтів мультиплексування, або безпосередньо по схемі N. Каскадне мультиплексування передбачає поступове збільшення кількості STM-1 каналів: $4 \times 1 \rightarrow 4$, $4 \times 4 \rightarrow 16$, $4 \times 16 \rightarrow 64$, $4 \times 64 \rightarrow 256$. У схемі безпосереднього мультиплексування використовується схема $N:1 \rightarrow N$, де $N = 4, 16, 64, 256$. При цьому для схеми безпосереднього мультиплексування використовується чергування байтів.

Наприклад, якщо на вході мультиплексора є шістнадцять STM-1 каналів (0, 1, 2, ..., 13, 14, 15, або в шістнадцятковій системі числення 0, 1, 2, ..., D, E, F), то

генеруються шістнадцять байт-послідовностей: b0 b0 b0 ..., b1 b1 b1 ..., b2 b2 b2 ..., ..., bD bD bD ..., bE bE bE ..., bF bF bF На виході мультиплексора формується байт-послідовність: b0 b1 b2 ... bD bE bF b0 b1 b2. Фактично таке мультиплексування можливе тільки у випадку, коли всі STM-1 канали мають однакову структуру корисного навантаження. Якщо ця умова не виконується, потрібно дотримуватися деяких правил безконфліктного взаємозв'язку.

Стандарт G.708 встановлює правила для мультиплексування STM-1 каналів, вимагаючи, щоб всі STM-1 належали до однієї з трьох категорій:

- AU-3 різного типу, які несуть C-3 як корисне навантаження.
- AU-n різного типу, які несуть той же тип TUG-2 як корисне навантаження.
- Різні типи TUG-2 як корисне навантаження.

Остання версія стандарту G.708, видана в 1993 році, вводить ще більш жорсткі правила для мультиплексування послідовностей STM-N через відмінності в схемах ETSI і SONET/SDH. Деякі з цих правил включають:

При мультиплексуванні послідовностей, що містять AU-3, базовані на різних AU-n (AU-4 або AU-3), перевага надається схемам, що використовують AU-4. Схеми, що використовують AU-3, повинні бути демультимплексовані до рівня TUG-2 або VC-3 (залежно від корисного навантаження) і повторно мультиплексовані за схемою: TUG-3 → VC-4 → AU-4.

При мультиплексуванні послідовностей, що містять VC-11, що використовують різні TU-n (TU-11 або TU-12), перевага надається схемам, що використовують TU-11.

Якщо використовується каскадне мультиплексування при формуванні модуля STM-N, воно здійснюється чергуванням груп байтів, кількість яких у групі дорівнює кратності мультиплексування попереднього каскаду.

Наприклад, якщо формування STM-16 здійснюється за двокаскадною схемою 4xSTM-1 → STM-4, 4xSTM-4 → STM-16, то перший каскад використовує мультиплексування по байтах, а другий - по групах, що складаються з чотирьох байтів. Якщо припустити, що на вхід кожного з чотирьох STM-4 поступають послідовності {b_{ij}} (де нижні індекси i = 0, 1, 2, 3 - номери входів, а верхні індекси

$j = 1, 2, 3, 4$ - номери мультиплексорів STM-4), то процес формування здійснюється наступним чином:

[byte1_0 byte1_1 byte1_2 byte1_3] [byte2_0 byte2_1 byte2_2 byte2_3] [byte3_0 byte3_1 byte3_2 byte3_3] [byte4_0 byte4_1 byte4_2 byte4_3].

Згідно з аналогічними принципами, якщо формування STM-64 здійснюється за трьохкасодною схемою $4 \times \text{STM-1} \rightarrow \text{STM-4}$, $4 \times \text{STM-4} \rightarrow \text{STM-16}$, $4 \times \text{STM-16} \rightarrow \text{STM-64}$, то перший каскад використовує мультиплексування по байтах, другий - по групах, складених з чотирьох байтів, а третій - по групах з 16 байтів.

Спрощена структура STM-1 зображена на рис. 2.2.

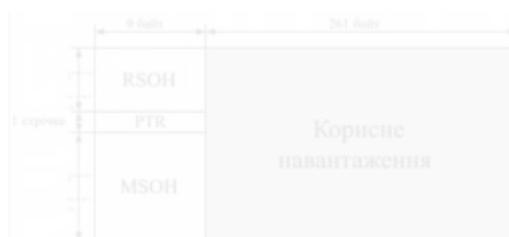


Рисунок 2.2 – Структура синхронного транспортного модуля STM-1

Таким чином, для формування модуля STM-1 використовуються контейнери C-4, які містять 9 рядків по 260 одnobайтових стовпців. Кожен контейнер C-4 доповнюється маршрутним заголовком (Path Over Head - POH) і перетворюється у віртуальний контейнер VC-4. Далі VC-4 забезпечується покажчиком (PTR) і утворює адміністративний блок AU-4 (Administrative Unit). Останній поміщається безпосередньо в модуль STM-1 разом з секційним заголовком SOH.

Отже, процес формування модуля STM-1 включає послідовне впакування цифрових сигналів в контейнери C-4, створення віртуального контейнера VC-4, додавання покажчика PTR і утворення адміністративного блоку AU-4, який потім поміщається в модуль STM-1 з секційним заголовком SOH.

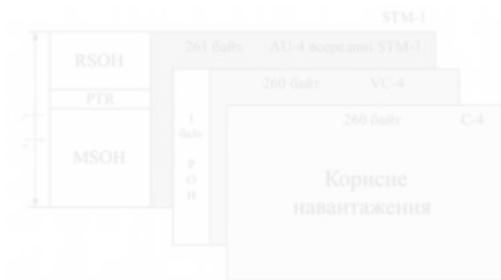


Рисунок 2.3 - Розміщення контейнерів в модулі STM-1

Формування модуля STM-1 для вхідного потоку 2048 кбіт/с (трибного потоку E1) включає наступні кроки:

– Вхідний потік E1 (2048 кбіт/с) з тактовою частотою 8 кГц вводиться у контейнер C-12, який містить 32 байти. Контейнер C-12 може мати додаткові вирівнюючі, фіксуючі, керуючі і упаковуючі біти, що розширюють його ємність до 34 байтів.

– До контейнера C-12 додається маршрутний заголовок POH (1 байт), що збільшує загальну довжину до 35 байтів.

– До контейнера VC-12 додається показчик трибного блоку PTR (1 байт), що призводить до загальної довжини 36 байтів.

– Послідовність трибних блоків TU-12 групується в субблоки за допомогою байтового мультиплексування. Кожен субблок містить $3 \times 3 = 108$ байтів, що може бути представлено у вигляді матриці розміром 9×12 байтів.

– Послідовність субблоків TUG-2 мультиплексується 3:1, отримуючи 774 байти (9×84).

– Формується VC-4 шляхом додавання маршрутного заголовка POH (9 байт). Загальна довжина стає 2322 байти.

– До VC-4 додається заголовок PTR (9 байт) для отримання адміністративного блоку AU-4

– Адміністративні блоки AU-4 і AU-3 мультиплексуються формальною схемою 1:1 і 3:1, відповідно, у групу адміністративних блоків AUG.

– До групи AUG додається секційний заголовок SON, який складається з двох частин: RSON (3x9 байт) і MSON (5x9 байт). В результаті отримується стандартний транспортний модуль STM-1 з кадром довжиною 2430 байт або матричним фреймом розміром 9x270 байт. При тактовій частоті 8 кГц це відповідає швидкості 155.52 Мбіт/с.

Цей процес формування модуля STM-1 може трохи відрізнятися для інших трибних потоків, таких як E2 або E3.



Рисунок 2.4 – Формування STM-1 з навантаженням потоку E1

В процесі формування синхронного транспортного модуля (STM) рис 2.4 використовуються вирівнюючі біти, фіксовані біти і управляючі біти, які додаються до вхідного потоку перед упаковкою його в контейнери різного рівня.

У випадку STM-1, вхідний трибний потік E1 спочатку вводиться в контейнер C-12, до якого додаються вирівнюючі біти і інші фіксовані/управляючі біти. Потім до контейнера C-12 додається маршрутний заголовок VC-12 POH, що перетворює його на віртуальний контейнер VC-12.

Далі, до віртуального контейнера VC-12 додається вказівник (PTR), що перетворює його на блок навантаження TU. Потім блоки навантаження TU мультиплекуються в групи блоків навантаження TUG різного рівня до формування віртуального контейнера верхнього рівня VC-4. У цей контейнер додається заголовок маршруту VC-4 POH, утворюючи адміністративний блок AU.

До адміністративного блоку AU додається секційний заголовок SON, який складається з регенераторної секції RSON і мультиплексорної секції MSON. Ці заголовки несуть інформацію про управління мережею та забезпечують ефективність експлуатації мережі, включаючи дані для дистанційних перемикачів в мультиплексорах та забезпечення якості.

Вказівники (PTR) використовуються для чіткого визначення місцезнаходження плезіохронних потоків у синхронному транспортному модулі. Вони допомагають управляти і перемикачати потоки в мережі.

Таким чином, заголовки і дані, що містяться у формованих контейнерах та блоках, забезпечують управління і координацію мережею SDH, а також забезпечують якість і ефективність передачі даних

ЗФУНКЦІОНАЛЬНІ МОДУЛІ SDH ТЕХНОЛОГІЙ

Мережа SDH включає різні функціональні модулі, які співпрацюють між собою для передачі даних. Основні елементи архітектури мережі SDH включають:

- Термінальні мультиплексори (ТМ). Вони виконують функцію мультиплексування, збираючи вхідні потоки даних з каналів доступу і об'єднуючи їх у відповідні агрегатні блоки, які можуть бути транспортовані в мережі SDH.

- Адміністративно-дистрибутивні модулі (ADM). Ці модулі відповідають за транспортування агрегатних блоків через мережу SDH. Вони приймають вхідні агрегатні блоки і маршрутизують їх до відповідних місць призначення в мережі. ADM виконує логічне керування інформаційним потоком в мережі, встановлюючи транспортні канали.

- Цифрові комутатори (DXC). Вони забезпечують комутацію або крос-комутацію віртуальних контейнерів з одного сегмента мережі до іншого. DXC дозволяє пересилати дані між різними шляхами в мережі згідно зі схемою маршрутизації.

- Концентратори (або хаби). Ці модулі об'єднують декілька однотипних потоків даних в одну точку розподілу. Вони забезпечують концентрацію даних з різних джерел і направляють їх до відповідних приймачів.

- Регенератори. Вони відновлюють форму і амплітуду сигналу, що передається на великі відстані, для компенсації згасання сигналу. Регенератори виконують функцію регенерації, забезпечуючи якість

- Погоджуючі пристрої. Вони використовуються для з'єднання мережі користувача з мережею SDH. Це можуть бути конвертори інтерфейсів, конвертори швидкостей, конвертори імпедансу та інші пристрої, які забезпечують сумісність між різними системами передачі даних.

Ці функціональні модулі взаємодіють між собою, утворюючи мережу SDH з певною топологією. Топологія мережі може бути побудована залежно від конкретних вимог і потреб мережі.

Мультиплексори в мережі SDH виконують важливі функції мультиплексування та термінального доступу. Вони є більш універсальними та гнучкими пристроями, ніж звичайні мультиплексори, і вирішують широкий спектр завдань у мережі SDH.

Основні функції термінального мультиплексора (ТМ) включають:

– Введення каналів. ТМ може вводити канали, що означає комутацію каналів з вхідного трибного інтерфейсу на лінійний вихід. Це дозволяє підключати низькошвидкісні канали з ієрархії PDH безпосередньо до вхідних портів ТМ.

– Виведення каналів. ТМ також може виводити канали, що означає комутацію каналів з лінійного входу на вихідний трибний інтерфейс. Це дозволяє направляти канали до відповідних виходів мережі.

– Локальна комутація. ТМ може також здійснювати локальну комутацію, коли вхід одного трибного інтерфейсу комутується на вихід іншого трибного інтерфейсу. Це зручно для забезпечення сполучення між різними трибами зі швидкістю 1,5 - 2 Мбіт/с.

ТМ мультиплексори забезпечують потокове мультиплексування та розмультиплексування сигналів з різних вхідних каналів, дозволяючи ефективно використовувати пропускну здатність мережі SDH. Вони дозволяють збирати дані з низькими швидкостями з різних джерел і об'єднувати їх для передачі в мережі. Таким чином, ТМ мультиплексори відіграють важливу роль у побудові та функціонуванні мережі SDH.

Термінальний мультиплексор є ключовим елементом для забезпечення зв'язку між каналами доступу PDH і SDH ієрархії і вищими рівнями мережі SDH рис 3..1. Він дозволяє ефективно використовувати широку пропускну здатність мережі та забезпечує гнучкість і універсальність в побудові та управлінні мережею SDH



Рисунок 3.1 – Синхронний мультиплексор (SMUX): термінальний мультиплексор TM або мультиплексор вводу/виводу ADM

Мультиплексор SDH ієрархії (STM-16) зазвичай має швидкість вихідного потоку 10 Гбіт/с. Він може підтримувати різні типи каналів доступу, які відповідають трибам PDH і SDH ієрархії. Для PDH трибів це можуть бути 1.5 Мбіт/с, 2 Мбіт/с, 6 Мбіт/с, 34 Мбіт/с, 45 Мбіт/с, 140 Мбіт/с, а для SDH трибів - 155 Мбіт/с (STM-1), 622 Мбіт/с (STM-4) і 2500 Мбіт/с (STM-16).

У залежності від можливостей фірми-виробника, конкретний мультиплексор може не мати повного набору трибів для використання в якості каналів доступу. Також важливо враховувати бажання замовника та конкретні вимоги проекту.

Другою особливістю SDH мультиплексора є наявність двох оптичних лінійних виходів, відомих як агрегатні виходи. Ці виходи використовуються для резервування або захисту з метою підвищення надійності мережі. Іноді їх також називають основними та резервними або східними та західними виходами, щоб вказати два протилежні напрямки поширення сигналу в кільцевій топології мережі

Мультиплексор вводу/виводу ADM (Add-Drop Multiplexer) також може мати такий же набір трибів, як і термінальний мультиплексор. Він дозволяє вводити або виводити відповідні канали. Крім того, ADM забезпечує наскрізну комутацію вихідних потоків в обидва напрямки, здійснює замикання каналу прийому на канал передачі на обох сторонах (східній та західній) у випадку виходу з ладу одного з напрямків і може пропускати основний оптичний потік в обхідному режимі.

Регенератор є спеціалізованим мультиплексором, який має один вхідний канал (зазвичай оптичний STM-N) і один або два агрегатних виходи. Він використовується для збільшення допустимої відстані між вузлами мережі SDH шляхом регенерації сигналів корисного навантаження. Звичайно, ця відстань складається з 15-40 км для довжини хвилі близько 1300 нм або 40-80 км для

довжини хвилі 1500 нм. Регенератори допомагають підтримувати якість сигналу та стабільність передачі на великій відстані.



Рисунок 3.2 -Мультиплексорв режимі регенератора

Мультиплексор SDH має вбудовані фізичні можливості внутрішньої комутації каналів, що дозволяє використовувати його як внутрішній або локальний комутатор. Наприклад, на рисунку 3.3 показано, як менеджер корисного навантаження може динамічно змінювати логічну відповідність між трибним блоком TU і каналом доступу, що еквівалентно внутрішній комутації каналів. Крім того, мультиплексор зазвичай має можливість комутувати власні канали доступу (рисунок 3.4), що еквівалентно локальній комутації каналів. Такі мультиплексори можуть виконувати завдання локальної комутації на рівні однотипних каналів доступу, схожих на завдання, що вирішуються концентраторами (рисунок 3.4).

В загальному випадку для виконання загальної або прохідної комутації високошвидкісних потоків і синхронних транспортних модулів STM-N можуть використовуватися спеціально розроблені синхронні комутатори - SDXC (рисунок 3.5). Вони забезпечують неблокуючу комутацію, тобто комутацію одних груп TU не блокує обробку інших груп TU. Такі комутатори дозволяють ефективно комутувати великі потоки даних у мережах SDH



Рисунок 3.3 - Мультиплексорвводу/виводу в режимі внутрішнього комутатора.



Рисунок 3.4 - Мультиплексорвводу/виводу в режимі локального комутатора.

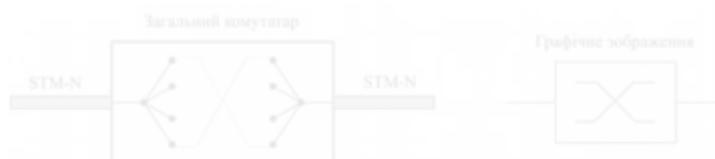


Рисунок 3.5 - Загальний або прохідний комутатор високошвидкісних каналів.

Комутатор виконує різні функції у мережі SDH. Основні з них:

- Маршрутизація (routing) віртуальних контейнерів (VC). Комутатор використовує інформацію в маршрутному заголовку ROH для маршрутизації VC. Він визначає шлях, яким має бути направлений кожен VC у мережі.

- Консолідація або об'єднання (consolidation/hubbing) віртуальних контейнерів. Комутатор може працювати у режимі концентратора або хаба, де він об'єднує різні VC в один потік. Це дозволяє зменшити кількість фізичних каналів, які потрібні для передачі даних.

- Трансляція (translation) потоку від крапки до декількох крапок або до мультикрапки. Комутатор може транлювати потік даних від однієї точки до кількох точок або до мультикрапки. Це дозволяє розподілити дані між різними кінцевими точками.

- Сортування або перегруповування (grooming) віртуальних контейнерів. Комутатор може перегруповувати VC для створення впорядкованих потоків VC з загального потоку VC, що надходить на комутатор. Це дозволяє оптимізувати використання ресурсів мережі.

– Доступ до віртуального контейнера VC при тестуванні устаткування. Комутатор може надавати доступ до VC для тестування та діагностики устаткування. Це дозволяє виявляти і усувати несправності у мережі.

– Введення/виведення (drop/insert) віртуальних контейнерів. Комутатор може вводити або виводити VC, дозволяючи розміщувати або вилучати дані у віртуальних контейнерах. Це може бути корисно при підключенні зовнішніх пристроїв до мережі SDH.

Концентратори, у свою чергу, є мультиплексорами, які об'єднують однотипні потоки даних в один розподілюючий вузол мережі SDH. Вони можуть мати різну кількість лінійних потоків і дозволяють організувати відгалужені структури або кільця. Концентратори дозволяють зменшити загальне число прямих підключень до основної мережі SDH, спрощуючи її архітектуру і покращуючи ефективність передачі даних.

4 ТОПОЛОГІЇ SDH МЕРЕЖ

4.1 Топологія "крапка-крапка"

Архітектурні рішення при проектуванні мереж SDH можуть базуватись на використанні різних топологій. Два найпоширеніших варіанти це поєднання кільцевої та радіальної топологій та топологія послідовно-лінійного кола.

Кільцево-радіальна топологія.

У цьому варіанті мережа має центральний вузол, з якого виходять променеві лінії до окремих вузлів. Кожен вузол може мати свої проміжні вузли, які формують кільцеву структуру. Ця топологія дозволяє забезпечити резервування шляхів і забезпечити високу доступність мережі.

Послідовно-лінійне коло.

В цьому варіанті вузли мережі з'єднані послідовно, утворюючи лінійну структуру. Дані передаються від вузла до вузла, проходячи через кожен вузол по черзі. Ця топологія проста і економічна, але не має резервування шляхів і може бути вразливою до відмов.

Також базовою топологією SDH мережі є проста з'єднання між двома вузлами (топологія "крапка - крапка"). Ця топологія може бути реалізована за допомогою термінальних мультиплексорів, які можуть мати резервування каналів прийому/передачі типу 1+1 рис.4.1 з основним і резервними електричними або оптичними агрегатними виходами.

Вибір конкретної топології залежить від потреб мережі, вимог до доступності, надійності та вартості. Кожна топологія має свої переваги та обмеження, і їх вибір залежить від конкретних умов та вимог проекту.



Рисунок 4.1 – Топологія "крапка-крапка", реалізована з використанням ТМ

4.2 Топологія "послідовний лінійний ланцюг"

Так, базова топологія "крапка - крапка" використовується тоді, коли інтенсивність трафіку в мережі є невеликою і потрібно забезпечити відгалуження в деяких точках лінії. Вона може мати два варіанти:

– Простий послідовний лінійний ланцюг без резервування. У цьому варіанті вузли мережі з'єднані послідовно, утворюючи прямий лінійний шлях без резервування. Кожен вузол має свої вхідні та вихідні канали, і дані передаються від одного вузла до наступного.

– Складніший ланцюг з резервуванням типу 1+1. У цьому варіанті вузли мережі також з'єднані послідовно, але з використанням резервування типу 1+1. Це означає, що кожен вузол має як основний, так і резервний вихідний канал, і дані передаються по обох шляхах паралельно. Якщо один канал виявляє несправність, комутатор автоматично переключається на резервний канал, забезпечуючи неперервність зв'язку.

Останній варіант, де використовується резервування типу 1+1, часто називають "спрощеним кільцем", оскільки вона нагадує структуру кільця з резервуванням. Використання резервних каналів забезпечує вищу надійність і доступність мережі, особливо в разі виникнення несправностей.

Вибір між цими двома варіантами топології залежить від вимог до доступності, надійності та вартості мережі, а також від інтенсивності трафіку та потреби в резервуванні каналів.



Рисунок 4.2 - Топологія "последовательный линейный ланцюг", реалізована на TM і TDM



Рисунок 4.3 - Топологія "последовательный линейный ланцюг" типу "спрощене кільце" із захистом 1+1

4.3 Топологія "зірка", що реалізовує функцію концентратора

У простому послідовному лінійному ланцюзі без резервування, дані передаються послідовно від одного вузла до наступного без можливості альтернативного шляху в разі відмови. Цей варіант є простим і економічним, але не забезпечує резервування та може бути вразливим до відмов.

У складнішому ланцюзі з резервуванням типу 1+1, передача даних відбувається одночасно через основний та резервний шляхи. Обидва шляхи працюють паралельно, і якщо один з них відмовляє, трафік автоматично переключиться на резервний шлях без переривання послуги. Цей варіант рис 4.4 забезпечує вищу доступність та надійність, але вимагає додаткового обладнання для резервування та може бути більш складним у реалізації.

Вибір між простим лінійним ланцюгом і ланцюгом з резервуванням типу 1+1 залежить від вимог до доступності, надійності та вартості мережі..

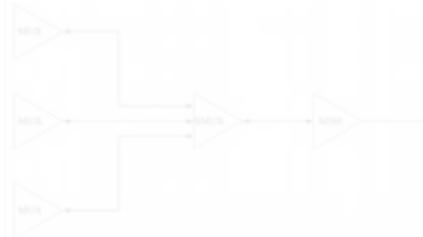


Рисунок 4.4 - Топологія "зірка" з мультиплексором як концентратор

4.4 Топологія "кільце"

Топологія, зображена на рисунку 4.5, є поширеною для побудови мереж SDH перших двох рівнів ієрархії SDH. Основною перевагою цієї топології є легкість встановлення захисту типу 1+1. В синхронних мультиплексорах SMUX, є дві пари оптичних каналів прийому/передачі: схід-захід, які дозволяють створювати подвійне кільце з протилежними потоками.

Ця топологія забезпечує високу надійність та доступність мережі. У випадку відмови одного з каналів прийому/передачі, трафік автоматично переключиться на протилежний канал без переривання послуги. Такий захист типу 1+1 забезпечує велику резервність та надійність передачі даних.

Формування подвійного кільця з протилежними потоками дає додаткову гнучкість при розподілі трафіку і забезпеченні альтернативного шляху для передачі даних. Це дозволяє зменшити вразливість мережі до відмов і забезпечити безперебійну роботу.

Така топологія є ефективним рішенням для побудови надійних і високопродуктивних мереж на основі SDH технології



Рисунок 4.5 – Топологія "кільце" із захистом 1+1

5 МЕРЕЖЕВА МОДЕЛЬ SDH СИСТЕМ

Радіально-кільцева архітектура SDH мережі поєднує дві базові топології - "кільце" і "послідовний лінійний ланцюг". На рисунку 5.1 показано приклад такої архітектури.

У радіально-кільцевій архітектурі SDH мережі використовуються кільцеві сегменти, які з'єднані між собою за допомогою послідовних лінійних ланцюгів. Кільцеві сегменти можуть бути організовані з використанням оптичних каналів із захистом типу 1+1 для забезпечення надійності і відновлення послуг у випадку відмови.

Така архітектура мережі дозволяє забезпечити гнучкість та масштабованість. Вона дозволяє підключати нові вузли до кільцевих сегментів та розширювати мережу без необхідності перебудови всієї існуючої структури. Крім того, радіально-кільцева архітектура забезпечує високу доступність і надійність мережі завдяки захисту типу 1+1 і можливості альтернативного маршрутизації трафіку.

Ця архітектура є ефективним рішенням для мереж, де потрібно поєднати високу надійність і гнучкість, а також забезпечити масштабованість та швидке розширення. Вона дозволяє оптимально використовувати ресурси мережі і забезпечити якісну передачу даних у різних сегментах мережі.



Рисунок 5.1 – Радіально-кільцева мережа SDH

Архітектура типу "кільце-кільце".

З'єднання типу "кільце-кільце" є ще одним поширеним рішенням в архітектурі мереж SDH. У цьому типі з'єднання використовуються кільцеві сегменти різних рівнів ієрархії SDH, які з'єднані між собою.

На рисунку 5.2 показана схема з'єднання двох кілець одного рівня - STM-4. Це означає, що кожне кільце має пропускну здатність STM-4. З'єднання двох кілець дозволяє розширити мережу та забезпечити альтернативний маршрут у випадку відмови в одному з кілець.

На рисунку 5.3 показана каскадна схема з'єднання трьох кілець різних рівнів - STM-1, STM-4, STM-16. В цьому випадку кожне кільце має відповідну пропускну здатність. Таке з'єднання дозволяє створити більш складну ієрархію мережі та забезпечити передачу даних на різних рівнях.

З'єднання типу "кільце-кільце" має кілька переваг. Воно забезпечує зменшення впливу відмов окремих сегментів мережі на загальну пропускну здатність та надійність мережі. Також це рішення дозволяє гнучко розширювати мережу, додавати нові кільцеві сегменти та підключати додаткові вузли.

Застосування з'єднань типу "кільце-кільце" дозволяє побудувати складніші ієрархічні структури мережі SDH та забезпечити більшу гнучкість і надійність в передачі даних.



Рисунок 5.2 – Двакільця одного рівня



Рисунок 5.3 – Каскаднез'єднань трьох кілець

Лінійна архітектура для мереж великої протяжності.

В лінійних мережах великої протяжності, де відстань між термінальними мультиплексорами перевищує рекомендовану максимальну допустиму відстань для волоконно-оптичного кабелю, необхідно використовувати регенератори для відновлення затухаючого оптичного сигналу.

На рисунку 5.4 показана лінійна архітектура мережі з використанням регенераторів. Ця архітектура складається з послідовного з'єднання ряду секцій, де кожна секція може включати термінальний мультиплексор, прохідний комутатор і регенератор. Регенератори використовуються для підсилення та відновлення оптичного сигналу, що дозволяє подолати загасання сигналу на великих відстанях.

Рекомендації ITU-T G.957 та ITU-T G.958 визначають параметри та характеристики регенераторів, а також вимоги до секцій мережі. Вони встановлюють стандарти та правила для побудови лінійних мереж з використанням регенераторів, щоб забезпечити оптимальну передачу даних на великих відстанях.

Використання регенераторів у лінійних мережах дозволяє збільшити дальність передачі сигналу і знизити вплив загасання на якість сигналу. Це особливо важливо в мережах з великою протяжністю, де доводиться подолати значні відстані між вузлами.

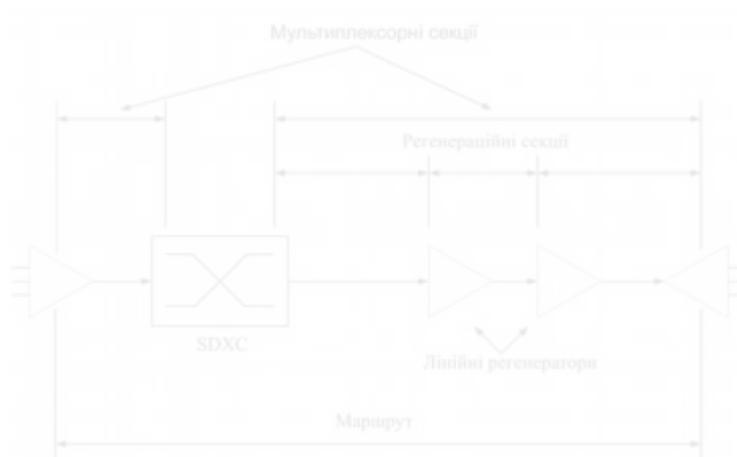


Рисунок 5.4 - **Мережа SDH** великої протяжності із зв'язком типу "крапка-крапка" і її сегментація

Так, в розвитку мереж SDH можуть використовуватись рішення, які характерні для глобальних мереж і допомагають покращити надійність та доступність системи.

Одним з таких рішень є формування "островів" або магістральних мереж у вигляді комірчастої (mesh) структури. В комірчастій структурі мережі розробники організовують альтернативні маршрути для пересилання даних, що дозволяє уникнути відмови в мережі у разі проблем з маршрутизацією віртуальних контейнерів по основному шляху. Це забезпечує високу надійність мережі та можливість переключення на альтернативні маршрути при виникненні проблем.

Крім внутрішнього резервування, характерного для мереж SDH, використання альтернативних маршрутів також дозволяє використовувати альтернативні середовища розповсюдження сигналу. Наприклад, на основному маршруті може бути використане оптичне каналізоване середовище передачі (ОК), а на резервному маршруті – радіорелейна лінія (РРЛ), або навпаки. Це дозволяє забезпечити резервування на рівні фізичного середовища передачі і зменшити вплив однотипних вад на обидва маршрути.

Такі рішення, як формування "островів" та використання комірчастої структури мережі разом із внутрішнім резервуванням та використанням

альтернативних середовищ передачі, сприяють підвищенню надійності та стійкості мережі SDH. Вони дозволяють забезпечити більшу доступність та перебування мережі у справному стані навіть при виникненні проблем на окремих маршрутах чи в середовищах передачі сигналу

6 ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ ОБЛАДНАННЯ SL 1, SRT 1

6.1 Синхронна волоконно-оптична система SL 1

Синхронне лінійне устаткування SL1 використовується для передачі цифрових сигналів STM-1 з швидкістю 155.520 Мбіт/с або плезіохронних цифрових сигналів з швидкістю 139.264 Мбіт/с в мережах SDH. Воно працює з оптичними волокнами одномодового або багатомодового типу в області довжини хвилі 1300 нм або 1550 нм.

Устаткування SL1 складається з наступних блоків:

– Кінцеве лінійне устаткування SLT1, яке може використовуватись як подвійна кінцева станція, або як кінцева станція з лінійним захистом (знімний блок типу A1), або як кінцева станція з лінійним і апаратним захистом (знімний блок типу A2).

– Лінійний регенератор SLR1 (знімний блок типу A3), який відновлює затухаючий оптичний сигнал.

– Програмне забезпечення SL1/AM для контролю аварійних ситуацій, яке відображає аварійні сигнали на ПК з використанням операційної системи MS Windows.

– Програмне забезпечення для локального переносного терміналу, яке використовується при введенні в експлуатацію та обслуговуванні системи з використанням операційної системи MS Windows.

– Персональний комп'ютер (ПК), який використовується для конфігурації та контролю локального пристрою SL1 (SLT1 або SLR1).

Деякі властивості SL1 включають:

Можливість розміщення двох незалежних лінійних кінцевих пристроїв або повного лінійного регенератора в одному знімному блоку.

Інтерфейси F2, що перемикаються, для електричних сигналів зі швидкістю 140 Мбіт/с або 155 Мбіт/с.

Можливість використання як лінійного кінцевого пристрою на швидкості

140 Мбіт/с для лінійної передачі SONET OC3-C.

Підтримка лінійного захисного перемикачання 1:1 і 1+1 з двома приймачами без додаткових пристроїв.

SL1 є частиною сімейства обладнання SDH і використовується для забезпечення передачі цифрових сигналів у мережах з високою швидкістю і надійністю.

Лінійне і апаратне захисне перемикачання 1+1 з двома приймачами і блоком додаткового каналу даних із захисним перемикачем AUXPSW - це функціональні можливості в системі SL1. Знімний блок типу A1 може бути налаштований для роботи як подвійна кінцева станція для двох незалежних ліній передачі або як кінцева станція з лінійним захистом 1+1 або 1:1. Знімний блок типу A2 дозволяє реалізувати апаратний захист шляхом встановлення блоку каналу даних AUXPSW. AUXPSW захищає як корисне навантаження, так і службові канали секційного заголовка. Знімний блок типу A1 захищає тільки службові канали при використанні AUXPSW.

SLT1 також може бути конфігурований як оптичний/електричний регенератор для сигналів STM-1. Це дозволяє відновлювати та посилювати затухаючий оптичний сигнал для подальшої передачі.

Контроль системи здійснюється відповідно до рекомендацій ITU-T G.781-G.784, що стандартизують протоколи та процедури управління в мережах SDH.

SL1 також підтримує стики зв'язку SIETRA для управління віддаленими станціями через канал передачі даних зі швидкістю 64 кбіт/с заголовка STM-1. Це дозволяє здійснювати комунікацію та керування з віддаленими станціями на мережевому рівні.

Інформаційна модель управління згідно зі специфікацією QD2 Deutsche Telecom використовується для забезпечення комунікації з мережевим управлінням електров'язком TMN за допомогою стику QD2 (RS-485).

SL1 також має автоматичне відключення лазера в обох напрямках передачі, що сприяє безпеці та енергоефективності.

За допомогою великої пропускної спроможності заголовка можливо організувати додаткові служби та передавати інформацію в заголовку. Також можна дообладнати SLT1 блоком службового каналу (службовий телефон) з функцією колективного або селективного виклику.

Щодо дальності передачі, ділянка регенерації обмежується максимально допустимими втратами сигналу, які становлять 30 дБ або 35 дБ для довжин хвиль 1300 нм або 1550 нм відповідно.

Модульна структура синхронного лінійного устаткування SL1 робить його універсальним і підходящим для різних застосувань. Застосування SL1 включають:

– Міжстанційні лінії. SL1 може бути використаний для організації міжстанційних ліній без лінійних регенераторів SLR1. Це підходить для відносно коротких відстаней, де регенерація сигналу не потрібна.

– Протяжні лінії. Для протяжних ліній, де необхідна регенерація сигналу, SL1 може використовуватися разом з лінійними регенераторами SLR1. Двонаправлена передача здійснюється по окремих волокнах з використанням регенераторів передачі по одному волокну.

– Двонаправлені передачі. SL1 підходить для двонаправленої передачі по одному волокну. Використовуються двонаправлені розгалужувачі, які розділяють сигнали в двох напрямках передачі.

Направляючий код передається в байті C1 секційного заголовка, що допомагає уникнути помилкової синхронізації оптичного приймача з власним передавачем.

Загалом, SL1 може використовуватися в різних сценаріях передачі даних залежно від потреб мережі і відстані передачі.

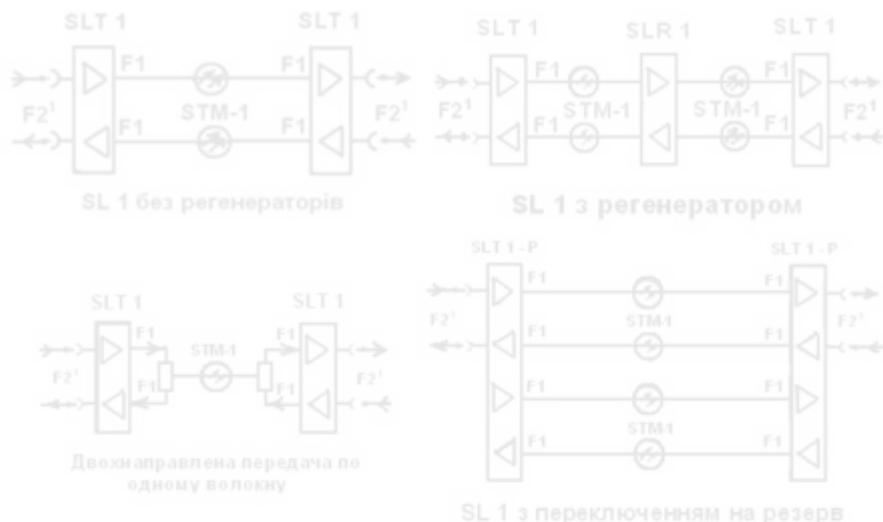


Рисунок 6.1- Приклади організації цифрових трактів

6.2 Магістральна синхронна радіорелейна система SRT 1

Магістральна синхронна радіорелейна система SRT1 призначена для передачі сигналів з високою пропускнуною спроможністю. Основні характеристики системи SRT1 включають:

- Передача сигналів. Система SRT1 може передавати сигнали швидкістю 1x155 Мбіт/с або 2x155 Мбіт/с в одному каналі. Це забезпечує велику пропускну спроможність для передачі високовитратних даних.
- Суміщені частоти. SRT1 також має можливість роботи на суміщених частотах радіостовбурів. Це дозволяє збільшити пропускну спроможність радіочастотного каналу вдвічі і отримати додатковий потік даних.
- Підтримка SDH. Сигнали передаються в циклі STM-1 синхронної цифрової ієрархії (SDH). Це забезпечує надійну і стандартизовану передачу даних і спрощує перехід від плезіохронної цифрової ієрархії (PDH) до SDH мереж.

– Версії А і В. Система SRT1 доступна в двох версіях - А і В. Версія А забезпечує передачу 1x155 Мбіт/с або 2x155 Мбіт/с в одному каналі, тоді як версія В підтримує передачу 1x155 Мбіт/с.

– Додаткові функції. Обидві версії системи SRT1 можуть бути доповнені устаткуванням безпомилкового синхронного перемикавання на резервний стовбур SPS 155(N+1), (N+2). Також є можливість використання службових каналів для додаткових функцій.

– Розміщення. Версія А системи SRT1 розміщується у вузьких стійках 7R, а версія В - у стійках стандарту ETSI.

Загалом, система SRT1 є потужним рішенням для передачі великого обсягу даних з використанням радіорелейного зв'язку, забезпечуючи широку пропускну спроможність та підтримку стандартів передачі даних.

Магістральна синхронна радіорелейна система SRT1 має наступні властивості:

– Відповідність стандартам. Система SRT1 відповідає вимогам стандартів ITU-TG.707 і G.709 щодо передачі даних, а також вимогам ITU-R щодо радіорелейного зв'язку.

– Автоматичне управління потужністю передачі. Система має пристрій автоматичного управління потужністю передачі (ATPC), який дозволяє підтримувати стабільні значення кутового зведення радіоканалів і зменшує ефект від інтерференції.

– Інтерфейси для передачі даних. Система підтримує інтерфейси QD2 або Qx для передачі даних до системи TMN (наприклад, EM-OS). Також передбачений службовий ІКМ-КАНАЛ і додаткові інтерфейси для додаткових послуг.

– Модульна конструкція. Радіорелейне устаткування SRT1 має модульну конструкцію, що дозволяє поступове і економічне розширення для різних застосувань.

– Адаптивний еквалайзер. В системі використовується адаптивний еквалайзер в тимчасовій області (ATDE) з "сліпим захопленням", який поліпшує вирівнюючу здатність.

– Використання площини поляризації. Кожен радіочастотний канал використовує обидві площини поляризації. Для версії А комбінація з режимом "два що несуть" збільшує пропускну спроможність до чотирьох сигналів STM-1 на радіочастотному каналі.

– Застосування. Система SRT1 може використовуватися в магістральних мережах, регіональних мережах або місцевих мережах змі

– Управління устаткуванням. Блоки устаткування SRT1 мають керовані мікропроцесорами пристрої контролю, які забезпечують зв'язок з контролером через послідовну сигнальну шину. Є різні шляхи доступу до інформації, обробленої в контролері, включаючи заземлюючий контакт, F-інтерфейс (RS-232) і Q-інтерфейс до операційної системи управління устаткуванням.

– Частотний план. Система SRT1 призначена для роботи в смугах частот від 3,4 ГГц до 13,3 ГГц

Таблиця 6.1 - Діапазони частот, пропускі можливості та конфігурації обладнання

Смуга частот (ГГц)	4L	4	5	6LLOI	6L	6U	7			8	6U	11	13
	OIRT	3.6	4.4	RT 5.6	5.9	6.4	7.1	7.4	7.7	8.2	OIRT	10.7	12.7
	3.4	ДО	ДО	ДО	ДО	ДО	ДО	ДО	ДО	ДО	7.9	ДО	до
	ДО	4.2	5.0	6.2	6.4	7.4	7.4	7.7	8.2	8.5	ДО	11.7	13.3
SRT1 версія А	А	А/В	В	А	А	В	А	А	А	А	А	В	
SRT1 версія В	С	С/Д	Д	С	С	Д	С	С	С	С	С	Д	С

А - SDH суміщення частот радіостволів, 28/30 МГц; В - SDH суміщення частот радіостволів, 40 МГц;

С - SDH чергування частот радіостволів, 28/30 МГц; Д - SDH чергування частот радіостволів, 40 МГц;



Рисунок 6.2 – Архітектура управління елементами мережі

DCCM (Data Communication Channel for Multiplexer Section) – канал передачі даних, призначений для обміну інформацією між різними секціями мультиплексора в системі передачі даних. Використовується для передачі керуючих повідомлень, налаштування параметрів та моніторингу стану системи.

DCCR (Data Communication Channel for Regenerator Section) – канал передачі даних, який використовується для обміну інформацією між різними секціями регенератора в системі передачі даних. Використовується для передачі керуючих повідомлень, налаштування параметрів та моніторингу стану системи регенератора.

F (Interface to Local Terminal) – інтерфейс, який забезпечує з'єднання між системою передачі даних і локальним терміналом або комп'ютером. Він дозволяє операторам або адміністраторам системи взаємодіяти з системою, налаштовувати параметри, відстежувати стан мережі та виконувати інші функції керування.

MCF (Message Communication Function) – функція передачі повідомлень в радіорелейних системах. Вона дозволяє обмінюватись повідомленнями між різними компонентами або вузлами системи, такими як передавачі, приймачі, контролери тощо. Ця функція використовується для передачі керуючих повідомлень, налаштування параметрів та моніторингу стану системи.

QD2, Qx (Interfaces to Telecommunication Management Network - TMN) – інтерфейси використовуються для зв'язку між радіорелейною системою і мережею управління електрозв'язком (TMN). Вони дозволяють системі передавати і отримувати дані для керування, моніторингу та управління радіорелейною системою через централізовану мережу управління.

7 ВИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИНИ РЕГЕНЕРАЦІЙНИХ ДІЛЯНОК НА ТРАСІ УЖГОРОД – ЛУГАНСЬК

7.1 Визначення довжини регенераційної ділянки по затуханню

Обладнання "SIEMENS" SL 1, яке використовується в даній ВОСПІ, дозволяє передавати дані по оптичному волокну зі швидкістю STM-1 (155,520 Мбіт/с) або PDH (139,264 Мбіт/с). Воно може працювати з багатомодовим або одномодовим оптичним волокном. Якщо потрібно збільшити пропускну здатність мережі, можна встановити додаткове обладнання SL 1 і задіяти вільні волокна або використати технологію WDM (Wave Division Multiplexing).

Для прокладки оптичного кабелю використовується кабель марки ОКЛК-01-6-8-10/125-0.36/0.22-3.5/18-1.0-(нг). Цей кабель призначений для використання в різних середовищах, таких як труби, шахти, тунелі, блоки кабельної каналізації, ґрунти, мости, болота і водні переходи. Він має одномодове оптичне волокно з ненульовою зміщеною дисперсією марки LEAF CPC 6, яке виробляється компанією КОРНІПІН. Довжина хвилі, яку використовує цей кабель, становить 1310 нм. Параметри кабеля ОКЛК-01-6-8-10/125-0.22-3.5-1.0-(нг) наведені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Основні параметри оптичного кабелю

Кількість ОВ	8
Діаметр кабелю, мм	15.0-28.5
Діаметр серцевини, мкм	10
Діаметр оболонки, мкм	125
Коефіцієнт загасання, дБ/км	0.22
Хроматична дисперсія, пс/нм·км	3.5
Будівельні довжини, км	2, 3, 4, 6

Оптична потужність, яка поступає на приймач, залежить від: потужності джерела випромінювання P_d ; втрат потужності в з'єднаннях джерела випромінювання з волокном $\alpha_{\text{вводу}}$ і волокна з приймачем випромінювання

$\alpha_{\text{виводу}}$; втрат потужності в нероз'єднаних з'єднаннях волокон $\alpha_{\text{зв}}$, при стикуванні сусідніх будівельних довжин $l_{\text{буді}}$ оптичного кабелю; втрати потужності внаслідок затухання в кожному з n послідовно з'єднаних волокон

$$\alpha_1 l_{\text{буд1}} + \alpha_2 l_{\text{буд2}} + \dots + \alpha_n l_{\text{будn}} \quad (7.1)$$

де α_i – коефіцієнт затухання ОВ будівельної довжини $l_{\text{буді}}$.

Потужність джерела випромінювання повинна перекривати всі ці втрати, і її рівень повинен бути більшим мінімально допустимого рівня потужності (чутливості) $P_{0\text{мін}}$ на деяке значення P_3 експлуатаційного запасу. Цей запас необхідний через погіршення (деградації) параметрів ОК передавального оптичного модуля.

Енергетичний потенціал апаратури ВОСПІ Q використовується для перекривання усіх видів втрат в лінійному тракті, тобто повинен забезпечуватись баланс потужностей:

$$Q = P_d - P_{0\text{мін}} \geq \sum_{k=1}^m \alpha_k + P_3, \quad (7.2)$$

де α_k – довільні складові втрат на участку регенерації. З останнього виразу отримаємо розрахунок запасу по потужності, дБ:

$$P_3 = P_n - P_{0\text{мін}} - \alpha_{\text{вводу}} - N\alpha_{\text{зв}} - \alpha L_{p1} \alpha_{\text{вив}} \quad (7.3)$$

де N – кількість з'єднань ОВ-ОВ, рівна цілій частині з відношення $L_{p1}/l_{\text{буд}}$.

Отримуємо формулу для розрахунку довжини ділянки регенерації по затуханню:

$$L_{p1\max} = \frac{Q - p_3 - \alpha_{\text{Вводу}} - N\alpha_{\text{Зв}} - \alpha_{\text{Вив}}}{\alpha} \quad (7.4)$$

Відповідно, якщо всі будівельні довжини на ділянці регенерації однакові,

тобто $l_{\text{буд}1} = l_{\text{буд}2} = \dots = l_{\text{буд}i}$, $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha$, тоді:

$$L_{p1\max} = \frac{Q - p_3 - \alpha_{\text{Вводу}} - \alpha_{\text{Вив}}}{\alpha + \alpha_{\text{Зв}} / l_{\text{буд}}} \quad (7.5)$$

$$L_{p1\max} = \frac{30 - 6 - 1 - 1}{0,22 + 0,05/6} = 96,35 \text{ км}$$

Мінімальна довжина ділянки регенерації, км

$$L_{p1\min} = \frac{Q - A - p_3 - \alpha_{\text{Вводу}} - \alpha_{\text{Вив}}}{\alpha + \alpha_{\text{Зв}} / l_{\text{буд}}} \quad (7.6)$$

де $A = 17 \text{ дБ}$ – діапазон АРП приймальної частини апаратури

$$L_{p1\min} = \frac{30 - 17 - 6 - 1 - 1}{0,22 + 0,05/6} = 21,9 \text{ км}$$

7.2 Визначення довжини регенераційної ділянки по дисперсії

Довжину регенераційної ділянки обмежує явище розширення імпульсу у волокні, що виникає через дисперсію. Дисперсія впливає на розширення імпульсу та зміну його форми під час передачі через оптичне волокно.

Дисперсія залежить від типу оптичного волокна (одномодове або багатомодове) та ширини спектральної лінії джерела. В одномодових волокнах дисперсія менша, оскільки дозволяє передавати лише один мод світла. У

багатомодових волоках, які підтримують кілька модів світла, дисперсія може бути більш помітною.

Розширення імпульсу відбувається, оскільки різні компоненти спектра сигналу розповсюджуються з різною швидкістю через волокно. Це призводить до зміни форми імпульсу та його розтягнення в часі. Щоб зменшити вплив дисперсії, можуть використовуватися різні методи, такі як використання компенсаційних елементів або використання спеціальних типів волокон, які мають меншу дисперсію. Величину розширення імпульсів характеризує середньоквадратична ширина імпульсної характеристики σ . Для одномодових волокон в паспортних даних вказана нормована хроматична дисперсія σ_H , яка зв'язана з σ наступним співвідношенням:

$$\sigma = 10^{-12} \cdot \Delta\lambda \cdot \sigma_H, \quad (7.7)$$

де $\Delta\lambda$ – ширина смуги джерела випромінювання.

Тоді максимальна довжина ділянки регенерації:

$$L_{p2max} = \frac{0.25}{\sigma \cdot B}, \quad (7.8)$$

де B – швидкість передачі інформації

Довжина регенераційної ділянки:

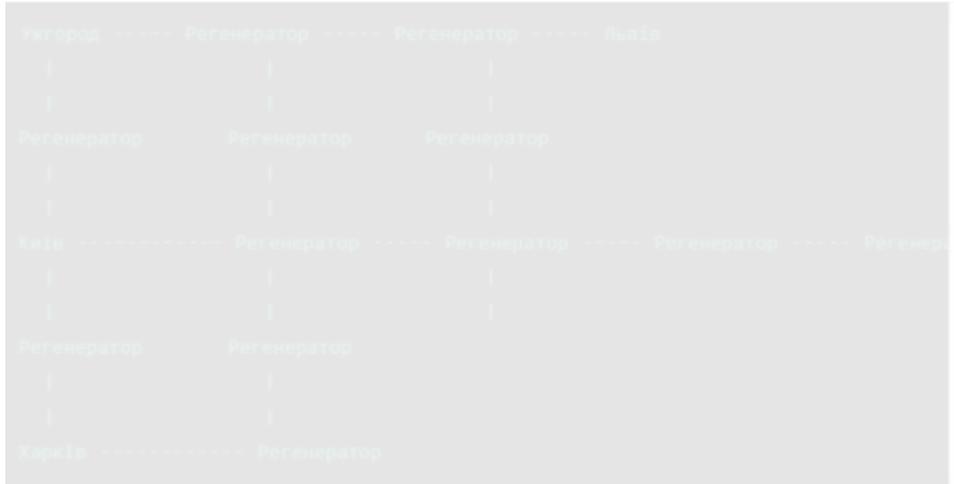
$$L_{p2max} = \frac{0.25}{10^{-12} \cdot 1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 155 \cdot 520 \cdot 1024 \cdot 1024} = 438 \text{ км}$$

З двох значень L_{p1max} і L_{p2max} вибираємо найменше, це і буде довжина регенераційної ділянки $L_p = 96.35 \text{ км}$.

З обчисленої вище довжини регенераційної ділянки, яка для нашого обладнання становить $L_p = 96.35 \text{ км}$, можна визначити необхідну кількість регенераторів між відповідними містами.

На основі наданих даних, звітувалано маршрути та регенераційні пункти на графічному зображенні. Приведений нижче графічний макет показує

схематичне розташування міст та регенераційних пунктів на заданій транспортній мережі:



8 РОЗРАХУНОК РАДІОРЕЛЕЙНОЇ СПІ НА ОСНОВІ ОБЛАДНАННЯ SRT-1

При проектуванні радіорелейної лінії зв'язку і виборі висот антен необхідно враховувати різні фактори, які впливають на пряму видимість між передаючою і приймальною антенами. Деякі з цих факторів включають:

– Профіль траси. Важливо мати точну інформацію про профіль траси, тобто висоту і рельєф місцевості на всій довжині лінії зв'язку. Це допоможе визначити потенційні перешкоди, такі як гори, будівлі або дерева, які можуть блокувати радіосигнал.

Зміна метеорологічних умов. Зміна тиску, температури і вологості повітря може впливати на індекс заломлення атмосфери і, отже, на траєкторію радіосигналу. Врахування цих змін допоможе визначити відхилення радіопроменя і прогнозувати можливі втрати сигналу.

– Висоти антен. При виборі висот антен потрібно забезпечити достатній просвіт між ними для найгіршого випадку, коли найнижчий промінь проходить по трасі. Висоти антен не повинні бути більшими, ніж необхідно з економічних міркувань і для зменшення ризику міжсимвольної інтерференції і спотворення сигналу.

Перешкоди на трасі. Низьколеговані антени на трасах, де є наземні перешкоди, можуть стикатися з додатковими дифракційними втратами. Такі перешкоди, як будівлі або рельєф місцевості, можуть призводити до загасання сигналу і навіть повного блокування променя.

При проектуванні радіорелейної лінії зв'язку необхідно провести детальний аналіз цих факторів, використовуючи дані профілю траси, метеорологічні дані, моделювання поширення сигналу та інструменти для визначення прямої видимості між антенами. Це допоможе забезпечити надійну та ефективну роботу радіорелейної лінії зв'язку з мінімальними втратами сигналу.

Використання обладнання SRT 1 від фірми Siemens для побудови радіорелейної траси дозволяє передавати дані зі швидкістю STM-1 (окремий канал зі швидкістю 155.52 Мбіт/с).

Описана система має можливість організації 2 радістволів зі загальною швидкістю $1 \times \text{STM1}$, що означає, що два незалежних канали передачі STM-1 можуть бути використані для передачі інформації.

Для антенного зв'язку використовується параболічна антена з діаметром 1.8 метра та коефіцієнтом підсилення 42.5 дБ. Ці параметри визначають ефективність антени у зборі та спрямованому випромінюванні радіосигналу.

Щодо профілю траси, його будівництво виконується з урахуванням вертикального розрізу місцевості між сусідніми радіорелейними станціями. У профілі використовується параболічний масштаб, де висоти відображаються по осі ординат, а відстані - по осі абсцис. Такий підхід дозволяє зобразити профіль місцевості з врахуванням висот у зручній формі, де лінія, що представляє рівень моря або умовний нульовий рівень, має форму параболи.

З цими даними та характеристиками обладнання можна приступити до подальших розрахунків і проектування радіорелейної траси з урахуванням висот, передачі сигналу та інших факторів, що впливають на якість зв'язку.

$$y = \frac{R_0^2}{2a} k(1-k), \quad (8.1)$$

де:

a – геометричний радіус Землі ($a = 6370$ км),

k – відносна координата заданої точки:

$$k = \frac{R_i}{R_0}, \quad (8.2)$$

де:

R_i – відстань до поточної точки,

R_0 – довжина прольоту.

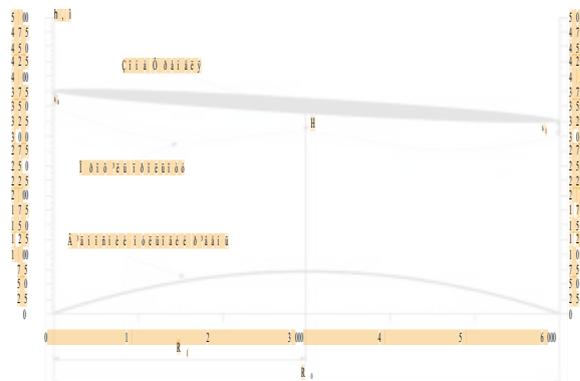


Рисунок 8.1 - Профіль прольоту транспортної мережі м.Львів – м.Стрий

Для радіорелейного зв'язку максимальна дальність не тільки обумовлена фізичною прямою видимістю між передавачем і приймачем, але також залежить від радіовидимості, особливо при використанні високочастотних діапазонів. При проектуванні радіорелейної траси необхідно враховувати цей фактор, зокрема зону Френеля.

Зона Френеля - це еліпсоїд обертання, який утворюється між передавальною і приймальною антенами. Вона представляє собою простір, в якому передаваний радіосигнал майже не перешкоджається перешкодами, такими як будівлі, дерева, гори і т.д. Мінімальна зона Френеля є найбільш важливою для передачі сигналу, оскільки вона забезпечує мінімальні втрати сигналу.

Підвіс антен на прольоті повинен бути розрахований таким чином, щоб виключити екранування перешкодами мінімальної зони Френеля при субрефракції радіохвиль. Це означає, що між передавальною і приймальною антенами повинен бути достатній просвіт, щоб забезпечити вільне поширення сигналу через мінімальну зону Френеля.

Правильний розрахунок висоти підвісу антен на прольоті дозволить досягти оптимального рівня радіосигналу і уникнути екранування мінімальної зони Френеля, що є важливим для забезпечення якісного радіорелейного зв'язку. Оцінімо розміри першої зони Френеля уздовж траси. На відстані d_1 від передавача і d_2 від приймача:

$$F = \sqrt{\frac{\lambda \cdot d_1 \cdot d_2}{R_0}}, \quad (8.3)$$

де $\lambda = 0.04$ м довжина хвилі.

Даний вираз показує, що F залежить як від робочої частоти, так і від відстаней до передавача і до приймача. Максимум F знаходиться у середині інтервалу:

$$F_{\max} = \frac{1}{2} \sqrt{\lambda \cdot R_0} = \frac{1}{2} \sqrt{0.04 \cdot 60000} = 24.5 \text{ м}$$

При виборі висот антен необхідно вибрати просвіт H таким щоб перша зона Френеля не торкалась поверхні.

Просвіт, що існує близько 80% часу повинний бути обраний з умови:

$$H = H(g + \sigma) = \frac{1}{2} F_{\max} - \Delta H(g + \sigma), \quad (8.4)$$

де

g – середнє значення градієнта діелектричної проникності тропосфери;

σ – стандартне відхилення.

Можна записати наближені значення цих параметрів на території прольоту:

$$g = -9 \cdot 10^{-8} \text{ 1/м}, \quad \sigma = 7.5 \cdot 10^{-8} \text{ 1/м}$$

Звідси просвіт становить (8.5):

$$\Delta H(g + \sigma) = -\frac{R_0^2}{4} \cdot (g + \sigma) \cdot k_t \cdot (1 - k_t) \quad (8.5)$$

$$\Delta H(g + \sigma) = - \frac{60000^2}{4} \cdot (-9 \cdot 10^{-8} + 7.5 \cdot 10^{-8}) \cdot 0.5 \cdot (1-0.5) = 3.4 \text{ м}$$

Тоді, значення просвіту:

$$H = 12.25 - 3.4 = 8.85 \text{ м.}$$

Для визначення висот підвісу антен ви можете використовувати профіль траси, де відкладаєте по вертикалі від критичної крапки розрахований просвіт.

Після цього, для кожного прольоту РРЛ, ви можете виконати енергетичний розрахунок, використовуючи рівняння передачі.

Середній рівень потужності сигналу на вході приймача, виражений в дБм, можна визначити за допомогою першого рівняння передачі:

$$P_{pr} = P_{per} - L_{pr} - L_{tr} - L_{розд} - L_{вт} - L_{rp},$$

де:

$P_{пер}$ - потужність передавача (у дБм),

$L_{пр}$ - втрати на прольоті РРЛ (у дБ),

$L_{тр}$ - втрати в хвилеводах (у дБ),

$L_{розд}$ - втрати в розділюючих пристроях (у дБ),

$L_{вт}$ - втрати на втрату в суміжних лініях (у дБ),

L_{rp} - втрати на роздільні пристрої (у дБ).

Це рівняння дозволяє визначити середній рівень потужності сигналу на вході приймача, враховуючи всі втрати на шляху передачі сигналу. (8.6):

$$P_{np} = P_{пер} + G_{пер} + G_{np} + \Pi_{пер} + \Pi_{np} + W_0 + V, \quad (8.6)$$

де:

$P_{пер}$ – рівень потужності передавача;

$G_{пер}$ і G_{np} – коефіцієнти підсилення відповідно передавальної та приймальної антен;

$\eta_{пер}$ і $\eta_{пр}$ — коефіцієнти корисної дії (ККД) антенно-фідерного тракту відповідно на передачі та прийомі;

W_0 — послаблення поля у вільному просторі;

V — середні множник послаблення поля вільного простору, який залежить від виду рефракції радіохвиль, (для відкритої траси приблизно рівний 1 або дБ,0 тому не враховується). Величина $P_{пер}$ виражені в децибелах відносно 1 мВт.

Послаблення вільного поля у вільному просторі визначається за формулою:

$$W_0 = 10 \lg \left(\frac{\lambda}{4\pi R_0} \right)^2 \quad (8.7)$$

З формули (8.7) можна отримати:

$$W_0 = 10 \lg \left(\frac{0,04}{4 \cdot \pi \cdot 60000} \right)^2 = -165,5 \text{ дБм}$$

ККД антенно-фідерного тракту у зв'язку з конструктивними особливостями (прийомо-передавачі об'єднані з антеною у моноблок) становлять приблизно 0.9 або -0.5 дБм.

Потужність сигналу на вході приймача з формули (8.6) рівна:

$$P_{пр} = 27,5 + 42,5 + 42,5 - 0,5 - 0,5 - 165,5 = -54 \text{ дБм}$$

Потужність прийнятого сигналу $P_{пр} = -54 \text{ дБм}$, а чутливість приймача -72 дБм, тобто запас послаблення становить 18 дБ., що дає можливість надійного зв'язку за несприятливих погодних умов, які погіршують радіозв'язок, таких, як: опади, температура, тиск, вологість.

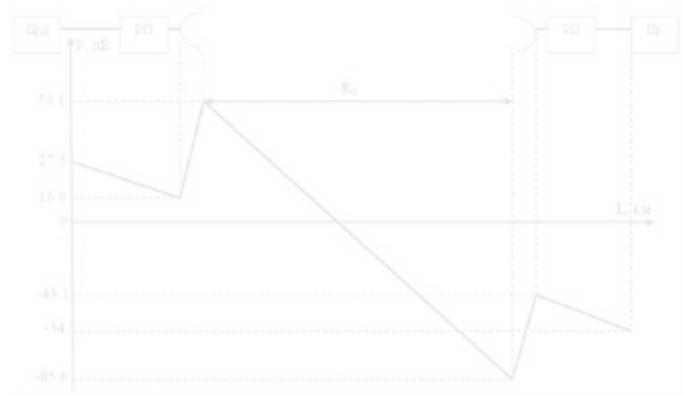


Рисунок 8.2 – Діаграма рівнів для інтервалу РРЛ прямої видимості

Діаграма рівнів, що зображена на рис.8.2 була побудована на основі розрахованих параметрів апаратури. Дані параметри апаратури дозволяють розрахувати рівні сигналу для радіорелейної системи. Основні розрахунки на основі наданих даних виглядають наступним чином:

– Рівень потужності передавача: $P_{пер} = 27.5$ дБп.

– Втрати, пов'язані з поширенням сигналу на відстані R_0 : $-10\lg(\lambda/4\pi R_0)^2 = -144$ дБп, де λ - довжина хвилі радіосигналу.

– Коефіцієнт підсилення двох антен: G_1 та G_2 $10\lg(G_1 \cdot G_2) = 85.6$ дБп.

– Втрати в хвилеводах: $a_g = 5$ дБп на 100 м, де g - довжина хвилевода.

– Втрати в розділюючих пристроях: $a_{рц} = 5.9$ дБп.

– Рівень потужності на приймачі: $P_{пр} = 10\lg(P_{пр}) = -54$ дБп.

Ці розрахунки дозволять оцінити рівень сигналу на приймачі в радіорелейній системі та зробити висновки про якість зв'язку. Для зменшення впливу РРС одна на другу профіль траси виконано зигзагоподібним (Львів-Стрий, Стрий-Ужгород).

Схожість

Джерела з Бібліотеки

129

1	Студентська робота	ID файлу: 1015245304	Навчальний заклад: Lviv Polytechnic National University	106 Джерело	24.8%
2	Студентська робота	ID файлу: 116301	Навчальний заклад: Lviv Polytechnic National University		1.96%
3	Студентська робота	ID файлу: 107527	Навчальний заклад: Lviv Polytechnic National University		0.56%
4	Студентська робота	ID файлу: 1000765646	Навчальний заклад: Lviv Polytechnic National University	2 Джерело	0.47%
5	Студентська робота	ID файлу: 1015196051	Навчальний заклад: National Technical University of Ukr	17 Джерело	0.15%
6	Студентська робота	ID файлу: 1014904868	Навчальний заклад: Lutsk National Technical University	2 Джерело	0.08%