

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 III

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 III / Укл.: Г.В. Мороз, Є.І. Колеснікова, Г.М. Сидоренко. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 18 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 №5 Оптичні тестери	5
1.1 Мета роботи	5
1.2 Загальні відомості	5
1.3 Завдання до лабораторної роботи	7
1.4 Опис лабораторного стенду	7
1.4.1 Призначення тестера оптичного типу ОМКЗ-76	7
1.4.2 Технічні дані	8
1.4.3 Розташування органів керування, налагоджування та підключення	9
1.4.4 Підготовка до проведення вимірів	14
1.4.5 Проведення вимірів	14
1.5 Правила техніки безпеки	16
1.6 Контрольні запитання	16
1.7 Порядок проведення лабораторної роботи	17
1.8 Зміст звіту	18
1.9 Рекомендована література	18

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ВОП	–	вимірник оптичної потужності
ВОСПП	–	волоконно-оптичні системи передачі інформації
ДБ	–	децибел
ДВ	–	джерело випромінювання
ЛД	–	лазерний діод
ОК	–	оптичний кабель
СДВ	–	стабілізоване джерело випромінювання
СІД	–	світловипромінюючий діод
ФД	–	фотодіод
ФП	–	фотоперетворювач

1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

ОПТИЧНІ ТЕСТЕРИ

1.1 Мета роботи

Вивчення принципів побудови і особливості застосування оптичних тестерів, одержання практичних навичок у використанні оптичних тестерів.

1.2 Загальні відомості

Під оптичним тестером у ВОСП розуміють вимірювальний пристрій, що складається із СДВ, вимірника оптичної потужності й аксесуарів, що дозволяють підключати зазначені та інші пристрої до об'єкта виміру. В аксесуари, звичайно, входять відрізки ОК із з'єднувачами різних типів, адаптери для підключення ОК без з'єднувачів, атенюатори та інше.

Оптичні тестери, чи вимірники оптичних втрат, призначені для виміру середнього рівня потужності оптичного випромінювання на робочих довжинах хвиль волоконно-оптичній лінії зв'язку (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 ліній волоконно-оптичного зв'язку, а також у процесі профілактичних перевірок і налагоджувальних робіт активного волоконно-оптичного устаткування.

Тестери 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 з підсилювачем фотоструму, сигнальний процесор і цифровий дисплей. Падаючий на вікно фотодіода 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 і лазерні. Лазерні багатохвильові джерела програють світлодіодним по вартості і стабільності характеристик. Для подачі на нього сигналів від різних джерел використовують внутрішній оптичний розгалужувач.

Багато моделей джерел високоточних оптичних тестерів 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:

- а) моноблока, що містить СДВ і ВОП;
- б) двох окремих автономних блоків (набору) СДВ і ВОП.

Розповсюдженим представником першого варіанта є тестер типу ОМКЗ-76. До вимірювального блоку (СДВ + ВОП) підключаються винесені голівки з випромінювачами різних типів (СД, ЛД) і приймачами (*p-i-n-ФД*). Виготовлювачі далекого зарубіжжя виробляють набори з різних блоків СДВ і ВОП, а також широку номенклатуру супутніх аксесуарів.

Параметри оптичних тестерів є сукупністю параметрів СДВ та ВОП. Основним показником тестера є діапазон вимірів: він дорівнює

різниці рівнів потужності випромінювання СДВ і мінімально виявленої потужності ВОП.

1.3 Завдання до лабораторної роботи

1.3.1 Вивчити пристрій тестера, принцип роботи і правила безпечної роботи з приладом.

1.3.2 Ознайомитись з технічними характеристиками і призначенням органів керування тестера.

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

1.3.4 Підготувати протокол виконання лабораторної роботи, у якому намалювати схему структурну оптичного тестера ОМКЗ-76.

1.3.5 Пояснити призначення блоків ОМКЗ-76 і порядок виконання вимірів.

1.4 Опис лабораторного стенду

1.4.1 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.

Тестер оптичний випускається в 3-х модифікаціях:

- ОМКЗ-76 працює на $\lambda = 0,85$ мкм и 1,3 мкм;
- ОМКЗ-76 діапазон А працює на $\lambda = 0,85$ мкм;
- ОМКЗ-76 діапазон Б працює на $\lambda = 1,3$ мкм.

Умови експлуатації:

- робоча температура навколишнього середовища від 10 до 35°C (від 283 до 308 К0);
- напруга живлення $(12 \pm 1,5)$ В постійного струму;
- відносна вологість повітря до 80% при температурі 20°C.

Основні області застосування: оптичний зв'язок, світловодні системи передачі інформації.

1.4.2 Технічні дані

Довжина хвиль оптичного випромінювання:

- на виходах перетворювачів СІД-0,85 і ЛД-0,85-(0,85±0,1) мкм;
- на виходах перетворювачів СІД-1,3 і ЛД-1,3-(1,3±0,1) мкм.

Потужність беззупинного не модульованого випромінювання:

- на вихідному з'єднувачі перетворювача СІД-0,85 ≥ 10 мкВт;
- на вихідному з'єднувачі перетворювача ЛД-0,85 ≥ 300 мкВт;
- на вихідному з'єднувачі перетворювача СІД-1,3 ≥ 100 мкВт;
- на вихідному з'єднувачі перетворювача ЛД-1,3 ≥ 1 мВт;
- на виході оптичного кабелю (технологічний), підключеного до виходу перетворювача, $> 0,5$ вихідної потужності випромінювання перетворення.

Частота модуляції прямокутного модульованого зі шпаруватістю $2 \pm 0,2$ оптичного випромінювання від вбудованого генератора: 269,9-270,1 Гц.

Довжина хвиль калібрування виміру потужності оптичного випромінювання:

- з фотоперетворювачем ФП-0,85 у діапазоні (0,85±0,1) мкм;
- з фотоперетворювачем ФП-1,3 у діапазоні (1,3±0,1) мкм.

Діапазон виміру середньої потужності беззупинного випромінювання:

- на $\lambda = (0,85 \pm 0,1)$ мкм от 10-8 до -10-3 Вт (от -50 до 0 дБм);
- на $\lambda = (1,3 \pm 0,1)$ мкм от 10-8 до -10-3 Вт (от -40 до 0 дБм).

Склад комплекту приладу:

- блок індикації ОМКЗ-76;
- перетворювач СІД-0,85;
- перетворювач ЛД-0,85;
- перетворювач СІД-1,3;
- перетворювач ЛД-1,3;
- фотоперетворювач ФП-0,85;
- фотоперетворювач ФП-1,3;
- кабелі сполучні (маркірування К5, К4, К3, К2, К1).

1.4.3 Розташування органів керування, налагоджування та підключення

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

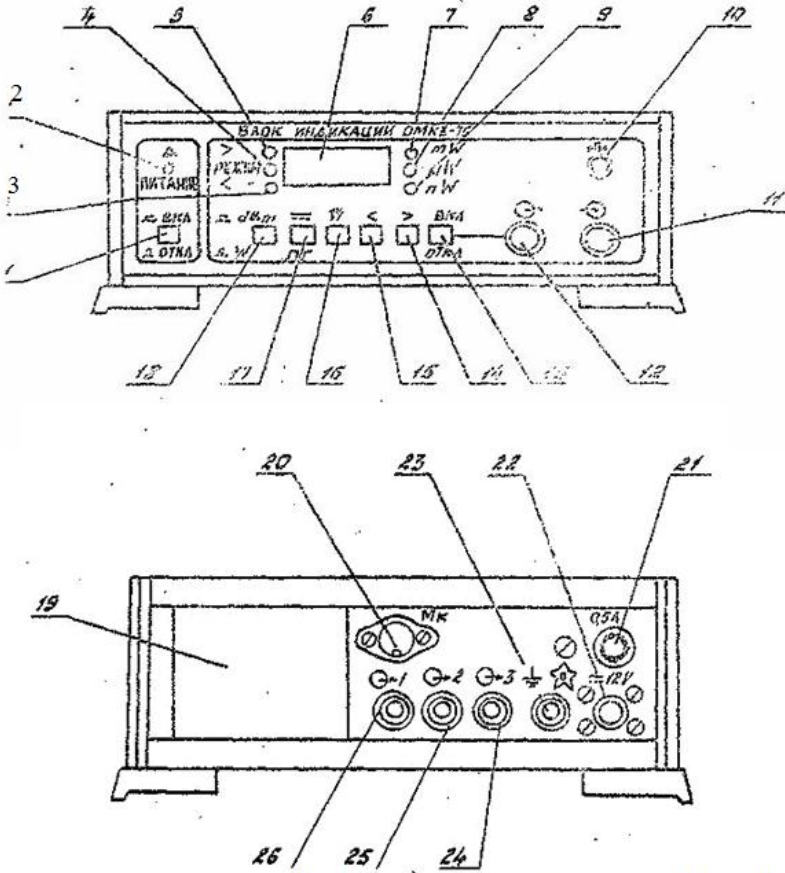


Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд передньої (а) та задньої (б) панелі

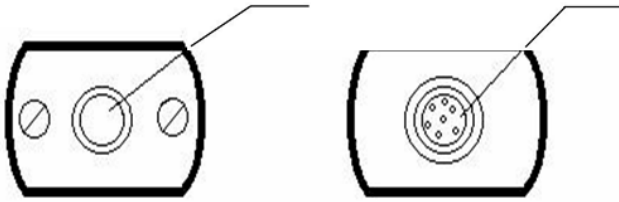


Рисунок 1.2 – Передня і задня панелі фотоперетворювачів

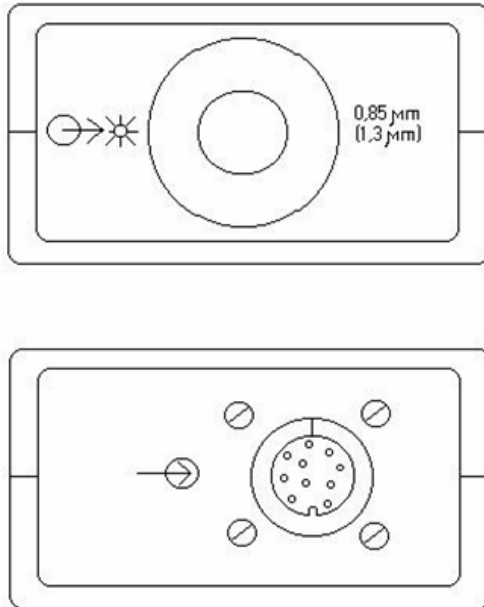



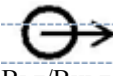



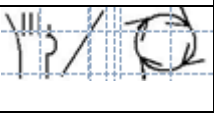
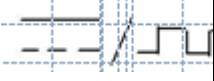


Рисунок 1.3 – Передня і задня панелі перетворювачів СІД та ЛД

Призначення органів керування та їх вихідне положення наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Призначення органів керування та їх вихідне положення

Позиції по рис. 4.1	Позначення органів керування або з'єднувача	Призначення	Вихідне Призначення
1	 <div style="display: flex; flex-direction: column; justify-content: space-around;"> Вкл. Викл. </div>	Кнопка вмикання живлення	
2	 Живлення	Індикатор розряду батареї	
3		Індикатор-індикація виходу вниз за діапазон вимірювання	
4	РЕЖ.	Індикатор-індикація виходу в діапазон вимірювання	
5		Індикатор-індикація виходу вгору за діапазон вимірювання	
6		Індикатор-індикації значення вимірюваної потужності	
7	mW	Індикатор-індикації одиниць виміру потужності в мВт	
8	μ W	Індикатор-індикації одиниць виміру потужності в мкВт	
9	nW	Індикатор-індикації одиниць виміру потужності в нВт	
10		Ручка установки нуля в приладі	
11		Рознімання-підключення кабелю "К5" ФП-0.85, ФП-1.3	Фотоприймач підключено

Продовження таблиці 1.1

12		Рознімання- підключення кабелю “К4” СІД і ЛД	
13	 Вкл/Викл	Кнопка переключення режимів робіт джерел випромінювання перетворювачів: СІД-0.85, СІД-1.3, ЛД-0.85, ЛД-1.3	
14		Кнопка переключення діапазонів виміру «нагору»	
15		Кнопка переключення діапазонів виміру «вниз»	
16		Кнопка переключення діапазонів виміру: ручне-автоматичне	Довільне
17		Кнопка переключення режимів робіт: немодульоване та прямокутно- модульоване випромінювання 	Довільне
18	dBm/W	Кнопка переключення режимів вимірювання потужності в одиницях “дБм” та “Вт”	Довільне
19		Кришка відсіку для елементів живлення	Заземлено при живленні від зовнішнього живлення 220В
20	Мк	Рознімання-вмикання мікрофону	

Кінець таблиці 1.1

21	0.5A	Запобіжник у ланцюгу живлення	
22	12В	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	
<i>Позиції по рис. 4.2</i>			
1	0.85	Вихідний оптичний з'єднувач	Зачинено заглушкою
2	(1.3)	Роз'ємник вмикання кабелю з'єднувального "К5"	
<i>Позиції по рис. 4.3</i>		"	
1	 0.85 (1.3)		Зачинено заглушкою або під'єднан до лінії
2		Роз'ємник вмикання кабелю з'єднувального "К4"	

1.4.4 Підготовка до проведення вимірів

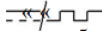
Встановити органи керування і контролю в підготовчій положення, підключити до блоку індикації кабелем "К 5" фотоперетворювач ФП і кабелем "К4" перетворювач СІД чи ЛД відповідної довжини хвилі.

Перемикач "ЖИВЛЕННЯ" поставити в положення ВКЛ, при цьому має 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 фотоперетворювача ФП-0,85 (ФП-1.3), який спрямовано на джерело світла, на цифровому індикаторі індикуються значення потужності випромінювання, який потрапив на фотоприймач через вхідний роз'єм;

- при під'єднанні до вхідного з'єднувача фотоперетворювача ФП- 0,85 (ФП-1.3) виходу перетворювача СІД-0,85 (СІД-1,3) чи ЛД-0,85 (ЛД-1,3) і положенні ВКЛ кнопки "↗" перемикача режиму робіт, на цифровому індикаторі індикуються значення потужності випромінювання, що надходить на фотоприймач;

- при переключенні кнопки  значення потужності індиковане на цифровому табло, має змінитися приблизно в 2 рази.

1.4.5 Проведення вимірів

Прилад забезпечує наступні режими робіт:

- вимір в одиницях "Вт" і "дБм" середньої потужності беззупинного і прямокутного модульованого частотою 270 Гц оптичного випромінювання на довжинах хвиль (0,85±0,1) і (1,3±0,1) мкм;

- випромінювання беззупинного не модульованого оптичного сигналу;

- випромінювання оптичного сигналу 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 (1 мВт). Співвідношення між потужністю випромінювання в одиницях "дБм" P [дБм] і в одиницях "Вт" P (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 фотоперетворювача ФП-0,85 (ФП-1.3).

Встановлення режимів роботи перетворювачів (СІД-0.85, ЛД.85, СІД-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, СІД-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 вимірюється в одиницях "Вт".

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

якщо потужність випромінювання вимірюється в одиницях "дБм".

Приєднання джерела випромінювання СІД чи ЛД до фотоперетворювача ФП виконується оптичним кабелем з діаметром кінцевіка 2,5 мм. 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 фотоперетворювач втулкою і адаптером.

Прилад дозволяє здійснювати телефонний 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 із вхідним опором 0,5~2,5 кОм.

1.5 Правила техніки безпеки

Варто перевірити надійність вимірювального заземлення. Заземлення роботи 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 оптичного кабелю, підключеного до перетворювача.

1.6 Контрольні запитання

1. Призначення й область застосування оптичних тестерів.
2. Технічні характеристики тестера ОКМЗ-76
3. Призначення органів керування тестера ОКМЗ-76.
4. Склад комплекту приладу.
5. Блок-схема включення пристроїв приладу.
6. Одиниці виміру потужності світлового випромінювання і співвідношення між ними.

7. Беззупинний імпульсний режим роботи тестера.

1.7 Порядок проведення лабораторної роботи

Зібрати схему згідно з рисунком 1.4.

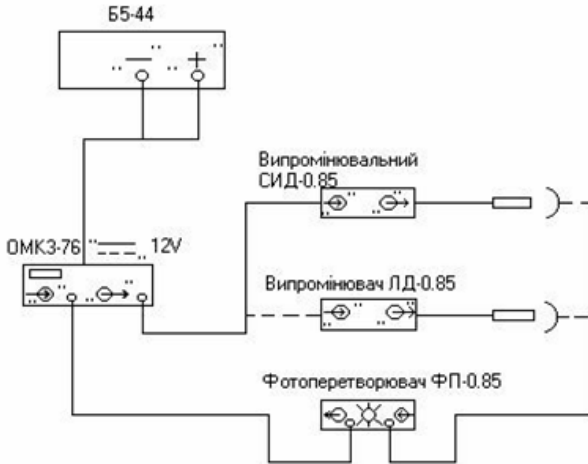


Рисунок 1.4 – Структурна схема оптичного тестера ОМК3-76

Виконати роботи по підготовці тестера до вимірів (п.1.4.4).

Виконати вимір потужності оптичного випромінювання (режим беззупинного випромінювання):

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

– на відкритий вхід фотоперетворювача ФП-0,85 подати світловий сигнал природного висвітлення і вимірити тестером потужність випромінювання.

Виміри виконати в одиницях Вт, дБм. Результати вимірів занести в таблицю. Записати положення органів керування оптичного тестера.

Виконати виміри прямокутно-модульованого оптичного випромінювання:

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

Виміри виконати в одиницях Вт, дБм. Результати вимірів занести в таблицю. Записати положення органів керування оптичного тестера.

1.8 Зміст звіту

1. Мета роботи.
2. Короткі теоретичні знання з технічних і експлуатаційних характеристиках оптичних тестерів.
3. Структурна схема тестера ОКМЗ-76 і призначення основних вузлів.
4. Порядок виконання вимірів тестером ОКМЗ-76.
5. Результати вимірів оформленні у вигляді таблиці.
6. Висновки за результатами роботи.

1.9 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.