

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет «Запорізька політехніка»  
Кафедра радіотехніки та телекомунікацій

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до лабораторних робіт з дисципліни  
«Оптичні технології в телекомунікаційних системах»  
для студентів спеціальності  
172 «Електронні комунікації та радіотехніка»

Частина IV

2024

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Оптичні технології в телекомунікаційних системах» для студентів спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» всіх форм навчання. Частина IV / Укл.: Г.В. Мороз, Є.І. Колеснікова, Г.М. Сидоренко. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 15 с.

Укладачі: Г.В. Мороз, ст. викладач,  
Є.І. Колеснікова, зав. лаб.,  
Г.М. Сидоренко, зав. лаб.

Рецензент: С.В. Морщавка, доцент, к.т.н.

Відповідальний.  
за випуск: Г.М. Сидоренко, зав. лаб.

Затверджено:  
на засіданні кафедри  
радіотехніки та телекомунікацій  
Протокол № 6 від 16.04.2024 р.

Рекомендовано до видання НМК  
факультету інформаційної безпеки та  
електронних комунікацій  
Протокол № 7 від 14.05.2024 р.

3  
ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
|   | С. |
| Скорочення та умовні позначки .....   | 4  |
| 1 Лабораторна робота №6 Вимірювання загасання в волоконно-оптичній кабельній секції ..... | 5  |
| 1.1 Мета роботи .....   | 5  |
| 1.2 Загальні відомості .....  | 5  |
| 1.2.1 Методи вимірювання загасання оптичної потужності в КС .....                         | 5  |
| 1.2.2 Вимірювання методом вносимого загасання .....                                       | 6  |
| 1.3 Методи виконання вимірювань .....   | 6  |
| 1.3.1 Виконання вимірювань .....  | 8  |
| 1.4 Обробка результатів вимірювань .....  | 10 |
| 1.5 Оформлення результатів вимірювань .....   | 11 |
| 1.6 Завдання до лабораторної роботи .....   | 11 |
| 1.7 Контрольні запитання .....  | 13 |
| 1.9 Правила техніки безпеки .....   | 14 |
| 1.10 Порядок проведення лабораторної роботи .....   | 14 |
| 1.11 Зміст звіту .....  | 14 |
| 1.12 Рекомендована література .....   | 15 |

**СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ**

|                 |   |  |
|-----------------|---|--|
| В1, В2, В3      | – | методи вимірювання вносимого загасання в КС              |
| ВОП 1,<br>ВОП 2 | – | вимірювачі оптичної потужності                           |
| КНД             | – | керівний нормативний документ                            |
| МВВ             | – | методики виконання вимірювань                            |
| КС              | – | одномодова волоконно-оптична елементарна кабельна секція |
| ОВ              | – | оптичне волокно  |
| ОП              | – | оптична потужність                                       |
| ОР              | – | оптичний рефлектометр                                    |
| ТУ              | – | технічні умови   |
| X1-X8           | – | оптичні рознімні з'єднувачі                              |
| ШСЗ             | – | шнури світловодні з'єднувальні                           |

## 1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

### ВИМІРЮВАННЯ ЗАГАСАННЯ В ВОЛОКОННО-ОПТИЧНІЙ КАБЕЛЬНІЙ СЕКЦІЇ

#### 1.1 Мета роботи

Вивчення та практичне освоєння методики виконання вимірювань загасання оптичної потужності (ОП) у волоконно-оптичній елементарній кабельній секції.

Придбання практичних навичок роботи з оптичними тестерами при виконанні вимірювань оптичної потужності та її загасання в волоконно-оптичних компонентах.

#### 1.2 Загальні відомості

##### 1.2.1 Методи вимірювання загасання оптичної потужності в КС

Існують наступні методи вимірювання загасання:

- вимірювання загасань оптичним рефлектометром;
- метод обриву;
- метод вносимого загасання.

Вимірювання загасання оптичним рефлектометром (ОР) працює подібно радару. Короткий імпульс світла джерела випромінювання вводиться в оптичне волокно (ОВ) КС через розгалуження. Зворотній сигнал оптичного волокна доходить до приймача опрацьовується мікропроцесором, виводиться у вигляді рефлектограми на екран. Цей сигнал приносить інформацію про стан КС. Рефлектограма являє собою залежність потужності зворотнього відбитого сигналу від відстані.

Метод обриву базується на визначенні величини ОП, що випромінюється з виходу оптичного волокна КС і з виходу короткого відрізка, який утворюється за рахунок обриву ОВ на початковій ділянці КС, при незмінності умов введення ОП.

Методи вимірювання вносимого загасання базуються на принципі визначення загасання оптичної потужності, яке виникає в результаті внесення КС в аби яку лінію вимірювання.

### **1.2.2 Вимірювання методом вносимого загасання**

#### *Засоби вимірювальної техніки*

Джерело випромінювання повинно мати спектральну ширину та довжину хвилі випромінювання (далі – спектральна характеристика), яка не виходить за межі допустимих значень відповідних параметрів джерела, що використовується у волоконно-оптичній системі передавання.

Вимірювач ОП повинен вимірювати оптичну потужність у всьому діапазоні можливого загасання.

Вимірювач ОП повинен мати приймаючу розетку для рознімних з'єднувачів, яка забезпечує суміщення оптичного волокна рознімного з'єднувача з детектором при з'єднанні.

#### *Допоміжні засоби вимірювальної техніки*

Допоміжні засоби вимірювальної техніки складають: шнури світловодні з'єднувальні (ШСЗ), базові перехідні розетки, допоміжні оптичні кабелі вводу.

Шнури світловодні з'єднувальні: оптичне волокно ШСЗ повинно бути довжиною від 2 до 5 м. Конструкція і оптичні характеристики повинні відповідати оптичному волокну КС в межах допустимих відхилень останнього.

Базові рознімні з'єднувачі, якими армовані ШСЗ, повинні створювати при з'єднанні з КС роз'єми з такою технологією оптичного суміщення (повітряна щілина, фізичний контакт, кутовий фізичний контакт і т. ін.), яка передбачена в конструкції роз'ємних з'єднувачів КС.

Базові перехідні розетки використовують для створення роз'ємних з'єднань ШСЗ з КС.

### **1.3 Методи виконання вимірювань**

Пропонується три методи вимірювання вносимого загасання. Методи вимірювання вносимого загасання базуються на принципі

визначення загасання оптичної потужності, яка виникає в результаті внесення КС в оптичну лінію вимірювання.

КС не повинна включати в себе волоконно-оптичних пристроїв. КС може закінчуватися на протилежних кінцях рознімним з'єднувачем з перехідною розеткою, яка входить до складу КС. В останньому випадку перехідна розетка використовується при виконанні вимірювань як базова перехідна розетка.

Загасання в оптичному волокні ШСЗ не враховується з причини короткої довжини останнього.

Результатом запропонованих методів вимірювання вносимого загасання є різні за величиною загасання в конкретній КС, які включають в себе (рис. 1.1):

- метод В1 – загасання між рознімними з'єднувачами Х3-Х4;
- метод В2 – загасання між рознімними з'єднувачами Х3-Х4 і в одному кінцевому з'єднанні Х2-Х3;
- метод В3 – загасання між рознімними з'єднувачами Х3-Х4 і в двох кінцевих з'єднаннях Х2-Х3, Х4-Х5.

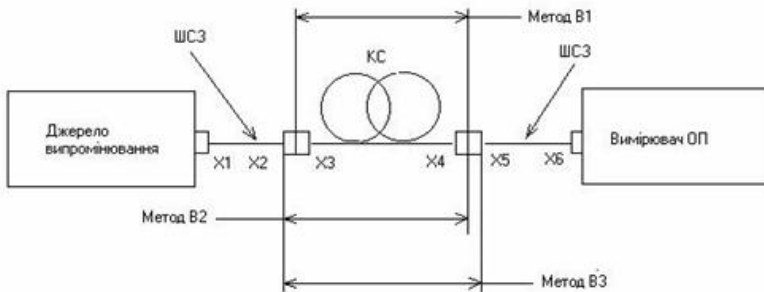


Рисунок 1.1 – Блок-схема вимірювання вносимих загасань в КС при використанні методів В1, В2, В3

Рознімні з'єднувачі повинні бути надійно зафіксовані в перехідних розетках для усунення похибки вимірювання з причини взаємного переміщення.

ШСЗ вводу ОП в КС повинен мати дві петлі діаметром біля 90 мм для виведення ОП мод вищих порядків.

Моди оболонки оптичного волокна ШСЗ вводу повинні бути виведені завдяки властивості захисного покриття ОВ або виведенням фільтра мод оболонки.

Під час виконання вимірювань позиційні переміщення ШСЗ і КС повинні бути зведені до мінімуму, радіуси їх вигину – не менше величин, що вказуються у відповідних ТУ.

Вилки різних з'єднувачів і внутрішня поверхня перехідних (приймаючих) розеток повинні бути чистими.

### 1.3.1 Виконання вимірювань

*Метод В1. Вимірювання ОП для визначення вносимого загасання за допомогою заміни ШСЗ-2 на КС*

Вимірювання базової ОП: з'єднати джерело випромінювання і вимірювач ОП за допомогою ШСЗ-1, ШСЗ-2 і базової перехідної розетки для створення з'єднання X2-X5, як показано на рисунку 1.2. Зафіксувати базову оптичну потужність P1.

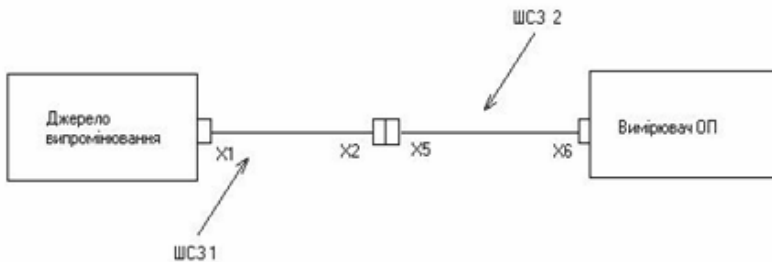


Рисунок 5.2 – Блок-схема вимірювання ОП при внесенні КС в оптичну лінію вимірювання для методів В1, В2

Вимірювання ОП при внесенні КС в оптичну лінію вимірювання: від'єднати ШСЗ 2 від оптичної лінії, не порушуючи з'єднання ШСЗ 1 з джерелом випромінювання і базовою перехідною розеткою. З'єднати ШСЗ 1 з одним кінцем КС, а другий кінець КС – з



вимірювачем ОП, як показано на рисунку 1.3. Зафіксувати значення оптичної потужності P2.

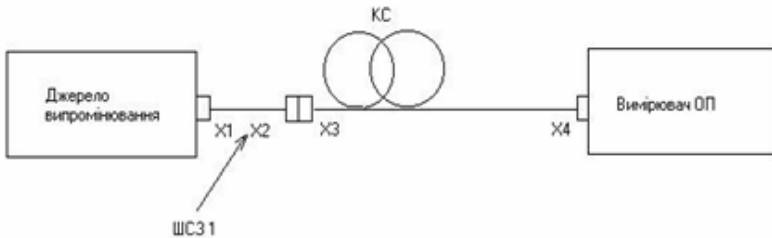


Рисунок 1.3 – Блок-схема вимірювання базової ОП для методу В1

Примітка. Технологія обчислення загасань для запропонованих методів подається в розділі 1.4.

*Метод В2. Вимірювання ОП для визначення вносимого загасання за допомогою додання до ШСЗ 1 вимірюваного КС*

Вимірювання базової ОП: з'єднати джерело випромінювання і вимірювач ОП за допомогою ШСЗ 1, як показано на рисунку 1.4. Зафіксувати базову оптичну потужність P1.

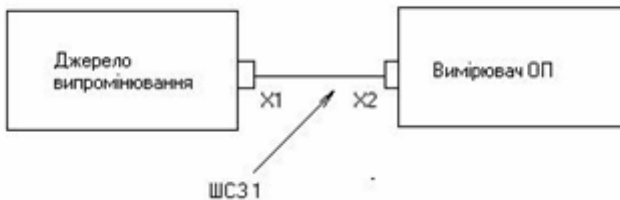


Рисунок 1.4 – Блок-схема вимірювання базової ОП для методів В2 і В3

Вимірювання ОП при внесенні КС в оптичну лінію вимірювання: від'єднати ШСЗ 1 від вимірювача ОП, не порушуючи з'єднання з джерелом випромінювання. З'єднати ШСЗ 1 за допомогою перехідної розетки яка входить до складу КС (або базової перехідної

розетки), а другий кінець КС – з вимірювачем ОП, як показано на рисунку 1.3. Зафіксувати значення оптичної потужності  $P_2$ .

*Метод В3. Вимірювання ОП для визначення вносимого загасання за допомогою внесення КС між ШСЗ 1 та ШСЗ 2*

Вимірювання базової ОП: виконати вимірювання базової ОП за методом В1.

Від'єднати ШСЗ 1 від вимірювача ОП, не порушуючи з'єднання з джерелом випромінювання. З'єднати один кінець КС з ШСЗ 1, а другий кінець – з ШСЗ 2 за допомогою перехідних розеток. Вільний кінець ШСЗ 2 з'єднати з вимірювачем ОП, як показано на рисунку 5.5. Зафіксувати значення оптичної потужності  $P_2$ .

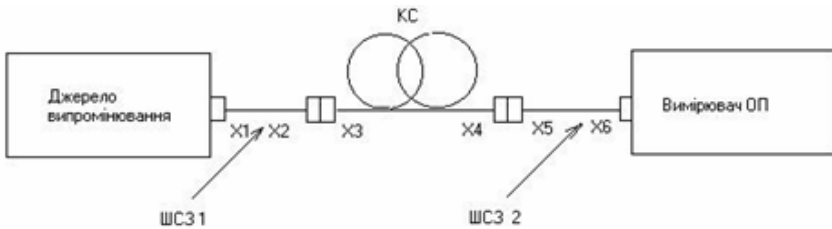


Рисунок 5.5 – Блок-схема вимірювання ОП при внесенні КС в оптичну лінію вимірювання для методу В3

#### 1.4 Обробка результатів вимірювань

Загасання  $A$ , дБ, визначити за формулою:

$$A = -10 \lg(P_2 / P_1), \quad (1.1)$$

де  $P_1$ ,  $P_2$  – оптичні потужності, які виражені в однакових лінійних одиницях; наприклад, обидві в ватах або обидві в міліватах.

Для оптичних потужностей, що виражені в логарифмічних одиницях, наприклад в дБм, загасання  $A$ , дБ визначити за формулою:

$$A = P_1 - P_2, \quad (1.2)$$

Для виключення надмірної похибки вимірювання або для отримання результату з підвищеною точністю, проводяться повторні вимірювання з наступною обробкою результатів вимірювання.

При визначенні R2 треба враховувати значення загасання, які вносять додаткові з'єднувачі. Загасання в різнішому з'єднувачі дорівнює 0.5...1 дБ.

### **1.5 Оформлення результатів вимірювань**

Результати вимірювання повинні супроводжуватись інформацією:

- дата вимірювання;
- методи і методика вимірювання;
- об'єкт вимірювання;
- напрямок вимірювання;
- довжина хвилі випромінювання, що вказана в супроводжувальній документації до джерела випромінювання (при відсутності даних вказується типове значення);
- вимірювальне обладнання (тип, заводський номер);
- зовнішні умови проведення вимірювання.

### **1.6 Завдання до лабораторної роботи**

1. Вивчити методи вимірювання загасання у волоконно-оптичній лінії зв'язку:

- метод обриву;
- метод вносимого загасання;
- метод рефлектометрії.

2. Вивчити три схеми вимірювання загасання методом вносимого загасання.

3. Ознайомитись з методикою роботи з оптичним тестером.

4. Розрахувати загасання волоконно-оптичної лінії методом вносимого загасання.

Вихідні данні до розрахунків по п.4 наведенні у таблиці 1.1.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для розрахунку

| Параметр                  | Остання цифра у студентському квитку |     |     |      |      |     |     |     |      |      |
|---------------------------|--------------------------------------|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|------|------|
|                           | 0                                    | 1   | 2   | 3    | 4    | 5   | 6   | 7   | 8    | 9    |
| $P_1$ , дБ                | 0                                    | 0   | 1   | 2    | -1   | -2  | 0   | 1.5 | -1.5 | -4   |
| $P_2$ , дБ                | 15                                   | 17  | 8   | 20   | 18   | 15  | 25  | 11  | 16   | 12   |
| $\alpha_{p3}$             | 0.5                                  | 0.6 | 0.7 | 0.8  | 0.9  | 1.0 | 1.0 | 0.9 | 0.8  | 0.7  |
| Метод вносимого загасання | B1                                   | B2  | B3  | B1   | B2   | B3  | B1  | B2  | B3   | B1   |
| $L_L$ , км                | 6                                    | 6   | 4   | 8    | 4    | 8   | 4   | 4   | 6    | 4    |
| $\alpha_{H3}$             | 0.1                                  | 0.2 | 0.3 | 0.15 | 0.25 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.15 | 0.25 |

де  $P_1$  – вимір оптичної потужності до з'єднання КС;

$P_2$  – вимір оптичної потужності після з'єднання КС;

$\alpha_{p3}$  – загасання в рознімному з'єднанні, яке дорівнює 0.5-1 дБ;

$\alpha_{H3}$  – загасання в не рознімному з'єднанні, яке дорівнює 0.2 дБ;

$L_L$  – довжина КС, км;

$L_B$  – будівельна довжина кабелю, яка дорівнює 2 км;

$n_C$  – кількість будівельних довжин кабелю, яка обчислюється:

$$n_C = \frac{L_L}{L_B} \quad (1.3)$$

$n_{H3}$  – кількість не рознімних з'єднань кабелю, яка обчислюється:

$$n_{H3} = n_C - 1 = \frac{L_L}{L_B} - 1 \quad (1.4)$$

Загасання  $A$ , дБ у КС без урахування рознімних і не рознімних з'єднань:

$$A = P_1 - P_2. \quad (1.5)$$

Загасання  $A_1$ , дБ у КС з урахуванням рознімних і не рознімних з'єднань:

$$A = A_1 - \alpha_{P3} n_{P3} - \alpha_{H3} n_{H3}. \quad (1.6)$$

5. Розрахувати коефіцієнт загасання кабелю  $\alpha$ , дБ/км який дорівнює:

$$\alpha = \frac{A_1}{L_L} \quad (1.7)$$

### 1.7 Контрольні запитання

1. Що таке загасання?
2. Чинники, які визначають світлопослаблення у волоконних світловодах.
3. Чим зумовлені втрати оптичного випромінювання в кабелях?
4. Чим зумовлені поглинання та розсіювання оптичного випромінювання в світловодах?
5. Залежність загасання від довжини хвилі оптичного випромінювання.
6. Загасання в багатомодовому та одномодовому світловодах.
7. Одиниці виміру загасання.
8. Вимір загасання методом обриву.
9. Вимір загасання методом рефлектометрії.
10. Вимір загасання методом внесених втрат.
11. Три різновиди виміру загасання методом внесених втрат.

### 1.8 Прилади та обладнання

В лабораторній роботі використовується оптичний тестер типу ОКМЗ – 76 та відрізки оптичного кабелю з конекторами.

Опис та правила роботи з оптичним тестером наведено в методичних вказівках по вивченню тестера ОКМЗ-76.

### **1.9 Правила техніки безпеки**

1. Прилад ОКМЗ-76 відноситься до 3 класу захисту від ураження електричним струмом.

2. Слід перевірити наявність та надійність захисного заземлення. Заземлення проводиться раніше інших з'єднань. Від'єднання заземлення проводиться після усіх інших роз'єднань.

3. При роботі з перетворювачами ЛД-0,85 та ЛД-1,3 не допускати прямого влучення в очі випромінювання з виходу перетворювача, або оптичного кабелю, з'єданого з перетворювачем. Це небезпечно для Вашого зору!

### **1.10 Порядок проведення лабораторної роботи**

1. Ознайомитись з розташуванням органів керування тестера ОКМЗ-76, а також з устроєм перетворювачів випромінювання та фотоприймачів, перевірити наявність заземлення.

2. З'єднати перетворювач випромінювання та фотоприймач за допомогою ШСЗ та провести калібровку тестера і вимір оптичної потужності P1 на виході ШСЗ. Використати метод виміру (B1, B2 або B3) за вказівками викладача.

3. З'єднати ШСЗ із КС та провести вимір оптичної потужності P2 при постійному випромінюванні та при імпульсному випромінюванні.

4. Змінити кінці КС і провести повторне вимірювання загасання.

5. Провести усереднення одержаних результатів.

6. Провести розрахунок загасання ОК без урахування загасання конекторів при постійному випромінюванні та при імпульсному випромінюванні.

### **1.11 Зміст звіту**

1. Титульний лист з назвою роботи.

2. Результати роботи, які повинні складати:

– призначення оптичних тестерів;

– методи вимірювання загасання;

– три схеми виміру методом вносимого загасання;

- результати розрахунків по п. 1.4;
- результати виміру загасання КС при постійному та при імпульсному випромінюванні;
- розрахунок втрат в КС з урахуванням втрат в конекторах в мВт та дБ;
- вимоги розділу 1.5.

### **1.12 Рекомендована література**

1. Коток В.Б. Волоконно-оптичні системи зв'язку / В.Б. Коток. – К.: Lucent Technologies, 1999 – 480 с.
2. Корнейчук В.І. Волоконно-оптичні системи передачі / В.І. Корнейчук, І.В. Панфілов. – Одеса: “Друк”, 2001 – 364 с.
3. Щекотихін О.В. Компоненти та пристрої волоконно-оптичних ліній зв'язку / О.В. Щекотихін, Д.М. Піза, Т.І. Бугрова. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2015 р. – 306 с.
4. Щекотихін О.В. Пасивні волоконно-оптичні мережі доступу PON: монографія / О.В. Щекотихін, І.Н. Сметанін, Д.М. Піза. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2015, – 301 с.