

Ім'я користувача:
приховано налаштуваннями конфіденційності

ID перевірки:
1015643181

Дата перевірки:
19.06.2023 11:39:42 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Library

Дата звіту:
19.06.2023 11:44:39 EEST

ID користувача:
100011372

Назва документа: Сорока Назар ТКс 24. повторно .docx

Кількість сторінок: 28 Кількість слів: 4968 Кількість символів: 35631 Розмір файлу: 113.37 KB ID файлу: 1015289314

23.8% Схожість

Найбільша схожість: 17.8% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1015245294)

Пошук збігів з Інтернетом не проводився

23.8% Джерела з Бібліотеки

29

Сторінка 30

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

164

1 АНАЛІЗ ЗАВДАННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ БУДІВНИЦТВА КМ

Будівництво кабельної магістралі (КМ) між містами Львів і Яворів може мати значний потенціал для покращення зв'язку та забезпечення ефективного обміну даними між цими населеними пунктами. Щоб правильно розробити проект КМ, необхідно виконати наступні кроки:

– З'ясування функціональних завдань. Визначити, які конкретні функції повинна виконувати кабельна магістраль між Львовом і Яворовом. Наприклад, це може бути передача даних, телефонія, доступ до Інтернету, відеоконференції тощо. Це допоможе визначити потрібну пропускну здатність, технології і обладнання для реалізації цих функцій.

– Вибір технології. Оцінити доступні технології передачі даних і зв'язку, які можуть задовольнити вимоги проекту. Наприклад, можна розглянути використання оптичного волокна, бездротового зв'язку, супутникового зв'язку або комбінації різних технологій. Оберіть технологію, яка найкраще підходить для потреб вашого проекту.

– Проектування КМ. Розробити детальну схему кабельної магістралі, враховуючи маршрут, відстань, кількість вузлів зв'язку, необхідне обладнання і т.д. Також складіть кошторис, де врахуєте витрати на обладнання, матеріали, прокладання кабелю, інженерно-будівельні роботи, вартість дозвільних документів тощо.

– Прокладання кабелю. Після схвалення проекту та отримання необхідних дозволів розпочати фазу монтажу. Прокладання кабелю вимагає планування траси, врахування топографічних особливостей, додержання норм і правил щодо прокладання кабелю, а також виконання всіх необхідних робіт з викопування каналів, прокладання кабельних труб, монтажу розподільних пунктів і т.д.

– Тестування та налагодження. Після завершення прокладання кабелю необхідно провести тестування та налагодження системи, щоб переконатися в її

надійності та ефективності. Перевірте якість передачі даних, швидкість з'єднання та інші параметри, щоб впевнитися, що КМ виконує свої функції належним чином

Львів і Яворів мають розвинену транспортну систему, саме по ній і прокладатиметься кабельна магістраль.

При виборі траси враховуються наступні показники: протяжність траси, наявність річок, залізних і шосейних доріг та складність їх перетину, наявність трубопроводів і газопроводів, ландшафт місцевості, склад ґрунтів та глибину залягання ґрунтових вод, наявність умов для застосування механізованих будівельно-монтажних робіт.

Обирають трасу із найліпшою відстанню між кінцевими пунктами з мінімальною кількістю перешкод. За межами населених пунктів трасу вибирають вздовж автомобільних доріг із додержанням вимог земельного законодавства України.

Проаналізувавши наявність перешкод та автомобільних доріг між населеними пунктами Львів – Яворів по атласу автодоріг України, обираємо найбільш раціональний варіант прокладки кабелю уздовж узбіччя автошляху **M10**. Відстань між населеними пунктами 48 км.

Загальна довжина ВОЛЗ з урахуванням коефіцієнтів на додаткові витрати кабелю складає 50 км. Траса пролягає через такі населені пункти: Львів –

с. Підрясне – с.Страч – смт. Івано-Франкове – м. Новояворівськ. – с. Когути – с. Терновиця – м. Яворів. Траса має перетин з річкою Гноєнець.

Маршрут прокладання траси наведений у додатку

2 ВИБІР МАРКИ КАБЕЛЮ

2.1 Вибір типу кабелю

Оптоволоконний (волоконно-оптичний) кабель – це тип кабелю інформація з нього передається не електричним сигналом, а світловим. Головний його елемент – це прозоре скловолокно, по якому світло проходить на величезні відстані (до десятків кілометрів) з незначним ослабленням.

Оптоволоконний кабель є передовим типом кабелю, який передає інформацію за допомогою світлових сигналів відповідно до принципу оптичної передачі даних. Основним елементом оптоволоконного кабелю є прозоре скловолокно, яке дозволяє передавати світловий сигнал на великі відстані без помітного ослаблення.

Однією з важливих переваг оптоволоконного кабелю є його висока стійкість до перешкод та забезпечення конфіденційності переданої інформації. Оптоволоконний кабель майже не чутливий до зовнішніх електромагнітних перешкод, оскільки світловий сигнал не піддається спотворенню від цих впливів, і сам сигнал не створює зовнішніх електромагнітних випромінювань. Крім того, з'єднання з оптоволоконним кабелем практично неможливе для несанкціонованого прослуховування, оскільки це порушує цілісність кабелю.

Технічно оптоволоконний кабель має значно більшу пропускну здатність порівняно з традиційними електричними кабелями. Теоретично, пропускну здатність оптоволоконного кабелю може сягати значень до 10¹² Гц або 1000 ГГц, що значно перевищує можливості електричних кабелів.

Вартість оптоволоконного кабелю постійно знижується з плином часу, і вона вже приблизно на одному рівні з вартістю тонкого коаксіального кабелю. Це робить оптоволоконний кабель більш доступним для різних застосувань у сучасних мережах зв'язку.

Існують два різних типи оптоволоконного кабелю:

- багатомодовий або мультимодовий кабель, більше дешевий, але менш якісний;

— одномодовий кабель, більше дорогий, але має кращі характеристики в порівнянні з першим.

Багатомодовий кабель є більш доступним за ціною, але має меншу якість передачі даних порівняно з одномодовим. Він зазвичай використовується як основний кабель для внутрішніх магістралей (вертикальної підсистеми) у мережах зв'язку. Багатомодові волокна мають більший діаметр світловодної жилки, що робить їх зручнішими при монтажі та закінченні оптичними роз'ємами з меншими втратами. Їхня смуга пропускання досягає значення до 800 МГц км, що відповідає вимогам локальних мереж, але може бути недостатньою для магістральних ліній.

Одномодовий кабель, хоча дорожчий, має кращі характеристики порівняно з багатомодовим. Він рекомендується для побудови довгих зовнішніх магістралей у мережах зв'язку. Одномодові волокна дозволяють поширювати лише один промінь, що забезпечує краще загасання і ширшу смугу пропускання. Однак, одномодові волокна та джерела випромінювання в них є дорожчими, і закінчення таких кабелів оптичними роз'ємами також вимагає більшої витрати.

У оптичних кабелях волокна розташовуються в первинному захисному покритті, яке забезпечує їх захист від механічних пошкоджень та температурного впливу. Волокна можуть мати різний діаметр, наприклад, 250 мкм в багатомодових к

Отже, вибір між багатомодовим і одномодовим кабелем залежить від конкретних потреб мережі, довжини магістралей та бюджету проекту

2.2 Основні конструктивні параметри вибраного кабелю

Кабель може прокладатися в різних середовищах, таких як ґрунт, кабельна каналізація, підвішування на опорах, у внутрішніх каналах будівлі тощо. Кожне середовище вимагає певної конструкції кабелю для забезпечення захисту від механічних пошкоджень та зовнішніх впливів.

Кількість волокон у кабелі визначається потребами мережі, кількістю приймально-передавальних вузлів та запасом для майбутнього розвитку. Для мережі доступу часто використовуються кабелі з меншою кількістю волокон, тоді як для магістральних мереж можуть застосовуватися кабелі з великою кількістю ВОЛОКОН.

Деякі прокладання кабелю можуть вимагати особливої конструкції, наприклад, гнучкі або армовані кабелі для установки в кабельних каналах або кабелі з оптичними волокнами, які витримують високі температури для прокладання у близькості до джерел тепла.

Конструкція кабелю також повинна забезпечувати необхідний захист від вологи, пилу, впливу УФ-випромінювання та інших зовнішніх факторів, що можуть негативно впливати на оптичні волокна.

Оптичні кабелі можуть достатньо сильно відрізняються в конструкції, проте всі вони складаються з схожих конструктивних елементів. Центральна частина кабелю, в якій зібрані волокна, називається кабельним сердечником.

Конструкції ВОК досить різноманітні, але як правило вони містять в собі:

- Осердя, що складається з оптичних волокон та інших елементів котрі знаходяться під першою зовнішньою оболонкою кабелю;
- Силовий елемент, котрий має приймати на себе повздовжні розтягуючі ЗУСИЛЛЯ прикладені до кабелю. Силовий елемент може бути як в структурі осердя так і самостійно розташований в структурі кабелю;
- Захисні оболонки, одна або декілька оболонок котрі мають захищати ВОК від різноманітних зовнішніх впливів, а на зовнішній оболонці також міститься інформація про кабель;
- Заповнювачі (гідрофоби, корделі), призначені для захисту від ПОТРАПЛЯННЯ вологи (при порушенні цілісності зовнішніх захисних оболонок), та заповнення місця в структурі кабелю для утримання потрібної форми осердя та кабелю.

Порівнюючи дві основні конструкції, можна сказати, що модульний сердечник забезпечує кращий механічний та інший захист оптичних волокон, але

при цьому є більш габаритним, важким, громіздким і не дуже економічним при малому числі волокон (менше 12 ... 16). Тому його переважно використовують в магістральних ОК, в кабелях, що прокладаються на відповідальних ділянках і ділянках з підвищеним навантаженням на кабель. І навпаки, трубчаста конструкція відрізняється значно меншими масо-габаритними показниками, більшою гнучкістю, хорошою економічністю. А ступінь захисту від механічних впливів достатня для прокладки в умовах, характерних для розподільчих ділянок (у кабельній каналізації, всередині будівель по стояках, підвіска на опорах і по стінах будівель тощо). Крім того, потрібно враховувати використовуване число волокон.

Після вибору типу сердечника необхідно вибрати інші елементи кабелю (внутрішня оболонка, броня, силові елементи, несучий елемент, зовнішня оболонка), наявність і конструкція яких визначається умовами прокладки кабелю.. Найпростішу структуру має оптичний кабель, який використовують для монтажу всередині приміщень, де відсутні серйозні ризики його пошкодження. І навпаки - найскладніше виконання мають кабелі для підводного монтажу, в умовах якого існує безліч негативних чинників здатних пошкодити волокно.

Для підземної прокладки кабелів (в ґрунт, в кабельній каналізації) потрібно використовувати конструкції з бронею з сталеві гофрованої стрічки. Це дозволить захистити їх від атак гризунів і випадкових механічних пошкоджень при прокладці та експлуатації. До таких конструкцій відносяться кабелі UT або LT типів -П02, -П03, -П04.

Для визначення необхідної кількості оптичного кабелю на ділянці Львів - Яворів потрібно врахувати деякі фактори, такі як допустиме роздавлювальне зусилля, мінімально допустимий радіус вигину та запас на укладання в траншеї.

Зазначене допустиме роздавлювальне зусилля складає 1000 Н/см. На основі цього значення можна визначити тип оптичного кабелю, який здатний витримати таке зусилля і підібрати відповідну конструкцію кабелю.

Мінімально допустимий радіус вигину не повинен перевищувати $20d$, де d - діаметр кабелю. Це обмеження слід враховувати при виборі конструкції кабелю та при проектуванні траси прокладання.

У середньому будівельна довжина оптичних кабелів зв'язку складає 2-6 км, але не менше 1 км. Це значення слід використовувати при розрахунку кількості кабелю, необхідного для проєктованої ділянки.

Запас на укладання в траншеї: Потрібно врахувати запас на укладання в траншеї в залежності від умов прокладання. Наприклад, на броньованому підземному кабелі необхідно передбачити запас на відходи при спаювальних роботах, на укладання кабелю в траншеї і котловани, на прокладання в ґрунтах, схильних до зсуву або випучування, на підводному кабелі (річковому й озерному) тощо. Крім того, потрібно передбачити запас на кабелях, що прокладаються в каналізації, на спайку та укладку.

Запас на колодязі та котловани: На кожен колодязь повинен бути запас не менше 10 м кабелю, а на котлован - не менше 10 м.

Основними конструктивними параметрами кабелю є кількість оптичних волокон в кабелі, кількість ОВ в одному модулі, діаметр кабелю:

1. Якщо попередньо прийняти кількість оптичних волокон в одному оптичному модулі (НОВМ) рівну 6, то можна використати формулу (2.1) для визначення загальної кількості оптичних волокон (НОВЗ) в кабелі.

$$\text{НОВЗ} = 2 \times \text{НОВР} + \text{НОВМ} \quad (2.1)$$

$$\text{НОВЗ} = 2 \times \text{НОВР} + 6$$

У цій формулі **НОВР** представляє кількість робочих волокон, яка потрібна для задоволення поточних і майбутніх потреб мережі з урахуванням резервування. Можна самостійно визначити цю кількість з урахуванням ваших вимог і потреб мережі.

Замінивши **NOBM** на 6 в формулі, ви отримаємо загальну кількість оптичних волокон (NOB3) в кабелі.

2. Згідно з формулою (2.2), визначаємо кількість оптичних модулів (ОМ) в оптичному кабелі (ОК), враховуючи отримане значення загальної кількості оптичних волокон (NOB3) і прийняту базову модель з максимальною кількістю оптичних модулів – 6:

$$\mathbf{NOM} = \mathbf{NOB3} / \mathbf{NOBM} \quad (2.2)$$

$$\mathbf{NOM} = 12 / 6$$

$$\mathbf{NOM} = 2$$

Отже, в оптичному кабелі повинно бути 2 оптичних модулі.

Враховуючи кількість оптичних модулів (**NOM**), визначаємо кількість оптичних волокон в одному оптичному модулі (NOBM) і кількість заповнюючих стрижнів (ЗС) або корделів:

$$\mathbf{NOBM} = \mathbf{NOB3} / \mathbf{NOM} \quad (2.3)$$

$$\mathbf{NOBM} = 12 / 2$$

$$\mathbf{NOBM} = 6$$

$$\mathbf{NZC} = 6 - \mathbf{NOM}$$

$$\mathbf{NZC} = 6 - 2$$

$$\mathbf{NZC} = 4$$

Отже, в одному оптичному модулі повинно бути 6 оптичних волокон, а кількість заповнюючих стрижнів (корделів) становить 4.

Таким чином, в оптичному кабелі повинно бути 2 оптичних модулі з 6 оптичними волокнами кожен, а також 2 заповнюючих стрижня.

3. Вибір типу центрального силового елемента (ЦСЕ) для оптичного кабелю залежить від деяких факторів, таких як технологія виготовлення, використання металевих елементів у кабелі і можливість визначення місця залягання кабелю при пошкодженні.

У випадку, коли в оптичному кабелі відсутні повністю металеві елементи, перевагу слід надавати склопластику. Склопластик має простішу технологію виготовлення, він легший та не потребує використання металу. Однак, якщо в кабелі присутні металеві елементи, то вибір типу ЦСЕ може стати проблематичним, оскільки визначення місця залягання кабелю на трасі може ускладнитись.

У разі наявності металевих елементів в оптичному кабелі, можна використовувати метод електромагнітного поля для визначення місця пошкодження кабелю. При пошкодженні кабелю генератор підключається до металевої частини кабелю, створюючи електромагнітне поле, яке фіксується кабелешукачем. Це допомагає визначити місце пошкодження.

Таким чином, при врахуванні цих факторів необхідно вибрати тип центрального силового елемента (ЦСЕ) і його діаметр ($DI_{ЦСЕ}$), враховуючи технологію виготовлення, наявність металевих елементів в кабелі та можливість визначення місця пошкодження кабелю.

4. Згідно наведених відомостей, конструкція запропонованого кабелю складається з таких елементів:

1) Осердя:

– Діаметр оптичного модуля (DOM) = 3,0 мм.

– Діаметр центрального силового елемента ($DI_{ЦСЕ}$) = 2,6 мм (сталевий трос) + 0,2 мм (пластмасове покриття) = 2,8 мм.

Радіус до середньої лінії оптичного модуля та заповнюючих стрижнів

$(RCOM) = (DI_{ЦСЕ}/2 + DOM/2) = (2,8/2 + 3,0/2) = 1,4 + 1,5 = 2,9$ мм.

– Довжина кола по середній лінії оптичного модуля ($L_{(сер OM)}$) = $2 \times \pi \times$

$RCOM = 2 \times 3,14 \times 2,9 = 18,212$ мм.

Перевірка умови розташування OM та ЗС: $L_{(сер OM)} \geq DOM \times (NOM + NЗС)$.

Підставляючи значення: $DOM = 3,0$ мм, $NOM = 2$, $NЗС = 4$, отримуємо:
 $18,212 > 18,0$. Умова виконується.

2) Зовнішнє покриття:

- Армідні нитки: діаметр = 0,2 мм.
- Проміжна поліетиленова оболонка: діаметр = 0,3 мм.
- Внутрішня оболонка: діаметр = 1,0 мм.
- Алюмінієва гофрована броня: діаметр = 1,0 мм.
- Зовнішнє захисне покриття: діаметр = 2,0 мм.

Використовуючи формулу (2.4) та послідовно накладаючи шари, отримуємо загальний діаметр кабелю:

$$D_{зпш} = D_{пш} + 2 \times \Delta. \quad (2.4)$$

Підставляючи значення, отримуємо:

$$D_{зпш} = D_{пш} + 2 \times \Delta = (2,0 + 2 \times 1,0) + 2 \times 1,0 = 6,0 \text{ мм.}$$

Отже, загальний діаметр кабелю складає 6,0 мм.

Зазначена будівельна довжина кабелю (ЛБД) становить 2944 метри, а тип барабану - К17. Обрана будівельна довжина повинна бути більшою, оскільки зменшується кількість зварювань та загасання в лінійному тракті ВОЛЗ, а також зменшуються витрати на будівництво.

$$D_{зпш} = D_{пш} + 2 \cdot \Delta, \quad (2.8)$$

де

$D_{зпш}$ – зовнішній діаметр шару покриття, що накладається, мм;

$D_{пш}$ – зовнішній діаметр попереднього шару, мм;

Δ – товщина шару покриття, що накладається.

Виконуючи послідовно накладання шарів з різних покриттів кабелю, поки не буде досягнуто саме зовнішнє покриття. Конструкція запропонованого кабелю буде складатися з наступних елементів: поверх осердя розміщуються армідні нитки діаметром 0,2 мм, далі розміщуємо проміжну поліетиленову оболонку діаметром 0,3 мм., а поверх неї розміщуємо внутрішню оболонку діаметром 1,0 мм, наступний шар буде з алюмінієвої гофрованої броні діаметром 1,0 мм., і

завершує конструкцію зовнішнє захисне покриття діаметром 2,0 мм. В результаті підставляючи дані у формулу (2.4), отримуємо загальний діаметр кабелю 18,0 мм.

Від діаметру кабелю залежить його будівельна довжина.

На основі вибраної будівельної довжини кабелю (ЛБД = 2944 м) і типу кабельного барабану (К17) можна визначити діаметр кабелю. Зазначена інформація в таблиці 2.1 містить залежність між діаметром кабелю та будівельною довжиною. Враховуючи це, вибирається більша довжина, щоб зменшити кількість зварювань та витрати на будівницт

3 РОЗРАХУНОК ОСНОВИХ ПАРАМЕТРІВ КАБЕЛЮ

3.1 Визначення критичної довжини хвилі

Розрахунок основних параметрів кабелю по проекту:

вихідні дані: діаметр серцевини світловоду $2a = 50$ мкм, показник заломлення $n_1 = 1.47$, відносна різниця показників заломлення $\Delta = 0,01$, робоча довжина хвилі $\lambda_p = 1310$ нм.

Знаходимо показник заломлення n_2 :

$$\Delta = n_1 - n_2 \quad (3.1)$$

$$n_2 = n_1 - \Delta \quad (3.2)$$

$$n_2 = 1,47 - 0,01 = 1,46$$

Співвідношення коефіцієнтів заломлення визначається за формулою:

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad (3.3)$$

$$\Delta = \frac{1,47 - 1,46}{1,47} = 0,007$$

Числова апертура:

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (3.4)$$

$$NA = \sqrt{1,47^2 - 1,46^2} = 0,3$$

Нормована частота визначається за формулою:

$$V = \frac{2\pi a}{\lambda} \times \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (3.5)$$

де:

a – радіус серцевини

λ – довжина хвилі

$$V = \frac{2 \times 3,14 \times 25 \times 10^{-6}}{1,3 \times 10^{-6}} \times 0,3 = 36$$

Кожна мода має нормовану частоту V_0 , яка визначає її робочий діапазон, а кожній нормованій частоті V_0 відповідає критична частота f_0 .

При $V < V_0$ маємо $f < f_0$, тобто частота менша за критичну і хвиля осередям волокна не розповсюджується (не існує). Діапазон поширення хвилі, що має

нормовану частоту відсічки $V > V_0$, становить $f > f_0$.

Вибираючи параметри оптичних волокон (товщину осердя, показники заломлення) і частоту таким чином, щоб вищі моди не могли розповсюджуватися ($0 < V < 2,405$), можна реалізувати одномодовий режим передачі енергії в ООВ (хвилю HE_{11}).

$$N_{ст} = V^2 = \left(\frac{2\pi a}{\lambda}\right)^2 \times (n_1^2 - n_2^2) \quad (3.6)$$

$$N_{гр} = \frac{V^2}{2} = 0,5 \times \left(\frac{2\pi a}{\lambda}\right)^2 \times (n_1^2 - n_2^2) \quad (3.7)$$

$$N_{ст} = 36^2 = 1296$$

$$N_{гр} = \frac{36^2}{2} = 648,$$

отже має місце багатомодова передача.

Порівнявши вирази (3.6) і (3.7), зрозуміло, що кількість мод у градієнтному оптичному волокні у 2 рази менша, ніж у ступінчастому. Взагалі неоднорідні у поперечному перерізі оптичні волокна мають велике практичне значення, оскільки в них можна отримати такі характеристики, яких неможливо отримати в однорідних оптичних волокнах.

З точки зору хвильової теорії, критичну частоту знаходять таким чином:

$$f_0 = \frac{P_{nm} c}{(\pi d \sqrt{n_1^2 - n_2^2})}; \quad (3.8)$$

де:

P_{nm} - параметр, що характеризує тип хвилі,

c - швидкість світла, $c = 3 \times 10^8$ м / с

Критична частота для хвилі HE_{21} ($P_{nm} = 2,405$), Гц:

$$f_0 = \frac{2,405 \times 3 \times 10^8}{3,14 \times 50 \times 10^{-6} \times \sqrt{1,47^2 - 1,46^2}} = 15,3 \times 10^{12}$$

Критичну довжину хвилі визначаємо за формулою λ_0 , мкм:

$$\lambda_0 = \frac{\pi d}{(P_{nm} n_1)} \times \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (3.9)$$

$$\lambda_0 = \frac{3,14 \times 50 \times 10^{-6}}{2,405 \times 1,47} \times \sqrt{1,47^2 - 1,46^2} = 28,8$$

Передача світловодом хвилі довжиною 1,3 мкм є можливою, тому що виконується умова $\lambda_0 > \lambda$.

3.2 Визначення загасання та дисперсії

Затухання потужності сигналів в лінійному тракті є важливою енергетичною характеристикою при розробленні будь-якої системи зв'язку. Для забезпечення необхідної якості передачі інформаційних сигналів необхідно, щоб потужність на вході будь-якого приймального пристрою була вища за певне мінімальне значення, яке характеризує поріг його чутливості. Тому втрати в середовищі поширення хвиль обмежують загальну довжину будь-якої лінії передавання інформації.

Коефіцієнт загасання світловодних трактів оптичних кабелів (α) визначає загальну втрату сигналу, яка відбувається під час передачі світла через кабельний шлях. Цей коефіцієнт складається з двох частин: власних втрат у волоконних світловодах (α_v) і додаткових втрат, які виникають у процесі виготовлення оптичного кабелю і пов'язані з кабельними факторами (α_k).

Власні втрати волоконних світловодів (α_v). Ці втрати включають втрати на поглинання (α_p) і втрати на розсіювання (α_r). Втрати на поглинання залежать від чистоти матеріалу волокна, а також від наявності сторонніх домішок. Вони можуть бути значними, якщо матеріал волокна не є повністю чистим. Втрати на розсіювання мають мінімальні допустимі значення, які обмежують границі втрат у волоконних світловодах.

Додаткові втрати, пов'язані з кабельними факторами (α_k). Ці втрати виникають під час виготовлення оптичного кабелю і пов'язані з деформацією та згинами світловодів під час накладання покриттів та захисних оболонок. Ці втрати залежать від конструкції кабелю і процесу його виробництва.

Отже, загальний коефіцієнт загасання (α) складається з власних втрат у волоконних світловодах (α_v) і додаткових втрат, пов'язаних з кабельними

21

факторами (α_k). Втрати на поглинання (α_p) і втрати на розсіювання (α_r) впливають на власні втрати у волоконних світловодах. Однак, конкретні значення коефіцієнта загасання можуть різнитися в залежності від типу і якості волокна, конструкції кабелю та умов його використання. Тому коефіцієнт загасання визначається:

$$\alpha = \alpha_n + \alpha_d + \alpha_p, \quad (3.10)$$

де :

α_n – загасання світловоду за рахунок втрат при поглинанні дБ/км;

α_d – втрати у світловоді за рахунок сторонніх домішок, ці втрати не перевищують 0,1 дБ/км;

α_p – втрати у світловоді зумовлені неоднорідністю матеріалу світловоду, залежать від матеріалу та робочої довжини хвилі дБ/км;

Втрати енергії при поглинанні визначається α_n , дБ/км:

$$\alpha_n = \pi n \operatorname{tg} \frac{\delta}{\lambda}, \quad (3.11)$$

де:

$n = \sqrt{\mu\epsilon}$ – показник заломлення;

λ – довжина хвилі нм;

$\operatorname{tg} \delta$ – тангенс кута діелектричних втрат у світловоді.

З формули (3.11) видно, що частотна залежність загасання поглинання має лінійний характер.

$$\alpha_n = \frac{3,14}{1,3 \times 10^{-6}} \times 10^{-10} \times 1,47 = 3,1$$

Втрати на розсіювання визначається α_r , дБ / км:

$$\alpha_r = K_p \times \lambda^{-4}, \quad (3.12)$$

де

$K_p = 1,5 \text{ мк м}^4$ (для кварцу);

λ – довжина хвилі в мкм.

Це розсіювання являється рельєвським. Воно зростає з частотою по закону f^4 .

Втрати на рельєвське розсіювання є значущим фактором в оптичних волокнах, особливо на великих відстанях передачі сигналу. Втрати залежать від

довжини хвилі світла, що передається в волокні. Зазвичай, зі збільшенням довжини хвилі втрати на рельєвське розсіювання зменшуються. Це означає, що на більших довжинах хвиль втрати на рельєвське розсіювання є меншими, ніж на коротших довжинах хвиль.

$$\alpha_p = \frac{1,5 \text{ МК М}^4}{1,3^4 \text{ МК М}^4} = 0,52.$$

Загальні втрати α , дБ / км:

$$\alpha = 3,1 + 0,52 = 3,62.$$

Найважливішим параметром ВОСП є пропускна спроможність ΔF ВОЛТ, оскільки вона характеризує смугу робочих частот, яку необхідно забезпечити у ВОЛЗ, і, відповідно, обсяг інформації, що ним передається.

Пропускна здатність оптичного кабелю значно залежить від типу і властивостей волоконних світловодів і типу випромінювача.

Тип волоконного світловода грає важливу роль у пропускній здатності кабелю. Одномодові волокна забезпечують високу пропускну здатність, оскільки вони дозволяють передавати сигнал лише в одному модовому режимі. Це дозволяє уникнути дисперсії, яка виникає в багатомодових волокнах, де сигнал поширюється через кілька модових режимів одночасно. Градієнтні волокна є іншим типом волоконних світловодів, які використовуються для деяких спеціальних додаткових додатків, вони мають специфічні характеристики і здатність передавати сигнали на певній хвилі.

Також випромінювачі, такі як лазери і світлодіоди, впливають на пропускну здатність оптичного кабелю. Лазери зазвичай мають вузький спектр випромінювання, що дозволяє зменшити дисперсію, оскільки джерело випромінювання є більш когерентним. Світлодіоди, у порівнянні з лазерами, мають ширший спектр випромінювання, що може призводити до більш значних ефектів дисперсії.

Дисперсія виникає у волоконних світловодах з двох основних причин - некогерентність джерел випромінювання і існування великої кількості мод.

Некогерентність джерел випромінювання ($\delta\lambda$) призводить до розсіювання сигналу в різних спектральних складових, що впливає на його ширину та спектральну складову. Існування багатьох мод (N) також може спричинити дисперсію, оскільки сигнал розповсюджується через кілька модових режимів одночасно.

Дисперсія обмежує пропускну спроможність оптичного кабелю і може призводити до розширення імпульсу на приймальному боці. Чим довша лінія передачі, тим більше проявляється дисперсія і більше розширення імпульсу, що обмежує максимальну пропускну здатність і довжину передачі оптичного сигналу через кабел.

Розрізняють наступні види дисперсії:

- Міжмодова (τ_{MM}) – визначається різницею траєкторій мод.
- Хроматична (τ_{CH}) – має 2 складові: хвильову (τ_{W}) – характеризує залежність групової швидкості моди від довжини хвилі, матеріальну (τ_{M}) – обумовлена залежністю коефіцієнта переломлення матеріалу ОВ від довжини хвилі λ .
- Поляризаційна модова дисперсія (надалі ПМД) (τ_{PM}) – обумовлена різницею швидкостей 2-х взаємно ортогональних складових основної моди (H_{11}) в ОМ ОВ.

Дисперсію у різних типах ОВ можна характеризувати по-різному. В ступінчастих ОВ при багатомодовій передачі енергії переважає міжмодова дисперсія, яка може становити (15...30 нс/км). В одномодових ступінчастих ОВ міжмодова дисперсія відсутня. Тут виникає хвильова та матеріальна дисперсії, але вони майже збігаються за абсолютною величиною і є протилежними за фазою у широкому спектральному діапазоні. Через це відбувається їх взаємна компенсація і при цьому підсумкова дисперсія при $\lambda = 1,3...1,8$ мкм не перевищує 1 нс/км. В градієнтних ОВ відбувається вирівнювання часу розповсюдження різних мод і тому визначальною є дисперсія матеріалу, яка зменшується при збільшенні довжини хвилі. За абсолютною величиною вона коливається в діапазоні 3...5 нс/км. Мінімальною дисперсією характеризуються одномодові ОВ. Градієнтні ОВ

з плавним профілем також мають покращені дисперсійні характеристики. Найбільш різко дисперсія проявляється у ступінчастих багатомодових ОВ. Дисперсійні характеристики тракту передачі також залежать від джерела випромінювання. Для лазерних діодів через вузький спектр випромінювання дисперсія практично не характерна. Для світлодіодів через збільшення ширини спектра випромінювання дисперсія проявляється значно сильніше.

Величина збільшення величини імпульсу за рахунок модової дисперсії, що характеризується часом наростання сигналу і визначається як різниця між самим довшим і самим коротшим часом надходження променів в перерізі світловода на відстані L від початку, розраховується так:

– для східчастих світловодів:

$$\tau = \frac{n_1 \times \Delta L}{c} = \frac{(NA)^2}{2 \times n_1 c} L \quad (3.13)$$

– для градієнтних світловодів:

$$\tau = \frac{n_1 \times \Delta^2 \times L}{2 \times c} = \frac{(NA)^4}{8 \times n_1^3 \times c} L \quad (3.14)$$

де:

NA – числова апертура,,

n_1 – показник заломлення сердечника;

n_2 – показники заломлення оболонки;

Δ – відносна зміна профіля показника заломлення;

L – довжина світловода;

c – швидкість світла км/с. ($c = 3 \times 10^5$ км/с);

Дисперсія для східчастого світловода довжиною 10 км, нс:

$$\tau = \frac{1,47 \times 0,007 \times 10}{3 \times 10^5} = 3430$$

для градієнтного світловода довжиною 10 км, нс:

$$\tau = \frac{1,47 \times (0,007)^2 \times 10}{2 \times 3 \times 10^5} = 1,2$$

Дисперсія градієнтного світловода суттєво менша ступінчастого.

Смуга пропускання для градієнтного світловоду визначається ΔE , ГГц:

25

$$\Delta F = \frac{1}{\tau} \quad (3.15)$$

$$\Delta F = \frac{1}{1,2} = 0,8$$

Межі зміни фазової швидкості V_{fmin} , м/с:

$$V_{fmin} = \frac{c}{n_1} \quad (3.16)$$

$$V_{fmin} = \frac{3 \times 10^8}{1,47} = 2,04 \times 10^8$$

$$V_{fmin} = \frac{c}{n_2} \quad (3.17)$$

$$V_{fmin} = \frac{3 \times 10^8}{1,46} = 2,05 \times 10^8$$

Межі зміни хвильового опору Z_{xvmin} , Ом:

$$Z_{xvmin} = \frac{Z_0}{n_1} \quad (3.18)$$

$$Z_{xvmin} = \frac{376,7}{1,47} = 256$$

$$Z_{xvmin} = \frac{Z_0}{n_2} \quad (3.19)$$

$$Z_{xvmin} = \frac{376,7}{1,46} = 258$$

Для вирішення питань проектування ВОЛЗ нам необхідно знати параметри, що визначають енергетичні показники систем передачі. Майже всі оптичні лінійні модулі різних цифрових та оптичних систем передачі незалежно від їх виробника мають стандартизовані показники, як наводяться в таблиці 3.1.

Максимальне загасання в оптичному лінійному тракті регенераційної ділянки визначається $A_{max,рд}$, дБ:

$$A_{max,рд} = P_{maxвипр} - P_{minчутл} - A_{зап} \quad (3.20)$$

$$A_{max} = 3 - (-27) - 10 = 20$$

Згасання сигналу вимірюється на робочих діапазонах передачі світла 1310 нм і 1550 нм. Загасання означає послаблення амплітуди оптичного сигналу при його поширенні через волокно. Загасання сигналу зазвичай виражається в децибелах на одиницю довжини.

Хроматична дисперсія виникає через залежність показника заломлення від довжини хвилі. Це означає, що хвилі з різною довжиною проходять різні оптичні шляхи через волокно, що призводить до розтягнення імпульсів та спотворень сигналу. Хроматична дисперсія зазвичай виражається в пікосекундах на кілометр.

Можна зробити висновок щодо згасання та дисперсії на різних довжинах хвиль є правильним. Загасання сигналу на довжині хвилі 1310 нм може бути більшим, ніж на довжині хвилі 1550 нм, але дисперсія на 1310 нм зазвичай менша. Це означає, що існує точка, де можна досягти оптимального балансу між загасанням та дисперсією, що залежить від конкретних вимог та характеристик системи передачі даних

4 РОЗРАХУНОК ДОВЖИНИ РЕГЕНЕРАЦІЙНОЇ ДІЛЯНКИ

Для визначення максимальної довжини оптичного волокна на регенераційній ділянці ($L_{\max\text{OB}}$) потрібно знати загасання кілометричне (α) для вибраної довжини хвилі (λ) і максимальне допустиме загасання оптичного сигналу на регенераційній ділянці.

Формула для визначення $L_{\max\text{OB}}$ буде наступною:

$$L_{\max\text{OB}} = A_{\max\text{OB}} / \alpha \quad (4.1)$$

де:

$A_{\max\text{OB}}$ - максимальне допустиме загасання оптичного сигналу на регенераційній ділянці в дБ,

α - коефіцієнт загасання (загасання оптичного волокна довжиною в 1 км для вибраної довжини хвилі).

$$L_{\max\text{OB}} = \frac{20}{0,4} = 50$$

Визначаємо орієнтовну кількість зварних з'єднань ОВ на регенераційній ділянці:

$$N_{\text{зв}} = \frac{L_{\max\text{OB}}}{L_{\text{БД}}} - 1 \quad 4.2$$

де:

$L_{\text{БД}}$ – будівельна довжина кабелю в км (таблиця 2.1), в даному випадку рівна 2944 м.

$$N_{\text{зв}} = \frac{50000}{2944} - 1 = 16$$

Визначаємо загасання оптичного сигналу в зварних з'єднаннях ОВ на регенераційній ділянці $A_{\text{зв}}$, дБ:

$$A_{\text{зв}} = a \times N_{\text{зв}} \quad 4.3$$

де:

a – це загасання сигналу в зварному з'єднанні 0,1 дБ.

$$A_{зв} = 0,1 \times 16 = 1,6$$

Визначаємо загасання сигналу в кінцевих роз'ємних пристроях A_p , дБ:

$$A_p = 2 \times 0,3 = 0,6$$

0,3 дБ – це загасання сигналу в парі роз'ємних з'єднань.

Визначаємо сумарне загасання оптичного сигналу на різних з'єднаннях в ОВ

$A_{з'єдн}$, дБ:

$$A_{з'єдн} = A_{зв} + A_p \quad 4.4$$

$$A_{з'єдн} = 1,6 + 0,6 = 2,2$$

Визначаємо загасання ОВ ОК (без врахування втрат в з'єднаннях) $A_{ОВ}$, дБ:

$$A_{ОВ} = A_{шх.РД} - A_{з'єдн} \quad 4.5$$

$$A_{ОВ} = 20 - 2,2 = 17,8$$

Визначаємо еквівалентну сумарну довжину ОВ на довжині регенераційної ділянки

$L_{ОВ}$, км:

$$L_{ОВ} = \frac{A_{ОВ}}{\alpha} \quad 4.6$$

$$L_{ОВ} = \frac{17,8}{0,4} = 44,5$$

– Для врахування вказаних факторів і визначення реальної максимальної довжини регенераційної ділянки ($L_{РД}$) використовується наступна формула:

$$L_{РД} = (L_{\max ОВ} - \Delta L_1 - \Delta L_2 - \Delta L_3 - \Delta L_4) / (1 - \Delta L_5) \quad (4.7)$$

де:

– $L_{\max ОВ}$ - максимальна довжина оптичного волокна на регенераційній ділянці,

– ΔL_1 - скорочення довжини на 1% (0,01) з причин об'ємної міцності на розтяг,

– ΔL_2 - збільшення довжини через відхилення траси від прямої (наприклад, через обминання перешкод) (0,02 + 0,03),

– ΔL_3 - збільшення довжини через прокладання кабелю через різні перешкоди,

– ΔL_4 - збільшення довжини через запаси при з'єднуванні оптичних волокон (10 метрів на кожному з'єднанні),

– ΔL_5 - зниження довжини на 1% (0,01) з причин експлуатаційних втрат

Враховуючи все вище наведене можна визначити геометричну трасову довжину регенераційної кабельної ділянки $L_{рд}$, км:

$$L_{рд} = \frac{L_{ов} - (N_{зв} \times 0,02)}{1,01 \times 1,02} \quad 4.7$$
$$L_{рд} = \frac{44,5 - (16 \times 0,02)}{1,01 \times 1,02} = 44,2$$

Якщо порівнюючи максимальну розрахункову довжину регенераційної ділянки з довжиною усіх ділянок на ситуаційному плані я переконався, що довжина ділянки не перевищує максимальної розрахункової довжини, можна використувати цю ділянку при проектуванні лінії.

5 РОЗБИВКА ТРАСИ НА РЕГЕНЕРАЦІЙНІ ДІЛЯНКИ

Для розробки ситуаційного плану проектованої лінії ви використали карту доріг Львівської області з масштабом 1:250000. Згідно поставленого завдання, траса повинна прокладатися вздовж шосейних доріг між містами Львів та Яворів з мінімальною кількістю перетинів інших шляхів та перешкод і з найменшою довжиною. Для визначення відстані регенераційних ділянок необхідно просумувати відстані між окремими ділянками на карті.

Щодо вибору місця розташування ОРП (оптичних регенераційних пунктів), їх віддаленість та довжина регенераційних ділянок визначаються з максимальної допустимої довжини, а також з умов, що ОРП повинні бути розташовані в населених пунктах, які мають надійне енергопостачання, і, якщо можливо, де вже існують інші оптичні пункти передачі або оптичні регенераційні пункти для інших систем передач.

Нумерація КП (кільцевих пунктів) та ОРП (оптичних регенераційних пунктів) може починатися від КП або ОРП, що розташовані в пункті, де встановлений центральний вузол первинної або зонової мережі. Інший варіант - почати нумерацію з більшого населеного пункту за рангом (наприклад, столиця, обласний центр) або в залежності від кількості населення.

Дані про відстані записуємо в таблицю 5.1. Далі встановлюємо відстані на яких змінюються умови прокладання кабелю, враховуючи характер місцевості та перешкоди, які долає ВОЛЗ, та заносимо в таблицю 5.2

Таблиця 5.1 – Результати розбивки траси ВОЛЗ по регенераційним ділянкам

Номер регенераційної ділянки	Номера регенераційних пунктів	Назви населених пунктів, в яких розташовані ОРП ділянки	Довжина траси на регенераційній ділянці, км
1	КП1 – ОРП 1	Львів – Яворів	55
Сумарна довжина траси ВОЛЗ Львів – Яворів			55

Таблиця 5.2 – Розбивка кабельної траси

№ ділянки	Довжина ділянки (км)	Характеристика ділянки	Метод прокладання	Тип ОК
1	0	Міські забудови Львова	В існуючій кабельній каналізації міста	ОКЛ-ОМ-18
2	3,0	Міські забудови с. Підрясне	ЗПТ, траншеї	ОКЛ-ОМ-18
3	2,0	Відкрита місцевість, луки, орні землі	ЗПТ, кабелеукладач	ОКЛ-ОМ-18
4	0,5	Перехід через шосейну дорогу з твердим покриттям	Азбестоцементні труби, ЗПТ, напрямлене буріння	ОКЛ-ОМ-18
5	1	Відкрита місцевість, луки, поля	ЗПТ, кабелеукладач	ОКЛ-ОМ-18
6	0,5	Присадибні ділянки	ЗПТ, кабелеукладач	ОКЛ-ОМ-18
7	2,5	Відкрита місцевість, луки, орні землі	ЗПТ, кабелеукладач	ОКЛ-ОМ-18
8	2	Сільські забудови с. Страч	ЗПТ, траншеї	ОКЛ-ОМ-18
9	2	Відкрита місцевість, луки, орні землі	ЗПТ, кабелеукладач	ОКЛ-ОМ-18
10	3	Перехід через шосейну дорогу з твердим покриттям.	Азбестоцементні труби, ЗПТ, напрямлене буріння	ОКЛ-ОМ-18
11	2,5	Відкрита місцевість, луки, орні землі	ЗПТ, кабелеукладач	ОКЛ-ОМ-18
12	1,5	Сільські забудови смт. Івано-Франкове	ЗПТ, траншеї	ОКЛ-ОМ-18
13	2	Відкрита місцевість, луки, орні землі	ЗПТ, кабелеукладач	ОКЛ-ОМ-18
14	0,05	Перехід через шосейну дорогу з твердим покриттям.	Азбестоцементні труби, ЗПТ, напрямлене буріння	ОКЛ-ОМ-18

Продовження таблиці 5.2

15	2,5	Відкрита місцевість, луки, орні землі	ЗПТ, кабелеукладач	ОКЛ-ОМ-18
16	2,5	Міські забудови м. Новояворівськ	ПТ, траншеї	ОКЛ-ОМ-18
17	0,05	Перехід через шосейну дорогу з твердим покриттям.	ЗПТ, кабелеукладач	ОКЛ-ОМ-18
18	1	Перехід через р. Гноєнець	ЗПТ, кабелеукладач, з попереднім вирівнюванням бульдозером спусків до річки	ОКЛ-ОМ-18
19	0,2	Перехід через шосейну дорогу з твердим покриттям.	Азбестоцементні труби, ЗПТ, напрямлене буріння	ОКЛ-ОМ-18
20	2	Сільські забудови с. Когути.	ЗПТ, траншеї	ОКЛ-ОМ-18
21	0,2	Перехід через шосейну дорогу з твердим покриттям.	Азбестоцементні труби, ЗПТ, напрямлене буріння	ОКЛ-ОМ-18
22	5	Сільські забудови с. Терновиця	ЗПТ, траншеї	ОКЛ-ОМ-18
23	4	Відкрита місцевість, луки, орні землі	ЗПТ, кабелеукладач	ОКЛ-ОМ-18
24	0,1	Перехід через шосейну дорогу з твердим покриттям.	Азбестоцементні труби, ЗПТ, напрямлене буріння	ОКЛ-ОМ-18
25	5,0	Міські забудови м. Яворів	ЗПТ, кабелеукладач	ОКЛ-ОМ-18

Схожість

Джерела з Бібліотеки

29

1	Студентська робота	ID файлу: 1015245294	Навчальний заклад: Lviv Polytechnic National University	8 Джерело	17.8%
2	Студентська робота	ID файлу: 1015289311	Навчальний заклад: Lviv Polytechnic National University		15.7%
3	Студентська робота	ID файлу: 1015227442	Навчальний заклад: Lviv Polytechnic National University		11.9%
4	Студентська робота	ID файлу: 1015272295	Навчальний заклад: Lviv Polytechnic National University		10.3%
5	Студентська робота	ID файлу: 1015269647	Навчальний заклад: Lviv Polytechnic National University		6.28%
6	Студентська робота	ID файлу: 8715969	Навчальний заклад: National University of Water Management	12 Джерело	0.64%
7	Студентська робота	ID файлу: 6010080	Навчальний заклад: Lviv Polytechnic National University		0.58%
8	Студентська робота	ID файлу: 1008221404	Навчальний заклад: Yuriy Fedkovych Chernivtsi National	2 Джерело	0.34%
9	Студентська робота	ID файлу: 8318117	Навчальний заклад: Yuriy Fedkovych Chernivtsi National Unі	2 Джерело	0.16%