

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних та самостійних робіт з дисципліни

"Проектування комп'ютерних мереж"

для студентів спеціальностей 8.05010203 "Спеціалізовані
комп'ютерні системи" та 8.05010201 "Комп'ютерні системи та
мережі", усіх форм навчання.

Частина 3

Методичні вказівки до виконання практичних та самостійних робіт з дисципліни "Проектування комп'ютерних мереж" для студентів спеціальностей 8.05010203 "Спеціалізовані комп'ютерні системи" та 8.05010201 "Комп'ютерні системи та мережі", усіх форм навчання. Частина 3 / Укл. Г.Г.Киричек, М.П.Проскурін, С.Ю.Скрупський, О.В.Щекотіхін.— Запоріжжя: ЗНТУ, 2015. – 38 с.

Укладачі: Г.Г. Киричек, к.т.н., доцент
М.П. Проскурін, к.т.н., доцент
С.Ю. Скрупський, к.т.н., доцент
О.В. Щекотіхін, к.т.н., доцент

Рецензент: Р.К. Кудерметов, к.т.н., доцент

Відповідальний
за випуск: Г.Г. Киричек, к.т.н., доцент

Затверджено:
на засіданні кафедри
"Комп'ютерні системи та мережі"
Протокол № 3
від 05 жовтня 2015 року

ЗМІСТ

1 Практична робота №7 <i>Оптичні тестери. вимірювання загасання</i> ...5	5
1.1 Визначення.....5	5
1.2 Позначення і скорочення 6	6
1.3 Загальні відомості.....6	6
1.4 Призначення тестора оптичного типу ОМКЗ -76 8	8
1.5 Технічні дані 8	8
1.6 Розташування керування, налагоджування та підключення 9	9
1.7 Завдання на підготовку до ПР 11	11
1.8 Підготовка і проведення перевірки ОТ.....11	11
1.9 Проведення вимірів параметрів ОТ 12	12
1.10 Вказівки з техніки безпеки 14	14
1.11 Порядок підготовки і проведення ПР 14	14
1.12 Методи вимірювання загасання в КС 15	15
1.13 Обробка результатів вимірювань 21	21
1.14 Зміст звіту 21	21
1.15 Контрольні питання.....22	22
1.16 Додаткова література 22	22
2 Практична робота №8 <i>Оптичні мультисервісні мережі типу pon</i> .23	23
2.1 Загальні відомості.....23	23
2.2 Технічні характеристики ФП.....23	23
2.3 Бюджет PON 25	25
2.4 Розрахунок втрат (бюджету) PON.....26	26
2.5 Організації зв'язку технології FTTx 27	27
2.6 Оптичні розгалужувачі в технології PON.....27	27
2.7 Види гілок PON 27	27
2.8 Завдання для розрахунку PON 31	31
2.9 Зміст звіту 32	32
2.10 Контрольні питання.....32	32
3 Практична робота №9 <i>Бездротові канали зв'язку</i> 33	33

3.1 Основні положення	33
3.2 Завдання для розрахунку	36
3.3 Зміст звіту	37
3.4 Контрольні питання	37
Література	38

1 ПРАКТИЧНА РОБОТА №7

Оптичні тестери. вимірювання загасання

Мета роботи – ознайомлення та вивчення принципів побудови і особливостей застосування оптичних тестерів (ОТ), одержання практичних навичок у їх використанні для освоєння методики виконання вимірювань загасання оптичної потужності (ОП) у волоконно-оптичній елементарній кабельній секції.

1.1 Визначення

У цих методичних вказівках терміни та визначення використовуються згідно з ДСТУ 2681, ДСТУ 3256, а подані нижче терміни живляються в такому значенні:

- волоконно-оптична кабельна секція: послідовна комбінація волоконно-оптичних кабелів, роз'ємних, напівпостійних та постійних з'єднань, яка з протилежних кінців армована рознімними з'єднувачами без перехідних розеток, або між термінальним пристроєм й волоконно-оптичним пристроєм;
- базовий волоконно-оптичний компонент: рознімні з'єднувачі шнурів світловодних з'єднувальних та допоміжних оптичних кабелів вводу, перехідні розетки, які виготовлені або відібрані з однотипних компонентів для використання при вимірюванні;
- волоконно-оптичний пристрій: оптичний пристрій з одним (або більше) оптичним входом і одним (або більше) оптичним виходом.

Примітка. Прикладом можуть бути оптичні підсилювачі, атенюатори, розгалужувачі, оптичні ізолятори та інше;

- волоконно-оптичний рознімний з'єднувач - волоконно-оптичний компонент, який приєднаний до волокна оптичного кабелю або апаратури і забезпечує з'єднання/роз'єднання волоконно-оптичних кабелів, волоконно-оптичних і термінальних пристроїв;
- волоконно-оптичний роз'єм - сукупність рознімних з'єднувачів та перехідної розетки, яка забезпечує рознімне з'єднання оптичних волокон;

– термінальний пристрій - пристрій, який перетворює один або кілька оптичних сигналів, або навпаки і з'єднаний щонайменше з одним оптичним волокном.

1.2 Позначення і скорочення

ВОП – вимірник оптичної потужності;
дБ – дециБелл;
ДВ – джерело випромінювання;
КНД – керівний нормативний документ;
КС – волоконно-оптична елементарна кабельна секція;
ЛД – лазерний діод;
МВВ – методики виконання вимірювань;
ОВ(К) – оптичне волокно (кабель);
ОП – оптична потужність;
ОР – оптичний рефлектометр;
ОТ – оптичний тестер;
СД – світловипромінюючий діод;
ТУ – технічні умови;
ФД – фотодіод;
ФП – фотоперетворювач;
ШСЗ – шнури світловодні з'єднувальні.

1.3 Загальні відомості

Під оптичними тестерами (ОТ) у ВОСПІ розуміють вимірювальний пристрій, що складається із стабілізованого ДВ, вимірника оптичної потужності і аксесуарів, що дозволяють підключати зазначені та інші пристрої до об'єкта виміру. В аксесуари також входять відрізки ОК із з'єднувачами різних типів, адаптери для підключення ОК без з'єднувачів, атенюатори та ін..

ОТ, чи вимірники оптичних втрат, призначені для виміру середнього рівня потужності оптичного випромінювання на робочих довжинах хвиль ВОЛЗ (850, 1300 і 1550 нм) і визначення загасання сигналу в кабельній системі лінії та окремих її компонентів. Тестери застосовуються під час будівництва, монтажу і експлуатаційного обслуговування волоконно-оптичних ліній зв'язку/систем передачі інформації (ВОЛЗ/ВОСПІ), а також у процесі профілактичних

перевірок і налагоджувальних робіт активного волоконно-оптичного устаткування. ОТ можуть працювати як з багатомодовими, так і з одномодовими світловодами і комплектуються одним чи декількома змінними адаптерами для підключення до конекторів різних типів.

Вимірники оптичної потужності (ВОП) (optical power meter) застосовуються для виміру потужності оптичного сигналу і визначення загасання сигналу в окремих елементах кабельної системи. До складу конструкції вимірника входить фотодіод (звичайно германієвий чи зі структурою InGaAs) з підсилювачем фотоструму, сигнальний процесор і цифровий дисплей. Падаючий на вікно фотодіода (ФД) світловий потік перетворюється останнім в електричний струм, що обробляється сигнальним процесором. Результат обробки виводиться на індикатор. У функції сигнального процесора входить також компенсація нелінійності амплітудної і нерівномірності спектральної характеристик фотодіода, перетворення вхідного аналогового сигналу у вихідний цифровий і видача керуючого сигналу на індикатор. При включенні вимірника процесор виконує комплекс перевірок справності окремих електронних вузлів. Вимірники звичайно калібруються на декількох фіксованих довжинах хвиль, значення яких виводяться на індикатор.

Стабілізовані джерела випромінювання (Stabilized Light Source) служать для подачі в контрольований волоконо-оптичний елемент сигналу заданої потужності і довжини хвилі. Поділяються на світлодіодні (СД) і лазерні (ЛД). Лазерні багатохвильові ДВ програють світлодіодним по вартості і стабільності характеристик. Для подачі на нього сигналів від різних ДВ використовують внутрішній оптичний розгалужувач.

Багато моделей високоточних ОТ можуть працювати в режимі модуляції інтенсивності вихідного сигналу. Використання таких сигналів дозволяє виключити вплив на точність вимірів сторонніх засвітлень в оптичному діапазоні і низькочастотних шумів в електричному тракті. Не виключається можливість збільшення чутливості приймача за рахунок застосування резонансних підсилювачів і синхронних детекторів. На практиці промодульований з визначеною частотою оптичний сигнал використовується при роботі ідентифікатора активних волокон. Іноді функції джерела випромінювання виконують передавачі оптичних трансиверів функціонуючої чи налагоджуваної мережі.

Існує два варіанти конструктивного рішення такого приладу: моноблок, що містить ДВ і ВОП; два окремих автономних блока (наборів) ДВ і ВОП.

Розповсюдженим представником першого варіанта є ОТ типу ОМКЗ-76. До вимірювального блоку (ДВ + ВОП) підключаються винесені голівки з випромінювачами різних типів (СД, ЛД) і приймачами (*p-i-n ФД*). Виготовлювачі далекого зарубіжжя виробляють набори з різних блоків ДВ і ВОП, а також широку номенклатуру супутніх аксесуарів. Параметри оптичних тестерів є сукупністю параметрів ДВ та ВОП. Основним показником тестера є діапазон вимірів: він дорівнює різниці рівнів потужності випромінювання СДВ і мінімально виявленної потужності ВОП.

1.4 Призначення тестера оптичного типу ОМКЗ -76

Тестер призначений для виміру середньої потужності оптичного випромінювання в трактах світловодних систем і генерування оптичного випромінювання на довжинах хвиль $(0,85 \pm 0,1)$ мкм. Основні характеристики наведено в відповідній документації.

1.5 Технічні дані

Тестер оптичний ОМКЗ-76 має 2 модифікації - ОМКЗ-76А і ОМКЗ-76Б. Технічні характеристики приладів подані в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики

Маркування приладу	Діапазон вимірювання потужності сигналу в режимі НГ	Діапазон вимірювання потужності сигналу модульованого меандрові
ОМКЗ-76А	$(10^{-5} \text{ Вт}; 3 \times 10^{-4} \text{ Вт})$ при $\lambda: 0,85 \text{ мкм};$	$(10^{-9}; 5 \times 10^{-4}) \text{ Вт}$ при $\lambda: 0,85 \text{ мкм};$
ОМКЗ-76Б	$(10^{-6} \text{ Вт}; 10^{-4} \text{ Вт})$ при $\lambda: 1,3 \text{ мкм}$	$(10^{-8}; 5 \times 10^{-4}) \text{ Вт}$ при $\lambda: 1,3 \text{ мкм}$

Нестабільність рівня в режимі безперервної генерації становить 0,1дБ.

Виробник гарантує відповідність якості приладу ОМКЗ-76 вимогам технічних умов ТУ при дотриманні споживачем умов і правил зберігання, транспортування, монтажу, експлуатації встановлених технічними умовами та експлуатаційною документацією.

Тестер **ОМКЗ-76** відповідає вимогам, що забезпечують безпеку життя, здоров'я споживачів і охорону навколишнього середовища.

Технічні дані наведено у відповідній додатковій літературі.

1.6 Розташування керування, налагоджування та підключення

Прилад **ОМКЗ-76** може використовуватися в оптичних тестерах і вимірниках оптичної потужності в волоконно-оптичних системах передачі. За допомогою ОМКЗ-76 підвищується точність вимірювань в широкому діапазоні температур.

Розташування органів керування, налагодження та підключення наведені на слідуючих рисунках: органи керування та під'єднувальні з'єднувачі на передній та задній панелях приладу (рис.1.1), фото-перетворювачів ФП (рис.1.2) і перетворювачів СІД та ЛД (рис.1.3).

Призначення органів керування та їх вихідне положення наведені в таблиці 1.2.

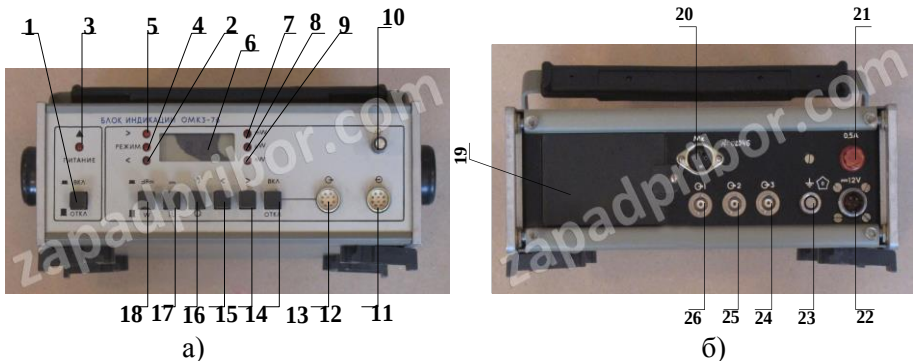


Рисунок 1.1 - Зовнішній вигляд передньої (а) та задньої (б) панелі

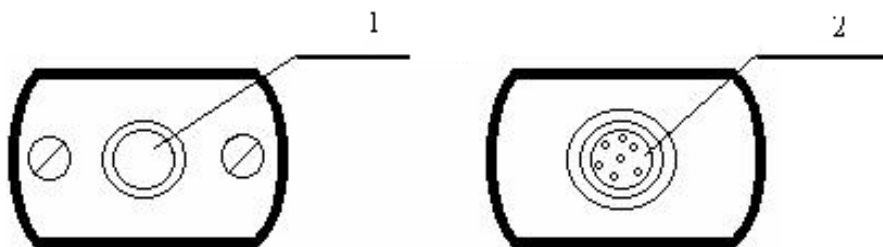


Рисунок 1.2 - Передня (1) і задня (2) панелі фотоперетворювачів

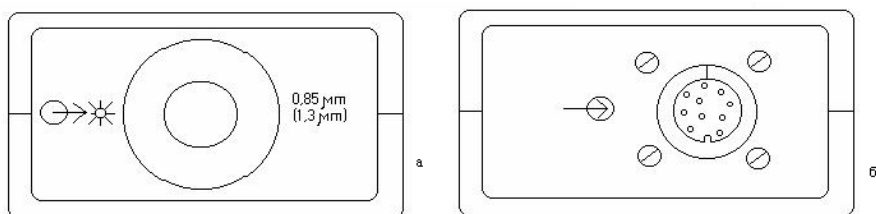


Рисунок 1.3 - Передня (а) і задня (б) панелі перетворювачів СД і ЛД

Таблиця 1.2 - Призначення органів керування та їх вихідне положення

Номер позиції	Призначення
1.	Кнопка вмикання живлення
2.	Індикатор розряду батареї
3.	Індикатор-індикація виходу вниз за діапазон вимірювання
4.	Індикатор-індикація виходу в діапазон вимірювання.
5.	Індикатор-індикація виходу вгору за діапазон вимірювання
6.	Індикатор-індикації значення вимірюваної потужності
7.	Індикатор-індикації одиниць виміру потужності в мВт
8.	Індикатор-індикації одиниць виміру потужності в мкВт
9.	Індикатор-індикації одиниць виміру потужності в нВт
10.	Ручка установки нуля в приладі
11.	Рознімання-вихід
12.	Рознімання-підключення
13.	Кнопка вмикання, вимикання рознімання

Продовження таблиці 1.2

14.	Кнопка переключення діапазонів виміру “вгору”
15.	Кнопка переключення діапазонів виміру “вниз”
16.	Кнопка переключення діапазонів виміру: ручне-автоматичне
17.	Кнопка переключення режимів робіт: ”немодульоване“ та ”прямокутно-модульоване випромінювання“
18.	Кнопка переключення режимів вимірювання потужності в одиницях “дБм” та “Вт”.
19.	Кришка відсіку для елементів живлення
20.	Рознімання-вмикання мікрофону
21.	Перезахисник у “ланцюгу живлення”
22.	Рознімання-вмикання зовнішнього живлення
23.	Затиск вимірюваного заземлення (Заземлено при живленні від зовнішнього живлення 220В)
24.	Рознімання-вихід аналогового сигналу
25.	Рознімання-вихід сигналу детектора
26.	Рознімання-підключення телефону

1.7 Завдання на підготовку до ПР

Вивчити пристрій ОТ, принцип роботи і правила безпечної роботи з приладом.

Ознайомитись з технічними характеристиками і призначенням органів керування ОТ.

Вивчити одиниці виміру оптичної потужності мВт і дБм; вміти робити перерахування мВт у дБм і дБм у мВт.

Підготувати протокол виконання лабораторної роботи, у якому намалювати схему структурну ОТ ОМК3-76.

Пояснити призначення ОМК3-76 і порядок вимірювання.

1.8 Підготовка і проведення перевірки ОТ

Встановити органи керування і контролю в підготовчій положення, підключити до блоку індикації кабелем "К 5" ФП і кабелем "К4" перетворювач СД чи ЛД відповідної довжини хвилі.

Перемикач "ЖИВЛЕННЯ" поставити в положення ВКЛ, при цьому повинний включитися один зі світлодіодів індикатора режиму вимірів. До проведення вимірів прогрійте прилад протягом 15 хв.

Випробуйте роботу приладу по наступних ознаках:

- при положенні “ — — ” перемикача режиму робіт і відкритому оптичному вході ФП-0,85 (ФП-1,3), який спрямований на ДВ, на цифровому індикаторі індичується значення потужності випромінювання, потрапившого у ФП через вхідний роз’єм;
- при під’єднанні до вхідного з’єднувача фотоперетворювача ФП- 0,85 (ФП- 1,3) виходу перетворювача СД-0,85 (СД-1,3) чи ЛД-0,85 (ЛД-1,3) і положенні ВКЛ кнопки "  перемикача режиму робіт, на цифровому індикаторі індичується значення потужності випромінювання, що надходить на ФП.
- при переключенні кнопки «  » значення потужності на цифровому табло індикатора повинне змінитися приблизно в 2 рази.

1.9 Проведення вимірів параметрів ОТ

Прилад забезпечує наступні режими робіт:

- вимір в одиницях Вт/дБм середньої потужності беззупинного і прямокутного модульованого частотою 270Гц оптичного випромінювання на довжинах хвиль $(0,85 \pm 0,1)$ і $(1,3 \pm 0,1)$ мкм;
- випромінювання оптичного сигналу беззупинного не модульованого і прямокутно модульованого частотою 270 Гц;
- вимір оптичних втрат з світловодних трактах;
- необхідний режим виміру потужності випромінювання встановлюється кнопками перемикача режимів, встановленого на передній панелі приладу.

При вимірі потужності в одиницях "дБм" на індикаторі приладу індичується значення потужності випромінювання P [дБм], чисельно рівне рівню вимірюваної ПОТУЖНОСТІ в децибелах по відношенню до рівня потужності 10^{-3} Вт (1мВт).

Співвідношення між потужністю P випр. в одиницях "дБм" і в одиницях "Вт" визначається формулою:

$$P[\text{дБм}] = 10 \lg \left(\frac{P[\text{вт}]}{10^{-3} \text{вт}} \right) \quad (1.1)$$

Випромінювання підводиться по світловодному кабелю з апертурою не більш 0,3 до оптичного входу ФП-0,85 (ФП-1,3).

Встановлення режимів роботи перетворювачів (СІД-0,85; ЛД,85, СД -1,3; ЛД-1,3) виконуються кнопками перемикача режимів роботи, розташованого на передній панелі оптичного тестера.

Вимір втрат в оптичних трактах здійснюється виміром потужності випромінювання перетворювачів (СІД-0,85; СД-1,3; ЛД-0,85; ЛД-1,3), що надійшла у світловодний тракт і пройшла його.

Втрати L , дБ визначаються по різниці потужностей випромінювання P_1 і P_2 , після проходження світловодного тракту, по формулах:

$$L = 10 \lg \left(\frac{P_1}{P_2} \right), \quad (1.2)$$

якщо потужність випромінювання виміряється в одиницях "Вт".

$$L = P_1 - P_2, \quad (1.3)$$

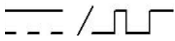
якщо потужність випромінювання виміряється в одиницях "дБм".

Приєднання джерела випромінювання СІД чи ЛД до фотоперетворювача ФП виконується оптичним кабелем з діаметром кінцевика 2,5мм. Ручкою "►0◄" компенсується температурний відхід нульової крапки відліку при натиснутій кнопці — — — .

Сигнал на вхід фотоперетворювача подається після встановлення нуля.

Прилад забезпечує вимір потужності на виході світловода не забитого в оптичний з'єднувач.

Виміри проводяться з установленої на ФП втулкою і адаптером.

Прилад дозволяє здійснювати телефоний зв'язок по світловодам при натиснутій кнопці  / 

До входу "Мк", розташованому на задній панелі блоку індикації, може бути підключений динамічний мікрофон із внутрішнім опором 50-600 Ом і чутливістю не менш 1,5 мВ/Па, а до рознімання "  1" телефон ізвхідним опором 0,5~2,5 кОм.

1.10 Вказівки з техніки безпеки

Варто перевірити надійність вимірювального заземлення. Заземлення робити раніш інших приєднань, від'єднання заземлення - після усіх від'єднань.

При використанні приладу разом з іншими приладами або включенні його до складу установки необхідно заземлити усі прилади.

При роботі з перетворювачами ЛД-0,85 і ЛД-1,3 не допускати прямого влучення в очі випромінювання з виходу перетворювача або ОК, підключеного до перетворювача.

1.11 Порядок підготовки і проведення ПР

Зібрати схему згідно з рисунком 1.4.

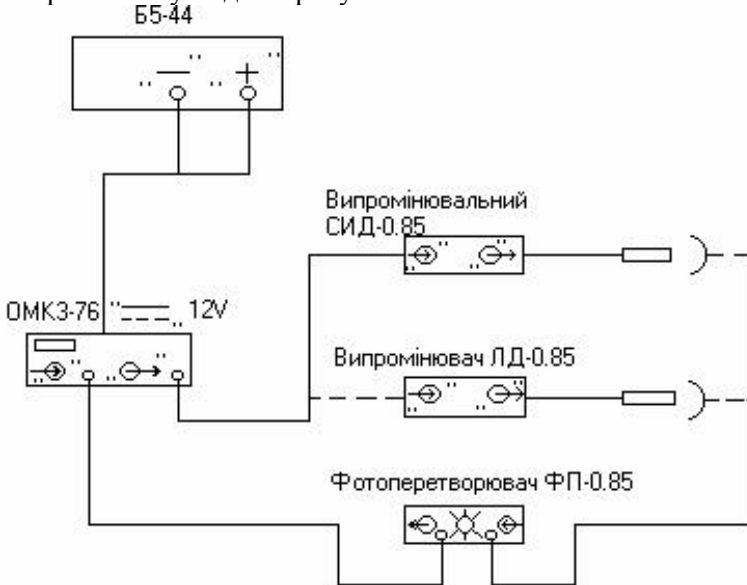


Рисунок 1.4 - Схема структурна оптичного тестора ОМК3-76

Виконати роботи по підготовці ОТ до вимірів (в обсязі п.1.8).

Виконати вимір потужності оптичного випромінювання (режим беззупинного випромінювання):

– на відкритий вхід ФП-0,85 подати світлове випромінювання з виходу перетворювачів СІД-0,85; ЛД-0,85 і виміряти потужність випромінювання;

– на відкритий вхід ФП-0,85 подати світловий сигнал природного висвітлення (від ліхтаря) і виміряти ОТ потужність випромінювання.

Виміри виконати в одиницях «Вт», «дБм». Результати вимірів нанести в таблицю. Записати положення органів керування ОТ.

Виконати виміри прямокутно - модульованого оптичного випромінювання:

– на відкритий вхід фотоперетворювача ФП-0,85 подати модульований оптичний сигнал з виходу перетворювачів СД-0,85;

– та ЛД-0,85.

Виміри виконати в одиницях Вт, дБм.

Результати вимірів занести в таблицю. Вивчити методи вимірювання загасання у ВОЛЗ згідно п.1.12 і рисункам 1.5-1.9, а саме:

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

Ознайомитись з методикою роботи з ОТ. Розрахувати загасання ВОЛЗ наведеними методами по варіантах, які відповідають останній цифрі залікової книжки і наведені в таблиці 1.3

Таблиця 1.3 - Варіанти

№ вар.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тип ДВ	СД	ЛД	СД	ЛД	СД	ЛД	СД	ЛД	СД	ЛД
Метод	В1	В2	В3	В1	В2	В3	В1	В2	В3	В1
№ КС	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3

1.12 Методи вимірювання загасання в КС

Існують такі методи вимірювання загасання:

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

Вимірювання загасання оптичним рефлектометром (ОР) проводиться подібно радару. Короткий імпульс світла ДВ вводиться в оптичне волокно (ОВ) КС через розгалуження. Зворотній сигнал ОВ доходить до ФП і опрацьовується мікропроцесором, виводиться у вигляді рефлектограми на екран. Цей сигнал приносить інформацію про стан КС.

Рефлектограма уявляє собою залежність ОП 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 ОП, яке виникає в результаті внесення КС в будь яку лінію вимірювання.

Методи виконання вимірювань у ході ПР. 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.1.5):

- 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.

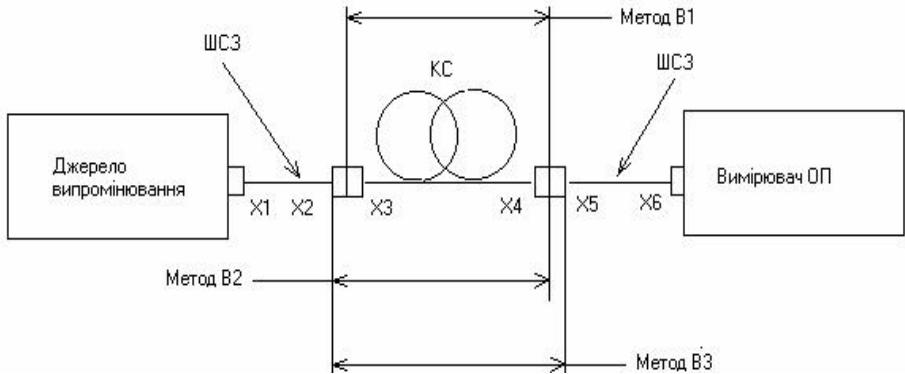


Рисунок 1.5 – Блок-схема вимірювання вносимих загасань в КС при використанні методів В1, В2, В3

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. Моді 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 рознімних з'єднувачів і внутрішня поверхня перехідних (приймаючих) розеток повинні бути чистими.

Метод В1. Вимірювання ОП для визначення 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 1.6;
- зафіксувати базову оптичну потужність P1.

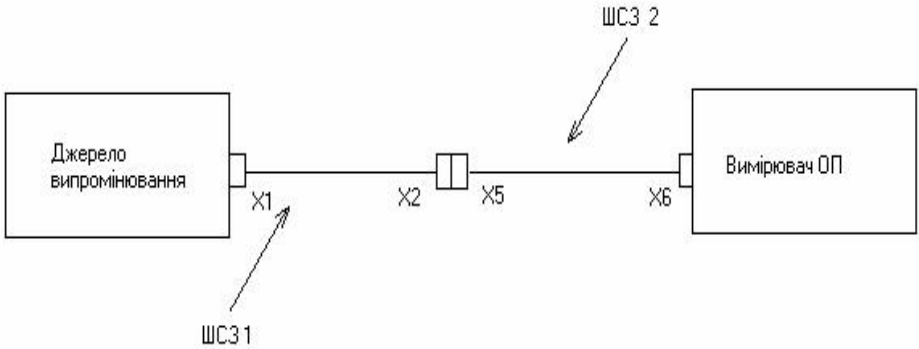


Рисунок 1.6 – Блок-схема вимірювання ОП при внесенні КС в оптичну лінію вимірювання для методів В1, В2

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 1.7 і зафіксувати значення оптичної потужності Р2.

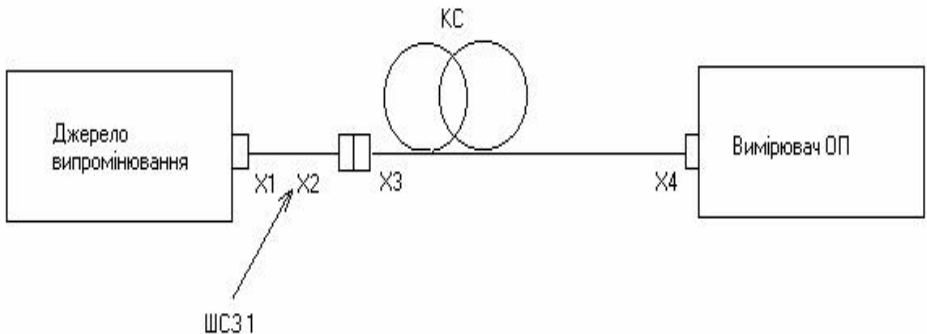


Рисунок 1.7 – Блок-схема вимірювання базової ОП для методу В1

Метод В2. Вимірювання ОП для визначення загасання за допомогою додавання до ШСЗ 1 вимірюваного КС. Вимірювання базової ОП: з'єднати джерело випромінювання і вимірювач ОП за

допомогою ШСЗ 1, як показано на рисунку 1.8 і зафіксувати базову оптичну потужність P1.

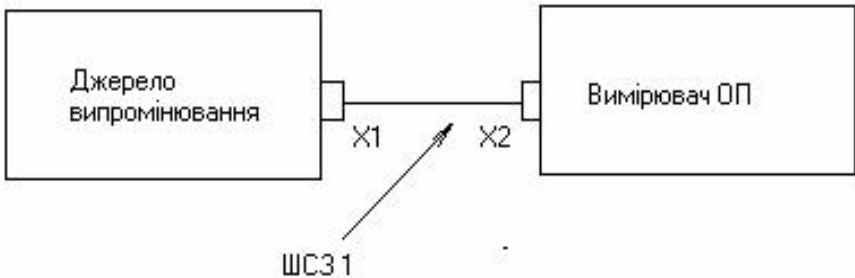


Рисунок 1.8 – Блок-схема вимірювання базової ОП для методів В2 і В3

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 1.8 і зафіксувати значення оптичної потужності P2.

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

- виконати вимірювання базової ОП;
- 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 1.9 і зафіксувати значення оптичної потужності P2.

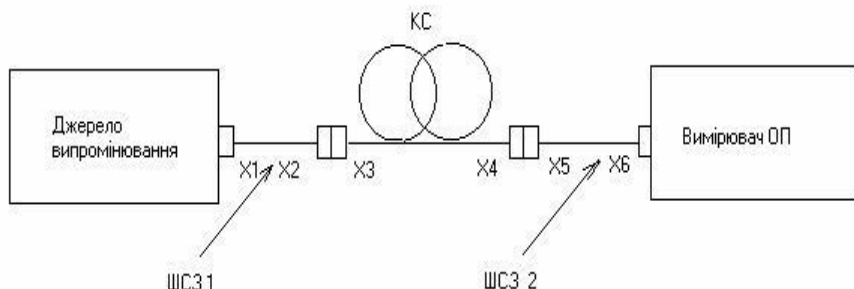


Рисунок 1.9 – Блок-схема вимірювання ОП при внесенні КС в оптичну лінію вимірювання для методу ВЗ

Засоби вимірювальної техніки. ДВ повинно мати спектральну ширину та довжину хвилі випромінювання (далі – спектральна характеристика), яка не виходить за межі допустимих значень відповідних параметрів ДВ, що використовується у ВОЛЗ, ВОСПІ. Вимірювач ОП повинен: вимірювати її у всьому діапазоні можливого загасання; мати приймаючу розетку для різних з'єднувачів, яка забезпечує суміщення ОВ розірного 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 розірни 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.

1.13 Обробка результатів вимірювань

Загасання А, дБ, визначити за формулою:

$$A = -10 \lg (P_2 / P_1), \quad (1.4)$$

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 А, дБ визначити за формулою:

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

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

При визначенні P_2 треба враховувати значення загасання, які вносять додаткові з'єднувачі. Загасання в рознімному з'єднувачі дорівнює 0,5...1 дБ.

1.14 Зміст звіту

Звіт повинен вміщувати:

- мету роботи;
- теоретичні відомості з технічних і експлуатаційних характеристиках ОТ;
- структурну схему ОТ ОКМЗ-76, призначення основних вузлів;
- порядок виконання вимірів тестером ОКМЗ-76. Результати вимірів оформленні у вигляді таблиці. Звіт ПР повинен нести інформацію про принцип і основні режими роботи ОТ, методики розрахунку загасання в ОВ, а також:
 - 1) методи і методику вимірювання;
 - 2) об'єкт вимірювання;
 - 3) напрямок вимірювання;
 - 4) довжину хвилі випромінювання, що вказана в супроводжувальній документації до ДВ;

- 5) вимірювальне обладнання (тип, заводський номер);
- 6) зовнішні умови проведення вимірювання;
- висновки за результатами ПР.

1.15 Контрольні питання

- 1. Призначення і область застосування ОТ.
- 2. Технічні характеристики ОТ ОКМЗ-76.
- 3. Призначення органів керування ОТ ОКМЗ-76.
- 4. Склад комплексу приладу.
- 5. Блок-схема включення пристроїв приладу.
- 6. Одиниці виміру потужності світлового випромінювання і співвідношення між ними.
- 7. Безупинний і імпульсний режими роботи ОТ.
- 8. Що таке загасання?
- 9. Чинники, які визначають світлопослаблення у ВОС і ВОК
- 10. Чим зумовлені поглинання та розсіювання оптичного випромінювання в світловодах?
- 11. Залежність загасання від довжини хвилі оптичного випромінювання.
- 12. Загасання в багатомодовому та одномодовому світловодах.
- 13. Одиниці виміру загасання.
- 14. Вимір загасання методом обриву.
- 15. Вимір загасання методом рефлектометрії.
- 16. Вимір загасання методом внесених втрат.

1.16 Додаткова література

- 1. Тестер оптический ОКМЗ-76. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – М.: Связь, 1985. – 124с.

2 ПРАКТИЧНА РОБОТА №8

Оптичні мультисервісні мережі типу pon

Мета роботи - ознайомлення з особливостями проектування КМ на основі PON технологій і отримання знань, навиків і вмінь розрахунку її елементів, а також аналізу і підбору відповідної апаратури для її функціонування.

2.1 Загальні відомості

АТС - автоматична телефонна станція;
 БК - будинковий кросс;
 БРМ - будинкова розподільна мережа;
 ДД - динамічний діапазон;
 ОР - оптичний розгалужувач;
 ОРА - оптична розетка абонентська;
 ОРШ - оптична розподільна шафа;
 ОУ - оптичний підсилювач;
 ПР - поверховий розгалужувач;
 ФТТВ/Н/х - ОВ від передавача до здания/квартиры/коттеджа, тобто до точки "х";
 ODF - Optical Distribution Frame: оптичний крос високої щільності;
 OLT - Optical Line Terminal: оптической термінал лінії;
 ONT (ONU) - Optical Network Terminal (Unit): оптичний мережевий термінал (пристрій) ;
 PON - пасивна оптична мережа.

2.2 Технічні характеристики ФП

PON - пасивна оптична мережа (Passive optical network - PON), тобто технологія пасивних оптичних мереж. Розподільна мережа доступу PON ґрунтована на деревовидній волоконно- кабельній архітектурі з пасивними оптичними розгалужувачами на вузлах і представляє економічний спосіб забезпечити широкосмугову передачу інформації.

При цьому архітектура PON має необхідну ефективність нарощування вузлів мережі і пропускної спроможності, залежно від

справжніх і майбутніх потреб абонентів. Число абонентських вузлів, підключених до одного приймально-передавального модуля OLT, може бути настільки великим, наскільки дозволяє бюджет потужності і максимальна швидкість приймально-передавальної апаратури.

Для передачі потоку інформації від OLT до ONT (ONU) - прямого (низхідного) потоку, як правило, використовується довжина хвилі 1490 нм. Потоки даних від різних абонентських вузлів в центральний вузол, що спільно утворюють зворотний (висхідний) потік, передаються на довжині хвилі 1310 нм. Для передачі сигналу телебачення використовується довжина хвилі 1550 нм. В OLT і ONT вбудовані мультиплексори WDM, що розділяють вихідні і вхідні потоки.

При використанні рішення на базі пасивної оптичної мережі (PON) для розгортання мережі FTTH оптоволоконна лінія розподіляється по абонентам за допомогою пасивних оптичних разветвителей (спліттерів) з коефіцієнтом ділення потужності P у відношенні $1:2^n$ (зазвичай до $1:128$). У стандартній оптичній мережі PON на стороні провайдера зв'язку використовуються OLT, а в якості абонентських пристроїв застосовуються ONT, яке додатково підтримує:

- протокол управління доступом до PON;
- лазери пакетного режиму (burst-mode lasers), які забезпечують передачу даних ONT в певні терміналом OLT відрізки часу;
- підвищена потужність (враховуються втрати на ділянках, ін.);
- шифрування;
- висока продуктивність.

Тип мережі PON позначається додаткової буквою перед аббревіатурою. Найбільш поширеними мережами PON є APON (ATM PON - пасивна оптична мережа, яка використовує технологію ATM) і BPON (Broadband PON - широкосмугова пасивна оптична мережа); GPON (Gigabit-capable PON - пасивна оптична мережа, яка забезпечує гігабітні швидкості передачі даних); EPON (Ethernet PON - пасивна оптична мережа, яка використовує технологію Ethernet). Зведена класифікація PON технологій наведена у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Класифікація PON технологій

	BPON	EPON	GPON
Стандарт	ITU-T G.983	IEEE 802.3ah	ITU-T G.984
Пропускна здатність	Спадний потік - до 622 Мбіт/с	Симетричний - до 1,25 Гбіт/с	Спадний потік - до 2,5 Гбіт/с
	Висхідний потік - 155 Мбіт/с		Висхідний потік - до 1,25 Гбіт/с
Довжина хвилі низхідного потоку	1490 и 1550 нм	1550 нм	1490 и 1550 нм
Довжина хвилі висхідного потоку	1310 нм		
Передача	ATM	Ethernet	Ethernet, ATM, TDM

2.3 Бюджет PON

При побудові мережі PON виникає основне питання розрахунку оптичних бюджетів: вхідної потужності (на виході OLT) і втрат у всіх гілках PON «дерева». Оптичний бюджет потужності визначається як різниця між потужністю передавача (OLT) і чутливістю приймача ONT/(U).

Приклад. Потужність OLT: $\sim +4$ dBm; Чутливість ONU: ~ -26 dBm. Таким чином, оптичний бюджет потужності для PON мережі становить приблизно 30 dB.

Під оптичним бюджетом втрат мається на увазі максимальна загасання сигналу від OLT до ONU. Це затухання складається з наступних складових затухання: на конекторах ($\sim 0,5$ dB); на волокні ($0,36 / 0,24$ dB / km на довжинах хвиль 1310/1490 nm); на зварюванні волокна ($\sim 0,05$ dB); на спліттерах (табл.2.2).

Таблиця 2.2. - Спліттери

Планарні спліттери, симетричний дільник	Загасання, dB	Планарні спліттери, не- симетричний дільник %	Планарні спліттери. Загасання на довжені хвилі 1310нм / 1550нм, dB	Сплавні спліттери. Загасання на довжені хвилі 1310нм / 1550нм, dB
1x2	4.3	50/50	3.17/3.19	3.12/3.17
1x3	6.2	45/55	3.73/2.71	3.73/2.72
1x4	7.4	40/60	4.01/2.34	3.92/2.32
1x6	9.5	35/65	4.56/1.93	4.69/1.96
1x8	10.7	30/70	5.39/1.56	5.53/1.57
1x12	12.5	25/75	6.29/1.42	6.28/1.28
1x16	13.9	20/80	7.11/1.06	7.21/1.06
1x24	16.0	15/85	8.16/0.76	8.17/0.82
1x32	17.2	10/90	10.08/0.49	10.21/0.60
1x64	21.5	5/95	13.70/0,32	12.83/0.35
1x128	25.5			

2.4 Розрахунок втрат (бюджету) PON

Розрахунок повинен підтвердити, що для кожного ланцюга (від передавача OLT до приймача ONT k-го абонента) загальна величина втрат (включаючи експлуатаційний запас) не перевищує динамічний діапазон (ДД) системи Р по потужності.

$$P = P_{BIX \min} - P_{BX} \geq A_{\Sigma} + P_{ЗАП} , \quad (2.1)$$

де P – ДД PON, дБ; $P_{BIX \min}$ - мінімальна вихідна потужність передавача OLT, дБм; P_{BX} - допустима потужність на вході приймача ONU, дБм; A_{Σ} - сумарні втрати в лінії (між OLT і ONU), дБм;

Експлуатаційний запас $P_{ЗАП}$ необхідно передбачати на випадок ушкоджень в лінійному тракті, погіршення умов передачі та подальшого розвитку мережі. Зазвичай береться запас 3...4 дБ, але якщо на окремих сегментах мережі передбачається підключення

значної кількості користувачів, то там запас повинен бути більше.

2.5 Організації зв'язку технології FTTx

Мережа FTTx за технологією PON не відрізняються від відомих типів комп'ютерних мереж і зазвичай складається з чотирьох основних частин: 1-Станційний ділянку (всередині OLT); 2- Магістральний ділянку (OLT-Si); 3- Розподільчий ділянку (всередині S: від ОРШ до ПР); 4- Абонентський ділянку (ПР-ONT/(U)).

2.6 Оптичні розгалужувачі в технології PON

Оптичні розгалужувачі (ОР, сплітери) забезпечують поділ сигналу і поділяються за:

- числом входних і вихідних портів;
- коефіцієнтом ділення оптичної потужності;
- робочій довжині хвилі;
- класу якості;
- технології виробництва.

ОР діляться по числу входних і вихідних портів ОР: ті, що мають один вхід і кілька виходів ($1 \times N$) і двовхідні ОР ($2 \times N$). Кількість вихідних портів може варіюватися від 2 до 64...128. Як правило, двовхідні ОР використовуються для резервування по обладнанню.

Розподіл оптичної потужності (коефіцієнт поділу) по відводам (виходам) ОР буває рівномірне (наприклад, дільник на чотири має по 25% потужності на кожному відводі) і нерівномірний. За способом виробництва ОР діляться на: сплавні FBT (fused biconic taper - виконані по сплавній технології) і планарніе PLC (planar-lightwave-circuit - виконані по НП технології). Типові значення загасання сплавних і планарних симетричних / несиметричних ОР (спліттер) наведені в таблиці 2.2.

2.7 Види гілок PON

Станційний ділянка - це активне обладнання OLT і оптичний крос високої щільності ODF змонтовані на вузлі зв'язку (наприклад в приміщенні АТС).

Магістральний ділянка є одним з основних елементів всієї PON. Правильний вибір системи побудови мережі та її топології, визначення умов і принципів організації доступу дозволяють оптимізувати витрати на розвиток мережі в подальшому. На ділянці PON від АТС до оптичних розподільчих шаф (ОРШ), що знаходиться в зоні обслуговування АТС, проводиться магістральний розподіл ОВ.

Магістральний ділянку закінчується оптичних розподільчих шаф (ОРШ - наприклад під'їзної спліттерної оптичної коробкою: на рисунку 2.1 позначена S) або спеціальної механічної оптичної муфтою з полегшеним доступом до ОВ. При реалізації ділянки рекомендується використання магістральних ділянок в мікрорайонах з масовим підключенням будинків до PON мережам.

Призначення даних шаф - перехід від магістрального волоконно-оптичного кабелю (ВОК) від місця розміщення обладнання OLT до ВОК малої ємності до будинків. При проектуванні ділянки необхідно розраховувати приблизну ємність ВОК виходячи з розрахунку надання послуги для 80% домогосподарств, але не менше 1 ОВ на будинок.

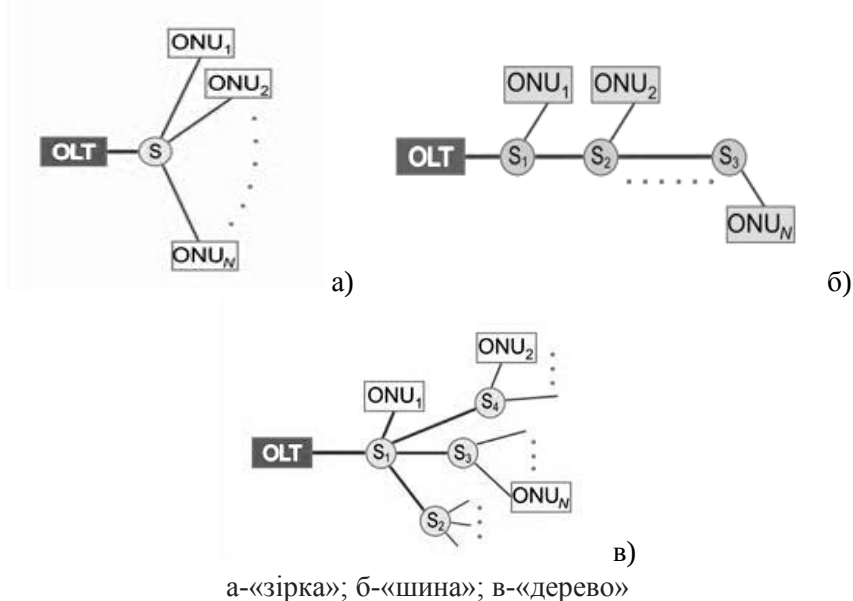


Рисунок 2.1 - Типи PON топологій при локальних скупченнях (кластерах) абонентів району обслуговування

Розподільча ділянка - це ділянка від ОРШ або під'їзних спліттерних оптичних коробок до поверхових розподільних елементів мережі в багатоповерхових житлових будинках. ВОК розподільного ділянки виходить з ОРШ і прокладається всередині будівель по підвальним поверхів і технічного підпілля, по вертикальних стояках або в металлорукаве (полівінілхлоридної трубі) по сходових клітках через всі поверхи будівлі (напрямок вибирається за місцем).

Поверхові горизонтальні відгалуження від міжповерхового вертикального ВОК рекомендується проводити за схемою з ОРК, розміщеними на кожному поверсі.

При малій кількості квартир на поверсі допускається варіант розміщення однієї ОРК для декількох поверхів. Підключення ВОК вертикального розподільного ділянки в будівлі проводиться через патч-панель до з'єднувачів спліттерів в ОРШ або під'їзної спліттерної коробки, незалежно від місця їх розташування, без проміжних муфт та переходів на інший тип ВОК. При проектуванні вертикального розподільного ділянки в багатоповерховій будівлі рекомендується використання ОРК на кожному поверсі.

Абонентська ділянка (абонентська розводка) - це ділянка мережі від поверхової ОРК до приміщення абонента, включаючи ОРА.

В абонентський ділянка також входить активне обладнання на стороні абонента (ONT, ONU), яке є невід'ємним елементом технології PON і знаходиться під управлінням оператора електрозв'язку. Розподільний і абонентський ділянки складають домову розподільну мережу (БРМ). Розглянемо варіант БРМ (реалізація технології FTTx).

Приклад 1. Варіант підключення багатоквартирного будинку з наступними характеристиками: число поверхів - 9; число під'їздів - 4 (тобто $S = 4$); число квартир на поверсі - 4 (тобто $M = 4$); загальне число квартир - 144 (тобто $A = 144$).

Максимальне розрахункове число абонентів - 128. Розрахунок кількості магістральних ОВ на один будинок проводиться за формулою: Число Квартир) / $N_{\text{ВОК}}$ (ємність ОВ магістрального кабелю). В даному прикладі в багатоповерховий будинок заводиться 4-х ВОК (одне ОВ з чотирьох у ВОК у кожний під'їзд, далі спліттер S_{11} : 16, з них 9 задіяно- по одному на поверх, 7 у резерв, потім спліттер S_{21} : 4 на кожному поверсі). Принцип розподілу ОВ показано на рисунку 2.2.

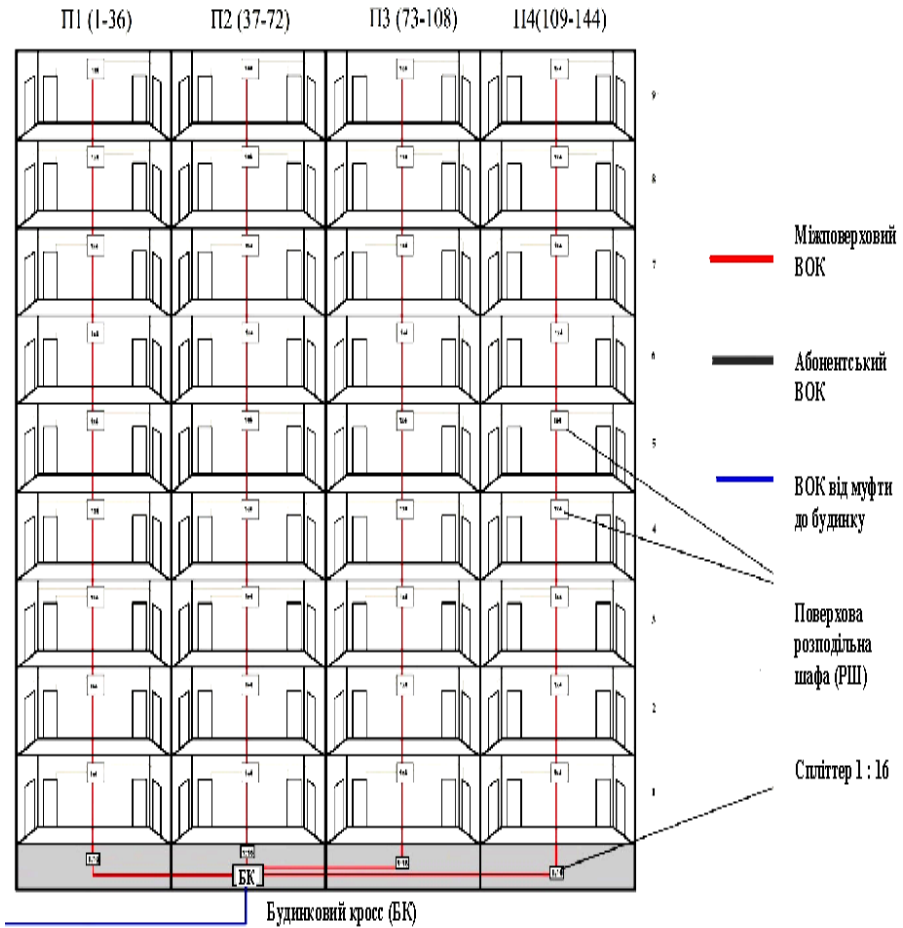


Рисунок 2.2 - Приклад розподільної мережі FTTH 9-ти поверхового будинку: 4 під'їзди x 4 квартири на один поверх

Для кожної оптичної лінії представимо всі втрати в лінії у вигляді суми загасань усіх компонентів.

$$A_{\Sigma} = (l_1 + \dots + l_n) \alpha + N_P A_P + N_C A_C + (A_{PA31} + A_{PA3m}), \text{дБ} \quad (2.2)$$

При цьому значення компонентів наступні:

- A_{Σ} - сумарні втрати в лінії (між OLT і ONU), дБ;
- l_1 - довжина і-ділянки, км;
- n - кількість ділянок;
- a - коефіцієнт загасання оптичного кабелю, дБ /км;
- N_p - кількість рознімних з'єднань;
- A_p - середні втрати в роз'ємному з'єднанні, дБ;
- N_C - кількість зварних з'єднань;
- A_C - середні втрати у звареному з'єднанні, дБ;
- A_{PAZ} - втрати в і-оптичному розгалужувачі, дБ.

Перший доданок відноситься до сумарних втрат у ВОК, другий - до втрат в роз'ємах, третій - до втрат на зварюваннях і четвертий - втрати в розгалужувачах.

2.8 Завдання для розрахунку PON

Провести розрахунок PON багатоповерхового будинку відповідно до завдання наведеного в таблиці 2.3.

Зауваження. Відстані:

- від БК до S1i прийняти 50м;
- від S1i до найближчого поверху (БК - ПР) 4м, далі на кожний поверх пропорційно до їх кількості;
- середня довжина ПР-ONT/U к-ї до найближчої першої квартири 10м, другої 20м, ...восьмої 80м.

Таблиця 2.3 - Варіанти завдань для розрахунку.

Варіанти згідно № залік. кн.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кількість під'їздів	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Відстань OLT-БК, км	1,4	1,6	2,0	2,5	0,5	2,2	2,7	0,7	1,2	1,0
Кількість кв. на поверху	8	6	4	8	6	4	8	6	4	2

2.9 Зміст звіту

Оформлений звіт повинен містити:

- титульний аркуш;
- назву роботи;
- теоретичні відомості по PON технологіям;
- результати розрахунку за обраним варіантом (табл.2.3), ескіз будівлі, довжину ВОК і їх тип, опис типу ОВ, відповіді на питання;
- висновки.

2.10 Контрольні питання

1. Призначення і область застосування PON технологій, їх відмінність від інших.
2. Поняття «дільниця» у PON технологіях, їх характеристики і відмінності.
3. Розкрийте поняття «бюджет» PON і зв'яжіть його з втратами на і-й ділянці.
4. Вкажіть основні різновиди згасань, які розраховують у PON технологіях.
5. Що таке спліттери, які їх типи використовуються і в чому їх відмінність.
6. Наведіть тлумачення скорочень FTTB/H/x і вкажіть на їх відмінності
7. Розкрийте основні різновиди втрат у PON технологіях.
8. Різниця спліттера розгалужувача від спліттера відгалужувача.

3 ПРАКТИЧНА РОБОТА №9

Бездротові канали зв'язку

Мета роботи - ознайомлення з теоретичними і практичними основами функціонування бездротових каналів зв'язку, уявлення про їх особливості і розрахунок деяких їх якісних і кількісних параметрів.

3.1 Основні положення

Розрахунок дальності роботи бездротового каналу зв'язку виконується за наступною методикою. Визначаються втрати у вільному просторі (*FSL* – *free space loss*, дБ) за формулою:

$$FSL = Y - SOM, \quad (3.1)$$

де Y – сумарне підсилення антени, дБ; SOM (*System Operating Margin*) – запас в енергетиці радіозв'язку, дБ.

$$Y = P_t + G_t + G_r - P_{\min} - L_t - L_r, \quad (3.2)$$

де P_t – потужність трансивера (передавача), дБмВт; G_t – коефіцієнт підсилення антени передавача, дБ; G_r – коефіцієнт підсилення антени ресивера (приймача), дБ; $P_{\min}$ – чутливість приймача на даній швидкості передачі, дБмВт; L_t – втрати сигналу в кабелі і рознімах тракту передачі, дБ; L_r – втрати сигналу в кабелі і рознімах тракту прийому, дБ. Для кожної швидкості передачі приймач має визначену чутливість. Рекомендовані чутливості в залежності від швидкості передачі наведені в таблиці 3.1. Для кожної моделі радіомодуля чутливість може відрізнятися від рекомендованої.

Таблиця 3.1 – Залежність чутливості від швидкості передачі

Швидкість, Мбіт/с	Чутливість, дБм
54	-66
48	-71
36	-76
9	-86
6	-87

Запас в енергетиці радіозв'язку *SOM* враховує фактори, які негативно впливають на дальність зв'язку:

- температурний дрейф чутливості приймача та потужності передавача;
- погодні аномалії: туман, дощ, вітер, сніг;
- неузгодженість антени передавача і приймача з антенно-фідерним трактом;
- перешкоди на шляху розповсюдження сигналу.

Параметр *SOM* зазвичай береться рівним 10 дБ. Вважається, що такий запас є достатнім для інженерного розрахунку. Якщо на шляху розповсюдження сигналу є перешкоди, їх вплив (затухання сигналу) треба додати до величини *SOM*. Вплив деяких перешкод на затухання сигналу наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Вплив перешкод на затухання сигналу

Перешкода	Затухання сигналу, дБ
Вікно в цегляній стіні	2
Скло в металевій рамі	6
Офісна стіна	6
Залізні двері в офісній стіні	7
Залізні двері в цегляній стіні	12,4
Скло	3–20

Інженерна формула розрахунку втрат у вільному просторі:

$$FSL = 33 + 20 \cdot (\lg F + \lg D), \quad (3.3)$$

де F – центральна частота каналу, на якому працює система зв'язку, МГц (табл.3.3); D – відстань між передавачем і приймачем, км.

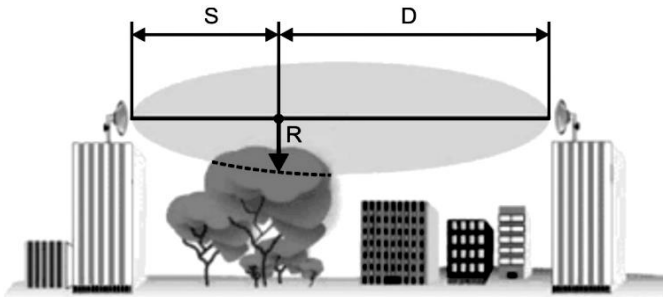
Прирівнявши формули (3.1) та (3.3) можна визначити дальність роботи бездротового каналу зв'язку:

$$D = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F \right)}. \quad (3.4)$$

Таблиця 3.3 – Центральні частоти каналу зв'язку

Канал	Центральна частота, МГц
1	2412
2	2417
3	2422
4	2427
5	2432
6	2437
7	2442
8	2447
...	...
14	2484

Радіохвиля в процесі розповсюдження у просторі займає об'єм у вигляді еліпсоїда обертання з максимальним радіусом у середині проліту, який називається зоною Френеля (рис. 3.1). Природні та штучні перешкоди, які потрапляють в цей простір, послаблюють сигнал.



S, D – відстань від антен до найвищої точки перешкоди, км;

R – радіус зони Френеля, м

Рисунок 3.1 – Зона Френеля

Розрахунок зони Френеля виконується за формулою:

$$R = 17.3 \cdot \sqrt{\frac{1}{f} \cdot \frac{S \cdot D}{S + D}}, \quad (3.5)$$

де f – частота сигналу, ГГц.

Блокування 20% зони Френеля вносить незначне затухання в канал зв'язку. Блокування більше 40% – затухання сигналу буде вже значним. Треба уникати потрапляння перешкод на шляху розповсюдження сигналу

3.2 Завдання для розрахунку

Використовуючи формули (3.1), (3.2) та (3.4) розрахувати дальності роботи бездротового каналу зв'язку D для швидкостей 54 Мбіт/с та 6 Мбіт/с. Вихідні дані наведені в таблиці 3.4. Технічні характеристики бездротового обладнання (будь-яка модель на Ваш вибір в межах вказаного у варіанті виробника) взяти з його офіційного сайту. Прийняти, що втрат сигналу в кабелі і роз'ємах немає. Номери варіантів 0–9 відповідають останній цифрі в заліковій книжці.

Таблиця 3.4 – Вхідні дані для розрахунку

№ вар.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Виробник	D-link			TP-Link			ZyXEL			
Канал зв'язку	14	1	2	3	4	5	6	7	8	1
Кількість офісних стін	4	3	0	1	6	8	5	4	2	0

Розрахувати радіус зони Френеля використовуючи вихідні дані з таблиці 3.5. Зробити висновок щодо максимальної висоти перешкоди, яка блокує не більше 40% зони Френеля.

Таблиця 3.5 – Вихідні дані для розрахунку

№ вар.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Канал зв'язку	14	1	2	3	4	5	6	7	8	1
S , км	0,03	0,2	2	1,5	0,04	1	2	0,5	2	1
D , км	0,07	1	4	0,5	0,2	1	2	0,8	4	5

3.3 Зміст звіту

Оформлений звіт повинен містити:

- мету роботи;
- теоретичні відомості;
- виконані розрахунки;
- відповіді на контрольні питання;
- висновки.

3.4 Контрольні питання

1. Загальні характеристики бездротового каналу зв'язку.
2. За якими параметрами виначаються загальні втрати у вільному просторі?
3. Чим характеризується дальність роботи бездротового каналу зв'язку і як її розрахувати?
4. Які фактори, що негативно впливають на дальність зв'язку, враховує *SOM* ?
5. Визначення зони Френеля.
6. Розрахунок зони Френеля. Характеристики параметрів.
7. З чим пов'язана можливість затухання сигналу?
8. Вплив перешкод на роботу бездротового каналу зв'язку. Як це пов'язано з розрахунками?

Література

1. Оптические системы передачи. Учебник для вузов / под ред. В.И.Иванова. – М.: Радио и связь, 1994. – 224 с.
2. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети / Р.Р.Убайдуллаев. – М.: Око- Трендз, 1988. – 267с.
3. Волоконные оптические линии связи - ВОЛС. Справочник / под ред. С.В.Свечникова, Л.М. Андрушко. – К.: Техника, 1988. – 239 с.
4. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи / Р.Фриман. – М.: Техносфера, 2003. – 450 с.
5. Коток В.Б. Волоконно-оптичні системи зв'язку / В.Б. Коток. – К.: Lucent Technologies, 1999. – 480 с.
6. Пролетарский А.В. Беспроводные сети Wi-Fi / А.В. Пролетарский, И.В. Баскаков, Д.Н. Чирков. – М.: Интернет-Университет Информационных технологий, 2007. – 178 с.
7. Росс Д. Беспроводная компьютерная сеть Wi-Fi своими руками. Установка, настройка, использование / Джон Росс. – СПб.: Наука и Техника, 2009. – 384 с.
8. Колисниченко Д.Н. Беспроводная сеть дома и в офисе / Д.Н.Колисниченко. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 480 с.
9. Столлингс В. Беспроводные линии связи и сети / В. Столлингс. – М.: Издательство: Вильямс, 2005. – 640 с.
10. Вишневский В.М. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / В.М. Вишневский, А.И. Ляхов, С.Л. Портной, И.В. Шахнович. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.
11. Корнейчук В.И. Измерение параметров компонентов и устройств ВОСП. Учебное пособие / В.И. Корнейчук. – Одесса: Видавничий центр УДАЗ ім. О.С. Попова, 2000. – 232 с.
12. Коток В.Б. Волоконно-оптичні системи зв'язку / В.Б. Коток. – К.: Lucent Technologies, 1999 – 480 с.
13. Стерлинг Д.Д. Техническое руководство по волоконной оптике / Д.Д. Стерлинг. – М.: Лори, 1998. – 288 с.
14. Корнійчук В.І. Волоконно-оптичні компоненти, системи передачі та мережі / В.І. Корнійчук, П.Д. Мосорін. – Одеса: Друк, 2001. – 363 с.
15. Бейли Д. Волоконная оптика. Теория и практика / Д.Бейли, Э.Райт. – М: ООО «ИД Кудиц-Образ», 2006. – 320с.