

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І
ЗВ'ЯЗКУ

Кафедра комутаційних систем електронних комунікацій

НАВЧАННЯ З РОБОЧОЇ СПЕЦІАЛЬНОСТІ

Методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів
спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
денної та заочної форм навчання

2022 р.

Укладач методичних вказівок до лабораторних робіт:

Лабораторна робота № 1 – викладач Юр'єва О.В.

Лабораторна робота № 2 – викладач Юр'єва О.В.

Лабораторна робота № 1

ПЕРЕВІРКА ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КАБЕЛІВ ЗВ'ЯЗКУ ЗА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

1 МЕТА РОБОТИ

Метою роботи є засвоєння методики перевірки електричних параметрів кабелів зв'язку за допомогою постійного струму. Така методика використовується в перебігу монтажу кабелів на кабельних ділянках, а також в процесі виробництва кабелів.

Головним завданням роботи є набуття практичних навичок з вимірювання кабелів зв'язку, освоєння вимірювальних приладів та ознайомлення з нормами на електричні параметри кабелів зв'язку.

2 КЛЮЧОВІ ПОЛОЖЕННЯ

Електричні вимірювання кабельних ліній зв'язку проводяться з метою:

- а) перевірки відповідності нормам електричних характеристик кабельних ліній зв'язку, що вони приймаються до експлуатації;
- б) перевірки відповідності нормам електричних характеристик діючих кабельних ліній зв'язку та виявлення ділянок ліній, що вони не задовольняють нормам, з метою запобігання ушкодженням;
- в) визначення характеру та місця ушкодження кабелю зв'язку;
- г) перевірки якості виробничого ремонту.

У відповідності з цим електричні вимірювання кабелів зв'язку поділяють на:

- приймально-здавальні;
- періодичні (профілактичні);
- вимірювання з метою перевірки якості будівельних та ремонтних робіт;
- вимірювання, за допомогою яких можна визначити характер та місце ушкодження.

За постійного струму вимірюють:

- опір ізоляції поміж жилами та опір ізоляції кожної жили по відношенню до всіх інших жил, з'єднаних із заземленою металевією оболонкою, а в кабелях з пластиковими оболонками – по відношенню до заземленого екрана;
- робочу ємність кола та ємність окремих жил по відношенню до землі;

- опір шлейфа жил;
- омичну асиметрію кола;
- електричну міцність ізоляції.

Вимірювання електричних параметрів кабелю за допомогою постійного струму є основним засобом визначення відповідності нормам характеристик ліній передавання: опору ізоляції, робочої ємності, опору шлейфа, омичної асиметрії.

В даній роботі вимірювання електричних параметрів кабелів провадиться на макеті ліній передавання. Схема плати макета, типи кабелів та їхні довжини наведено на рис. 2.1.

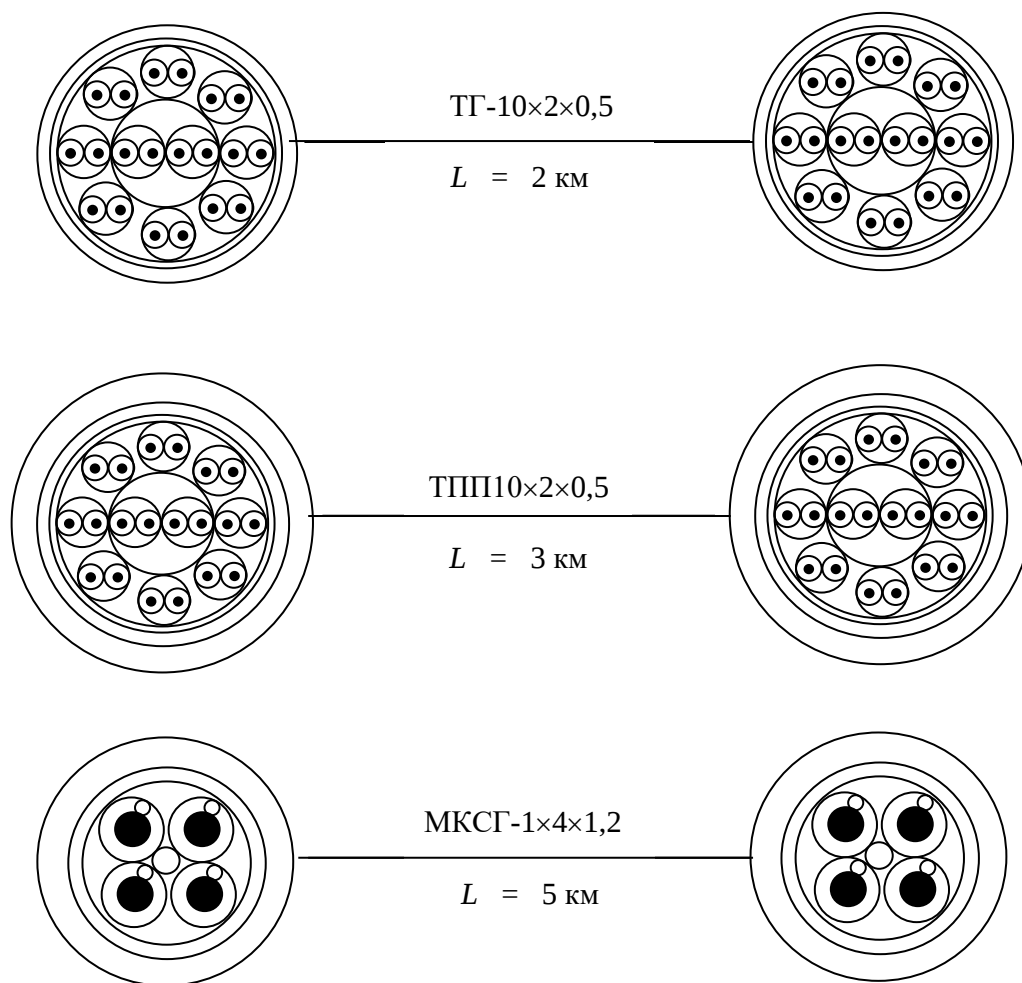


Рисунок 2.1 – Довжина та марки кабелів, використаних у схемі макета

Обчислення сподіваних кілометричних величин робочої ємності та опору шлейфа жил провадиться згідно з нижченаведеними формулами:

Опір кола на постійному струмі

$$R_{\text{жил}} = \frac{\chi \rho \cdot 8000}{S}, \text{ Ом/км}; S = \pi d_0^2, \text{ мм}^2,$$

де χ – коефіцієнт укрутки, $\chi = 1,01 \dots 1,03$;

ρ – питомий опір; для міді $\rho = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$;

d_0 – діаметр голої жили, мм;

S – площа поперечного перерізу, мм^2 .

Робоча ємність симетричного кола

$$C_0 = \chi \cdot \frac{\varepsilon_{\text{екв}} \cdot 10^{-6}}{36 \ln \left(\frac{2a}{d_0} \psi \right)}, \text{ Ф/км},$$

де a – відстань поміж центрами жил пари, мм;

ψ – поправний коефіцієнт, що він характеризує близькість проводів до заземленої оболонки (табл. 2.1);

$\varepsilon_{\text{екв}}$ – еквівалентна діелектрична проникність ізоляції (табл. 2.2);

d_1 – діаметр жили з ізоляцією, мм.

Таблиця 2.1 – Залежність поправного коефіцієнта від співвідношення діаметрів

d_1/d_0	Значення ψ для парної скрутки жил	Значення ψ для зіркової скрутки жил
1,6	0,608	0,588
1,8	0,627	0,611
2,0	0,644	0,619
2,2	0,655	0,630
2,4	0,665	0,647

Дані обчислення сподіваних кілометричних величин омичного опору та ємності кола необхідно визначити на довжину дослідної ділянки кабелю та використати при налаштуванні та роботі з приладом ІРК-ПРО під час вимірювання.

Таблиця 2.2 – Залежність еквівалентної діелектричної проникності ізоляції від типу ізоляції

Призначення кабелю	Тип ізоляції	$\epsilon_{\text{екв}}$
Міські мережі	Повітряно-паперова	1,5...1,6
	Поліетиленова	1,9...2,1
Міжміські мережі	Кордельно-стирофлексна	1,2...1,3

Діаметр ізольованої жили з суцільною повітряно-паперовою ізоляцією визначається як сума діаметра струмопровідної жили та товщини ізоляції:

$$d_1 = d_0 + 0,65d_0 = 1,65d_0.$$

Діаметр ізольованої жили з суцільною поліетиленовою ізоляцією визначається як сума діаметра струмопровідної жили та подвоєної товщини ізоляції:

$$d_1 = d_0 + 2\Delta_{\text{діел}},$$

де $\Delta_{\text{діел}}$ – товщина ізоляції, мм.

Діаметр жили з кордельною ізоляцією визначається як

$$d_1 = d_0 + 2d_k(1 - \sigma) + 2\Delta_{\text{діел}},$$

де d_k – діаметр корделя, мм;

σ – коефіцієнт зминання корделя.

Для кордельно-стирофлексної ізоляції коефіцієнт зминання корделя $\sigma = 0$, а для паперово-кордельної ізоляції $\sigma = 0,1 \dots 0,3$.

Відстань поміж центрами жил пари для парної скрутки $a = d_1$, для зіркової скрутки $a = 1,41d_1$.

Перед початком перевірки електричних параметрів змонтованих ділянок кабелю провадиться продзвонювання жил кіл з метою перевірки правильності виконання монтажу. Воно дозволяє визначити розбитість пар і забезпечує симетричне ввімкнення телефонних пар на кінцевих пристроях ліній.

Вимірювання опору ізоляції жил, робочої та часткових ємностей, опору шлейфа кіл та опору асиметрії жил кіл провадиться приладом ІРК-ПРО (Стисле пояснення щодо користування цим приладом подано у додатку 9.1, який розміщено поряд з приладом ІРК ПРО – 20)

Результати вимірювань зводяться до кілометричних значень з урахуванням температурного коефіцієнта, порівнюються з нормами та робиться висновок щодо придатності до роботи ділянки кабелю, що вона приймається. При цьому необхідно враховувати, що опір ізоляції зі збільшенням довжини лінії

зменшується, а опір шлейфа та ємність зростають, тобто опір ізоляції є обернено пропорційний до довжини лінії, а опір шлейфа та ємність – прямо пропорційні.

Обчислення опору шлейфа за температури $t = 20^\circ \text{C}$ провадиться за формулою

$$R_{шл20} = \frac{R_{шлт}}{1 + \alpha_R(t - 20)}, \text{ Ом/км,}$$

де $R_{шлт}$ – опір шлейфу за температури $t^\circ \text{C}$;

α_R – температурний коефіцієнт опору. Для міді $\alpha_R = 0,004 \dots 0,0045$.

Обчислення опору ізоляції кабелю за температури $t = 20^\circ \text{C}$ провадиться за формулою

$$R_{из20} = \frac{R_{изт}}{1 + \alpha_{R_{из}}(t - 20)}, \text{ МОм} \cdot \text{км,}$$

де $R_{из20}$ – опір ізоляції за температури 20°C ;

$R_{изт}$ – опір ізоляції за температури $t^\circ \text{C}$;

$\alpha_{R_{из}}$ – температурний коефіцієнт опору ізоляції.

Для кабельного паперу $\alpha_{R_{из}} = 0,06$; для поліетилену та стиролфлекс температурний коефіцієнт дорівнює 0,001.

Перерахунок, як правило, здійснюють для кабелів з паперовою ізоляцією. В кабелях зі стиролфлексно-кордельною та суцільною поліетиленовою ізоляцією опір ізоляції від температури практично не залежить.

Орієнтовні значення температури ґрунту на глибині 0,8 м для України наведено в табл. 2.3.

Виписки з ТУ для кабелів марок ТГ, ТПП та МКС наведено в додатку 9.2. Усі нормативні значення подано на 1 км та для температури 20°C .

Дані електричних параметрів для інших кабелів можна взяти з довідкової літератури.

Таблиця 2.3 – Орієнтовні значення температури ґрунту для України

Місяць	Температура ґрунту для чорнозему, $^\circ \text{C}$	Місяць	Температура ґрунту для чорнозему, $^\circ \text{C}$
Січень	3,2	Липень	15,4
Лютий	1,6	Серпень	17,6
Березень	1,2	Вересень	16,8
Квітень	6,1	Жовтень	10,6
Травень	9,4	Листопад	7,6
Червень	12,9	Грудень	4,5

3 КЛЮЧОВІ ПИТАННЯ

3.1 Призначення й елементи конструкції кабелів МТМ як НЧ, так і ВЧ діапазонів.

3.2 Призначення, види та обсяг електричних вимірювань кабелів.

3.3 Принципові схеми вимірювань опору ізоляції та ємності, опору шлейфу та омичної асиметрії жил електричних кіл за допомогою приладу ІРК-ПРО.

3.4 Порядок обчислення робочої ємності та опору шлейфу електричних кіл.

3.5 Норми електричних параметрів кабелів за постійного струму.

4 ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

В результаті самостійної підготовки до лабораторної роботи за допомогою даного методичного керівництва та рекомендованої літератури необхідно:

4.1 Вивчити конструкцію НЧ кабелів для МТМ типу ТГ й ТПП та ВЧ кабелів типу МКСГ.

4.2 Вивчити призначення та правила користування приладом ІРК ПРО – 20.

4.3 Обчислити значення ємності та опору шлейфу кіл, які треба вимірювати (студентам факультету ТР – для кабелю МКСГ $1 \times 4 \times 1,2$ та для кабелю ТПП $10 \times 2 \times 0,5$) з урахуванням довжини ділянки.

4.4 Підготувати бланк протоколу з табл. 4.1 для запису результатів вимірювання.

4.5 Занести до табл. 4.1 нормативні значення електричних параметрів для відповідних кабелів, які треба вимірювати.

Таблиця 4.1 – Результати вимірювання

Вимірювані величини	На довжину L при температурі $t^{\circ}\text{C}$		На 1 км при 20°C		Дані ТУ на 1 км при 20°C	Примітка
	1 пара	2 пара	1 пара	2 пара		
$R_{i3 \text{ аб}}, \text{ МОм}$						
$R_{i3 \text{ а}}, \text{ МОм}$						
$R_{i3 \text{ б}}, \text{ МОм}$						
$R_{i3 \text{ э}}, \text{ МОм}$						
$C_0, \text{ нФ}$						
$C_a, \text{ нФ}$						
$C_b, \text{ нФ}$						
$R_{\text{жил}}, \text{ Ом}$						
$\Delta R, \text{ Ом}$						

4.6 Підготувати усні відповіді на контрольні запитання.

5 ЛАБОРАТОРНЕ ЗАВДАННЯ

5.1 Підготувати прилад ІРК ПРО – 20 до роботи.

5.2 Зробити перевірку електричних параметрів досліджуваного кабелю за допомогою постійного струму, для чого слід виміряти:

- опір ізоляції поміж жилами й кожної жили по відношенню до землі $R_{із\text{ аб}}, R_{із\text{ а}}, R_{із\text{ б}}$;
- опір ізоляції екран–земля, якщо кабель з екраном $R_{із\text{ е}}$;
- робочу ємність кіл C_0 та ємність жил кіл по відношенню до землі C_a та C_b ;
- опір шлейфу жил $R_{шл}$;
- омічну асиметрію ΔR ;

5.3 Дані вимірювань електричних параметрів на довжину звести до кілометричних значень з урахуванням температури ґрунту для опору шлейфа та опору ізоляції (якщо треба).

5.4 Порівняти дані вимірювань з нормами на електричні параметри кабелю та зробити висновок щодо відповідності їх до ТУ на кабель.

6 АПАРАТУРА

6.1 Зразки кабелів МТМ.

6.2 Макет кабельних кіл (ТПП-10×2×0,5 – 3 км; ТГ-10×2×0,5 – 2 км; МКСТ-1×4×1,2 – 5 км).

6.3 Вимірювальний прилад ІРК ПРО – 20.

7 ЗМІСТ ПРОТОКОЛУ

7.1 Дані обчислення сподіваних величин опору шлейфа та робочої ємності кола відповідного кабелю.

7.2 Дані вимірювань електричних параметрів кабелю за формою табл. 4.1.

7.3 Загальний висновок щодо придатності до експлуатації ділянки кабелю.

8 ЛІТЕРАТУРА

8.1 Гроднев И.И., **Линейные сооружения связи**. – М.: Радио и Связь, 1987. – С. 70-76.

8.2 Ионов А.Д., Попов Б.В. **Линии связи**. – М.: Радио и связь, 1990. – С. 155-158.

9 ДОДАТОК

9.1 Електричні вимірювання на лініях передавання МТМ

9.1.1 Класифікація вимірювань

Електричні вимірювання ліній передавання МТМ проводяться з метою визначення відповідності електричних характеристик встановленим нормам, а також для визначення характеру та місця ушкодження на лінії. Електричні вимірювання ліній передавання МТМ проводяться як за постійного, так і за змінного струму. Вимірювання за змінного струму виконуються після вимірювань за постійного струму й лише у тому разі, коли дані вимірювання за постійного струму відповідають нормам. У протилежному разі вимірювання за змінного струму слід виконувати після усунення несправності лінії передавання.

Вимірювання за постійного та за змінного струмів поділяються на:

- планові, що вони проводяться в перебігу експлуатації згідно із встановленим планом;
- контрольні, що вони проводяться після проведення ремонтно-відновлювальних робіт;
- вимірювання, що вони проводяться для перевірки якості кабелю та лінійного обладнання, які надійшли від заводу-виробника, перед встановленням їх на лінії передавання;
- вимірювання, що вони проводяться для визначення місця пошкодження;
- приймально-здавальні, що вони виконуються під час приймання до експлуатації побудованих, реконструйованих та капітально відремонтованих ліній передавання.

Склад та обсяг планових, контрольних та приймально-здавальних електричних вимірювань визначено у відповідних посібниках. Усі вимірювання повинні здійснюватися приладами, що вони пройшли відповідну державну чи відомчу перевірку.

9.1.2 Вимірювання за постійного струму

Вимірювання за постійного струму дозволяють зробити висновок щодо відповідності встановленим нормам, що найбільш поддаються до змін характеристик лінії передавання:

- електричного опору ізоляції;
- електричного опору кола (шлейфу);
- омичної асиметрії;
- електричної ємності кола.

Окрім того, вимірювання за постійного струму широко використовують для визначення найбільш поширеного ушкодження – ушкодження ізоляції.

Для вимірювання кіл за постійного струму набули широкого практичного використання спеціалізований переносний кабельний прилад ІРК ПРО – 20.

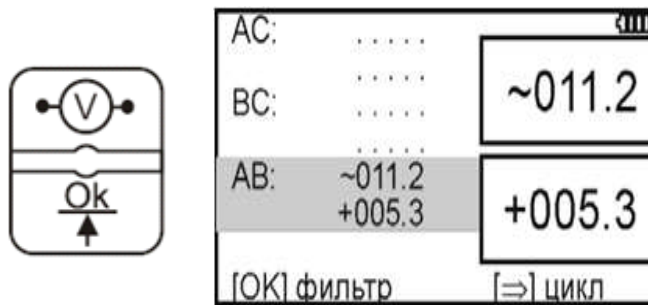
Електричні вимірювання за постійного струму доцільно проводити в такій послідовності: електричний опір кола (шлейфу), омична асиметрія, електричний опір ізоляції, електрична ємність кола.

9.1.3 Включення приладу ІРК ПРО – 20.

Щоб увімкнути пристрій, натисніть кнопку «ЖИВЛЕННЯ» на панелі роз'ємів і відразу після появи заставки кнопку «ОК». Така послідовність організована захисту приладу від випадкового включення при транспортуванні.

Після короткочасного службового повідомлення про тип та серійний номер приладу з'являється стандартний вимірювальний екран вольтметра, Вимкнення здійснюється кнопкою «ЖИВЛЕННЯ». При включенні прилад автоматично вибирає роботу з ІРК ПРО – 20 у режимі вольтметра.

Після увімкнення приладу з'являється режим «ВОЛЬТМЕТРА». У вимірювальному екрані прилад виводить одночасно змінну і постійну складову напруги обраної комунікації. Переконайтеся, що у всіх комунікаціях відсутня напруга.



9.1.4 Вимірювання опору шлейфу

Опір шлейфу (електричний опір жил двопровідного кола ($R_{\text{шл}} = R_a + R_b$) зазвичай вимірюють, користуючись схемою моста постійного струму з незмінним співвідношенням плечей (рис. 9.1).

У вимірювальному екрані приладу безперервно вимірює опір шлейфа між проводами А і В. Щоб виміряти шлейф з максимальною точністю, включіть фільтр кнопкою «ОК». У верхній частині екрану прилад показує довжину кабелю, Якщо довжина невідома та в «СПИСКУ» обрана «МАРКА КАБЕЛЮ», то прилад розраховує довжину кабелю по обраній марці і температурі ґрунту.

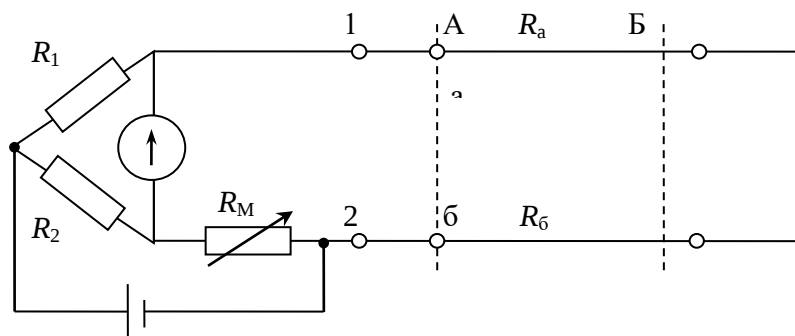
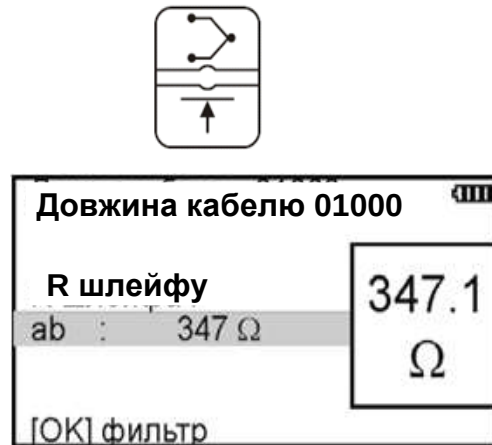


Рисунок 9.1 – Схема вимірювання електричного опору шлейфу



9.1.5. Вимірювання омичної асиметрії

Омічну асиметрію (різниця електричних опорів жил кола за постійного струму $\Delta R = R_a - R_b$) вимірюють за допомогою моста постійного струму (рис. 9.2).

Заблокуйте випробувальні жили на дальньому кінці між собою і на оболонку кабелю (або на будь-яку зворотній провід – жилу). Провід А і В підключіть до жил, які вимірюють, провід 3 до оболонки (Увага, якщо провід С не підключений, буде сигнал $R_{yt} > 20 \text{ МОм}$). У режимі «ШЛЕЙФ» включити включите фільтр. Після роботи рухомого рядка прилад запам'ятає опір шлейфа.

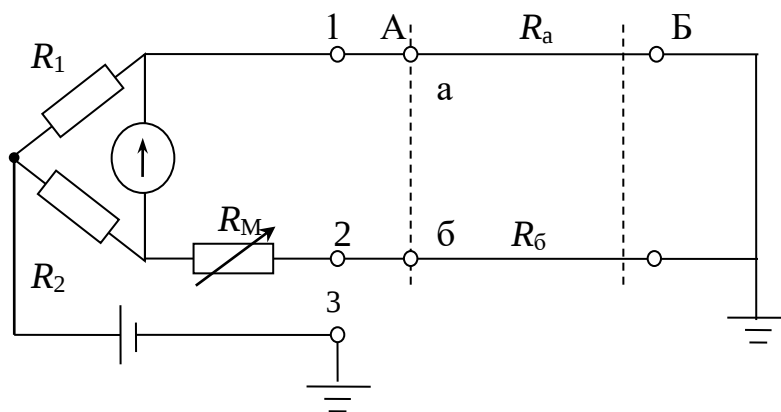
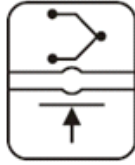


Рисунок 9.2 – Схема вимірювання омичної асиметрії

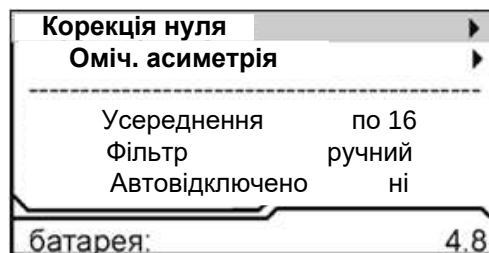
Заблокуйте випробувальні жили на дальньому кінці між собою і на оболонку кабелю (або на будь-яку зворотній провід – жилу). Провід А і В підключіть до жил, які вимірюють, провід 3 до оболонки (Увага, якщо провід С не

підключений, буде сигнал $R_{\text{ут}} > 20 \text{ МОм}$). У режимі «ШЛЕЙФ» включити включите фільтр. Після роботи рухомого рядка прилад запам'ятає опір шлейфа.

Увійдіть у МЕНЮ 1 та оберіть пункт «Омічна асиметрія». Запуск та повтор вимірювання кнопкою «ОК».



Меню режиму ШЛЕЙФ



9.1.6 Вимірювання електричного опору ізоляції

Електричний опір ізоляції вимірюють поміж жилами пар кабелю та поміж кожною жилою й заземленою металевною оболонкою (екраном). Вимірювання можна провадити за допомогою різних методів: методом порівняння, мостовим методом, методом вольтметра–амперметра. У кабельних приладах ІРК ПРО – 20 використовується схема мегомметра з підсилювачем постійного струму. Схема являє собою варіант схеми вимірювання за допомогою методу вольтметра–амперметра (рис. 9.3).

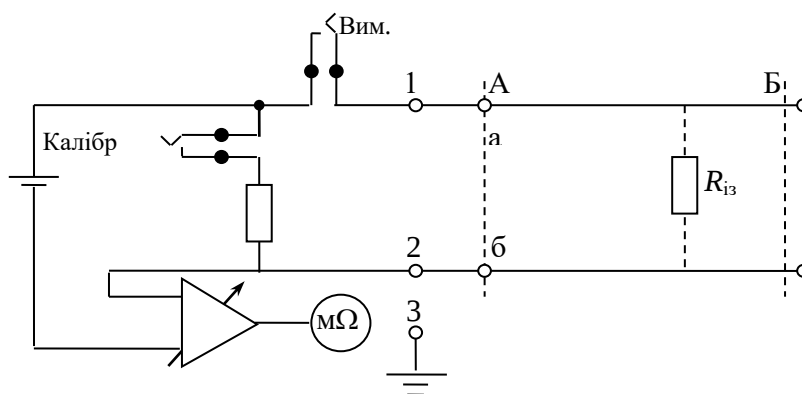
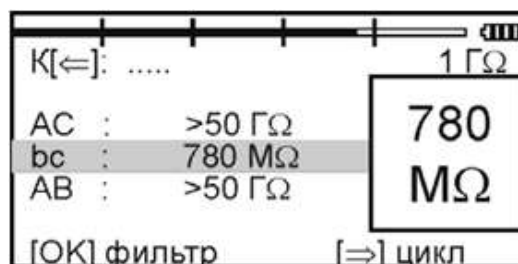
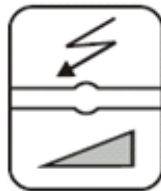


Рисунок 9.3 – Схема вимірювання електричного опору ізоляції

Під час вимірювання опору ізоляції кабель необхідно відключити від сторонньої напруги, Якщо на жилі є стороння постійна напруга, показання змінюються від зміни вимірювальних проводів місцями. Зміна показань невелика. Наприклад, при постійній напрузі на кабелі 30 В і опорі 0 кОм, прилад покаже 20 кОм замість 0 кОм.

Під час вимірювання не рекомендується тримати руками ізолятори штекерів вимірювальних проводів, При підвищеній вологості може виникнути додатковий канал провідності, Перед включенням фільтра необхідно дочекатися повної зарядки кабелю. При включенні приладу до кабелю більшою довжиною свідчення можуть зрости, поки кабель заряджається від випробувальної напруги. При зміні комутації вимірювальних приладів попередній контакт автоматично розряджається.



9.1.7 Вимірювання електричної (робочої) ємності

Ємність поміж жилами та ємність кожної жили по відношенню до заземленої металевої оболонки (екрана) вимірюють за допомогою балістичного методу чи методу заряд–розряд, чи методом порівняння. Усі зазначені методи належать до методів вимірювання за постійного струму. У приладу ІРК ПРО – 20 передбачається схема вимірювання електричної ємності за допомогою методу вольтметра–амперметра за змінного струму (рис. 9.4). Виміряне значення ємності поширюється на всю довжину кола.

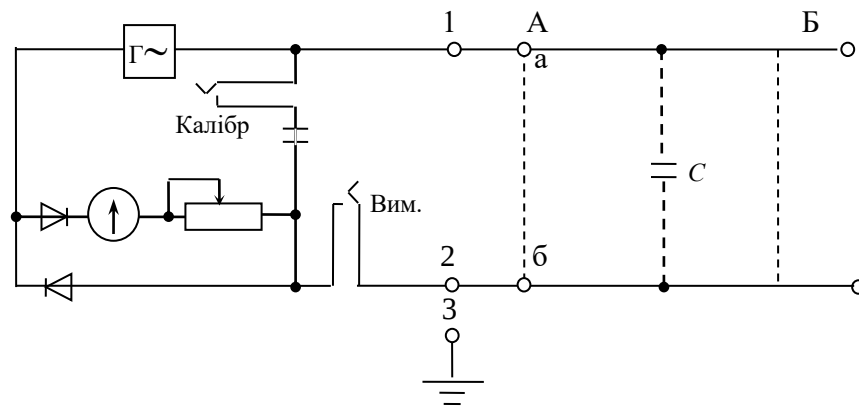
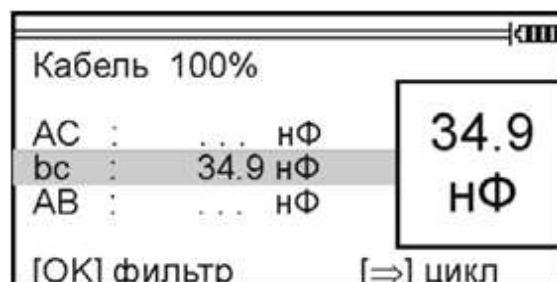
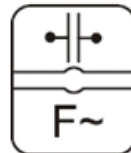


Рисунок 9.4 – Схема вимірювання електричної ємності

Вимірювання з паспортною точністю проводяться на кабелях з опором шлейфу до 2 кОм (60 км магістраль та 15 км МТМ) і з опором ізоляції не менш 50 кОм. Інформація над рядками комутації показує відстань до обриву, перелічене по ємності. Якщо потрібно вимірювати тільки електричну ємність, то після включення приладу відразу необхідно перейти в вимірювання. Прилад за замовчуванням сам вибере «Кабель 100%» (невідомий кабель).



9.2 Норми на конструктивні та електричні характеристики основних типів кабелів, застосовуваних на МТМ

На МТМ застосовуються телефонні кабелі парної скрутки жил двох основних типів:

– з повітряно-паперовою ізоляцією у металевій вологозахисній оболонці (ТГ),

– з ізоляцією з суцільного поліетилену в поліетиленовій вологозахисній оболонці (ТПП).

Кабелі з повітряно-паперовою ізоляцією мають струмопровідні жили діаметром 0,4; 0,5; 0,7 мм. Ізоляція переважно з паперової смужки товщиною 0,05 мм, накладеної по спіралі з перекриттям в 20...30 %. Діаметр ізольованої жили за діаметра голої жили 0,5 мм з урахуванням товщини ізоляції дорівнює $d_1 = 1,0$ мм.

Кабель має парну скрутку груп з кроком 70...100 мм та повивну скрутку осердя.

Кабелі випускаються як "голі" зі вологозахисною свинцевою оболонкою, без броні (ТГ), так і з різними броньованими покриттями (ТБ, ТК).

Кабелі типу ТГ випускають з кількістю від 5 до 1600 пар, а броньовані кабелі – до 600 пар.

Кабелі ТПП з поліетиленовою ізоляцією жил виготовляють ємністю від 10×2 до 2400×2 . Струмопровідні жили виконують з міді діаметром 0,32 мм; 0,4 мм та 0,5 мм.

Норми наведено для кабелів марок ТПП $10 \times 2 \times 0,5$ (табл. 9.2.1, 9.2.2) та МКСТ $1 \times 4 \times 1,2$ (табл. 9.2.3).

Таблиця 9.1 – Норма на опір ізоляції для ТПП

Марка кабелю	Норма на опір ізоляції, МОм·км	Примітка
ТПП	Не менш за 6500 100% ємності кабелю	ТУ У 05758730.014-2000

Залежно від діаметра жил, ізоляція з суцільного поліетилену товщиною $\Delta_{\text{діел}} = 0,18...0,4$ мм для парної скрутки й $\Delta_{\text{діел}} = 0,18...0,35$ мм для зіркової скрутки. Скрутка парна, зіркова, пучкова, повивна. Поверх скрутки розташовується екран з алюмінієвої смуги товщиною $\Delta_e = 0,1...0,2$ мм.

Під екраном міститься мідний дріт діаметром 0,5...0,6 мм, зовні пластмасова оболонка з поліетилену товщиною 1,5...4,2 мм залежно від місткості кабелю.

Норми на електричні характеристики, які вимірюються за допомогою постійного струму для різних типів кабелів, застосовуваних на МТМ, наведено в табл. 9.1, 9.2 та 9.3. Усі нормативні значення наведено на довжину 1 км та для температури 20°C.

Таблиця 9.2 – Норма на робочу ємність для кабелю ТПП

Марка кабелю	Діаметр жили, мм	Норма на робочу ємність, нФ/км	Ємність окремих жил, нФ/км
ТПП	0,4...0,7	45 ± 5	Не нормується

Норма опору ізоляції екран–земля в ошлангованих кабелях типу ТПП становить 5000 МОм · км.

Норма опору шлейфу жил, зведена для температури 20 °С й за довжини кабелю 1 км, для кабелю ТГ та ТПП має бути:

для проводу діаметром 0,4 мм – не більш за 296 Ом/км;

для проводу діаметром 0,5 мм – не більш за 186 Ом/км;

для проводу діаметром 0,7 мм – не більш за 96 Ом/км.

Норма омичної асиметрії жил для кабелю ТГ та ТПП має бути не більш за 1% від опору шлейфу жил.

Кабелі марки ТГ мають витримувати впродовж двох хвилин випробування напругою 500 В змінного струму частоти 50 Гц поміж жилами робочих пар і таку саму напругу (500 В) поміж жилами та свинцевою вологозахисною оболонкою. Кабелі марки ТПП поміж жилами робочих пар – 1000 В, впродовж 1 хв.

Для МТМ використовуються симетричні кабелі з кордельно-стирофлексною ізоляцією жил – МКС або поліетиленовою – МКП. Такі кабелі можуть мати місткість 1×4, 4×4 чи 7×4. Це кабелі зіркової скрутки груп та повивної скрутки осердя. Струмopовідні жили мають діаметр 1,2 мм, ізолюються різнокольоровими стироплексними корделями діаметром 0,8 мм та стироплексною стрічкою товщиною 0,05 мм з перекриттям 25 ... 30 %. Перша пара кожної зірки (четвірки) має жилу *a* червоного та жилу *б* жовтого кольору, друга пара – *a* – синього та *б* – зеленого кольору. Посередині зірки є заповнення у вигляді центрального корделя діаметром 1,1 мм. Усі зіркові групи кабелів мають взаємноузгоджені кроки скрутки, які перебувають у межах 125...275 мм. Поясна ізоляція таких кабелів виготовляється з кабельного паперу. Вологозахисна оболонка може бути як зі свинцю, так і з алюмінію чи сталі. Вологозахисні оболонки з алюмінію та сталі потребують захисту від зовнішніх впливів, тому зверху на них обов'язково “одягають” шланг з поліетилену. А щоби шланг не зіскочив, поміж вологозахисною оболонкою та шлангом використовують бітумний підклеювальний шар. Отже, кабелі:

– МКСГ – зі стироплексною ізоляцією жил є “голий”, тобто має вологозахисну оболонку зі свинцю, а зверху більш нічого;

– МКСАШп – зі стирофлексною ізоляцією жил, в алюмінієвій вологозахисній оболонці, зверху – бітумний підклеювальний шар, зверху – шланг з поліетилену;

– МКССШп – зі стирофлексною ізоляцією жил, у сталевій вологозахисній оболонці, зверху – бітумний підклеювальний шар, зверху – шланг з поліетилену.

Якщо кабель має поліетиленову ізоляцію жил, то тоді він маркується як МКПП. Товщина суцільної поліетиленової ізоляції жил $\Delta_{iz} = 1,1$ мм. Вологозахисна оболонка такого кабелю є двошарова пластмасова.

Норми на електричні характеристики, вимірювані за допомогою постійного струму для різних типів ВЧ симетричних кабелів, наведено в таблиці 9.3 (ГОСТ 52221-74). $l_{б\text{уд}}$ – будівельна довжина кабелю. Для стандартних кабелів МКС $l_{б\text{уд}} = 825 \pm 5$ м.

Усі норми наведено для кабелів МТМ без урахування підключення їх до прикінцевого обладнання мережі. Під час вимірювання кабелів з підключення до прикінцевого обладнання (громові смуги, бокси, скриньки) норми, надто опору ізоляції, слід обчислювати з урахуванням плінтів прикінцевих підключень.

Таблиця 9.3 – Норми на електричні характеристики кабелів МКС

Характеристика	З паперово-кордельною ізоляцією	Зі стирофлексно-кордельною ізоляцією	З поліетиленовою ізоляцією
Опір ізоляції (МОм·км) поміж кожним проводом та іншими заземленими проводами $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ не менш за	10 000	10 000	10 000
Робоча ємність (нФ/км) поміж проводами основного кола та іншими заземленими проводами не більш за	$27 \pm 1,1$	$24,5 \pm 0,8$	$34,5 \pm 0,5$
Опір кола (Ом/км) $d_o = 1,2$ мм за $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ не більш за	32	32	32
Різниця опорів (омічна асиметрія) (Ом/ $l_{б\text{уд}}$)	0,2	0,2	0,2
Електрична міцність ізоляції (В) поміж пучком жил та заземленою оболонкою чи екраном не менш за	1800	1800	1800
Електрична міцність (В) поміж проводами а, з'єднаними до пучка та проводами б, також з'єднаними до пучка не менш за	1000	1500	1500

Лабораторна робота № 2

МОНТАЖ ЛІНІЙНО-КРОСОВОГО ОБЛАДНАННЯ ЛОКАЛЬНИХ МЕРЕЖ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

1 ЦІЛЬ РОБОТИ

Ознайомитись з теоретичними положеннями, видами та категоріями симетричної (витої) пари, а також з основними схемами обтискання структурованого кабелю для організації з'єднань «комп'ютер – комп'ютер» та «комп'ютер – комутатор».

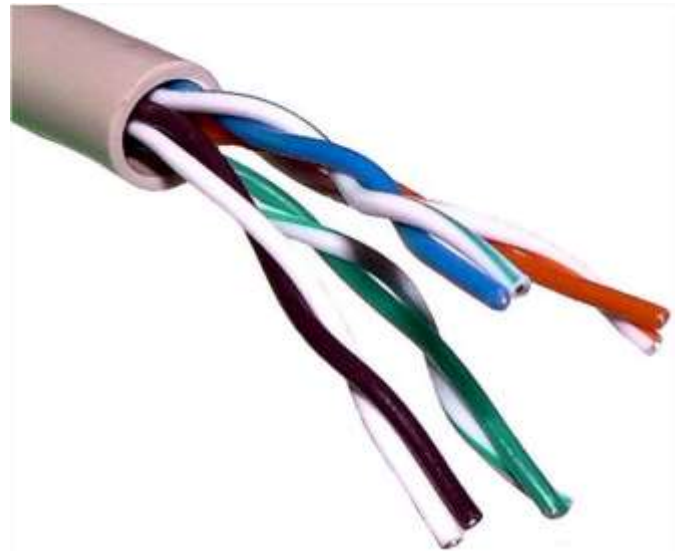
2 КЛЮЧЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

Вита пара – це особливий кабель, який являє собою одну або кілька пар ізольованих провідників, скручених між собою (з невеликим числом витків на одиницю довжини), які покриті пластиковий оболонкою (ізоляційним матеріалом).

Виту пару відносять до структурованим кабельним напрямним системам та використовують у якості фізичної середовища передачі сигналу у комп'ютерних та телекомунікаційних мережах Ethernet, Arcnet и Token Ring. Приєднання до мережевих пристроїв виконується через рознімне з'єднання 8P8C, який більш відомий як RJ-45.

Широке застосування витої пари Обумовлено сумісністю з багатьма класами, категоріями та типами обладнання, легкістю монтажу та відносно малої вартості для створення структурованої кабельної мережі. Для опрєсовки кабелю LAN (Local Area Network) конектора RJ-45 використовують крімпер (спеціальні кліщі для обтискання жил кабелю «вита пара»).

Звивання провідників виконують з цілю підняття ступеню зв'язку між провідниками однієї пари (електромагнітні завади однаково впливають на обидва провода пари) та подальшого зменшення електромагнітних завад від зовнішніх



джерел, а також взаємних наведень при передачі диференціальних сигналів. Для зниження зв'язку окремих пар кабелю (періодичного зближення провідників різних пар) у кабелях UTP категорії 5 та вище, пари звиваються з різним кроком.

Мережевий кабель LAN в залежності від категорії має різні технічні характеристики і складається з кількох мідних провідників., які утворюють пару та можуть мати ізоляцію товщиною у 0,2 мм з полівінілхлориду (PVC), а у більш якісних категоріях (CAT5) з поліпропілену (PP), поліетилену(PE). Кабелі високої якості мають ізоляцію з комірчастого (спіненого) поліетилену або тефлону. Такий поліетилен гарантує низки діелектричні втрати, а тефлон захищає провідники в умовах високих температур. Провідники можуть складатися як з монолітної мідної жили (0,4 – 0,6 мм), так і з кількох жил, які зібрані у пучок.

Для зручності обробки кабелю всередині зовнішньої оболонки з полівінілхлориду є «розривна нитка», яка виготовлена у більшості з капрону. Витягнута пара категорії 5 та вище може мати у своєму складі екран для захисту сигналу від зовнішніх та внутрішніх наведень. Товщина зовнішньої ізоляції у чотирьох парної виті парі в залежності від категорії знаходиться від 0,5 – 0,9 мм. У виробництві зовнішньої оболонки застосовується полівінілхлорид з домішкою крейди. Також у виготовленні зовнішньої ізоляції застосовують стійки до горіння та виділення галогену полімеру (маркування LSZH).

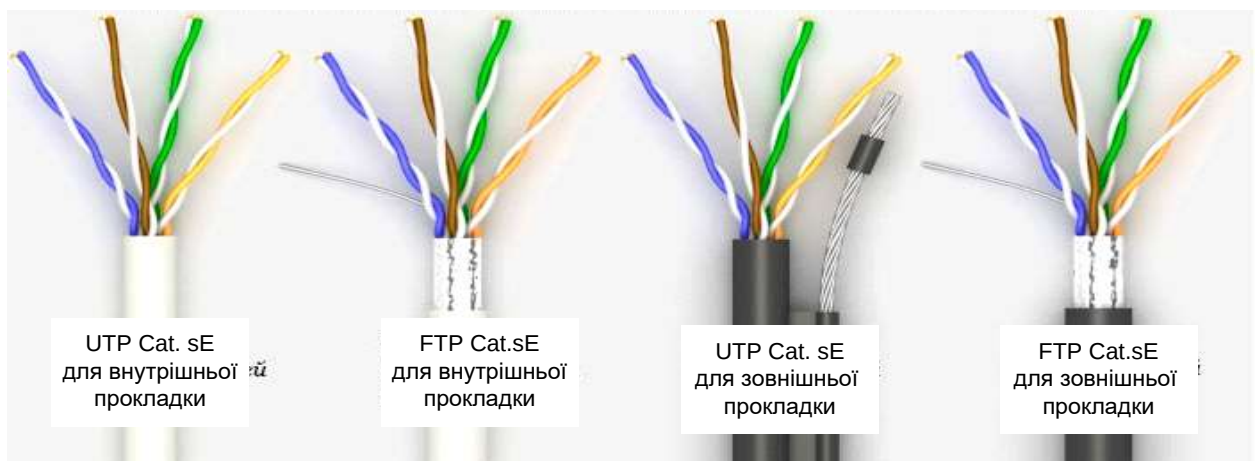


Рисунок 2.2 – Кілька видів крученої пари для зовнішньої та внутрішньої прокладки з категорії 5E

Зовнішня оболонка крученої пари для зовнішнього прокладання має матеріал з гідрофобного поліетилену, який зазвичай наносять другим шаром поверх оболонки з полівінілхлориду. Крім цього порожнечу в кабелі можуть

заповнити спеціальним гідрофобним гелем та застосувати до нього броню з гофрованої стрічки або сталеної проволочки.

За допомогою кольорового рішення, оболонку кабелю LAN можливо легко ідентифікувати та з'ясувати його функціональне призначення для монтажу або у період обслуговування. Наприклад, чорний колір, який виконан з поліетилену (PE) вказує на те, що кабель добре пристосований до впливу зовнішніх факторів на вулиці (вогкість, повітря), а помаранчевий колір ідентифікує о стійкості до горіння зовнішнього матеріалу. Світло сірий колір застосовують для внутрішнього прокладання у житлових будинках та офісних будівель.

2.1 Типи «витої пари»

Існують монолітні та багатожильні, екрановані і не екрановані LAN кабелі. Розглянемо все по порядку.

Виту пару з однією монолітною жилою (один мідний провідник), як правило, використовують для прокладання ліній у стелях, лотках та не використовують для прямого з'єднання зовнішніх приладів (Smart TV, комп'ютер), а монтують до кабелю кінцевим обладнанням. Наприклад, інформаційну розетку. Цій процес називається термінуванням. Обумовлено це тим, що кабель має відносно товсті жили і при частих вигинах легко ламається.

Багатожильна вита пара використовується для виготовлення патч-кордів та служить для з'єднання цифрових пристроїв (маршрутизатор, принтер) між собою і з внутрішньою або зовнішньою інформаційною розеткою Ethernet. Цій тип кабелю добре зарекомендував себе в умовах вигинів та кручення. Він не підходить до «врізання» в роз'єм інформаційної розетки. Мідні жили дуже тонкі і швидко ламаються. Крім цього багатожильний LAN кабель має велике загасання сигналу при зрівнянні з монолітним типом. Із за чого ця максимальна довжина витої пари багатожильного типа має становити не більш 100 метрів.

Як вже згадувалося, екранування витої пари використовується до захисту від зовнішніх та внутрішніх електромагнітних наводок. Екран по всій довжині з'єднаний з неізолюваним дренажним проводом, який захищає сам екран від поривів та розтягувань.

Є кілька типів екранування витої пари, які визначають технологію та призначення захисту від електромагнітних впливів (рис. 2.3).

Виділяють такі типи витої пари:

– UTP (Unshielded twisted pair – неекранована вита пара) – кабель не має захисного екрану;

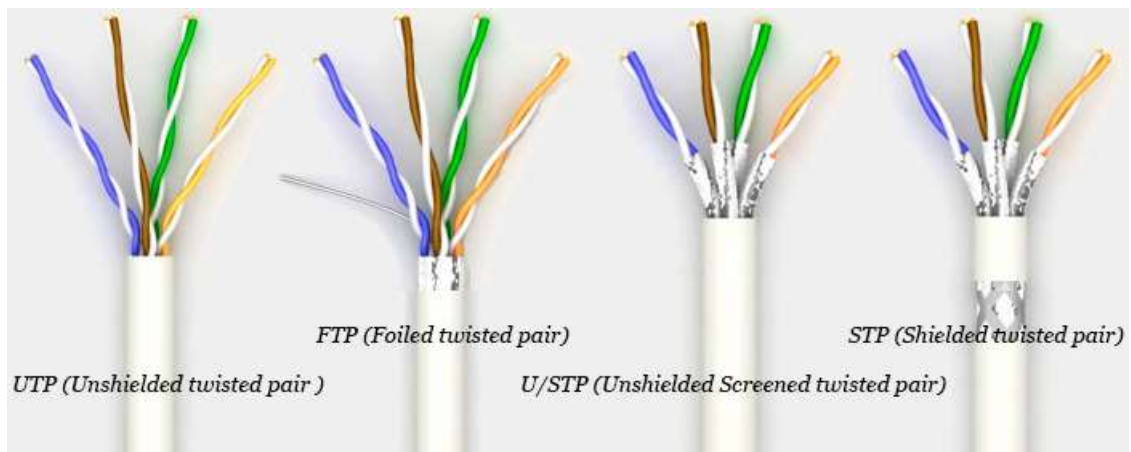


Рисунок 2.3 – Типи виті пари з екрануванням і без екранування, які застосовуються у мережі

- FTP или F/UTP (Foiled twisted pair – фольгова на вита пара) – кабель має один зовнішній загальний шар з фольги;
- STP (Shielded twisted pair – екранована вита пара) – кабель має екран для кожної пари і зовнішній захист у виді плетіння;
- S/FTP или SSTP (Screened Foiled twisted pair – екранована вита пара, яка покрита фольгою) – даний кабель має захист у виді фольги кожної пари, а також зовнішній екран;
- U/STP (Unshielded Screened twisted pair – незахищений кабель з екранованою виті парою) – кабель не має загального екрана, але кожна пара має захист у виді фольги;
- SF/UTP или SFTP (Screened Foiled Unshielded twisted pair – екранована вита пара з захистом) – має два зовнішніх екрана. Один з мідної сітки, а другий з фольги. Між ними є дренажний провід.

2.2 Категорії кабелю «вита пара»

В основу визначення категорії виті пари покладено частотний діапазон з максимальною пропускнуою спроможністю. Це обумовлено кількістю витків на одиницю довжини кабелю. Чим вища категорія, тим більш частотний діапазон, як правило при збільшені витків кожної виті пари.

Категорії (скорочено CAT) виті пари визначають швидкість передачі даних. Крім цього кабель LAN ще розділяють на класи і при будівництві структурованої кабельної системи їх теж необхідно враховувати. Слід пам'ятати, що вита пара вищого класу підтримує технічні можливості низького класу. Вита

пара низького класу, навпаки, не підтримує технічні можливості вищого класу. Чим вище клас, тим кращі характеристики передачі та вища гранична частота роботи кабельної лінії.

Класифікація типів витой пари за частотою:

- CAT1 – (смуга частот – 0,1 МГц). Такий кабель має одну пару, використовується для передачі «голосового сигналу» та цифрових даних при використанні модему. Цей стандартний телефонний кабель, який у свій час використовувався у «крученому» вигляді у США, а в Україні застосовується і зараз без скруток. Він не підходить для сучасних систем і має великий вплив перешкод.

- CAT2 – (смуга частот – 1 МГц). Такий кабель має дві пари провідників, на денний час вже не застосовується. Іноді його використовують при будівництві телефонних мереж. Раніше зустрічався у мережах Arcnet и Token Ring. Швидкість передачі даних складає до 4 Мбит/с. Зовсім не підходить для будівництва сучасних мереж.

- CAT3 (смуга частот – 16 МГц. Клас «C»). Має місце 2-х парний та 4-х парний тип витой пари, Використовується не тільки для створення телефонних, а також і локальних мереж на базі 10BASE-T. Підтримує швидкість передачі даних від 10 до 100 Мбіт/с за технологією 100BASE-T4 протяжністю не більш 100 метрів. У відмінності від CAT1 і CAT2 підтримує стандарт IEEE 802.3.

- CAT4 (смуга частот – 20 МГц). У свій час цей 4-х парний кабель використовувався за технологією 10BASE-T і 100BASE-T4. Можлива швидкість передачі даних до 16 Мбіт/с. На денний час не використовується.

- CAT5 (смуга частот – 100 МГц. Клас «D»). Кабель застосовувався для побудови телефонних ліній та локальних мереж 100BASE-TX, також в Ethernet (LAN). Підтримує швидкість передачі даних до 100 Мбіт/с.

- CAT5e (смуга частот – 100 МГц. Клас «D»). Це вдосконалена вита пара п'ятої категорії. При використанні 2-х пар підтримує швидкість передачі даних до 100 Мбіт/с і до 1000 Мбіт/с у 4-х парному кабелю. Як правило, використовують 4-х парний кабель для побудови локальної комп'ютерної мережі. Це самий поширений тип витой пари.

- CAT6 (смуга частот 250 МГц. Клас «E»). Це розповсюджений тип кабелю, який застосовується на мережі Fast Ethernet и Gigabit Ethernet. У структурі кабелю чотири пари провідників, Підтримує високу швидкість передачі даних до 10 Гбіт/с протяжністю не більш 55 метрів.

- CAT6a (смуга частот 500 МГц. Клас «EA»). Структура кабелю складається з 4-х пар провідників. Він використовується у мережах Gigabit Ethernet і підтримує швидкість до 10 Гбіт/с на відстань до 100 метрів.

– CAT7 (смуга частот 600 – 700 МГц. Клас «F»). Підтримує швидкість передачі даних до 10 Гбіт/с. Структура кабелю має загальний зовнішній екран та фольгований захист кожної пари. По типу відноситься до S/FTP (ScreenedFullyShieldedTwistedPair).

– CAT7a (смуга частот 1000 – 1200 МГц. Клас «FA»). Швидкість передачі по виті парі доходить до 40 Гбіт/с, протяжність лінії складає до 50 метрів та при швидкості 100 Гбіт/с – до 15 метрів.

2.3 Обтиск виті пари

Під обтиском виті пари мають на увазі процедуру закріплення спеціальних роз'ємів, які розташовані на кінцях кабелю (виті пари).

Як роз'єми звичайно використовують 8-контактні конектори 8P8C, відомі під назвою RJ-45. Роз'єми можуть бути двох видів (рис. 2.4):

- неекрановані – призначені для проводів UTP;
- екрановані – призначені для кабелів FTP або STP.



Рисунок 2.4 – неекранований (а) та екранований (б) 8P8C конектори

Всередині пристрою є вісім поглиблених канавок (для кожної мідної жили кабелю), зверху яких є металеві контакти.

Для того, щоб правильно визначити нумерацію контактів, необхідно конектор повернути так, щоб контакти знаходилися зверху, засувкою до себе. При цьому навпаки буде перебувати вхідний роз'єм. У такому положенні контакт № 1 буде справа, а контакт № 8, відповідно – зліва (рис.2.5).

Нумерація – це важлива інформація, при виконанні процедури обтиску виті пари, тому обов'язково необхідно запам'ятати, як правильно знаходити

номера контактів. Це допоможе правильно закріпити провід та установити з'єднання.

Розрізняють пару схем для розподілу: EIA/TIA-568A та EIA/TIA-568B. Різниця між схемами полягає в розташування жил. Так як всі чотири пари жил, звитих внутр. кабелю, мають ізоляцію різного колеру. Тому повторити схему з'єднання самостійно під силу усім (колір пар може бути різним в залежності від виробника кабелю) (рис.2.5).

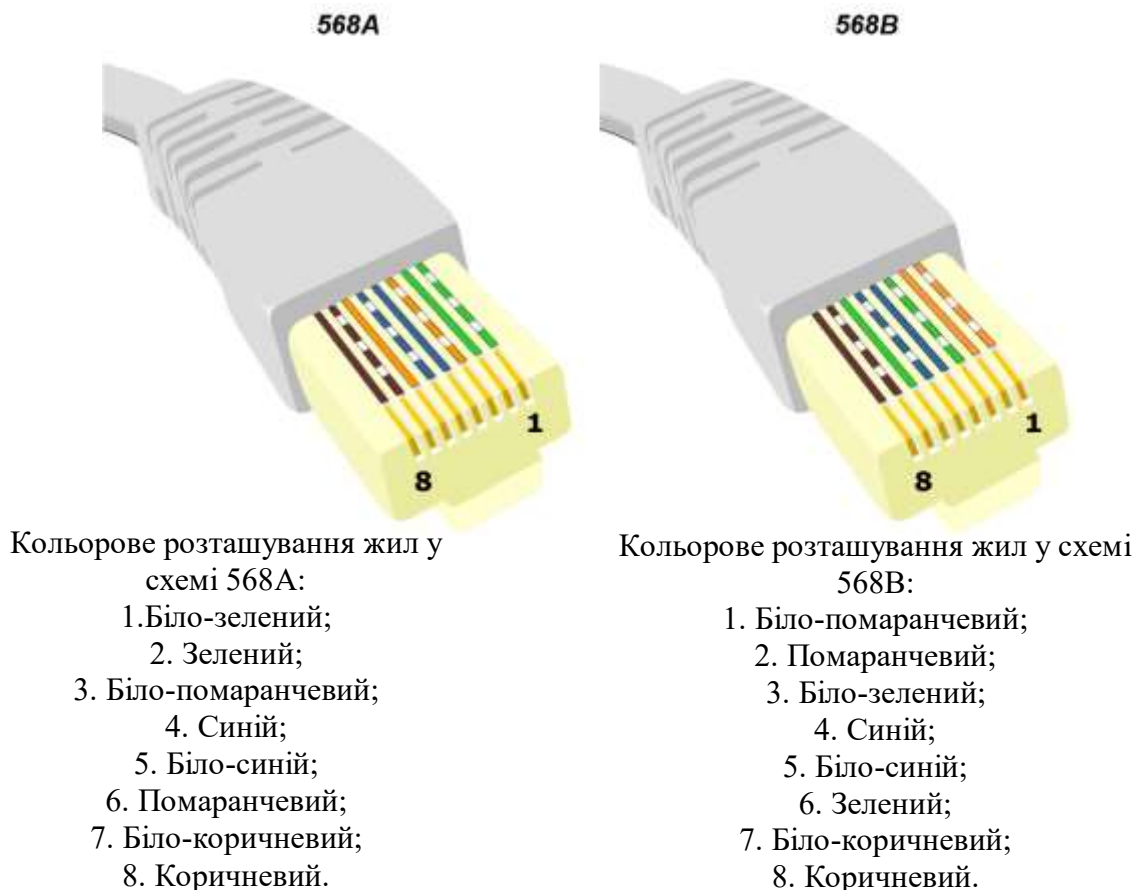


Рисунок 2.5 – Кольорове розташування жил у конекторах по контактам

Для обтискання кінцівок витої пари у RJ-45 знадобиться спеціальний інструмент – кримпер, особливий від кліщів з декількома робочими зонами.

2.4 Способи обтискання

Мережеві кабелі (типа витої пари), які призначені для з'єднання між собою комп'ютерів та різних видів обладнання телекомунікаційної мережі, використовують два варіанта обтискання кабелю – кросовий та прямий.

Прямий обтиск приймають при виготовленні кабелю, який буде служитиме для підключення різних видів обладнання мережі та приладів клієнтів до

комп'ютеру, а також для зв'язку обладнання мережі між собою. Даний спосіб обтискання – самий поширений та найчастіше використовуваний.

Кросовий спосіб обтискання застосовується при виготовленні проводу, який призначається для з'єднування між собою комп'ютерів. При цьому в комутації не приймає участі додатково обладнання.

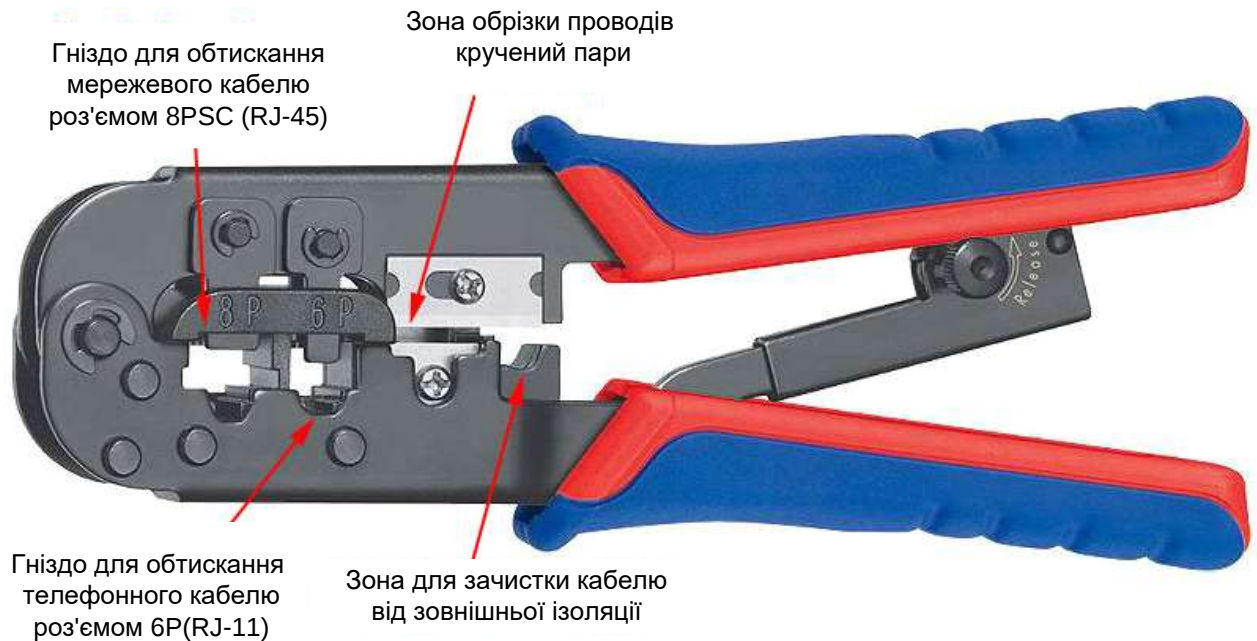


Рисунок 2.6 – Кримпер для обтискання витої пари в RJ-45

Кросовий спосіб обтискання застосовується при виготовленні проводу, який призначається для з'єднування між собою комп'ютерів. При цьому в комутації не приймає участі додатково обладнання.

При виготовленні прямого з'єднання, можливо використовувати будь-яку схему обтискання, головною вимогою – обидва кінця кабелю обтискаються ідентично. Найчастіше при утворенні прямого мережевого кабелю використовують схему 568В (рис.5.7).

Іноді, щоб виготовити прямий тип з'єднання, можливо використовувати не чотири виті пари, а тільки дві. За допомогою такого кабелю можливо підключити до мережі дві одиниці ком'ютерного обладнання. Такий спосіб обтискання витої пари в RJ-45 використовується у випадку, як що в планах немає високого локального трафіку, швидкість обміну даних буде рівна показнику 100 Мбіт/с (рис. 2.8).

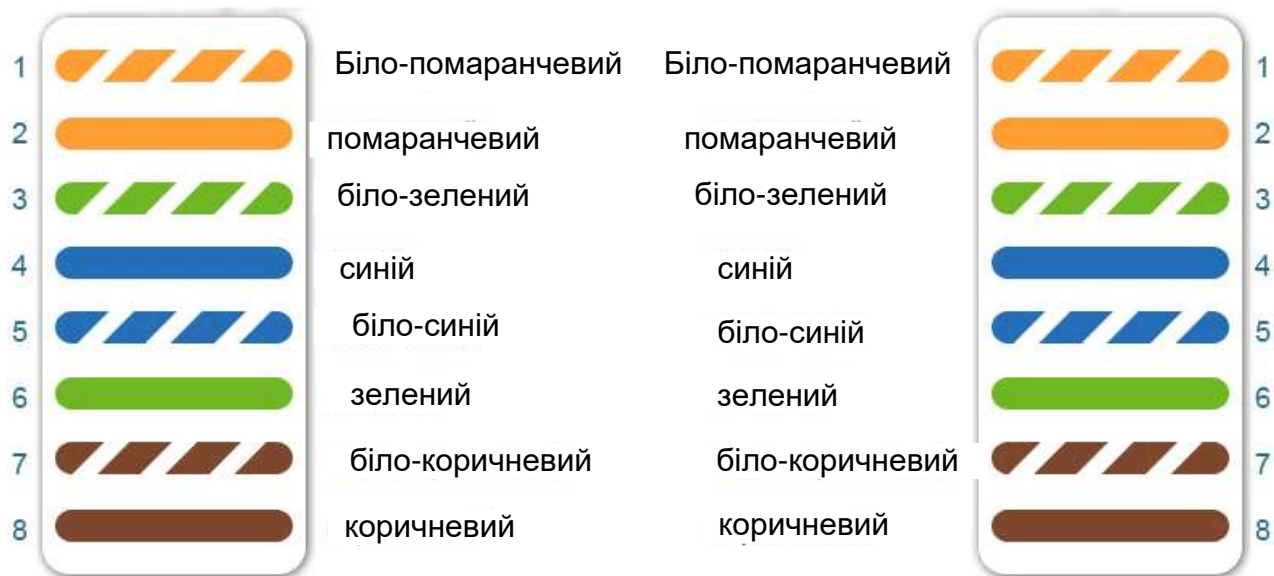


Рисунок 2.7 – Порядок обтискання прямого кабелю (1 Гбіт/с)

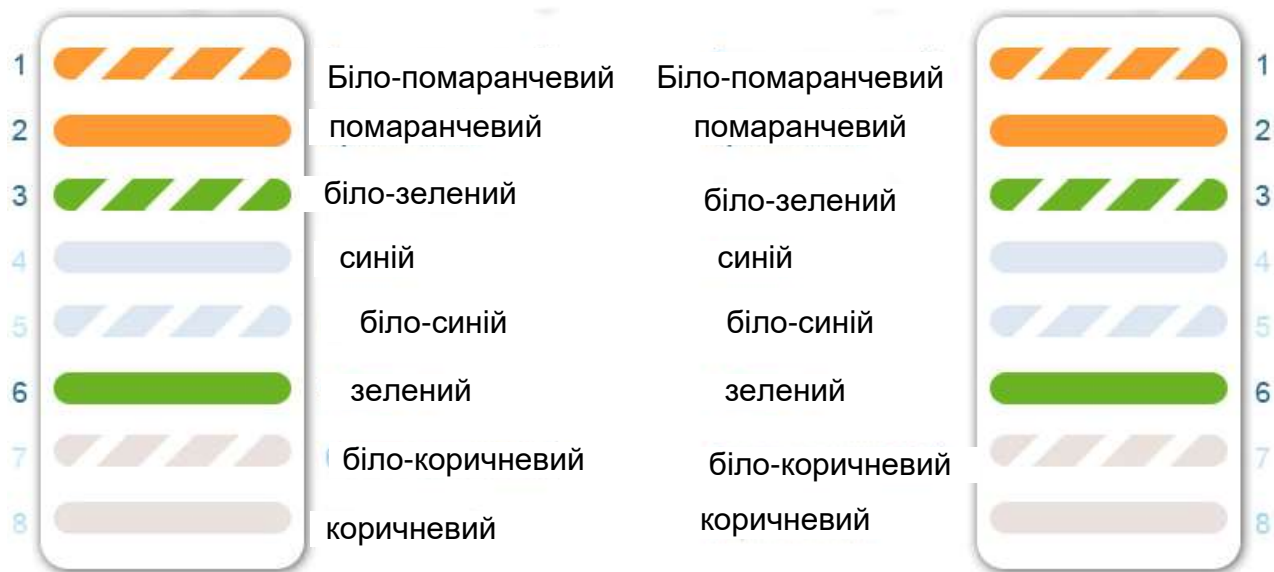


Рисунок 2.8 – Порядок обтискання прямого кабелю (100 Мбіт/с)

Як приклад, показана схема розпинання RJ-45, у який приймає участь зелена та помаранчева. Для обтискання іншого типу, помаранчеву замінюють коричневою, а зелену – синій. Але, згідно з інструкцією, підключення контактів залишається незмінною (рис. 2.9).

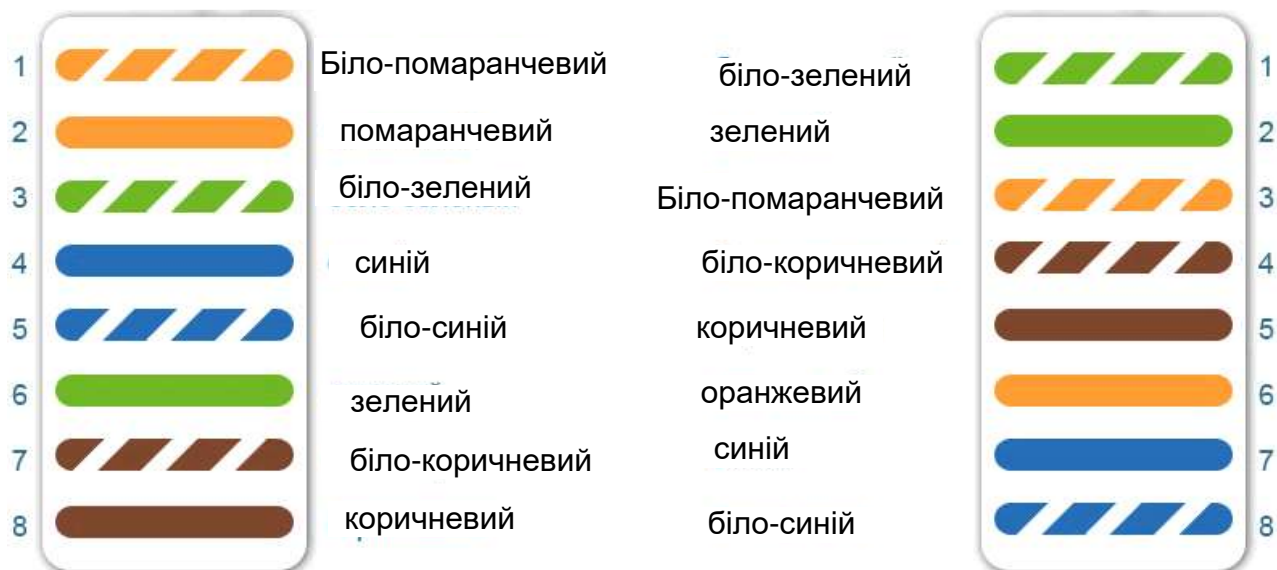


Рисунок 2.9 – Порядок обтискання кросового кабелю (100 Мбіт/с)

Як що потрібно виготовити кросовий кабель, один кінець якого по 568А схемі, а другий – 568В, то при виготовленні такого кабелю неодмінно приймає участь всі вісім мідних жил. Як що потрібно виготовити кросовер, який забезпечує швидкість обміну даних між комп'ютерами до 1000 Мбіт/с, використовують особливий спосіб обтискання (рис. 2.10).

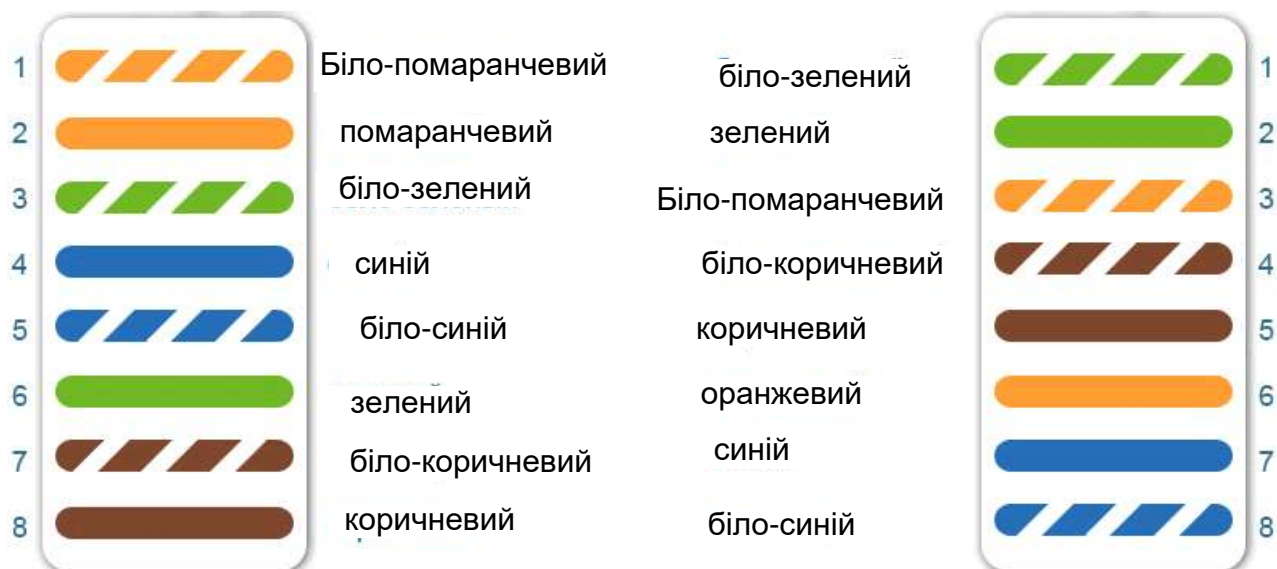


Рисунок 2.10 – Порядок обтискання кросового кабелю (1 Гбіт/с)

Один кінець витой пари необхідно обтискати по прикладу схеми 568В, а другий кінець має розпинання RJ-45 за кольором: 1) біло-зелений; 2) зелений; 3) біло-помаранчевий; 5) коричневий; 6) помаранчевий; 7) синій; 8) біло-синій.

Ця схема обтискання відрізняється від раніше розглянутої 568А – коричнева та синя пари, взаємно замінили один одного, при цьому була збережена загальна послідовність.

Якщо обидва кінця кабелю обтиснути по схемі 568В, получимо прямий мережевий кабель, який підійде для з'єднання комп'ютера з комутатором. Якщо один з кінців кабелю обтиснути по схемі 568 В, а другий – по схемі 568А. тоді маємо кросовий кабель, який підходить для з'єднання комп'ютерів.

3 КЛЮЧОВІ ПИТАННЯ

- 3.1 До якого класу напрямних систем можливо віднести «виту пару»?
- 3.2 Які є типи «витой пари»?
- 3.3 Що означає буквенний код перед та після зворотної риси в маркуванні кабелю «вита пара»?
- 3.4 Скільки категорій кабелю «вита пара» існує, чим вони відрізняються?
- 3.5 Що таке крос-конектор, яких видів вони бувають?
- 3.6 Який колір розташування жил у конекторах по контактам за схемою 568А?
- 3.7 Яке кольорове розташування жил у конекторах по контактам за схемою 568В?
- 3.8 Які бувають способи обтискання кабелю «вита пара»?

4 ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

При самостійному підготуванні до лабораторної роботи необхідно:

- 4.1 Вивчити рекомендовану літературу.
- 4.2 Підготувати усні відповіді на ключові питання.
- 4.3 Підготувати протокол до роботи.

5 ЛАБОРАТОНЕ ЗАВДАННЯ

- 5.1 Ознайомитись з комплектуючими лабораторної роботи.
- 5.2 Виконати розташування жил кабелю по схемам 568А та 568В.
- 5.3 Виконати пряме та кросове обтискання кабелю «вита пара».

6 АПАРАТУРА

6.1 Два мотки кабелю «вита пара».

6.2 Конектори 8P8C.

6.3 Кримпер для обтискання «витої пари».

7 ЗМІСТ ПРОТОКОЛУ

7.1 Ціль роботи.

7.2 Схеми організації різних типів обтискання, з занесенням, з занесенням у протокол кольорове розташування жил у конекторі по схемам 568А та 568В.

8 ЛІТЕРАТУРА

8.1 Ethernet cables, comparison between CAT5, CAT5e, CAT6, CAT7 Cables, 100-ohm UTP (Unshielded Twisted Pair) Ethernet wiring.