

Навчально методичні вказівки до виконання лабораторної роботи з  
дисципліни «Оптичні перспективні та проводові лінії зв'язку» студентами  
денної та заочної форм навчання за темою:  
**ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ ПОШКОДЖЕННЯ НА ПРОВОДОВИХ  
МЕРЕЖАХ ЗВ'ЯЗКУ**

Навчально методичні вказівки до виконання лабораторної роботи з дисципліни «оптичні перспективні та провідні лінії зв'язку» студентами денної та заочної форм навчання за темою:

## **ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ ПОШКОДЖЕННЯ НА ПРОВІДНИХ МЕРЕЖАХ ЗВ'ЯЗКУ**

Укладачі: Манько О.О., Луцевський О.В.

## ЗМІСТ

1	МЕТА РОБОТИ .....	4
2	ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ .....	4
3	КЛЮЧОВІ ПОЛОЖЕННЯ .....	4
3.1	Визначення відстані до місця пошкодження приладом ПКП .....	4
3.2	Визначення місця пошкодження трасопошуковими приладами.....	6
3.3	Визначення місця пошкодження імпульсним методом .....	8
4	КЛЮЧОВІ ПИТАННЯ... ..	9
5	ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ .....	9
6	ЛАБОРАТОРНЕ ЗАВДАННЯ .....	9
7	ОБЛАДНАННЯ.....	10
8	ЗМІСТ ПРОТОКОЛУ.....	10
9	ЛІТЕРАТУРА.....	10
	Додаток А .....	11

## 1.МЕТА РОБОТИ

Метою роботи є набуття знань при проведенні процедури визначення відстані до місця пошкодження на провідних лініях зв'язку.

## 2.ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Ознайомитись з принципами процедури визначення відстані до місця пошкодження на провідних лініях зв'язку.
2. Отримати від викладача завдання на вимірювання на макеті лінії відстані до місця пошкодження приладом ПКП-5 або завдання на розрахунок відстані до місця пошкодження для певного типу кабелю.
3. Користуючись методичним керівництвом отримати відповіді на ключові питання пункту 4 методичного керівництва.
4. Виконати лабораторне та домашнє завдання згідно пунктів 5 та 6 методичного керівництва. Зробити висновки .
5. Доповісти викладачу по виконання лабораторного завдання і захистити лабораторну роботу.

## 3.КЛЮЧОВІ ПОЛОЖЕННЯ

3.1 Визначення відстані до місця пошкодження лінії зв'язку приладом типу ПКП

Для визначення місця пошкодження необхідно перед усім встановити характер та ділянку пошкодження. Для цього проводять електричні випробування кіл (між сусідніми кінцевими чи проміжними пунктами) на цілісність проводів и опір їх ізоляції. Після цього на ушкодженій ділянці проводять електричні вимірювання на визначення місця пошкодження.

При усуненні кожного пошкодження в першу чергу повинно бути відновлено дію зв'язків, що працюють на даній лінії за рахунок тимчасових вставок. Потім усувають пошкодження і лінію приводять до нормального стану.

Найбільш розповсюдженими пошкодженнями кабельних ліній є: пониження опору ізоляції проводів, пониження ізоляції «оболонка-земля», обрив проводів, пробій діелектрика, коротке замикання проводів.

1. При визначенні місця пошкодження ізоляції зазвичай користуються мостовими методами. Якщо на даній лінії є справний провід, застосовують найпростіші методи мостів зі змінним та постійним відношенням плечей.

Вимірювання *мостом зі змінним відношенням плечей* проводять за схемою, представленою на рис. 1а. При рівновазі моста маємо  $r_1R_x=r_2(R_1+R_2-R_x)$ . Звідси опір пошкодженого провода від місця вимірювання до місця пошкодження дорівнює  $R_x=r_2R/(r_1+r_2)$ , де  $R=R_1+R_2$  – опір кола, складеного із справного і пошкодженого проводів.

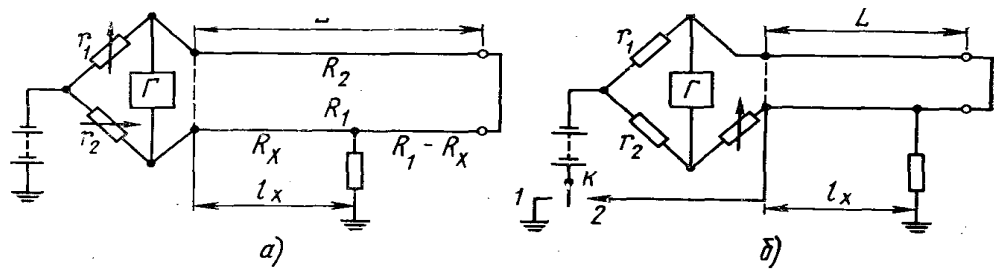


Рис.1 Визначення місця пошкодження при вимірюванні:

- а) за методом моста зі змінним співвідношенням плечей;  
 б) за методом моста із постійним співвідношенням плечей.

Якщо опір справного і пошкодженого проводів однакові ( $R_1=R_2$ ), то, знаючи опір кола  $R$  і довжину лінії  $L$ , по опору  $R_x$  визначають відстань до місця пошкодження:

$$l_x = 2L[r_2/(r_1+r_2)].$$

Вимірювання по методу моста з постійним відношенням плечей проводяться по схемі, представленій на рис. 1.б (ключ  $K$  в положенні 1). Встановивши потрібне співвідношення плечей  $r_1/r_2=n$ , зміною третього плеча  $r_3$  добиваються рівноваги моста. При цьому  $r_1(r_3+R_x)=r_2(R_1+R_2-R_x)$ , звідки  $R_x=(R-nr_3)/(1+n)$ .

Опір  $R=R_1+R_2$  може бути змінений цим же пристроєм (ключ  $K$  в положенні 2). При  $R_1=R_2$  відстань до місця пошкодження по опору  $R_x$  визначається як  $l_x=2L(R-nr_3)/[(1+n)R]$ . При  $n=1$  маємо  $l_x=L(1-r_3/R)$ .

У випадку наявності двох справних проводів місце пошкодження може бути визначено методом трьох вимірювань, при якому усувається вплив провідних проводів, а допоміжні справні проводи можуть мати будь-який опір. Вимірювання можуть проводитися мостом як зі змінним, так і з постійним співвідношенням плечей.

Для визначення місця пошкодження ізоляції частіше всього застосовують переносний кабельний пристрій типу ПКП-5.

2. Визначення місця обриву жил може здійснюватись по результатам вимірювання ємності. Так як ємність проводу відносно землі пропорційна його довжині  $l$ , при визначенні місця обриву порівнюють ємність обірваного проводу  $C_x$  з ємністю справного  $C_1$ , а відстань до місця пошкодження знаходять по формулі  $l_x=l(C_x/C_1)$ .

При обриві пари провідників визначити місце обриву можна, знаючи погонну ємність пари  $C_{II}$  (паспортизоване значення для конкретного кабелю) та вимірне значення  $C_B$ :  $l_x = C_B / C_{II}$ .

При наявності сусідніх проводів пропорційність між величиною ємності і довжиною пошкодженого проводу порушується, так як між окремими частинами цього проводу існує зв'язок через ємності з сусідніми проводами. Похибка, що вноситься сусідніми жилами, може бути усунута шляхом заземлення всіх інших жил.

Ємність можна вимірювати як змінним, так і постійним струмами. Але вимірювання змінним струмом частотою 800 Гц можливо тільки на неупінізованих кабелях довжиною до 5 км. У випадку більш довгих ліній впливає хвильовий характер розповсюдження енергії. Тому на довгих лініях вимірювання проводять постійним струмом мостовим або балістичним методом. При мостовому методі вимірювань вимагається справна жила, при балістичному – місце пошкодження можна встановити і у випадку обриву усіх жил.

3. При визначенні місця пошкодження у випадку короткого замикання пари провідників проводиться вимірювання опору шлейфу  $R_{шл}$  та отримане значення ділиться на величину погонного опору шлейфу  $R_1$ .

### 3.2 Визначення місця пошкодження трасопошуковими приладами

1. Визначення траси кабеля і глибини його закладання проводять кабелешукачем. В склад будь-якого шукача входять пристрої: генератор і шукач. Найбільше застосування отримав шукач ИП-7. Схема включення генератора в кабель показана на рис.2а. Визначення траси ведеться індуктивним методом по схемі рис.2б. Оператор рухається вздовж траси з шукачем та включеним головним телефоном. В положенні 1 котушки на шукачі пошук ведеться по максимуму звука в телефоні, а в положенні 2 – по мінімуму звука.

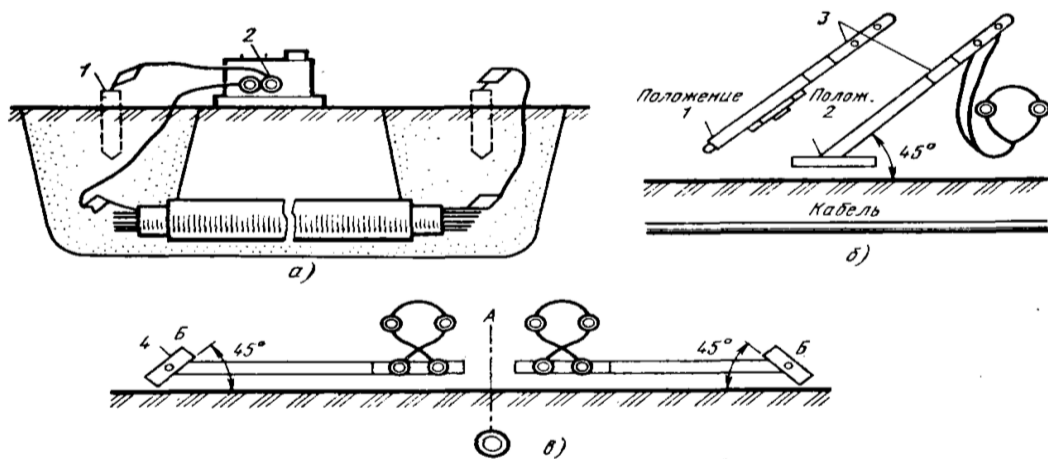


Рис. 2. Пошук траси кабеля і глибини його закладання

а) включення генератора в жили кабеля

б) пошук траси кабелешукачем

в) визначення глибини закладання кабеля

1-заземлювач; 2-генератор; 3-кабелешукач; 4-котушка кабелешукача

Визначення глибини залягання кабелю проводиться по схемі рис.2в. Шукач розташовують паралельно поверхні землі і перпендикулярно лінії траси так, щоб рукоятка шукача була ближче до траси, а котушка,

встановлена під кутом  $45^{\circ}$  до поверхні землі, - далі від лінії. Переміщуючи шукач перпендикулярно до траси, знаходять максимум звука. Відстань від центра котушки до лінії траси (на рисунки лінія А-В) відповідає глибині залягання кабеля.

2. Місце пошкодження пластмасового шланга, що знаходиться поверх металеві оболонки кабелю, знаходиться за допомогою шукача ИМПИ-2. Комплект ИМПИ-2 включає генератор, індикатор імпульсів, штир кабелешукача, контактний штир, заземлювач і навушники. Генератор, що дає рідкі імпульси із частотою проходження 0,5 Гц, включають в металеву оболонку кабелю і землю. Оператор рухається по трасі кабелю з контактним штирем та індикатором імпульсів і визначає місце пошкодження шланга. Точність визначення місця  $\pm 20$  см.

5. Місце зниженої електричної міцності ізоляції кабелю зазвичай визначають високовольтним мостом (ВВМ). ВВМ має на виході до 4-5 кВ постійної напруги, що дозволяє здійснювати пробій ізоляції кабелю в місці з пониженою електричною міцністю.

Для обмеження потужності, що передається в кабель, застосовується контур RC (рис.3). Ємність складає 0,1-0,25 мкФ, опір підбирається таким способом, щоб період заряду конденсатора знаходився в межах 2-5 с.

При випробуванні електричної міцності ізоляції коаксимальної пари до точок 1 і 2 підключають її внутрішній і зовнішній провідники. У випадку випробування симетричних кабелів до одного полюса підключають пучок з'єднаних між собою жил, а до другого – заземлену оболонку кабелю. Визначення місця пробую за допомогою ВВМ відомо як мостовий метод, або метод

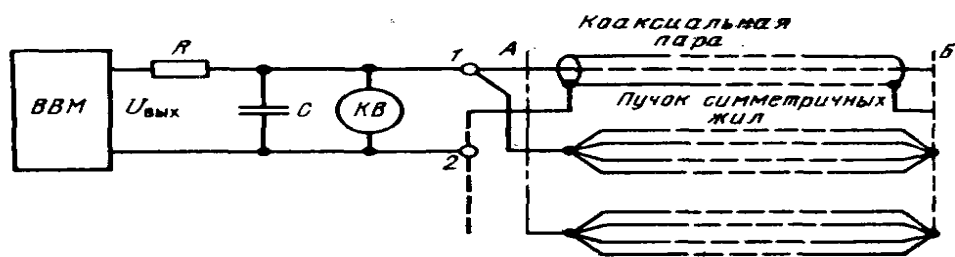


Рис. 3. Схема випробувань електричної міцності ізоляції напруги

Муррея. Вимірювальна частина пристрою спільно з підключеними до нього жилами пошкодженого кабелю утворює схему моста зі змінним співвідношенням плечей. Збалансувавши міст, можна визначити співвідношення опорів, а знаючи довжину кабелю, що вимірюється, розрахувати відстань до місця пробую.

Балансування моста проводиться дискретно в момент пробую ізоляції, що обумовлює проходження по петлі струму, що подається на вимірювальне коло. Точність визначення місця пошкодження високовольтним мостом складає порядку 2 %. На підсилювальній ділянці кабельної магістралі спочатку встановлюється дефектна будівельна довжина, а потім – місце

пробою на будівельній довжині. Після відкриття котловану місце пробою уточнюється за допомогою шукача місця пробою (ШП), що представляє собою щуп з індуктивними датчиками в електростатичному екрані, що включений на вході підсилювача тональної частоти. На виході підсилювача включений індикатор: стрілочний пристрій і головний телефон. При знаходженні датчика ШП біля місця пробою в момент імпульсних розрядів прослуховується характерний тріск (щиглики), а мікроамперметр показує максимальне відхилення. Точність визначення місця пошкодження за допомогою ШП складає порядку 5%.

### 3.3 Визначення місця пошкодження імпульсними методами

Визначення місць пошкоджень кабелів імпульсними методами здійснюється за допомогою імпульсних приладів типу Р-5. Найбільше застосування отримали імпульсні методи для вимірювання і знаходження пошкоджень в коаксіальних кабелях.

Імпульсний метод заснований на використанні явища відбиття електромагнітних хвиль від місця зміни хвильового опору. У лінію посилюються короткотривалі електричні імпульси, які частково або повністю відбиваються від місця зміни хвильового опору (обрив, коротке замикання, поганий контакт, деформація зовнішнього провідника коаксіальної пари, місце переплутаних жил кабелю і ін.), повертаються назад і фіксуються в

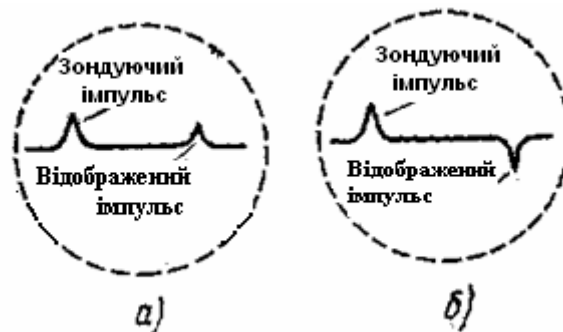


Рис.4. Розташування імпульсів на екрані осцилографу

приймальній частині вимірювального приладу.

Знаючи швидкість розповсюдження електромагнітної енергії  $v$  і час  $t$  з моменту посилки імпульсу і повернення його назад, визначають відстань до місця пошкодження:  $2l_x = vt$ ;  $l_x = vt/2$ . Час пробігу зондуючого та відбитого імпульсів визначається за допомогою осцилографа, на екрані якого видно зондуючий імпульс, що подається в лінію, і відбиті імпульси. Для певного типу лінії шкала екрану може бути проградуєвана безпосередньо в одиницях довжини, і тоді відстань до місця пошкодження можна встановити шляхом безпосереднього відліку за шкалою осцилографа. Напрям відгуку на імпульсній характеристиці дозволяє судити про характер пошкодження:



напряму, співпадаючий із зондуєчим імпульсом (рис.4а), відповідає збільшенню хвильового опору: (обриву лінії); викид імпульсу протилежного напрямку (рис.4б) відповідає пошкодженню пов'язаному з пониженням хвильового опору (коротке замикання в лінії). Точність визначення імпульсними приладами відстані до місця пошкодження залежить від відстані, яку проходить імпульс за час, рівний його тривалості. Отже, для того, щоб забезпечити велику точність, тривалість імпульсу повинна бути якомога меншою. Тому імпульсні вимірювання застосовуються переважно на лініях з широкою смугою пропускання частот.

Переваги імпульсного методу полягають в швидкості вимірювань, можливості визначення декількох одночасних пошкоджень, безпосередньому відліку результату на екрані приладу. Суттєвий недолік цього методу - його слабка чутливість до пониження опору ізоляції, оскільки навіть значно знижена в порівнянні з нормами величина опору ізоляції не змінює хвильового опору лінії.

#### 4. КЛЮЧОВІ ПИТАННЯ

1. Які існують методи визначення місць пошкоджень на лініях зв'язку, що використовують провідники?
2. В чому перевага визначення місць пошкодження приладами типу ПКП?
3. Що таке хвильовий опір?
4. Чим визначається точність імпульсного методу?
5. Як відрізняються імпульси, відбиті від місця обриву та короткого замикання лінії?

#### 5. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

1. Ознайомитися з методами визначення місць пошкодження ліній зв'язку.
2. Вивчити недоліки та переваги конкретних методів.
3. Ознайомитись з параметрами кабелів на мідних провідниках, які необхідні для визначення місць їх пошкодження.
4. Підготувати бланк звіту.
5. Підготувати відповіді на ключові питання.

#### 6. ЛАБОРАТОРНЕ ЗАВДАННЯ

1. Ознайомитись з ключовими положеннями.
2. Розрахувати відстань до місця пошкодження конкретного кабелю, згідно з Додатком А.
3. Використовуючи макети ліній виміряти приладом ПКП відстань до місця пошкодження конкретної лінії.

## 7.ОБЛАДНАННЯ

### 1.Прилад ПКП-5

## 8.ЗМІСТ ПРОТОКОЛУ

1. Назва та мета роботи.
2. Характеристика методу визначення відстані до місця пошкодження, що використовується.
3. Розрахунки та їх результати щодо визначення місця пошкодження.
4. Розрахунки та результати вимірювань відстані до місця пошкодження.

## 9.ЛІТЕРАТУРА

1. Гроднев И.И., Верник С.М. «Линии связи». – М.: Радио и связь, 1988.

Таблиця 1. Параметри кабелів зв'язку

№	Марка кабелю	Діаметр провідника, мм	Товщина ізоляції або діаметр корделю, мм	Значення відносної діелектричної проникності ізоляції
1	МКС 4x4x1,2	1,2	0,8	1,2
2	ЗКП 1x4	1,2	1,1	2,3
3	КСПП 1x4x0,9	0,9	0,8	2,3
4	КСПП 1x4x1,2	1,2	0,8	2,3
5	ПРППМ 2x0,8	1,0	1,0	2,3

Таблиця 2. Типи пошкодження та виміряні параметри кабельного кола

№	Марка кабелю	Тип пошкодження	Ємність кола, нФ	Опір шлейфу, Ом
1	МКС 4x4x1,2	Обрив	150	-
2	МКС 4x4x1,2	КЗ	-	280
3	ЗКП 1x4	Обрив	320	-
4	ЗКП 1x4	КЗ	-	175
5	КСПП 1x4x0,9	Обрив	90	-
6	КСПП 1x4x0,9	КЗ	-	350
7	КСПП 1x4x1,2	Обрив	210	-
8	КСПП 1x4x1,2	КЗ	-	135
9	ПРППМ 2x0,8	Обрив	380	-
10	ПРППМ 2x0,8	КЗ	-	120

### Співвідношення для розрахунку первинних параметрів кабелів зв'язку

1. Погонний опір провідника:

$$R_1 = \rho \cdot (1000m)/S \text{ [Ом/км]},$$

де:  $\rho$  – питомий опір провідника, для міді  $\rho = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ ;  
 $S$  – площа перерізу провідника [ $\text{мм}^2$ ].

2. Погонна ємність симетричної пари провідників:

$$C_1 = \varepsilon \cdot 10^{-6} / (36 \ln[(a-r)/r]) \text{ [Ф/км]},$$

де:  $\varepsilon$  – відносна діелектрична проникність ізоляції;  
 $a$  – відстань між осями провідників;  
 $r$  – радіус провідника.