

ФАКУЛЬТЕТ АВТОМАТИКИ, ТЕЛЕМЕХАНІКИ ТА ЗВ'ЯЗКУ

Кафедра „Транспортний зв'язок”

**ВИМІРЮВАННЯ ЗГАСАННЯ ОПТИЧНИХ
КАБЕЛІВ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи з дисциплін

«ЛІНІЇ ЗВ'ЯЗКУ І АВТОМАТИКИ»,

«ЛІНІЇ ПЕРЕДАЧ»

Харків - 2011

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку
на засіданні кафедри «Транспортний зв'язок» 11 грудня 2008 р.,

протокол № 5.

Методичні вказівки призначено для студентів усіх форм навчання факультету АТЗ спеціальності «Телекомунікаційні мережі» та спеціалізації «Автоматизовані системи технологічного зв'язку на залізничному транспорті».

Укладач

доц. М.В. Книгавко

Рецензент

доц. К.С. Клименко

ВИМІРЮВАННЯ ЗГАСАННЯ ОПТИЧНИХ КАБЕЛІВ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторної роботи з дисциплін
«Лінії зв'язку і автоматики»,
«Лінії передач»

Відповідальний за випуск Книгавко М.В.

Редактор Еткало О.О.

Підписано до друку 28.09.09 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 0,5. Тираж 150. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ І ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ
Українська державна академія залізничного транспорту

Кафедра «Транспортний зв'язок»

Методичні вказівки до лабораторної роботи

ВИМІРЮВАННЯ ЗГАСАННЯ ОПТИЧНИХ КАБЕЛІВ

з дисципліни «Лінії зв'язку і автоматики, лінії передач»

Харків 2011

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Транспортний зв'язок» 11 грудня 2008 р., протокол № 5.

Укладач

доц. М.В. Книгавко

Рецензент

доц. К.С. Клименко

МЕТА РОБОТИ

Ознайомлення з пристроєм і конструкцією тестера оптичного універсального ОТУ-30 і набування навиків вимірювання згасання в оптичних волокнах.

ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

- 1 Вивчити принцип дії оптичного тестера.
- 2 Вивчити фізичні процеси в оптичних волокнах, що приводять до втрат потужності передаваного сигналу (додаток А).
- 3 Вивчити методи вимірювання згасання в оптичних волокнах (додаток А).

ПРОГРАМА РОБОТИ В ЛАБОРАТОРІЇ І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ЇЇ ВИКОНАННЯ

1 Підготовка тестера до вимірювань

Підключити вилку кабеля блоку живлення до з'єднувача «|┌» тестера і під'єднати блок живлення до розетки електричної мережі. Натиснути кнопку «⊕», що розташована на боковій панелі тестера. Після натиснення на індикаторі під позначенням робочої довжини хвилі спалахує підкреслюючий сегмент, а в нижній частині індикатора спалахують три крапки.

Перевірка тестера на працездатність проводиться в такому порядку:

- зніміть захисні ковпачки з оптичних розеток тестера;
- з'єднайте за допомогою оптичної вилки оптичні розетки «→)» і «(→» тестера;
- ввімкніть оптичне випромінювання вбудованого джерела натисненням кнопки «LASER», що розташована на передній панелі тестера. При цьому у верхньому кутку індикатора повинен засвітитися сегмент «М» і на табло індикатора відобразиться значення рівня середньої потужності оптичного випромінювання

вбудованого джерела;

- проведіть перевірку наявності генерування оптичного випромінювання на кожній робочій довжині хвилі λ вбудованого джерела оптичного випромінювання. Для включення оптичного випромінювання на необхідній довжині хвилі необхідно натисненням кнопки «SELECT», що розташована на передній панелі, вибрати робочу довжину хвилі (на індикаторі під позначенням λ горить підкреслюючий сегмент) і потім натисненням кнопки «LASER» включити оптичне випромінювання.

2 Вимірювання втрат, що вносяться оптичною вилкою:

- вибрати робочу довжину хвилі оптичного вбудованого випромінювача;

- за допомогою оптичної вилки, що входить до складу тестера, з'єднати оптичні розетки «(→)» і «(→)» тестера;

- включити оптичне випромінювання і зняти результат вимірювання P_0 , дБм, з індикатора тестера;

- полюс вилки, підключений до оптичної розетки «(→)» тестера, відключити від останньої і підключити за допомогою оптичної розетки до одного з полюсів оптичної вилки, внесені втрати якої хочемо виміряти. Інший полюс підключити до оптичної розетки «(→)» тестера і зняти з індикатора результат вимірювання P_1 , дБм;

- обчислити втрати, які вносить полюс оптичної вилки a_1 , дБм, за формулою

$$a_1 = P_0 - P_1; \quad (1)$$

- змінити положення оптичної вилки, що перевіряється, на протилежне і зняти результат з індикатора P_2 , дБм;

- обчислити втрати, які вносить інший полюс оптичної вилки a_2 , дБм, за формулою

$$a_2 = P_0 - P_2;$$

- обчислити втрати, що вносяться оптичною вилкою a , дБм, за формулою

$$a = a_1 + a_2.$$

3 Вимірювання втрат в оптичному волокні (кабелі):

- вибрати робочу довжину хвилі оптичного випромінювання вбудованого джерела;
- з'єднати оптичні розетки « (→ » і « →) » тестера за допомогою оптичної вилки, що входить до складу тестера;
- включити оптичне випромінювання;
- зняти результат вимірювання P_0 , дБм, з індикатора тестера;
- відключити від оптичної розетки тестера « →) » полюс оптичної вилки і підключити його за допомогою адаптера голого оптичного волокна і розетки до одного з кінців вимірюваного оптичного волокна. Інший кінець вимірюваного оптичного волокна за допомогою адаптера підключити до оптичної розетки « →) » тестера;
- зняти результат вимірювання P_1 , дБм, з індикатора тестера;
- обчислити втрати в оптичному волокні за формулою (1).

Після проведення вимірювань необхідно вимкнути тестер натисненням кнопки «⊖». Після цього необхідно від'єднати оптичні з'єднувачі (вилки, адаптери), які застосовувалися при вимірюваннях, і закрити оптичні розетки тестера заглушками.

ЗМІСТ ЗВІТУ

- 1 Назва роботи, її мета і зміст.
- 2 Схеми вимірювань.
- 3 Результати вимірювань.
- 4 Принцип роботи тестера.
- 5 Висновки по роботі.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1 У чому особливості вимірювання згасання оптичному кабелі в порівнянні з електричним кабелем?

2 У чому полягає суть методу обриву для вимірювання згасання в оптичному кабелі?

3 Яке призначення змішувача мод у схемі вимірювання згасання в оптичному кабелі?

4 У чому полягає суть методу згасання, що вноситься, при вимірюванні згасання в оптичному кабелі?

5 Для чого призначені оптичні тестери?

6 Якими параметрами характеризується оптичний тестер?

7 Перерахуйте і поясніть причини, що викликають втрати потужності при передачі сигналу по оптичному волокну.

8 Наведіть графік залежності згасання в оптичному волокну від довжини хвилі і поясніть його.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Книгавко Н.В., Косова В.В. Линии связи и автоматики: Учеб. пособие. – Харьков: УкрГАЗТ, 2005. – Ч. 1, 2.

2 Керівництво по експлуатації. Тестер оптичний універсальний ОТУ – 30. ААДЗ.407629.000РЭ.

ДОДАТОК А

А.1 Втрати в оптичних волокнах

Основними причинами втрат в оптичних волокнах (ОВ) є поглинання і розсіювання.

Втрати поглинання складаються з власного поглинання матеріалу ОВ (скла) і поглинання через наявність у склі іонів домішок (в основному заліза, міді, хрому, гідроксильних груп).

Власне поглинання викликається взаємодією світлової хвилі, що розповсюджується, з молекулами середовища. Електрична складова електромагнітного поля поляризує молекули, внаслідок чого вони починають коливатися з частотою хвилі. Взаємодія хвилі з молекулами відбувається у вигляді послідовних затухаючих резонансів на електронному й атомному рівнях. У зоні резонансних частот спостерігається поглинання енергії. Зони поглинання розташовуються в ультрафіолетовій (0,1...0,3 мкм) і інфрачервоній областях (3...6 мкм). Хоча ці області і лежать далеко від використовуваних оптичних частот, вони викликають таке сильне поглинання, що хвости смуг поглинання захоплюють і цю область.

Наявність домішок, навіть в дуже малій кількості (10^{-6} ... 10^{-7}), приводить до виникнення резонансних поглинань іонами й атомами домішок. Ширина зони поглинання і довжина хвилі залежить від ступеня окислення іона. Поглинання виявляється достатньо сильним в областях, розташованих в області використовуваних частот. Наприклад, поглинання OH^{-1} з концентрацією 10^{-6} на довжині хвилі 1,39 мкм рівне 65 дБ/км, на довжині хвилі 1,24 мкм – 2,3 дБ/км. Для того, щоб поглинання від домішок металів було менше 1 дБ/км, необхідно, щоб їх концентрація була не вищою 10^{-9} , а гідроксильних груп (OH^{-1}) – 10^{-8} . Досягти таких концентрацій досить важко.

Втрати, пов'язані з розсіюванням, викликаються різними чинниками: флуктуацією коефіцієнта заломлення, наявністю чужорідних включень, розміри яких порівнюються з довжиною хвилі і більших ніж довжина хвилі.

За своєю природою скло є некристалічною неупорядкованою структурою, в якій є мікроскопічні відхилення від середньої щільності матеріалу, а також локальні мікроскопічні зміни в складі. Кожна з цих змін приводить до флуктуації коефіцієнта заломлення. Втрати, викликані цими причинами, називаються *релеєвськими*. Вони не залежать від інтенсивності світла. Збільшення числа компонентів у склі для

формування необхідного профілю показника заломлення збільшує релеевське розсіювання.

Молекулярне розсіювання виникає на частинках, розмір яких порівнянний з довжиною хвилі. На крупних частинках, розмір яких більше довжини хвилі, спостерігається променеве розсіювання.

Описані втрати визначають коефіцієнт згасання ОВ

$$\alpha = \alpha_{\Pi} + \alpha_{\text{P}}, \quad (\text{A.1})$$

де α_{Π} – километричне згасання за рахунок поглинання,

α_{P} – километричне згасання за рахунок розсіювання.

Залежність коефіцієнта згасання від довжини хвилі для кварцевого волокна, легованого германієм, наведена на рисунку А.1.



Рисунок А.1

Характеристика має характер "вікон прозорості" з центральними довжинами хвиль 0,85; 1,30; 1,55 мкм і обмеженими діапазонами частот, які рекомендовані для систем передачі. Мінімальне значення коефіцієнта згасання спостерігається на довжині хвилі 1,55 мкм і приблизно рівне 0,2 дБ/км. На довжині

хвилі 1,3 мкм – 0,5 дБ/км і на довжині хвилі 0,85 мкм – 2 дБ/км.

Окрім розглянутих власних втрат, є додаткові втрати, пов'язані з геометрією волокна і наявністю оболонки.

Основними чинниками, що приводять до втрат, є непостійність розмірів поперечного перетину осердя, нерівності межі розділу осердя-оболонка, наявність мікрОВигинів і макрОВигинів. Всі додаткові втрати можуть збільшити згасання на 1...2 дБ/км.

А.2 Методика вимірювання загасання в оптичних волокнах (оптичних кабелях)

Для визначення загасання сигналу в оптичному волокні (ОВ) необхідно виміряти потужність оптичного сигналу на вході і виході ОВ і провести обчислення за формулою

$$a = 10 \lg \frac{P_{ВХ}}{P_{ВЫХ}}.$$

Основні проблеми вимірювання згасання пов'язані з введенням випромінювання в ОВ. При введенні випромінювання в ОВ завжди є деяка невизначеність в оцінці рівня введеної в ОВ потужності. Ця величина залежить від якості обробки вхідного торця ОВ, точності юстирування пучка випромінювання щодо торця, співвідношення між показниками заломлення осердя ОВ і середовища, що заповнює простір між випромінювачем і осердям. Тому визначити частку введеної потужності джерела випромінювання в ОВ практично не можливо.

Крім того, для точного визначення згасання необхідно на вході ОВ, що підлягає вимірюванню, забезпечити такий режим розповсюдження по ньому оптичного випромінювання, при якому зберігається постійний розподіл потужності між його модами – рівноважний розподіл мод (РРМ). Для цього необхідно подавити моди, що випромінюються, і оболонкові. З цією метою застосовують змішувачі мод.

Проблема невизначеності в оцінці рівня потужності, що вводиться, в ОВ вирішується методом порівняння, який практично реалізований у двох методах: методі обриву і методі згасання, що

вноситься.

При вимірюванні згасання ОВ, що не армовані оптичними роз'ємами, використовується метод обриву а при вимірюванні згасання ОВ (оптичних кабелів), які армовані оптичними роз'ємами, використовується метод згасання, що вноситься.

Згасання вимірюється на фіксованій довжині хвилі або у всій спектральній смузі пропускання кабелю.

Метод обриву

Метод заснований на вимірюванні значення потужностей оптичного випромінювання, виміряних за незмінних умов введення на виході ОВ, що вимірюється, завдовжки ℓ ($P_{\text{ВЫХ}}$), і на виході його короткого відрізка $\ell_1 = 1\text{ м}$ (P_0), утвореного за рахунок обриву ОВ на його початку (рисунок А.2). Згасання визначають за формулою

$$a = 10 \lg \frac{P_0}{P_{\text{ВЫХ}}} . \quad (\text{A.2})$$

На схемі вимірювання показані джерело оптичного випромінювання (ДОВ), пристрій введення випромінювання в ОВ (ПВ), оптичне волокно, що вимірюється (ОВ), адаптер (А), призначений для підключення неармованого ОВ до вимірювача потужності (ВП).

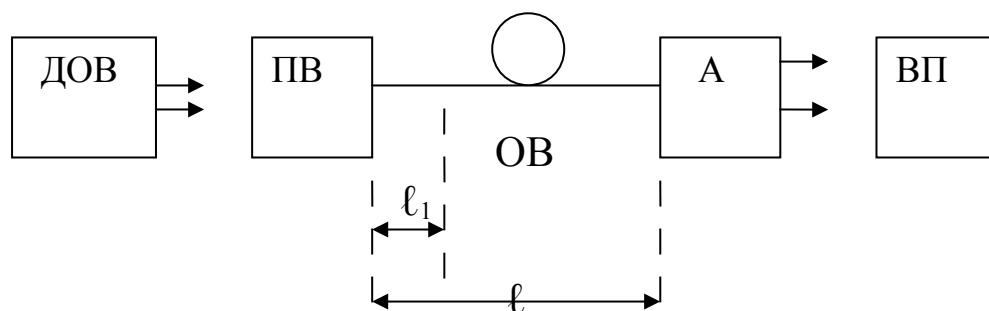


Рисунок А.2

При вимірюванні важливо забезпечити постійність потужності, що вводиться, в ОВ і незмінність модового складу випромінювання, тому необхідно, щоб у процесі вимірювань витримувалася постійність умов введення оптичного випромінювання і зберігалася незмінним положення ОВ в пристрої введення.

Метод обриву відрізняється високою точністю вимірювання. Ним можна виконувати вимірювання до 10 дБ з абсолютною погрішністю не більше 0,03 дБм. Основний недолік – руйнівний характер. При кожному вимірюванні втрачається від 1 до 5 м ОВ. Використовується при вхідному контролі і як еталонний.

Метод загасання, що вноситься

Суть методу полягає у використанні допоміжного ОВ. При проведенні вимірювань джерело оптичного випромінювання сполучають з вимірювачем потужності коротким відрізком допоміжного ОВ і фіксують значення вихідної потужності (P_0). Потім вихід допоміжного ОВ сполучають з ОВ, що вимірюється, і вимірюють потужність на виході ($P_{\text{вих}}$). Згасання визначають за формулою (А.2). Схема вимірювань показана на рисунку А.3. Оптичні з'єднувачі, якими армовані ОВ, повинні мати відомий рівень втрат.

Погрішність цього методу досить велика, проте вона цілком прийнятна для паспортизації регенераційних ділянок.

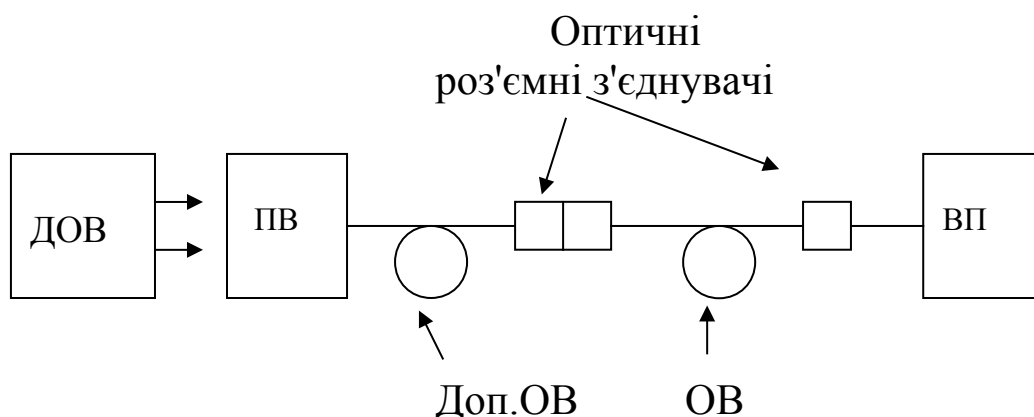


Рисунок А.3

А.3 Принцип роботи оптичного тестера ОТУ-30

Оптичний тестер універсальний призначений для вимірювання рівня середньої потужності оптичного випромінювання, генерування оптичного випромінювання та організації голосового зв'язку по оптичному волокну.

Тестер має джерела оптичного випромінювання на довжинах хвиль 0,85; 1,30 і 1,55 мкм.

Діапазон вимірювання рівня середньої потужності оптичного випромінювання простирається від мінус 56 до плюс 1 дБм, з погрешністю $\pm 15\%$.

До складу тестера входять:

- блок вимірника рівня середньої потужності оптичного випромінювання;
- блок джерела оптичного випромінювання.

Блок вимірника рівня середньої потужності оптичного випромінювання виконує функції перетворення оптичного випромінювання, що надходить на оптичну розетку « →) » тестера, в електричний сигнал і відображення результату вимірювання на індикаторі. Функціональна схема блока наведена на рисунку А.4. До складу блока входить фотоприймач (ФП), логарифмічний підсилювач (ЛП), що перетворює електричний сигнал фотоприймача в напругу постійного струму, еквівалентну рівню середньої потужності оптичного випромінювання, що надходить на фотоприймач, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), що перетворює напругу постійного струму в число, що відображається на індикаторі. Джерело опорної напруги (ДОН) формує необхідну напругу для роботи блока. Схема вибору режимів роботи (СВРР) призначена для перемикання режимів роботи тестера і вибору робочої довжини хвилі.

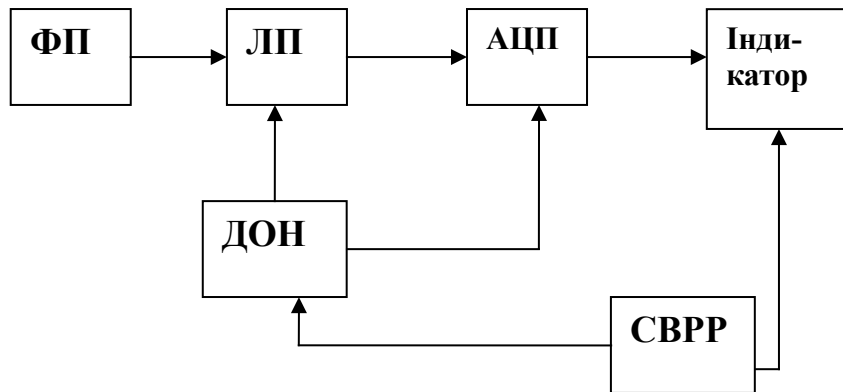


Рисунок А.4

Блок джерела оптичного випромінювання призначений для генерування прямокутних імпульсів оптичного випромінювання зі скважністю два частотою 270 Гц. Функціональна схема блока наведена на рисунку А.5.

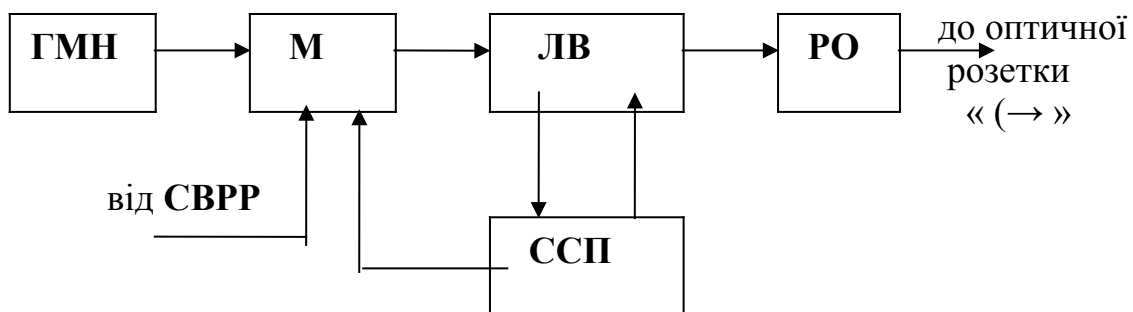


Рисунок А.5

Блок складається з генератора модулюючої напруги (ГМН), яка формує послідовність прямокутних імпульсів, що надходить на модулятор (М). Модулятор забезпечує необхідний робочий струм лазерних випромінювачів (ЛВ). Лазерні випромінювачі перетворюють електричний сигнал в оптичний. Потужність оптичного випромінювання стабілізується схемою стабілізації потужності (ССП), сигнал зворотного зв'язку на яку надходить з фотодіодів лазерних випромінювачів. Розгалужувач оптичний (РО) направляє оптичні випромінювання з різною довжиною хвилі до оптичного роз'єму (розетки).

