

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 I

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 I / Укл.: Г.В. Мороз, Є.І. Колеснікова, Г.М. Сидоренко. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 25 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 №1 Джерела випромінювання.....	5
1.1 Мета роботи	5
1.2 Загальні відомості	5
1.3 Завдання до лабораторної роботи.....	8
1.4 Контрольні запитання	9
1.5 Правила техніки безпеки	9
1.6 Опис лабораторного стенду	9
1.7 Порядок проведення лабораторної роботи	10
1.8 Зміст звіту	11
1.9 Рекомендована література	11
2 Лабораторна робота № 2 Волоконно-оптичні розгалужувачі	12
2.1 Мета роботи	12
2.2 Теоретичні відомості.....	12
2.3 Завдання до лабораторної роботи.....	21
2.4 Контрольні запитання	22
2.5 Прилади та обладнання.....	22
2.6 Вказівки з техніки безпеки	23
2.7 Хід виконання лабораторної роботи	24
2.8 Зміст звіту	24
2.9 Рекомендована література	25

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ВОЛЗ	–	волоконно-оптична лінія зв'язку
ВОСПІ	–	волоконно-оптичні системи передачі інформації
ВтАХ	–	ватт-амперна характеристика
ДВ	–	джерело випромінювання
ОВ	–	оптичне волокно
СЛД	–	суперлюмінесцентний діод
СД	–	світловипромінювальний діод

1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

ДЖЕРЕЛА ВИПРОМІНЮВАННЯ

1.1 Мета роботи

Дослідження основних характеристик напівпровідникових джерел оптичного випромінювання, що використовуються в ВОСП.

1.2 Загальні відомості

В ВОСП використовуються напівпровідникові джерела випромінювання (ДВ) трьох видів: світловипромінювальні діоди (СД), суперлюмінесцентні діоди (СЛД) та інжекційні лазерні діоди (ЛД). Основою цих ДВ є напівпровідник (наприклад, арсенід галію – GaAs, або арсенід галію-алюмінію – GaAsAl та ін.) з підведеними до нього металевими електродами. Напівпровідник містить p - n перехід, в якому при прямому зміщенні електрони інжектуються з n -області до p -області. В останній виникає випромінювальна рекомбінація носіїв, в результаті якої виникають кванти світла в діапазоні довжин хвиль, що залежить від складу напівпровідникового матеріалу.

Випромінювання світлодіоду є некогерентним та слабоспрямованим. Тому для ефективного передавання енергії від СД необхідно використовувати багатомодові оптичні волокна (ОВ) з великою чисельною апертурою.

В СЛД генерація світла зумовлена як спонтанним, так і вимушеним випромінюванням. Вони, як і ЛД, містять резонатор, однак величина позитивного зворотного зв'язку недостатня для виникнення генерації. В результаті СЛД мають більшу ніж у СД потужність випромінювання, звужену діаграму спрямованості та кращу швидкодію керування.

ЛД мають вбудований оптичний резонатор, що дозволяє в результаті процесу вимушеного (стимульованого) випромінювання, виникаючого за умови перевищення струмом накачки деякого порогового значення I_n , суттєво збільшити інтенсивність випромінювання на одній чи деяких модах резонатора. Завдяки високій спрямованості випромінювання ЛД забезпечують ефективний

ввід потужності не тільки до багатомодового, але й до одномодового ОВ.

Напівпровідникові ДВ мають практично цінну для волоконно-оптичного зв'язку властивість – можливість безпосередньої (внутрішньої) модуляції. Зовнішній модулятор для цих джерел не потрібний. Змінюючи величину струму інжекції (струму накачування), можна керувати інтенсивністю (потужністю) випромінювання, а, отже, доволі просто модулювати вихідне випромінювання. Типові вольт-амперні характеристики (ВтАХ) трьох типів ДВ представлені на рисунку 1.1 а. ВтАХ являє собою залежність потужності випромінювання P від струму накачування I_n . ВтАХ СД та СЛД порівняно лінійні, тому їх доцільно використовувати для аналогової передачі. У ЛД ця характеристика істотно нелінійна і має чітко виражену порогову залежність потужності випромінювання від струму накачування. При перевищенні струму накачування вище порогового I_n ЛД працює в режимі вимушеного випромінювання, а в протилежному випадку – в режимі спонтанного випромінювання. Струм, що модулює, не повинен бути менше за I_n , бо перехід до режиму спонтанного випромінювання призводить до зниження швидкодії пристрою (затримка при вмиканні) та до розширення спектру випромінювання. З метою забезпечення високої швидкодії та вузького спектру випромінювання при модуляції ЛД створюють початкове зміщення постійним струмом, що приблизно дорівнює пороговому. При цьому слід мати на увазі сильну температурну залежність ВтАХ ЛД (рис. 1.1 а). Характеристики СД та СЛД мають набагато меншу температурну нестабільність. Принцип здійснення імпульсної модуляції інтенсивності випромінювання ЛД наведений на рисунку 1.1 б).

Основні параметри ДВ: тип випромінювача, довжина хвилі випромінювання, випромінювальна потужність, струм накачування, максимальна частота модуляції, ширина обвідної оптичного спектру випромінювання, тип оптичного елемента стикування з волокном, геометричні розміри, ресурс роботи, діапазон робочих температур. Порівняльні параметри двох ДВ, що досліджуються в цій лабораторній роботі, наведені в таблиці 1.1.

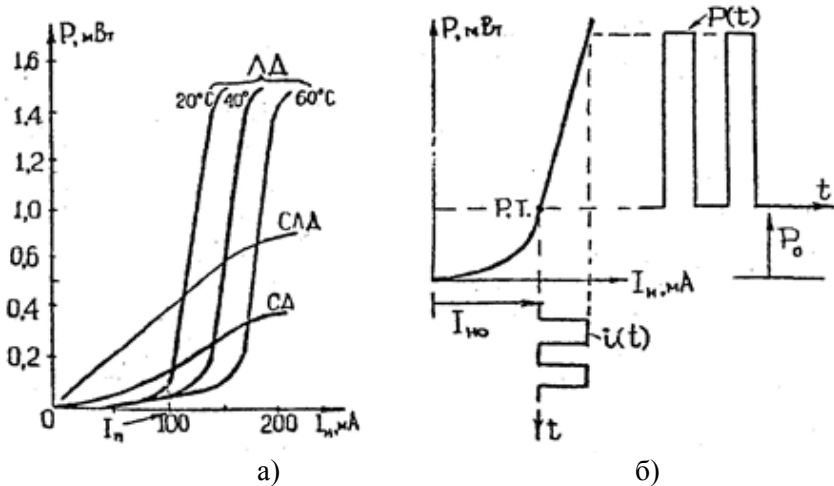


Рисунок 1.1 – Вольт-амперні характеристики джерел випромінювання

Таблиця 1.1 – Типові характеристики джерел випромінювання

Марка пристрою	Тип випромінювача	Довжина хвилі випромінювання $\Delta\lambda$, мкм	Потужність випромінювання $P, \text{ мВт}$	Струм накачки I , мА	МГц	Ширина огибаючої спектра $\Delta\lambda$, нм	Діаметр волокна на виході пристрою, що узгоджує, мкм
ІЛПН-110	СЛД	0,85	0,1	0,1	15	40	60
ІЛПН-206	ЛД	1,3	1	0,15	200	2	50

Вибір джерела оптичного випромінювання диктується особливостями ВОСП, що проектується. Теоретично, ЛД найкращим чином підходять для ВОСП, маючи малі габарити і масу, великі ККД та швидкодію. За малих апертурних кутів вони дозволяють вводити до одно- та багатомодових ОВ потужність у декілька міліват, що дозволяє передавати інформацію на відстань у декілька десятків кілометрів без ретрансляції. Швидкість передачі може перевищувати

1 Гбіт/с. Недоліком ЛД є невеликий ресурс роботи (біля 104 годин), а також сильна температурна та часова нестабільність рівню потужності випромінювання, що вимагає використання спеціальних схем її стабілізації.

СД та СЛД простіше та дешевші за ЛД, мають практично лінійну ВтАХ, більший ресурс роботи (до 10 5 годин), кращу температурну та часову стабільність. Однак для СД та СЛД характерні мала швидкодія (менше за 100 Мбіт/с) та значне розходження випромінювання, що дозволяє вводити навіть у багатомодове ОВ лише декілька процентів потужності випромінювання. За цих причин СД та СЛД доцільно використовувати в аналогових, а також в цифрових ВОСПІ невеликої протяжності (без регенераторів) зі швидкостями передачі інформації до 34,368 Мбіт/с, наприклад, для з'єднувальних ліній між АТС у міській телефонній мережі.

1.3 Завдання до лабораторної роботи

1.3.1 Ознайомитись з принципом дії та характеристиками джерел оптичного випромінювання для ВОЛЗ, використовуючи рекомендовану літературу та матеріал лекцій.

1.3.2 Розрахувати в діапазоні змін струмів I_n 0...100 мА залежність потужності випромінювання джерела за формулою:

$$P = a(I_n - bI_n^2),$$

де коефіцієнти апроксимації a та b наведено в таблиці 1.2. Номери варіантів (0...9) відповідають останній цифрі в номері студентського квитка.

Таблиця 1.2 – Значення коефіцієнтів a та b

№ вар.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$a, \text{Вт/А}$	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,01	0,011	0,012	0,013	0,014
$b, \text{А}^{-1}$	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0

За результатами розрахунку побудувати вольт-амперну характеристику випромінювача в координатах P , мВт – I_n , мА.

Пояснити, якому типу джерела випромінювання (СД, СЛД або ЛД) відповідає побудована характеристика.

3.3. При струмі накачування $I_n = 50$ мА визначити по побудованій ВтАХ квантовий ККД джерела випромінювання за формулою

$$\eta = \frac{\Delta P \cdot 100\%}{\Delta I_n},$$

де ΔP – приріст потужності випромінювання (мВт), що викликано приростом струму накачки ΔI_n (мА).

1.4 Контрольні запитання

1. Які типи джерел випромінювання використовують в ВОСПП?
2. На яких фізичних явищах побудована робота СД, СЛД та ЛД?
3. Приведіть ВтАХ СД, СЛД, ЛД і поясніть їх хід та їх відмінності.
4. Назвіть переваги та недоліки некогерентних та когерентних джерел випромінювання.
5. Поясніть призначення елементів структурної схеми макету для вимірювання характеристик джерел випромінювання.

1.5 Правила техніки безпеки

Ні в якому разі при роботі з джерелами оптичного випромінювання не дивитись на вихідний торець випромінювача або з'єднувача. Спектр випромінювання знаходиться поза оптичним діапазоном, який сприймає людське око, але може привести до незворотних пошкоджень органів зору.

1.6 Опис лабораторного стенду

Схема макету для вимірювання характеристик джерел випромінювання приведена на рисунку 1.2. Струм накачки від джерела живлення I типу Б5-45 через реостат 2, яким регулюється

1.7.2 Виміряти струм контрольного фотодіоду в пристрої ИЛПН-206.

1.7.3 Побудувати ВАХ та ВтАХ на одному графіку для ДВ-1 та на другому для ДВ-2.

1.7.4 Розрахувати значення квантової ефективності ДВ-1 та ДВ-2 на лінійному відрізку характеристики.

1.7.5 Визначити пороговий струм накачки ДВ-2.

1.7.6 По ВАХ визначити динамічний опір $R_{дин}$ ДВ-1 та ДВ-2 при струмі накачування, що відповідає середині лінійної ділянки їх ВАХ.

$$R_{дин} = \frac{\Delta U}{\Delta I},$$

де ΔU – приріст напруги на виводах випромінювача, що відповідає приросту струму через нього ΔI .

1.8 Зміст звіту

1.8.1 Привести структурну схему лабораторного стенду.

1.8.2 Виконати розрахунки за домашнім завданням згідно розділів 1.3.1 та 1.3.2.

1.8.3 Накреслити ВтАХ для ДВ-1.

1.8.4 Накреслити ВтАХ для ДВ-2.

1.8.5 Розрахувати квантовий ККД для ДВ-1 та ДВ-2.

1.8.6 Зробити висновки по роботі.

1.9 Рекомендована література

1. Корнейчук В.И. Измерение параметров компонентов и устройств ВОСП. Учебное пособие / В.И. Корнейчук. – Одеса: Видавничий центр УДАЗ ім О.С. Попова, 2000. – 232 с.

2. Коток В.Б. Волоконно-оптичні системи зв'язку / В.Б. Коток. – К.: Lucent Technologies, 1999 – 480 с.

3. Корнейчук В.І. Волоконно-оптичні компоненти, системи передачі та мережі / В.І. Корнейчук, П.Д. Моросін. – Одеса: “Друк”, 2001 – 364 с.

2 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

ВОЛОКОННО-ОПТИЧНІ РОЗГАЛУЖУВАЧІ

2.1 Мета роботи

Метою роботи є практичне закріплення знань, отриманих при вивченні оптичних розгалужувачів, що складається з:

- вивчення і практичного освоєння конструкцій волоконно-оптичних розгалужувачів;
- вивчення і практичного ознайомлення з основними характеристиками волоконно-оптичних розгалужувачів;
- придбання практичних навичок контролю оптичних характеристик волоконно-оптичних розгалужувачів.

2.2 Теоретичні відомості

Розподільні мережі

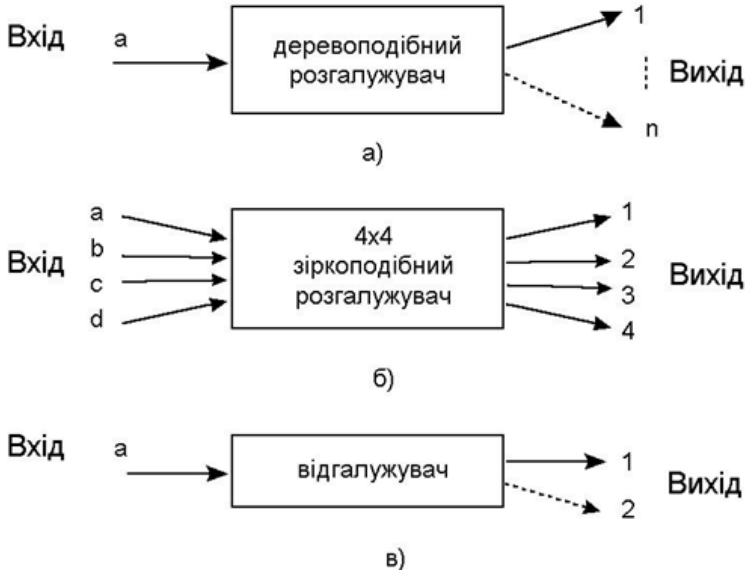
Для розподілу оптичного випромінювання в кілька волоконних каналів, або навпаки, для об'єднання кількох оптичних сигналів для передачі по одному каналу потрібні такі пристрої, як відгалужувачі і розгалужувачі.

Розгалужувач (coupler) – пристрій, у якому відбувається як правило, однаковий розподіл потужності вхідного сигналу між двома або більшим числом вихідних каналів (полісів). При зміні напрямку світлових потоків на протилежний розгалужувач виконує роль об'єднувача (суматора).

Відгалужувач – це узагальнення розгалужувача, у якому вихідна потужність розподіляється між вихідними каналами не обов'язково в рівній мірі.

Основні категорії оптичних розгалужувачів наступні (рис. 2.1):

- деревоподібний розгалужувач;
- зіркоподібний розгалужувач;
- відгалужувач.



а) деревоподібний розгалужувач; б) зіркоподібний розгалужувач;
в) відгалужувач.

Рисунок 2.1 – Типи розгалужувачів

Розгалужувачі можуть застосовуватися в різних волоконно-оптичних схемах. На рисунку 2.2 а) приведенне використання Y-подібного розгалужувача в схемі рефлектометра. На рисунку 2.2 б) приведена схема використання чотирьохполюсного X-подібного спрямованого розгалужувача в локальній кільцевій мережі. На рисунку 2.2 в) приведена схема дуплексної системи передачі по одному оптичному волокну з використанням Y-подібних розгалужувачів.

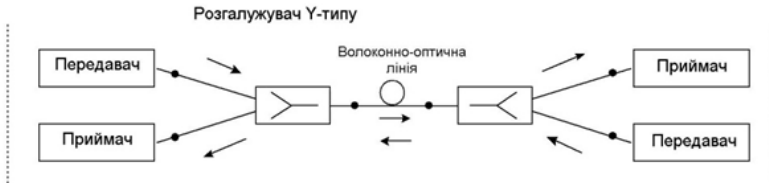
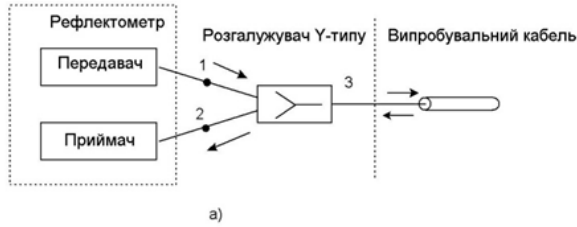


Рисунок 2.2 – Типові схеми застосування волоконно-оптичних розгалужувачів

Деревоподібний розгалужувач (tree coupler)

Деревоподібний розгалужувач здійснює розщеплення одного вхідного оптичного сигналу на декілька вихідних, або виконує зворотну функцію – об'єднання декількох сигналів в один вихідний (рис. 2.1 а). Звичайно деревоподібні розгалужувачі розподіляють потужність в однаковій мірі між усіма вихідними полюсами. Конфігурація полюсів позначається як $n \times m$, де n – число вхідних

полюсів (для деревоподібного розгалужувача $n = 1$), а m – число вихідних полюсів, коли пристрій працює в режимі розщеплення. У застосовуваних у даний час моделях кількість вихідних портів може знаходитися в межах від 2 до 32.

Більшість деревоподібних розгалужувачів двонаправлені. Тому розгалужувач може виконувати функції поділу або об'єднання сигналів.

Зіркоподібний розгалужувач (star coupler)

Зіркоподібний розгалужувач звичайно, як правило, має однакове число вхідних і вихідних полюсів. Оптичний сигнал приходиться на один з n вхідних полюсів і в однаковій мірі розподіляється між n' вихідними полюсами. Велике поширення одержали зіркоподібні розгалужувачі 2×2 і 4×4 . В запобіганні плутанини по вхідних і вихідних полюсах, прийнято позначати вхідні полюси латинськими буквами, а вихідні полюси – цифрами (рис. 2.1 б). Зіркоподібні розгалужувачі розподіляють потужність в однаковій мірі між усіма вихідними полюсами.

Відгалужувач (tap)

Відгалужувач – це різновид деревоподібного розгалужувача, коли вихідна потужність розподіляється необов'язково в рівній пропорції між вихідними полюсами (рис. 2.1 в). Розподіл вихідної потужності відгалужувачів буває у такій залежності: 1×2 , 1×3 , 1×4 , 1×5 , 1×6 , 1×8 , 1×16 , 1×32 . Деяка частка (менше 50%) вихідної потужності йде на канал (канали) відгалуження, у той час як велика частина залишається в магістральному каналі. Вихідні полюси нумеруються в порядку убування потужності. Вхідні полюси визначаються літерами, вихідні – цифрами.

Серед відгалужувачів широкого поширення набули спрямовані, що мають два вхідних та два вихідних полюси, при чому ці вхідні пари полюсів між собою розв'язані. Такий відгалужувач здійснює функцію нерівного розподілу оптичної потужності, що надходить на один із вхідних каналів тільки між вихідними каналами. При зворотньому вмиканні пристрій також працює як спрямований відгалужувач (СВ).

Характеристики розгалужувачів

Роздивимось характеристики розгалужувачів на прикладі спрямованого X подібного відгалужувача.

Спрямований відгалужувач є основним компонентом багатьох розподільних мереж. На рисунку 2.3 показано розгалужувач із чотирима полюсами (X-відгалужувач). Такий відгалужувач є двоспрямованим. Можливі напрямки розповсюдження потужності світла показано на рисунку стрілками. Для опису параметрів відгалужувача приймемо, що на полюс 1 приходить потужність P_1 , що ділиться між полюсами 2 і 3 у відповідній пропорції. В ідеалі жодна частка потужності не потрапляє на полюс 4 (що називається ізольованим). Без втрат спільності розгляду можемо прийняти, що потрапляє на полюс 2, дорівнює або більша за потужність, що з'являється на полюсі 3.

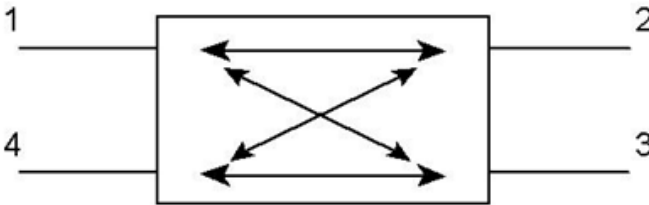


Рисунок 2.3 – Чотириполюсний спрямований відгалужувач

Вводять наступні параметри, що описують характеристики відгалужувача, які вимірюються в дБ:

– коефіцієнт передачі визначає втрати передачі потужності між вхідним полюсом та одним із вихідних полюсів (у даному випадку 2);

$$\alpha_{nep} = -10 \lg \frac{P_2}{P} \quad (2.1)$$

– коефіцієнт відгалуження враховує передачу між вхідним полюсом 1 і полюсом відгалуження (у даному випадку 3);

$$\alpha_{sid} = -10 \lg \frac{P_3}{P_1} \quad (2.2)$$

– коефіцієнт спрямованості визначає передачу потужності між вхідним 1 та ізолюваним 4 полюсами;

$$\alpha_{сnp} = -10 \lg \frac{P_4}{P_1} \quad (2.3)$$

– внесені втрати оцінюють потужність, що губитися у відгалужувачі. Вона обумовлена випромінюванням, розсіюванням, поглинанням і зв'язком з ізолюваним полюсом;

$$\alpha_{вн} = -10 \lg \left(\frac{P_2 + P_3}{P_1} \right) \quad (2.4)$$

В ідеальному відгалужувачі потужність не потрапляє до ізолюваного полюсу 4 ($\alpha_{сnp} = \infty$). До того ж він не має внутрішніх втрат потужності, так що загальна потужність, що з'являється на полюсах 2 і 3, дорівнює потужності на вході:

$$P_1 = P_2 + P_3 \quad (2.5)$$

Якісні спрямовані відгалужувачі мають внесені втрати менші 1 дБ і коефіцієнт спрямованості більший за 40 дБ.

Конструкції розгалужувачів

Конструкція розгалужувача залежить від типу оптичного волокна (ОВ), приймального кута, відношення радіуса серцевини до товщини оболонки, модового розподілу, що збуджується на вході ОВ.

По своїй конструкції розгалужувачі розділяють на дві групи: біконічні, у яких випромінювання передається через бічну поверхню і торцеві, у яких випромінювання передається через торець ОВ. В обох

випадках передача випромінювання може здійснюватися або при безпосередньому контакті ОВ, або через допоміжні елементи – дзеркала, лінзи, змішувачі. У біконічних розгалужувачах світло може бути витягнуте через бічну поверхню при перетворенні спрямованої моди в моду випромінювання при зв'язку з другим ОВ через зникаюче поле.

Перетворення хвиль, що поширюється, у моди випромінювання одержують при вигині ОВ (рис. 2.4 а), або при знятті оболонки, що відбиває (рис. 2.4 б).

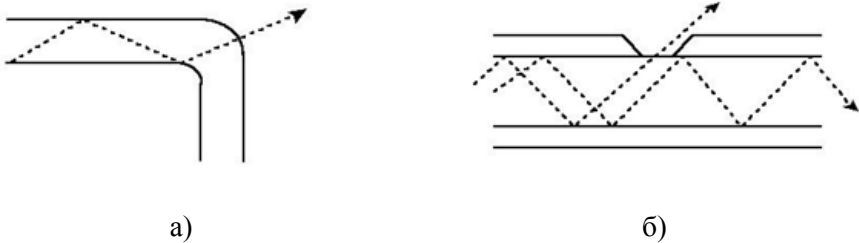


Рисунок 2.4 – Перетворення хвилі, що розповсюджується в моди випромінювання

Біконічні розгалужувачі відносно легко виготовляти, однак вони мають погану відтворюваність параметрів. Внесені втрати – 0,2-1 дБ.

З розгалужувачів торцевого типу найбільш поширені такі, у яких торці вихідних ОВ безпосередньо зістиковуються з торцем вхідного ОВ і закріплюються або механічно або склеюються (рис. 2.5). Змінюючи взаємне положення торців ОВ і підбираючи їхній поперечний переріз можна змінювати в широких межах відношення в різних вихідних каналах.

Внесені втрати складають 0,3-1,2 дБ. Для зниження втрат, а також для зменшення порушення мод, оболонки стравлюють або зішліфовують.

Можливе виготовлення розгалужувачів з ветвящою структурою, сформованої шляхом склеювання або сплавлення вихідних торців ОВ уздовж зішліфованих під малим кутом серцевин і з'єднання з торцем вхідного ОВ (рис. 2.6).

Хоча принцип розгалужувача простий, виготовлення скрутне. Внесені втрати 0,5 – 1,2 дБ. Ця конструкція підходить як для градієнтних, так і для східчастих світловодів. Поділ мод і втрати ростуть з ростом кута θ , під яким з'єднані світловоди.

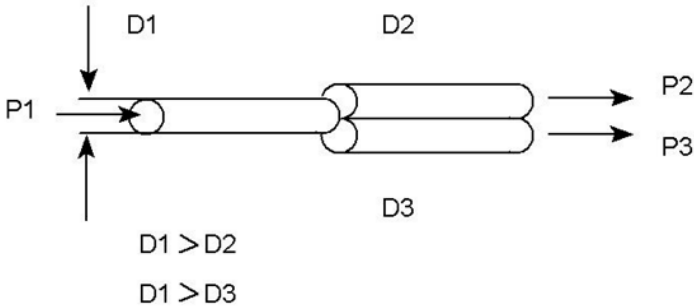


Рисунок 2.5 – Розгалужувач торцевого типу

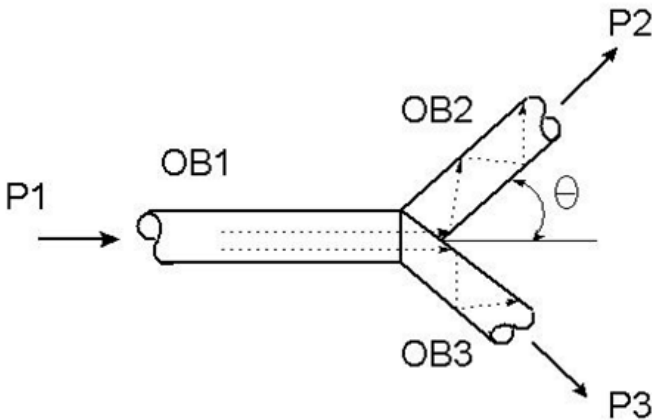


Рисунок 2.6 – Розгалужувач із структурою біконічного спрямування

Зіркоподібний розгалужувач відбиваючого типу складається з циліндричного корпусу зі скляним змішувальним стрижнем 1 (рис. 2.7). Один з кінців змішувального стрижня являє собою сферичне дзеркало 2, на інший кінець нанесене покриття, що просвітлює, 3. Випромінювання, що виходить з будь-якого світловода 4 відбивається від дзеркала і рівномірно розподіляється по всім іншим світловодам.

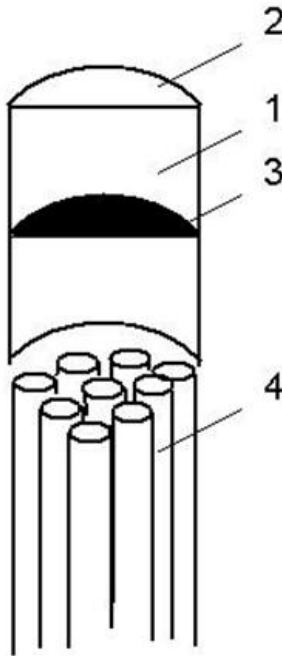


Рисунок 2.7 – Зіркоподібний розгалужувач

Найбільше поширення одержали розгалужувачі зі сплавним переходом (biconical tapered coupler), виготовлений шляхом зливання двох багатомодових (східчастих чи градієнтних) волокон, наступного їхнього нагрівання і витягування до утворення біконічного переходу (перемичка з діаметром рівним діаметру волокон, що сплавляються) (рис. 2.8).

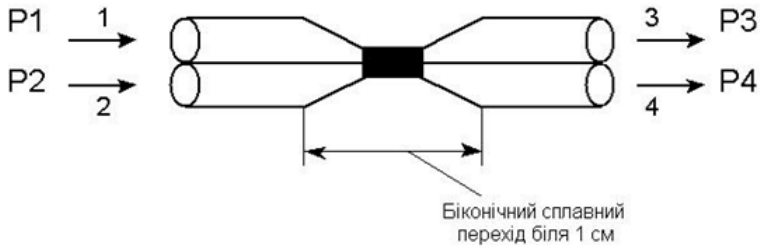


Рисунок 2.8 – Біконічний розгалужувач зі сплавленим переходом

Моди вищого порядку, що надходять у відвід (порт) 1 за рахунок вхідного звуження перемички входять в оболонку й у результаті стають загальними в оболонці обох відводів (портів) 3 і 4. Далі за рахунок вихідного розширення перемички ці оболонні моди знову входять у серцевини відводів. На практиці реалізовані розгалужувачі з волокон як із градієнтним так і зі східчастим профілем показника переломлення. Мають коефіцієнт зв'язку від 3 дБ (однакова потужність в обох вихідних відводах) до 20 дБ.

2.3 Завдання до лабораторної роботи

2.3.1 Вивчити призначення розгалужувачів оптичної потужності та їх класифікацію.

2.3.2 Ознайомитися з принципами розгалуження оптичної потужності в ВОСП.

2.3.3 Вивчити конструкцію розгалужувачів.

2.3.4 Вивчити основні характеристики розгалужувачів.

2.3.5 Продумати порядок проведення практичної роботи з виміру параметрів оптичного розгалужувача Y типу.

2.3.6 Розрахувати усі чотири характеристики розгалужувача в дБ, використовуючи таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунків

	Остання цифра залікової книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$P_{\text{ВХ1}}, \text{ mW}$	1,5	1,3	1,2	1	0,9	0,8	0,7	0,8	0,5	0,4
$P_{\text{ВХ2}}, \text{ mW}$	0,9	0,7	0,6	0,5	0,3	0,45	0,4	0,2	0,15	0,2
$P_{\text{ВХ3}}, \text{ mW}$	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,15	0,15	0,1
$P_{\text{ВХ4}}, \text{ mW}$	0,01	0,008	0,007	0,006	0,005	0,004	0,003	0,002	0,001	0,001

2.4 Контрольні запитання

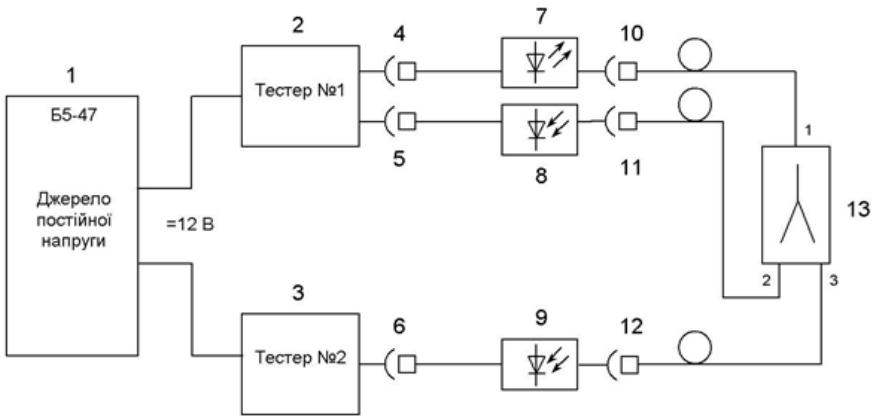
1. У чому різниця між розгалужувачем і відгалужувачем?
2. Які бувають типи розгалужувачів?
3. Що таке дільник оптичної потужності, чи відгалужувач?
4. Що таке зіркоподібний дільник оптичної потужності, принцип дії і пристрій.
5. Як улаштовані торцевий і біконічний розгалужувачі?
6. Як улаштовано зіркоподібний розгалужувач?
7. Пристрій розгалужувача зі сплавним переходом.
8. Перелічити параметри, що характеризують розгалужувач.
9. Що таке коефіцієнт відгалуження і як він визначається?
10. Що таке коефіцієнт спрямованості і як він визначається?
11. Що таке внесені втрати і як вони визначаються.

2.5 Прилади та обладнання

У лабораторній роботі використовується розгалужувач Y-типу, побудований за принципом рівномірного розподілу оптичної потужності з багатомодових волоконних світловодів типу «кварц-кварц» з коефіцієнтом розподілу потужності по каналах 1:2, або з коефіцієнтом передачі між полюсами 3 дБ, перехідним загасанням на ближньому кінці не менш 40 дБ, довжиною хвилі випромінювання при якій гарантуються параметри – 0,85 мкм. По типу виготовлення світловод біконічний зі сплавним переходом, виготовлений шляхом звивання двох багатомодових волокон, наступного їхнього нагрівання і витягування до утворення біконічного переходу – перемички з діаметром рівним діаметру волокон, що сплавляються, і зварюванню їх із третім світловодом.

Розгалужувач забезпечений кабельною оболонкою, у яку укладені світловоди й оконцовані оптичними з'єднувачами (конекторами) з діаметром вилки 2,5 мм. Розгалужувач укладений у пластмасовий захищений кожух, на який нанесене маркірування. Для виміру оптичних параметрів розгалужувача використовується оптичний тестер типу ОКМЗ-66.

На рисунку 2.9 зображено блок-схему макету для вимірювання характеристик розгалужувача.



1 – джерело постійної напруги; 2, 3 – вимірювальні блоки тестерів;
7 – випромінювач; 8, 9 – фотоприймач; 13 – розгалужувач;
4, 5, 6, 10, 11, 12 – з'єднувачі.

Рисунок 2.9 – Блок-схема макету для вимірювання характеристик розгалужувача

2.6 Вказівки з техніки безпеки

При роботі з розгалужувачем та оптичним тестером забороняється заглядати в торці оптичних конекторів як розгалужувача так і оптичного тестера з яких може випромінюватися інфрачервоне випромінювання. Це небезпечно для органів зору.

2.7 Хід виконання лабораторної роботи

2.7.1 Ознайомитися з конструкцією оптичного розгалужувача.

2.7.2 Ознайомитися з конструкцією і правилами користування оптичним тестером.

2.7.3 Зібрати схему для вимірювання характеристик розгалужувача (рис. 2.9).

2.7.4 Зробити вимір показань приладу при підключенні еталонного кабелю (потужність P_1).

2.7.5 Зробити підключення до джерела випромінювання через еталонний кабель загального кінця розгалужувача 1, а до приймачів випромінювання кінців 2 і 3. Замірити величину оптичної потужності на кожному з кінців 2 і 3 (P_2 і P_3).

2.7.6 Розрахувати коефіцієнти передачі, що вносяться по формулі (2.1), між вхідним полюсом та вихідним полюсом 2.

2.7.7 Розрахувати коефіцієнт відгалуження по формулі (2.2).

2.7.8 За отриманими результатами в пунктах 7.4 та 7.5 визначити внесені втрати розгалужувача по формулі (2.4).

2.7.9 Намалювати конструкцію розгалужувача і нанести на рисунок отримані параметри, що характеризують розгалужувач.

2.8 Зміст звіту

2.8.1 Назва і призначення лабораторної роботи.

2.8.2 Структурна схема лабораторного макету, склад і призначення вузлів.

2.8.3 Результати вимірювання параметрів розгалужувача: P_1 , P_2 , P_3 .

2.8.4 Результати розрахунків: коефіцієнти передачі α_n , співвідношення розгалуження на вихідних портах α_p , внесені втрати $\alpha_{вн}$.

2.8.5 Рисунок схеми розгалужувача і результати розрахунків на відповідних портах.

2.9 Рекомендована література

1. Каток В.Б. Волоконно-оптичні системи зв'язку / В.Б. Каток. – К., 1999. – 482 с.
2. Корнийчук В.І. Волоконно-оптичні системи передачі інформації / В.І. Корнийчук, І.В. Панфілов. – Одеса: Друк, 2001.
3. Щекотихін О.В. Компоненти та пристрої волоконно-оптичних ліній зв'язку: навч. посібник / О.В. Щекотихін, Д.М. Піза, Т.І. Бугрова; – Запоріжжя: ЗНТУ, 2015. – 306 с.
4. Щекотихін О.В. Пасивні волоконно-оптичні мережі доступу PON: монографія / О.В. Щекотихін, І.М. Сметанін, Д.М. Піза. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2015. – 301 с.