

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

Охорона (назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Методи та програмно-апаратні засоби діагностики

кабельних систем комп'ютерних мереж

Виконав: студент 6 курсу групи СІмз-61

спеціальності

123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

		ПЕРЕЙМИБІДА Б.В.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник		БАРАН І.О.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль		ТИШ Є.В.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач		ОСУХІВСЬКА Г.М.
кафедри	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент		ЦУПРИК Г.Б.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

доц. Осухівська Г.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

17 листопада 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю

123 Комп'ютерна інженерія

студенту

Переймибіді Божені Володимирівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи

Методи та програмно-апаратні засоби

діагностики кабельних систем комп'ютерних мереж

Керівник роботи

Стадник Наталія Богданівна, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від «14» листопада 2025 року № 4/7-988

2. Термін подання студентом роботи 16.12.2025

3. Вихідні дані до роботи

наукові літературні джерела

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Аналіз предметної області. 2 Апаратне і програмне забезпечення.

3. Реалізація алгоритму та програмного забезпечення.

4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Тема, мета, задачі, об'єкт, предмет, новизна дослідження. 2. Актуальність дослідження.

3. Апаратно-програмна складова.

4. Схема мережі пристрою Блок-схема алгоритму визначення ємності.

5. Схема пристрою у середовищі Tinkercad Значення вимірюваної ємності

6. Схема підключення мультиметра Результати вимірювань

7. Схема зв'язків таблиць БД Дані вимірювання пристроєм 1

8. Висновки. Результати проведеного дослідження.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці</i>	<i>Осухівська Г.М., доцент</i>	<i>04.12.2025</i>	
<i>Безпека в надзвичайних ситуаціях</i>			

7. Дата видачі завдання 17.11.2024.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Аналіз існуючих методів та засобів розв'язання науково-технічних проблем, що відповідають тематиці кваліфікаційної роботи.</i>	<i>17.11-21.11.25</i>	<i>Виконано</i>
2.	<i>Обґрунтування актуальності дослідження</i>	<i>22.11-24.11.25</i>	<i>Виконано</i>
3.	<i>Аналіз предмету дослідження та предметної області</i>	<i>25.11-29.11.25</i>	<i>Виконано</i>
4.	<i>Проведення дослідження методів та засобів аналітичного опрацювання даних</i>	<i>30.11-04.12.25</i>	<i>Виконано</i>
5.	<i>Оформлення розділу «Аналіз предметної області»</i>	<i>05.12-07.12.26</i>	<i>Виконано</i>
6.	<i>Оформлення розділу «Апаратне і програмне забезпечення»</i>	<i>08.12-09.12.25</i>	<i>Виконано</i>
7.	<i>Оформлення розділу «Реалізація алгоритму та програмного забезпечення»</i>	<i>10.12-11.12.25</i>	<i>Виконано</i>
8.	<i>Оформлення розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»</i>	<i>04.12-10.12.25</i>	<i>Виконано</i>
9.	<i>Нормоконтроль</i>	<i>10.12-14.12.25</i>	
10.	<i>Попередній захист роботи</i>	<i>16.12.25</i>	<i>Виконано</i>
11.	<i>Захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>22.12.25</i>	

Студент

(підпис)

Переймибіда Б.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Стадник Н.Б.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Переймибіда Б.В. Методи та програмно-апаратні засоби діагностики кабельних систем комп'ютерних мереж: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра: спец. 123 — комп'ютерна інженерія / наук.кер. Н.Б. Стадник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2025.

Ключові слова: база даних, вита пара, ємнісний метод, ЛОМ, обрив кабеля, тестер

В роботі досліджено характеристики кабелю «вита пара», можливі несправності кабелю та засоби для діагностики кабелів локальної обчислювальної мережі. Розглянуто ємнісний метод визначення довжини кабелю. Визначити відстань до короткого замикання провідників цим методом неможливо. Можна тільки зафіксувати сам факт короткого замикання між провідниками.

Вибрано програмне забезпечення для сервера. Визначено, що для забезпечення обміну даними між пристроями, котрі тестують, та сервером необхідні такі складові, як операційна система (може бути будь-яка), веб-сервер (вибрано Apache завдяки його надійності та підтримці потрібних модулів), база даних (вибрано MySQL) та інтерпретатор (вибрано PHP, котрий опрацьовує вхідні дані HTTP -запиту і надає клієнту HTTP -відповідь).

Розроблено алгоритм на основі методу визначення ємності за часом заряджання провідника. Створено програмне забезпечення, котре на основі розробленого алгоритму дає змогу обчислити ємність провідника кабелю «вита пара», вирахувати довжину кабельної лінії та визначити місце до обриву кабеля.

Забезпечена можливість передавання даних вимірювання на сервер, котрий їх опрацьовує та дає змогу користувачеві провести необхідний аналіз результатів вимірювань.

ANNOTATION

Pereimybida B. Methods and software and hardware for diagnosing cable systems of computer networks. Master's Graduation Thesis: speciality 123 — Computer engineering / supervisor N. Stadnyk. Ternopil: Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2025.

Keywords: database, twisted pair, capacitive method, LAN, cable breakage, tester

The Thesis investigates the characteristics of a twisted pair cable, possible cable faults and means for diagnosing local area network cables. The capacitive method for determining the cable length is considered. It is impossible to determine the distance to the short circuit of the conductors using this method. It is only possible to record the fact of the short circuit between the conductors.

The server software is selected. It is determined that to ensure data exchange between the devices being tested and the server, such components as an operating system (can be any), a web server (Apache was selected due to its reliability and support for required modules), a database (MySQL was selected) and an interpreter (PHP was selected, which processes the input data of the HTTP request and provides the client with an HTTP response).

An algorithm is developed based on the method for determining the capacitance by the conductor charging time. Software has been created, which, based on the developed algorithm, allows you to calculate the capacitance of the twisted pair cable conductor, calculate the length of the cable line and determine the location of the cable break.

The possibility of transmitting measurement data to the server, which processes them and allows the user to conduct the necessary analysis of the measurement results, is provided.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	12
1.1. Характеристики кабелю «вита пара»	12
1.2. Види несправностей витой пари.....	17
1.3. Огляд існуючих пристроїв діагностики ЛОМ.....	18
1.3.1. Тестер Cablexpert NCT-1	18
1.3.2. Тестер Softing CableMaster 500	19
1.3.3. Тестер ЗВ'ЯЗОКПРИЛАД LAN Test.....	20
1.4. Огляд методів визначення довжини кабелю та місця обриву	21
1.4.1. DC (Direct Current) –метод	21
1.4.2. TDR- метод.....	22
1.4.3. Ємнісний метод	22
1.5. Принцип роботи ємнісного методу	23
Висновки до розділу 1	26
РОЗДІЛ 2. АПАРАТНЕ І ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	27
2.1. Вибір компонентної бази	27
2.1.1. Мікроконтролер.....	27
2.1.2. Модуль для з'єднання з обчислювальною мережею	29
2.1.3. Мультиплексор	30
2.1.4. Інші елементи	31
2.2. Вибір ПЗ сервера	32
2.2.1. Веб-сервер.....	32
2.2.2. Інтерпретатор.....	33
2.2.3. СУБД.	35
2.3. Сервер.....	37
2.4. Передача даних на сервер.....	38

Висновки до розділу 2	42
РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	43
3.1. Реалізація алгоритму.....	43
3.2. Модель пристрою	45
3.2.1. Визначення ємності провідника	46
3.2.2. Визначення відстані до обриву	48
3.3. Проектування бази даних	50
3.4. Реалізація інтерфейсу передачі даних вимірювань на сервер	52
3.5. Реалізація інтерфейсу користувача	56
Висновки до розділу 3	58
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	59
4.1. Охорона праці.....	59
4.2. Вплив електромагнітного імпульсу ядерного вибуху на елементи виробництва та заходи захисту.....	62
Висновки до розділу 4	65
ВИСНОВКИ.....	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	67
ДОДАТОК А. Тези конференції	
ДОДАТОК Б. Лістинг програми розрахунку ємності	
ДОДАТОК В. Лістинг програми створення таблиць бази даних	
ДОДАТОК Г. Лістинг програми збереження даних на сервері	
ДОДАТОК Д. Фрагмент лістингу коду HTML-документа	

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

FEXT (англ. Far End Crosstalk) – перехідне згасання, виміряне на дальньому кінці.

HTTP (англ. Hypertext Transfer Protocol) – протокол прикладного рівня, який визначає правила обміну даними між клієнтом (наприклад, браузером) та сервером.

NEXT (англ. Near End Crosstalk) – перехідне згасання, виміряне на ближньому кінці.

TDR (англ. Time Domain Reflectometry) – рефлектометрія в часовій області.

АЦП – аналого-цифровий перетворювач.

БД - база даних.

Ємність – скалярна величина, що характеризує здатність провідника накопичувати електричні заряди.

ЛОМ – локальна обчислювальна мережа.

ОЗП – оперативний запам'ятовуючий пристрій.

ОС – операційна система.

ПЗ – програмне забезпечення.

СУБД – система управління базами даних.

ШІМ – широтно-імпульсна модуляція.

ВСТУП

Актуальність теми. На сучасних підприємствах повсюдно використовують ЛОМ, які забезпечують співробітників підприємства доступом до його інформаційних ресурсів. Пристрої, що входять до складу ЛОМ, з'єднуються між собою різними середовищами передачі даних: витюю парою, коаксіальним кабелем, оптоволоконном і бездротовими технологіями.

Середовищем передачі даних, котре найбільше використовується в сучасних ЛОМ, є кабель «вита пара» категорії 5, 5e і 6. Кабель «вита пара» може з'єднувати активне обладнання ЛОМ, комп'ютери, офісне обладнання та інші пристрої. Характеристики кабелю дозволяють підтримувати швидкість передачі до 1000 Мбіт/с.

Використання кабелю «вита пара», як правило, передбачає, що топологія ЛОМ - це зірка. За цієї топології всі пристрої мережі під'єднані до центрального вузла. Ним може бути сервер або інше активне обладнання, наприклад комутатор або концентратор. Вихід з ладу одного вузла не впливає на роботу ЛОМ у цілому. Тільки при виході з ладу центрального вузла або сегмента мережі ЛОМ перестане працювати.

Під виходом з ладу вузла мається на увазі як непрацездатність самого пристрою, а й ушкодження лінії зв'язку між вузлами. У цьому випадку необхідно перевірити на цілісність усі провідники кабелю «вита пара». Для цього використовуються тестери – пристрої, що перевіряють стан кабельної лінії.

Прості тестери можуть визначити лише обрив провідника. Індикація цілих провідників таких приладів здійснюється світлодіодами, кожен із яких відповідає певному провіднику. Місце обриву простим тестером визначити неможливо. Тестери, здатні визначити місце до обриву, використовують метод TDR. Як правило, такі тестери досить дорогі та недоступні системним адміністраторам. Інший тип тестерів використовує ємнісний метод визначення відстані до обриву провідника, але цей метод менш точний, ніж метод TDR. Професійні тестери також володіють функціоналом з визначення коротких замикань, переплутаних і

розщеплених пар.

Актуальність цієї роботи полягає в тому, що пристрій здатний передавати дані вимірювань на сервер. Зберігання цих даних на сервері дозволяє системному адміністратору порівнювати їх за певні періоди і на основі цієї інформації робити висновки про стан структурованої кабельної мережі підприємства. У разі несправностей мережі ця інформація допоможе системному адміністратору оперативніше усунути несправність, що зменшить витрати через простій ЛОМ.

Мета дослідження: розробка апаратного та ПЗ для влаштування діагностики кабельної лінії. Діагностика кабельної лінії повинна включати більш точне визначення довжини кабелю і місця до обриву, використовуючи ємнісний метод.

Завдання кваліфікаційної роботи:

- провести аналіз роботи існуючих пристроїв для тестування кабельних ліній ПЗ сервера;
- розробити алгоритм визначення довжини кабельної лінії та пошуку місця обриву, використовуючи ємнісний метод;
- розробити прототип для тестування кабельних ліній;
- використовуючи створений алгоритм розробити ПЗ для пристрою;
- розробити ПЗ для сервера, що дозволяє обробляти отримані дані та надавати користувачеві результати вимірювань;
- виконати тестування алгоритму, проаналізувати отримані результати.

Об'єкт дослідження: ЛОМ.

Предмет дослідження: алгоритмічне та ПЗ пристрою для діагностики кабелів ЛОМ.

Методи дослідження: фундаментальні положення комп'ютерної інженерії, ємнісний метод вимірювання, експериментальне моделювання.

Наукова новизна отриманих результатів:

- запропоновано передавати отримані дані вимірювань на сервер для подальшої їх обробки та аналізу для проведення заходів по усуненню пошкоджень кабельної лінії заздалегідь.

Практичне значення результатів кваліфікаційної роботи. Розробка може бути успішно застосована для діагностики кабелів ЛОМ за ємнісним методом. Порівняння ємностей кабельних ліній дає змогу оцінити стан кабелів ЛОМ і завчасно провести заходи по усуненню несправності кабельної лінії.

Публікації. Окремі результати дослідження апробовано на XIII науково-технічній конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» (Тернопіль, ТНТУ ім. І. Пулюя, 17-18 грудня 2025 р) як опубліковані тези.

Структура роботи. Робота складається з пояснювальної записки та графічної частини. Пояснювальна записка складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

Для передачі даних використовуються кабелі зв'язку. Кабелі зв'язку конструктивно класифікуються на симетричні та коаксіальні. Симетричні кабелі в свою чергу класифікуються за системою скручування на парні, четверні та подвійні парні скручування. З поширенням стандарту 100BASE-T у локальних обчислювальних мережах застосовуються симетричні кабелі типу «вита пара» (рис. 1.1). Кабель «вита пара» містить одну або кілька пар скручених між собою ізольованих провідників.

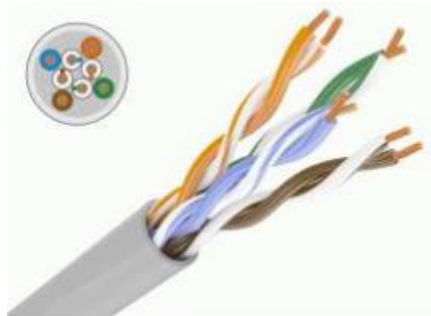


Рис. 1.1. - Кабель «вита пара»

Відповідно до стандарту ISO 11801 кабель "вита пара" класифікується за категоріями [1]. Категорії витвої пари 1 – 4 застаріли і не знаходять застосування. У роботі розглянуто категорії витвої пари, починаючи з категорії 5.

1.1. Характеристики кабелю «вита пара»

Розглянемо електричні характеристики кабелю «вита пара». Основними є опір струмопровідних жил, опір ізоляції, ємність.

Омічний опір струмопровідних жил. Під цим параметром мається на увазі властивість жили створювати на заваді проходженню струму. Цей опір вимірюється у омах та відноситься до одиниці довжини (метр або кілометр). Характеристика залежить від температури та частоти.

Опір для жили розраховується за такою формулою:

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (1.1)$$

де ρ - питомий опір матеріалу жили, l - довжина провідника в метрах, S - площа поперечного перерізу мм^2 .

Чим вищий опір, тим нижча швидкість поширення сигналу

Опір ізоляції. Цей параметр показує якість та стан ізоляції кабелю. Визначається як опір між жилами та оболонкою (екраном) кабелю. Опір для ізоляції розраховується за формулою:

$$R = \rho \frac{l}{A}, \quad (1.2)$$

де A - площа поперечного перерізу ізоляції мм^2 .

Площа поперечного перерізу розраховується як різниця площ поперечних перерізів кабеля та жили:

$$A = S_{\text{каб}} - S_{\text{жил}}, \quad (1.3)$$

Опір ізоляції кабелю опосередковано впливає швидкість передачі сигналів у кабелі «вита пара». Високе значення цього параметра говорить про те, що ізоляція кабелю в нормі. Низьке значення опору може говорити про те, що є механічні пошкодження в ізоляції кабелю.

Ємність. Характеристика показує здатність кабелю накопичувати електричний заряд між його парами провідників. Докладніше ємність кабелю «вита пара» розглянуто у пункті 1.4.

Індуктивність. Цей параметр характеризує магнітні властивості електричного ланцюга. Залежить від геометричних параметрів кабелю (довжини, кроку скручування, діаметра провідників), матеріалу жили, частоти змінного

струму. Вища індуктивність може викликати спотворення сигналів та наведення. Значення індуктивності виті пари зазвичай знаходиться в межах від 0,5 до 1 мкГн/м.

Розраховується індуктивність кабелю «вита пара» за такою формулою:

$$L = \frac{\mu_0 * N^2 * \pi * d^2}{4 * l}, \quad (1.4)$$

де μ_0 – магнітна постійна; N – число витків; d – діаметр провідників; l – довжина кабелю.

Кабель типу «вита пара» також описується такими характеристиками:

- збалансованість пари. Скручування жил забезпечує протидію зовнішнім та внутрішнім наведенням електромагнітного поля у провідниках. Наявність наведень погіршує якість сигналу, що передається і, отже, зменшує пропускну здатність кабельної лінії. У збалансованій парі електромагнітні перешкоди однакові за амплітудою, але перебувають у протифазі, що призводить до придушення електромагнітних перешкод. Між парами провідників також є взаємні наведення, тому пари в одному кабелі скручуються з різним кроком;
- комплексний опір – Impedance. Опір змінному електричному струму у витій парі неоднаковий на різних частотах. Для кабелю «вита пара» категорії 5 комплексний опір на частотах від 1 до 100 МГц становить 100 Ом $\pm 15\%$;
- швидкість поширення сигналу – NVP. Цей параметр виражається у відсотках швидкості світла у вакуумі. Параметр необхідний для визначення пропускну здатності кабельної лінії;
- погонне згасання - Attenuation. Цей параметр характеризує величину втрати потужності під час передачі сигналу. Обчислюється як співвідношення потужності сигналу кінці лінії до потужності сигналу, поданого в лінію;
- перехідне згасання між парами в багатопарному кабелі, виміряне на ближньому кінці (прийнято називати NEXT). Відображає співвідношення між сигналом, що подається на одну пару і наведень цього сигналу на іншу пару.

Вимірювання наведень проведено на ближньому кінці для всього діапазону застосовуваних частот. Чим вищий параметр, тим більше збалансований кабель;

- перехідне згасання між усіма парами в багатопарному кабелі, виміряне на ближньому кінці - Power Sum Crosstalk або PS-NEXT;

- перехідне згасання між парами в багатопарному кабелі, виміряне на дальньому кінці (позначається FEXT).

- відношення сигнал/шум, перешкодозахищеність - ACR. Якщо параметр позитивний, то потужність сигналу більша, ніж потужність шуму. Нульове значення параметра, коли потужність сигналу та шуму однакові. Якщо значення менше нуля, шум переважає над корисним сигналом;

- наведене перехідне згасання – ELFEXT (Equal Far End Crosstalk). Дані параметра обчислюється як співвідношення параметра FEXT і погонного згасання Attenuation. Вимірюється у децибелах;

- сумарне наведене перехідне згасання – PS-ELFEXT (Power Sum Equal Far End Crosstalk). Обчислюється для окремої пари як сума параметрів ELFEXT інших пар;

- зворотні втрати – RL (Return Loss). Переданий сигнал може відбитися у зворотному напрямку. При великій амплітуді відбитого сигналу виникає проблема пропускної здатності мережі. Параметр є відношенням потужності переданого сигналу до потужності відбитого.

Відповідно до стандарту TIA/EIA-568-B кабелі типу «вита пара» класифікуються за категоріями 5е, 6, 6а та 7. Категорії 8, 8.1 та 8.2 описується документом TIA/EIA-568-C [2,3]. Деякі параметри кабелю "вита пара" описані в табл. 1.1.

У стандартах [2,3] наведено вимоги до електричних параметрів для кабелю «вита пара» завдовжки 100 метрів:

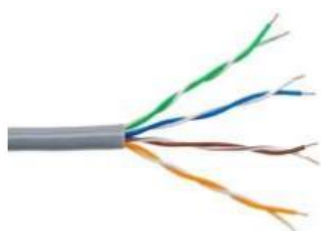
- ємність не може перевищувати 5,6 нФ;
- хвильовий опір 100 Ом $\pm 15\%$;
- індуктивність має бути менше 0,88 мГ н;
- опір ізоляції більше 50 МОм.

Параметри категорій кабелю «вита пара»

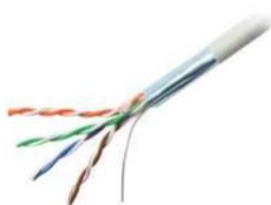
	5e	6	6a	7	8	8.1	8.2
Макс. частота передачі даних	100 МГц	250 МГц	500 МГц	600 МГц	2 ГГц	2 ГГц	2 ГГц
Макс. швидкість передачі даних	1 Гбіт/с	1 Гбіт/с	10 Гбіт/с	10 Гбіт/с	25 Гбіт/с	25 Гбіт/с	40 Гбіт/с
NEXT	≥40 дБ	≥46 дБ	≥54 дБ	≥57 дБ	≥58 дБ	≥59 дБ	≥60 дБ
PS-NEXT	≥44 дБ	≥44 дБ	≥44 дБ	≥53 дБ	≥53 дБ	≥53 дБ	≥53 дБ
Attenuation	≤22,0 дБ	≤21,5 дБ	≤19,8 дБ	≤19,2 дБ	≤11,5 дБ	≤11,0 дБ	≤10,5 дБ
FEXT	≥35 дБ	≥44 дБ	≥54 дБ	≥55 дБ	≥57 дБ	≥58 дБ	≥60 дБ
ACR	≥15 дБ	≥20 дБ	≥20 дБ	≥30 дБ	≥30 дБ	≥30 дБ	≥30 дБ
ELFEXT	≥27 дБ	≥24 дБ	≥24 дБ	≥24 дБ	≥24 дБ	≥24 дБ	≥24 дБ

Класифікація за наявністю екрана (рис. 1.2):

- UTP (unscreened twisted pair) - екран витой пари відсутній (рис. 1.2, а);
- FTP (foiled twisted pair) – екран складається із зовнішнього фольгованого шару (рис. 1.2, б);
- STP (shielded twisted pair) – кожна пара провідників оснащена фольгованим екраном, зовнішній шар – металева сітка (рис. 1.2, в).



а)



б)



в)

Рис. 1.2. Кабель "вита пара" а) без екрана (UTP); з фольгованим екраном (FTP); в) з екранованою витой парою (STP)

1.2. Види несправностей витой пари

Несправність кабелю «вита пара» призводить до порушення функціонування ЛОМ. Несправності можуть бути обумовлені як помилкою монтажу, так і прихованими дефектами кабелю. Нижче наведено описи і сталі назви дефектів, котрі знайшли застосування у різноманітних вимірювальних пристроях для відображення типу дефекту:

- розщеплені пари (split pairs). Провідники в парах не утворюють виту пару. Несправність може виникнути, якщо однаково переплутані провідники на обох кінцях кабелю. Наслідками несправності можуть бути наявність перехресних перешкод, що не знасяють між парами, що призводить до уповільнення сигналу або повної непрацездатності кабельної лінії;

- обрив пари та одного провідника (open pair). Обрив пари характеризується відсутністю контакту між двома кінцями кабелю. Факт обриву пари легко можна знайти простим тестером. Відстань до обриву вимірюється тестером, який використовує ємнісний або TDR методи;

- перевернута пара (reversed pair). Такий вид несправності зазвичай виникає при неправильному монтажі конектора або розетки. Характеризується тим, що пари на конекторі одного кінця кабелю розташовані у правильній послідовності, на конекторі ж іншого кінця провідники однієї пари перевернуті;

- перехреснені проводи (crossed pair). Цей вид несправності виникає, коли провідники однієї пари на одному з кінців кабелю перебувають у контактах іншої пари. Виникає несправність, наприклад, якщо з одного боку провідники розташовані за схемою T568B, з другого за схемою T568A;

- вкорочена пара (short pair). При цьому виді несправності спостерігається коротке замикання жил провідників. Наявність короткого замикання може визначити просте тестування. Відстань до короткого замикання може визначити лише тестер із рефлектометром.

1.3. Огляд існуючих пристроїв діагностики ЛОМ

Розглянемо пристрої діагностики кабельної лінії. Так як на більшості підприємств використовується «вита пара» категорії 5е, пристрій повинен бути обладнаний роз'ємом для конекторів 8P8C для під'єднання кабелю «вита пара».

1.3.1. Тестер Cablexpert NCT-1. Прилад (рис. 1.3) дозволяє:

- визначити наявність обриву на кабельній лінії;
- визначити наявність короткого замикання;
- перевірити правильність розведення кабелю;
- перевірити наявність та цілісність екрану.

Пристрій складається з блоку, що генерує сигнал та зовнішнього терміатора. Кабелі, що перевіряються приладом – «вита пара» та коаксіальний кабель [5].



Рис. 1.3. Тестер Cablexpert NCT-1

Принцип роботи пристрою полягає в тому, що мікроконтролер тестера генерує тестові сигнали, що подаються на контакти роз'ємів кабелю, що перевіряється. Кожній жилі відповідає певний світлодіод, якщо жила справна, то світлодіод спалахує. Якщо порядок жил на конекторах переплутаний, то на блоці, що генерує, відобразиться один номер жили, що перевіряється, а на зовнішньому терміаторі інший. У разі короткого замикання одночасно спалахнуть кілька світлодіодів, що дозволяє визначити закорочені жили.

Перевірка цілісності екрану полягає у вимірі приладом опору екрану. Якщо опір екрану порядку 10 Ом, то екран цілий, інакше, якщо опір помітно більший, це означає, що екранування порушено

1.3.2. Тестер Softing CableMaster 500. Прилад (рис. 1.4, а) дає змогу [6]:

- вимірювати довжину кабельної лінії та визначати місце до обриву жили;
- перевіряти правильність розведення кабелю;
- відображати схему проводів;
- визначати порт комутатора, до якого підключений кабель, що перевіряється.

Прилад може перевіряти різні типи кабелів: телефонні, коаксіальні та багатожильні кабелі. Аналізуючи отриманий сигнал, пристрій також може визначити тип роз'єму на іншому кінці кабелю. Для вимірювання довжини використовується ємнісний метод. Похибка визначення довжини кабелю $30 \pm 3\%$.

Тестер складається з двох частин: блоку генератора сигналу та зовнішнього термінатора. Вбудований генератор може надіслати тональний сигнал, який визначається індуктивним щупом (рис. 1.4, б). Пристрій дозволяє виконати трасування кабелю, ідентифікацію жил та пошуку місця пошкодження.

Місце пошкодження кабелю прилад виявляє зміну електромагнітного поля навколо місця дефекту [7].



а)



б)

Рис. 1.4. Тестер Softing CableMaster 500 а) тестер; б) індуктивний щуп

1.3.3. Тестер ЗВ'ЯЗОКПРИЛАД LAN Test. Пристрій (рис. 1.5) має множину функцій для діагностики ЛОМ:

- перевірка доступності віддалених хостів;
- вимірювання погонного та перехідного згасання, рівня шуму, опору;
- проведення моніторингу активності мережі;
- визначення швидкості передачі, полярності сигналу;
- визначення правильності розведення кабелю;
- визначення дефектів кабелю.

Прилад використовує рефлектометр для визначення місця дефекту кабелю та характеру пошкодження: обрив, замикання, неоднорідності кабелю та інші. Якщо в кабельній лінії немає дефектів, то визначити довжину кабелю неможливо. Вимірювання кабелю проводяться лише з одного кінця.

Прилад має інтерфейс для зв'язку з комп'ютером. Через комп'ютер можна оновити ПЗ пристрою, а також зберегти або завантажити налаштування [8].



Рис. 1.5. Тестер ЗВ'ЯЗОКПРИЛАД LAN Test

Порівняння можливостей пристроїв діагностики ЛОМ розглянуто в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Порівняння пристроїв для діагностики ЛОМ

	Cableexpert NCT-1	Softing CableMaster 500	ЗВ'ЯЗОКПРИЛАД LAN Test
Вимірювання довжини кабелю	-	+	-
Пошук місця обриву	-	+	+
Виявлення дефектів кабелю	-	-	+
Метод визначення місця до обриву	Відсутній	Ємнісний	TDR
Тип індикації	Світлодіоди	ПК-екран	ПК-екран

1.4. Огляд методів визначення довжини кабелю та місця обриву

Визначити довжину кабельної лінії можливо механічним способом, наприклад, подивитися на ізоляції позначку про поточну довжину кабелю на одному та іншому кінцях і таким чином обчислити довжину кабельної лінії. Але це спосіб, який не завжди доступний, оскільки кабельна лінія може бути прихована у стіні, кабель-каналі, інших недоступних місцях.

Інший спосіб полягає в тому, що, знаючи різні електричні параметри провідника, можна визначити його довжину. Для цього можуть бути застосовані методи, перераховані нижче.

1.4.1. DC (Direct Current) –метод. Цей метод дозволяє виміряти опір струмопровідної жили на постійному струмі. В основу методу покладено закон Ома. Довжина жили визначається за формулою:

$$L = \frac{R}{R_{PG}}, \quad (1.5)$$

де R - виміряний опір жили в омах, R_{PG} - погонний опір жили в Ом/км. Погонний

опір жили залежить від перерізу жили, температури та питомого електричного опору матеріалу провідника. При точному встановленні величин становить трохи більше 0.1%.

На практиці при діагностиці кабельних ліній ЛОМ погонний опір всіх жил точно визначити неможливо, тому вимір довжини цим методом відбувається з великою похибкою.

1.4.2. TDR- метод. Принцип роботи методу ґрунтується на аналізі відбитих електричних сигналів у часовій області. Рефлектометр генерує короткий імпульсний сигнал і запускає його в лінію, що досліджується. Сигнал поширюється по лінії і відбивається від неоднорідностей, таких як розриви, короткі замикання, муфти, вигини і т.д. Відбиті сигнали реєструються рефлектометром і аналізуються у часовій області. Довжина може бути розрахована за часом між моментом початку зондуючого імпульсу та моментом приходу відбитого, за відомої швидкості поширення.

TDR використовується для визначення місця та ідентифікації дефекту у всіх типах кабелів, що складаються з металевих пар.

Переваги методу:

- висока точність визначення місця до обриву;
- можливість визначення більш ніж одного дефекту кабелю;
- пристрій під'єднується лише з одного боку кабелю.

З недоліків можна відзначити, що необхідно знати точну довжину кабелю, що перевіряється, що навіть професійні тестери не можуть зробити автоматично.

При цьому пристрої, що використовують метод рефлектометрії не можуть показати, який саме характер несправності лінії. На екрані пристрою буде відображено графік, що відображатиме відображені сигнали. За цим графіком спеціаліст визначає дефекти кабельної лінії.

1.4.3. Ємнісний метод. Цей метод визначення довжини та виявлення обриву кабельної лінії заснований на визначенні ємності кабельної жили.

Ємність жили повинна бути виміряна з обох кінців кабелю. При цьому кабель на іншому кінці повинен бути обов'язково відключений від інших пристроїв, так як вони теж мають свою ємність і це позначається на точності вимірювань. Вимірявши ємність непошкодженої жили і знаючи довжину кабельної лінії, властиво досить просто з'ясувати відстань до місця обриву.

Перевагою методу є його простота та дешевизна пристроїв, що дозволяють виконувати вимірювання ємнісним методом.

Недоліками цього методу є більша похибка вимірювання порівняно з TDR-методом, а також неможливістю визначити на локалізацію короткого замикання на кабельній лінії.

1.5. Принцип роботи ємнісного методу

Ємність сильно залежить від геометричних параметрів провідника та діелектричної проникності навколишнього середовища. На частотах понад 100 МГц ємність кабелю може зменшуватися. Заряд на таких частотах накопичується переважно поверхнею провідників.

Одножильний кабель круглого перерізу можна уявити як циліндричний конденсатор. Як обкладки конденсатора приймемо жилу кабелю і екран.

Ємність циліндричного конденсатора обчислюється за такою формулою:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon l}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}, \quad (1.6)$$

де l – висота циліндра; R_1 і R_2 – радіуси обкладок; ϵ_0 – електрична постійна, ϵ – діелектрична проникність ізоляції.

Для витої пари невідомі R_1 і R_2 замінюються невідомими D і d , які позначають відповідно відстань між центрами провідників та діаметр провідника.

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon l}{\ln(\frac{D}{d})}, \quad (1.7)$$

Ємність також залежить від температури кабелю. Збільшення температури призводить до розширення діелектрика кабелю, що призводить до збільшення його товщини. Це, зі свого боку, призводить до зменшення електричної ємності кабелю, оскільки ємність обернено пропорційна відстані між провідниками. Відповідно при зменшенні температури діелектрик стискається, зменшується його товщина та ємність кабелю збільшується.

Для вимірювання ємності кабелю формула (1.7) не підходить, тому що визначення довжини жили, радіусу жили та радіусу зовнішньої оболонки є досить трудомістким завданням і залежить від безлічі факторів.

Інший спосіб вимірювання полягає в тому, щоб ємність конденсатора розрахувати за часом його заряджання. Конденсатор заряджається за експонентним законом. Заряд на обкладках конденсатора асимптотично прагне до деякого граничного значення. Під час T конденсатор зарядиться на 63%. Час заряджання конденсатора розраховується за формулою (1.8) [10]:

$$T = RC \quad (1.8)$$

де T – постійна часу; R - опір у ланцюзі; C - ємність у ланцюзі.

Відповідно, ємність обчислюється як $C = T/R$.

Конденсатор заряджається за певний час. Час заряду конденсатора залежить від прикладених до конденсатора напруги та сили струму:

$$T = CR = C * \frac{U}{I}, \quad (1.9)$$

де C - ємність конденсатора, U - напруга на вході, I - сила струму на вході.

Якщо конденсатор підключений до навантаження або будь-якого опору, утворюється провідний шлях, яким електричні заряди можуть перетікати з однієї

обкладки конденсатора в іншу. Конденсатор розряджається. Розряд конденсатора також відбувається тому, що діелектрик має власну невелику провідність.

За стандартом TIA/EIA-568-A для кабелів «вита пара» категорії 5 ємність не повинна перевищувати 5,6 нФ на 100 метрів. Розрахуємо, що на 1 метр виті пари не повинно припадати більше 56 пФ.

Відповідно, довжина кабелю буде розрахована за формулою:

$$l = \frac{C}{56} \quad (1.10)$$

Насправді ємність кабелю «вита пара» відрізняється в різних виробників. У кабелів «вита пара» розрізняються матеріал оболонки, діаметр жили, товщина ізоляції та інші параметри. Кабелі «вита пара» з екрануванням мають ємність у 2-3 рази більше, ніж кабель без екранування. Тому точну довжину ємнісним способом виміряти неможливо.

Розглянемо питання визначення місця до обриву жили. Якщо виміряти ємність жил кабелю «вита пара» можна визначити приблизне місце несправності кабельної лінії у відсотковому співвідношенні.

Наприклад, виміряні ємності жил із 1 - 7 кабелю «вита пара» невідомої довжини - 6 нФ. Виміряна ємність жили 8 – 4 нФ. Відсоткове співвідношення між ємностями жил 66%. З цього співвідношення випливає, що обрив (рис. 1.6) стався трохи далі за середину кабелю

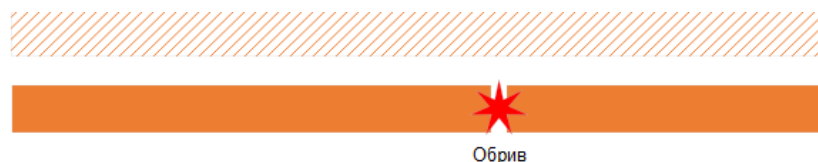


Рис. 1.6. Ціла жила і жила з обривом

Розглянемо також інший приклад несправності кабельної лінії. Ємнісним методом виявлено, що несправність знаходиться на відстані приблизно 30% від довжини кабельної лінії. Вимірявши жилу кабелю з іншого боку, визначено, що

несправність знаходиться на 20% від довжини кабельної лінії. Таким чином, виявлені приблизні місця обривів з обох кінців жили (рис. 1.7). Наявність інших обривів між знайденими двома обривами ємнісним методом визначити неможливо.



Рис. 1.7. Ціла жила та жила з двома обривами

При короткому замиканні ємність закорочених жил приблизно дорівнює нулю. При короткому замиканні два провідники стають фактично одним загальним електродом. Це призводить до різкого зменшення ємності між ними, оскільки відсутня різниця потенціалів, необхідна накопичення заряду.

Відповідно, якщо при вимірюванні жили значення приблизно дорівнює нулю, то в кабельній лінії є коротке замикання. Відстань до короткого замикання ємнісним методом визначити неможливо, лише зафіксувати його наявність.

Висновки до розділу 1

У ході аналітичної роботи розглянуто характеристики кабелю «вита пара» різних категорій, види несправностей кабелю та пристрої для діагностики ЛОМ.

Описаний ємнісний метод визначення довжини кабелю "вита пара". Визначення ємності кабельної лінії здійснюється за часом заряду провідника. Цей метод не може бути використаний для точного визначення довжини провідника. Даним методом можна визначити відстань до обриву кабелю виті пари у відсотковому співвідношенні від загальної довжини лінії.

Вимірювання проводяться в обох кінцях кабельної лінії через те, що на іншому кінці також можна виявити обрив. Визначити відстань до короткого замикання провідників ємнісним методом неможливо. Можна лише зафіксувати факт короткого замикання між провідниками.

РОЗДІЛ 2

АПАРАТНЕ І ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

2.1. Вибір компонентної бази

Для проектування пристрою тестування кабельних ліній ЛОМ необхідно вибрати компонентну базу. Для роботи цього пристрою потрібен сервер, який приймає та обробляє дані вимірювань за допомогою певного ПЗ.

2.1.1. Мікроконтролер. Для керування пристроєм, прийому та передачі даних вимірювань необхідний мікроконтролер. Оберемо ATmega 328P (рис. 2.1) у складі платформи Arduino Uno. Платформа має великий функціонал, простоту програмування (мова програмування нагадує C++) і достатню швидкодію для реалізації пристрою тестування [11].



Рис. 2.1. Мікроконтролер ATmega328P

Даний мікроконтролер має множину цифрових та аналогових входів/виходів, а також вбудовані інтерфейси UART, I2C та SPI.

Основні характеристики платформи Arduino Uno наведені в табл. 2.1:

Основні характеристики Arduino Uno

Характеристика	Величина
Робоча напруга	5В
Вхідна напруга (рекомендована)	7-12В
Вхідна напруга (гранична)	6-20В
Цифрові входи/виходи	14 (з них 6 виходи ШІМ)
Аналогові входи	6
Флеш-пам'ять	32 КБ (з них 0.5 КБ зайняті завантажувачем)
SRAM	2 КБ
EEPROM	1 КБ
Тактова частота	16МГц
Частота дискретизації АЦП	9600 <u>Гц</u>

Розглянемо програмний інтерфейс платформи. Він дозволяє:

- керувати цифровими входами/виходами. Arduino Uno має їх 14, ними можна керувати, читаючи та записуючи їх стан за допомогою функцій `digitalRead()` та `digitalWrite()`;
- вимірювати напругу на аналогових входах в діапазоні від 0 до 5 за допомогою вбудованого 10-бітного АЦП. Для роботи з цими входами використовується функція `analogRead()`;
- керувати ШІМ-виходами. Arduino Uno підтримують ШІМ на 6 виходах (3, 5, 6, 9, 10, 11), що дозволяє керувати яскравістю світлодіодів, швидкістю обертання двигунів та іншими пристроями. Для генерації ШІМ-хвилі використовується функція `analogWrite()` та `tone()`;
- використовувати таймери та лічильники. Arduino Uno оснащений вбудованими таймерами та лічильниками, котрими можна управляти за допомогою функцій, таких як `millis()`, `micros()` та `delay()`, для реалізації тимчасових затримок та вимірювань;

- обробляти переривання. Arduino Uno підтримує апаратні та програмні переривання, які дають змогу оперативно реагувати на зовнішні події, наприклад натискання кнопки або спрацювання датчика;
- взаємодіяти за послідовним інтерфейсом. Arduino Uno має вбудований UART -інтерфейс, який можна використовувати для зв'язку з комп'ютером або іншими пристроями за допомогою функцій `Serial.begin()`, `Serial.print()` та `Serial.read()`;
- працювати з інтерфейсами I²C та SPI. Arduino Uno підтримує I²C та SPI-інтерфейси, що дозволяють підключати різні датчики, виконавчі механізми та інші периферійні пристрої;
- працювати з EEPROM- пам'яттю. Arduino Uno має вбудовану енергонезалежну EEPROM -пам'ять, яку можна використовувати для зберігання даних, що зберігаються навіть після вимкнення живлення;
- працювати з безліччю периферійних пристроїв. Завдяки активній спільноті Arduino реалізовано безліч бібліотек, що розширюють функціонал платформи.

2.1.2. Модуль для з'єднання з обчислювальною мережею. Для передачі даних вимірювання на сервер необхідно насамперед встановити з'єднання з сервером, який приймає ці дані.

З'єднати пристрій із сервером можна кабельною лінією або використовувати бездротові технології, такі як Bluetooth та Wi-Fi.

З'єднання пристрою та сервера кабельною лінією забезпечує максимальну швидкість передачі даних вимірювання, проте сильно обмежує застосування пристроїв тестування.

Під час бездротового з'єднання пристрій тестування можна застосувати у будь-якій точці. Однак, у разі використання бездротової технології Bluetooth, відстань для передачі даних обмежена потужністю передавача, наявністю фізичних перешкод та електромагнітних перешкод. Насправді радіус дії технології Bluetooth обмежений 10-30 метрами.

Бездротова технологія Wi-Fi дозволяє передавати дані на відстань від 30 до 100 метрів, що є оптимальним, якщо тестуючий пристрій віддалений від сервера на велику відстань.

Для з'єднання пристрою тестування з бездротовою мережею Wi-Fi використано модуль ESP8266 (рис. 2.2). У складі модуля є 32-бітний мікроконтролер Tensilica L106, мережевий чіп та антену. Модуль працює на частоті 2,4 ГГц, що забезпечує більшу дальність передачі даних вимірів на сервер.



Рис. 2.2. Модуль ESP8266

2.1.3. Мультиплексор. Це електронний пристрій, який вибирає один із кількох вхідних сигналів і спрямовує його на єдиний вихід.

Завдяки поширеності, простоті застосування та високій швидкодії вибрано модуль D74HC4067 CMOS (рис. 2.3). Даний модуль має 16 вхідних сигнальних ліній і цим дозволяє прийняти сигнал на аналоговий вхід мікроконтролера з усіх 8 провідників кабелю, що перевіряється.



Рис. 2.3. Модуль D74HC4067 CMOS

Принцип роботи модуля полягає в тому, що на керуючі входи (S0 – S3) мікросхеми подається комбінація сигналів високої (1) та низької (0) напруги, яка відповідає певному каналу мультиплексора. Вибравши потрібну комбінацію на входах, що управляють, можна послідовно комутувати будь-який з 16 вхідних сигналів на єдиний вихідний канал. Таблиця істинності для вибору каналу представлена у табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Таблиця істинності для модуля мультиплексора E74IC4067

S0	S1	S2	S3	Канал
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
0	1	0	0	2
1	1	0	0	3
0	0	1	0	4
1	0	1	0	5
0	1	1	0	6
1	1	1	0	7
0	0	0	1	8
1	0	0	1	9
0	1	0	1	10
1	1	0	1	11
0	0	1	1	12
1	0	1	1	13
0	1	1	1	14
1	1	1	1	15

2.1.4. Інші елементи. Час накопичення заряду на кабельній лінії залежить від напруги, що подається на вхід, і сили струму. Згідно з формулою (1.9), розрахуємо час на зарядку кабельної лінії ємністю 50 пФ. Напруга на виходах Arduino Uno 5В, сила струму 40 мА.

$$T = C * \frac{U}{I} = 50 * 10^{-12} \Phi * \frac{5V}{0,4A} = 6,25 * 10^{-10} c$$

За розрахований час АЦП платформи Arduino Uno не отримає інформації про зміну напруги на конденсаторі. Необхідно розрахувати опір ланцюга, у якому час зарядки займе 0,5 мілісекунди.

$$R = \frac{T}{C} = \frac{0,5 * 10^{-3} c}{50 * 10^{-12} \Phi} = 1 * 10^7 \text{ Ом} = 10 \text{ МОм}$$

Таким чином, для поступового заряду кабельної лінії необхідно використовувати в схемі резистори 10 МОм.

Наприкінці одного вимірювання лінію необхідно розрядити. Для цього необхідно використовувати резистори 220 Ом.

2.2. Вибір ПЗ сервера

Для функціонування програми необхідно вибрати ПЗ для зберігання, обробки та прийому даних, отриманих під час вимірювання кабельних ліній пристроєм тестування.

ПЗ повинно включати веб-сервер, інтерпретатор для обробки даних і СУБД для зберігання даних.

2.2.1. Веб-сервер. Це ПЗ, що приймає HTTP -запити від клієнтів (як правило, веб-браузерів) і видає їм відповідь у вигляді HTML -сторінки, зображень, медіа-потоків, документів та інших типів даних. Веб сервер дозволяє розміщувати в мережі сайти або веб-застосунки, доступні користувачам за певною мережевою адресою - доменне ім'я або IP- адресу.

Розглянемо найпоширеніші веб-сервери.

IIS (Internet Information Service) – пропріетарний веб-сервер компанії

Microsoft, доступний на ОС Windows Server.

Переваги веб-сервера IIS:

- модульність архітектури;
- моніторинг запитів у режимі реального часу;
- висока швидкодія;
- безпека;
- стиснення та кешування вмісту відповіді веб-сервера.

Недоліки:

- доступний лише на ОС Windows;
- висока ціна.

Apache - веб-сервер, що вільно розповсюджується, підтримує більшість сучасних ОС. Для розширення функціональності веб-сервера використовують програмні модулі. Переваги веб-сервера Apache:

- кросплатформність;
- масштабованість;
- функціональність;
- модульність архітектури.

Недоліки:

- залежність швидкодії від трафіку;
- проблеми із безпекою.

NGINX - веб-сервер для Unix -подібних ОС. Позиціонується як простий, швидкий та надійний веб-сервер, на відміну від Apache та IIS, не перевантажений функціональністю. Відмінно підходить для сайтів та веб-додатків, які використовують статичний контент.

Його переваги:

- висока швидкодія обробки запитів до статичного контенту;
- простота встановлення та конфігурування;
- високий рівень безпеки;
- модульна архітектура.

Недоліки:

- обмежена підтримка ОС, крім Unix- подібних;
- обмеженість функціоналу порівняно з іншими веб-серверами.

Для цього проекту необхідний веб-сервер, який має підтримку більшості ОС. Apache є кросплатформним рішенням, тому його і буде використано.

2.2.2. Інтерпретатор. Це ПЗ, що виконує послідовно код програми без її компіляції.

Швидкість виконання програм, що інтерпретуються, нижча, ніж скомпільованих програм, але інтерпретовані програми простіше виправляти і змінювати.

Для деяких інтерпретаторів потрібний зворотний проксі-сервер, щоб перенаправляти трафік на веб-сервер.

Для вибору інтерпретатора порівнюємо найпоширеніші з них.

NodeJS – інтерпретатор із відкритим вихідним кодом. Серверний код пишеться мовою програмування JavaScript. Використовує високопродуктивний рушій Chrome V8.

Переваги інтерпретатора NodeJS:

- висока продуктивність;
- розширюваність модулями;
- асинхронне виконання операцій.

Недоліки:

- обмеженість застосування;
- робота через зворотний проксі на веб-сервері;
- складність роботи асинхронних функцій;
- проблеми із сумісністю деяких модулів.

Python - високорівнева інтерпретована мова програмування. Успішно застосовується для розробки веб-застосунків та прикладного ПЗ.

Переваги:

- розширюваність модулями;
- дозволяє вирішувати складні завдання;

- швидкість розробки;
- універсальність.

Недоліки:

- повільна робота;
- функціонування через зворотний проксі на веб-сервері;
- неоднакова реалізація функціоналу під різні платформи;
- ресурсоємність.

PHP (Hypertext Preprocessor) - мова програмування, що інтерпретується, котра дозволяє створювати динамічні сторінки сайтів і веб-додатків. Входить до складу веб-сервера Apache (бібліотека libphp.so).

Переваги інтерпретатора PHP:

- надійність;
- функціональність;
- працює без зворотного проксі на веб-сервері;
- продуктивність.

Недоліки:

- можливі проблеми безпеки;
- застарілі практики у підході створення сайтів та веб-додатків.

Для цього проекту необхідний інтерпретатор, який працює на більшості ОС, що підтримується веб-сервером Apache. Так як NodeJS і Python можуть бути використані тільки зі зворотним проксі, це знижує швидкість обробки запитів цими інтерпретаторами. Звідси випливає, що з найбільшої швидкодії необхідно вибрати інтерпретатор PHP.

2.2.3. СУБД. Отримані дані вимірювань необхідно певним чином зберігати на сервері. Структуроване зберігання даних вимірювань дозволяє користувачеві отримати необхідну йому інформацію про вимірювання певної кабельної лінії у різні періоди часу.

Для вирішення завдань подібного роду існують СУБД, котрі дозволяють зручно керувати БД: додавати, модифікувати та видаляти елементи, змінювати їх

структуру, виконувати фільтрацію за певними ознаками чи значеннями.

СУБД класифікуються за структурою та організацією даних:

- реляційні дані зберігаються в таблицях з певною структурою. Таблиці пов'язані між собою зовнішніми ключами;
- ключ-значення – елементи містять унікальні ідентифікатори (ключі), які використовуються для видобування значень цих елементів;
- документні - елементи БД є документами, згрупованими в колекції та контейнери;
- графові - елементи БД мають взаємозв'язку як графа, де кожен елемент має множину зв'язків з іншими елементами;
- колонкові - в БД такого типу дані групуються не рядками, а стовпцями.

Використовуються для аналізу великих даних.

Так як для реалізації системи тестування кабельних ліній необхідно записувати елементи, які відрізняються набором властивостей, тому для даного проекту підходить реляційний тип БД.

Розглянемо деякі з реляційних БД.

MySQL поширюється як вільне ПЗ, що працює на більшості ОС. Є однією з найпопулярніших СУБД через універсальність, гнучкість, безпеку та зручність використання.

Переваги СУБД MySQL:

- простота встановлення та використання;
- висока продуктивність;
- масштабованість;
- висока надійність.

Недоліки:

- не підходить для великої кількості одночасних транзакцій;
- обмеженість мови SQL відносно інших СУБД.

SQLite є файлова СУБД і вбудована безпосередньо в застосунок. Працює на більшості ОС. Використовується в основному в застосунках, де не потрібна масштабованість.

Переваги SQLite:

- висока швидкість читання;
- висока надійність;
- швидке встановлення та налаштування.

Недоліки:

- обмеження на одночасне використання БД;
- обмеження типів даних SQL.

PostgreSQL – об'єктно-реляційна БД. Підходить для складних проектів, що мають різноманітний функціонал і великий набір даних, що зберігаються. Цю СУБД встановлюється більшість ОС.

Переваги PostgreSQL:

- розвинений функціонал;
- підтримка багатьох типів даних;
- масштабованість;
- підтримка NoSQL.

Недоліки:

- складність налаштування;
- високе споживання ресурсів.

MariaDB - реляційна БД, переважно застосовується для проектів, де важлива висока швидкість виконання операцій із даними. Підтримує лише ОС сімейств Windows та Linux.

Переваги MariaDB:

- висока швидкість виконання запитів;
- відкритий вихідний код;

Недоліки:

- Проблема зі стабільністю БД.

Для цього проекту обрано СУБД MySQL через її надійність, простоту встановлення та високу продуктивність. Для розвитку програми необхідна масштабованість, що забезпечує СУБД MySQL.

2.3. Сервер

Під сервером мається на увазі пристрій, здатний приймати дані від тестерів, обробляти отримані дані та надавати інформацію про результат діагностики кабельної лінії.

Мінімальні апаратні вимоги до сервера обумовлені апаратними вимогами ПЗ, а також кількістю пристроїв, що тестують, від яких сервер прийматиме дані.

Розглянемо апаратні вимоги до пристрою ОС Microsoft Windows 10 і Linux -подібної до системи Ubuntu Desktop 22.04.2 LTS (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Мінімальні системні вимоги ОС

	Microsoft Windows 10	Ubuntu Desktop 22.04.2 LTS
Процесор	1 ГГц	1,3 ГГц
ОЗП	2 Гб	2 Гб
Вільна пам'ять на диску	20 Гб	5 Гб

Мінімальні системні вимоги з боку ПЗ: процесор частотою щонайменше 1 ГГц і щонайменше 512 Мб ОЗП. При великій кількості даних із вимірювальних пристроїв або запитів на отримання даних вимірювань потрібна велика обчислювальна потужність. Щоб розрахувати, необхідно враховувати множину факторів, наведемо деякі з них:

Кількість одночасних підключень;

- частота звернень до сервера;
- складність обробки запитів;
- розмір даних, що передаються.

Наведені вище параметри, в першу чергу, залежать від кількості вимірювальних пристроїв, кількості і частоти даних, що передаються ними. За значної кількості пристроїв відповідно зростає навантаження на процесор, ОЗП та

накопичувач сервера. Отже, апаратна конфігурація сервера повинна відповідати передбачуваному обсягу даних та обчислень.

2.4. Передача даних на сервер

Пристрої, які тестують, перебувають у мережі з сервером. Пристрої використовують модуль ESP8266, який дозволяє під'єднуватися до бездротових мереж стандартів 802.11 (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Схема мережі пристрою

Для передачі даних вимірювань використовується HTTP-протокол. Клієнт (зазвичай веб-браузер) ініціює запит на сервер. Сервер обробляє запит і надсилає відповідь клієнту. Схема клієнт-серверної архітектури HTTP-протоколу представлена на рис. 2.5.

У HTTP -запиті вказується метод - дія, яку має виконати сервер при отриманні запиту та заголовки запиту. В табл. 2.4. наведено опис основних методів.

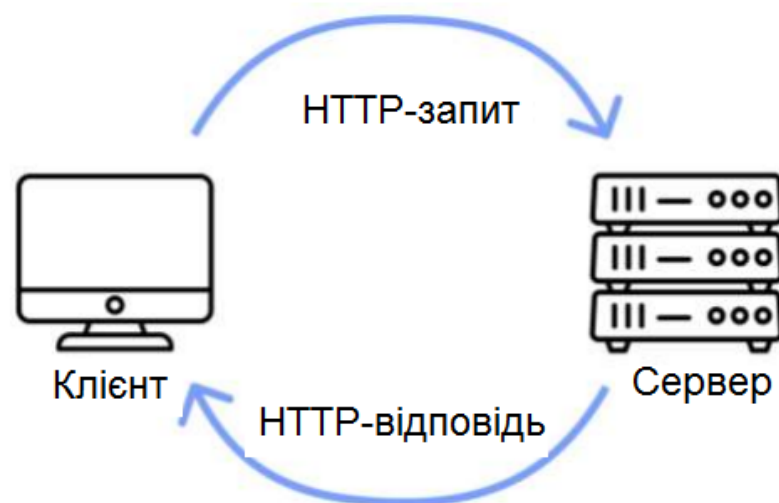


Рис. 2.5. Клієнт-серверна архітектура HTTP-протоколу

Таблиця 2.4

Методи HTTP -протоколу

Метод	Опис
GET	Використовується для отримання даних із сервера. Запит містить URI та параметри запиту. Приклад: https://tester.local?param1=value 1
POST	Використовується для надсилання даних на сервер для обробки. Дані передаються в запиті.
PUT	Використовується для заміни наявного ресурсу на сервері. Дані для заміни передаються в запиті.
DELETE	Використовується для видалення ресурсу на сервері. Запит містить інформацію про ресурс, який потрібно видалити
HEAD	Аналогічний методу GET, але повертає лише заголовки, без тіла відповіді.
OPTIONS	Використовується для запиту інформації про доступні методи HTTP для цього URI. Сервер повертає список методів, що підтримуються в заголовку "Allow" .
PATCH	Аналогічний метод PUT, за винятком того, що метод використовується для часткової заміни ресурсу на сервері.

Заголовки (headers) HTTP -запиту — це додаткова інформація, яка надсилається разом з основним вмістом запиту. Вони використовуються для надання додаткових інструкцій серверу або передачі інформації про запит.

Заголовки містять інформацію про ім'я (адресу) хоста, куди надсилається запит, інформацію про клієнтську програму (User-Agent), тип даних (Content Type) та розмір даних (Content-Length).

Для отримання даних вимірювань з БД та отримання сторінок веб- додатку використовується метод GET. Для надсилання даних вимірювань з пристрою для тестування на сервер використовується метод POST.

Після обробки запиту веб-сервером клієнт отримує HTTP -відповідь від веб-сервера. HTTP відповідь містить: версію HTTP -протоколу, код стану, заголовки та тіло відповіді. У табл. 2.5 подано коди стану відповіді з коротким описом.

Таблиця 2.5

Коди стану HTTP -відповіді

Код	Опис
100	сервер отримав початок запиту та клієнт може продовжувати
101	сервер перемикає протоколи, як цього вимагає запит
200	запит успішно опрацьовано
201	ресурс успішно створено
202	запит прийнято, але ще не оброблено
204	запит успішно оброблений, але немає контенту, що повертається
301	запитаний ресурс було переміщено на новий URL
302	запитаний ресурс тимчасово доступний інакше URL
304	клієнтський кеш може використовуватись
400	невірний синтаксис запиту
401	потрібна аутентифікація
403	доступ до запрошеного ресурсу заборонено
404	запитаний ресурс не знайдено
500	внутрішня помилка сервера
501	сервер не підтримує функціональність для виконання запиту
503	сервер тимчасово недоступний

Коди опису необхідні, щоб клієнт розумів, що сталося з його запитом і він

міг вжити відповідних дій.

Висновки до розділу 2

Розглянуто вибір ПЗ для сервера. Для забезпечення обміну даними між пристроями, що тестують, і сервером необхідні: ОС, веб-сервер, БД та інтерпретатор.

Як ОС на сервері може бути встановлена будь-яка сучасна ОС. Веб-сервер Apache обраний через його надійність, простоту інсталяції та підтримку необхідних модулів, у тому числі інтерпретатора PHP, який обробляє вхідні дані HTTP -запиту і надає клієнту HTTP -відповідь.

Як СУБД обрана MySQL через її надійність, простоту встановлення та високу продуктивність.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ТА ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ

3.1. Реалізація алгоритму

Відповідно до формули (1.8) провідник заряджається на 63.2% за постійну часу T . Вимірний час T ділиться на опір ланцюга R .

Блок схема роботи алгоритму представлена на рис. 3.1.

Для заряджання провідника на цифровий вихід подається напруга +5В. Далі через резистор напруга подається на вхід провідника.

Провідник з'єднаний з аналоговим входом мікроконтролера. Вимірює напруга на вході провідника подається на аналоговий вхід мікроконтролера. Якщо провідник заряджений на 63.2%, тоді обчислюється ємність провідника, якщо ні – то на цифровий вихід знову подається напруга +5В. Після того як була вимірює ємність, провідник розряджається через резистор 220 Ом. Вимірювання одного провідника проводяться кілька разів, щоб зменшити похибку вимірювань.

Кабель «вита пара» може містити 2 або 4 скручені пари проводів. Платформа Arduino Uno має 6 аналогових входів, що не дозволяє виміряти ємності 8 провідників. Щоб виміряти ємність кожного провідника, використовується мультиплексор. На входи мультиплексора подається логічна послідовність імпульсів, що визначає з якого виходу мультиплексора зчитується сигнал. Мікроконтролер визначає ємність провідника і якщо провідник заряджений, то логічна послідовність, що подається на входи мультиплексора, змінюється та зчитується сигнал вже з наступного провідника. При зчитуванні ємності останнього провідника повторюється знову з першого провідника. Вимірювання ємності провідників відбуваються до того часу, поки пристрій активний.

Отримані дані вимірювань відправляються на сервер за допомогою протоколу HTTP . Отримані дані зберігаються у БД. Якщо виміряні ємності провідників одного кабелю відрізняються значеннями, то стався обрив одного провідника.

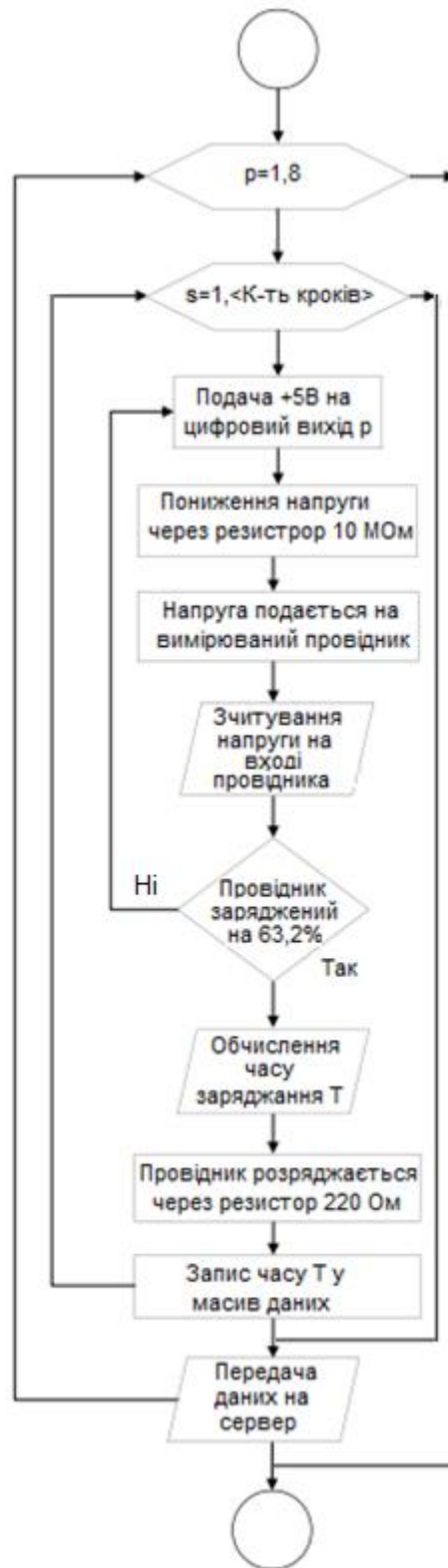


Рис. 3.1. Блок-схема алгоритму визначення ємності

Разом із вимірними даними також передається інформація про стан пристроїв. Якщо пристрій активний, то інформація про це потрапляє на веб-сервер.

3.2. Модель пристрою

Моделювання пристрою визначення ємності провідника виконано в середовищі Tinkercad (рис. 3.2). Провідник представлений у схемі як конденсатор.

- платформа Arduino Uno;
- резистора R1 – 10 МОм;
- резистора R2 - 220 Ом;
- конденсатор C1.



45

До цифрових виходів підключається резистор 10 МОм для зменшення напруги конденсатора, що подається на вхід.

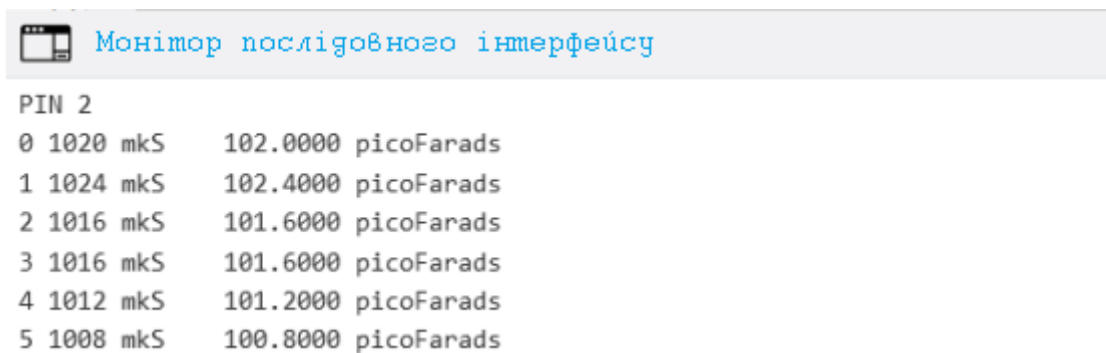
До цифрового виходу 11 підключається резистор 220 Ом для конденсатора розрядки.

Напруга на конденсаторі передається на аналоговий вхід A0.

3.2.1. Визначення ємності провідника. Значення ємності провідника передаються на послідовний порт. Монітор порту вбудований у середовище моделювання Tinkercad.

Конденсатор, що вимірюється, під'єднаний до цифрового входу 2. Реальна ємність конденсатора становить 100 пФ. У моделі пристрою вимірювання проводяться за певну кількість кроків, щоб за вимірювання одного провідника зібрати масив даних і більш точно обчислити ємність.

На рис. 3.3 представлено вимірювання у 6 кроків. У цьому прикладі, якщо обчислити медіану значень масиву [102.00, 102.4, 101.6, 101.6, 101.2, 100.8], тоді результатом буде ємність 101.6 пФ, що показує похибку 1.6%.



Монітор послідовного інтерфейсу

PIN 2	
0 1020 mkS	102.0000 picoFarads
1 1024 mkS	102.4000 picoFarads
2 1016 mkS	101.6000 picoFarads
3 1016 mkS	101.6000 picoFarads
4 1012 mkS	101.2000 picoFarads
5 1008 mkS	100.8000 picoFarads

Рис. 3.3. Значення виміряної ємності

На практиці необхідно більше кроків вимірювань для того, щоб найбільш точно обчислити ємність провідника.

Проведемо експеримент вимірювання конденсатора на фізичному пристрої. При вимірюванні керамічного конденсатора ємністю 100 пФ значення на аналоговому вході більше приблизно на 50 пФ (рис. 3.4).

```

PIN 2
0 124.0000 picoFarads
1 157.2000 picoFarads
2 157.2000 picoFarads
3 134.8000 picoFarads
4 146.0000 picoFarads
5 157.2000 picoFarads
6 146.0000 picoFarads
7 146.0000 picoFarads
8 134.8000 picoFarads
9 146.0000 picoFarads

```

Рис. 3.4. Значення вимірної ємності на прототипі пристрою (дослід 1)

Вимірня ємність відповідає заявленим вимоги до похибки 10%. Проведемо експеримент із встановлення систематичної похибки у вимірюваннях. Виміряємо конденсатори ємністю 100, 200, 500 та 600 пФ.

Таблиця 3.1

Похибки вимірів

Ємність	Дані вимірювань	Похибка
100 пФ	156 пФ	56%
200 пФ	244 пФ	22%
500 пФ	575 пФ	15%
600 пФ	630 пФ	12%

Звідси випливає, що систематична похибка набуває вигляду функції:

$$f(X) \approx \frac{0,648}{C}$$

де C – ємність конденсатора.

Застосуємо формулу до розрахунку ємності та проведемо вимірювання (рис. 3.5). Середнє значення вимірювань становило 106.84 пФ

```

PIN 2
0 86.7288 pF
1 115.4735 pF
2 115.4735 pF
3 115.4735 pF
4 101.0945 pF
5 101.0945 pF
6 115.4735 pF
7 115.4735 pF
8 101.0945 pF
9 101.0945 pF

```

Рис. 3.5. Значення вимірної ємності на прототипі пристрою (дослід 2)

3.2.2. Визначення відстані до обриву. Для визначення місця обриву кабельної лінії зчитуються ємності всіх її провідників.

До цифрових виходів 2-5 під'єднані виводи S0-S3 мультиплексора (рис. 3.6). Вихід SIG мультиплексора підключений до аналогового входу мікроконтролера A0.

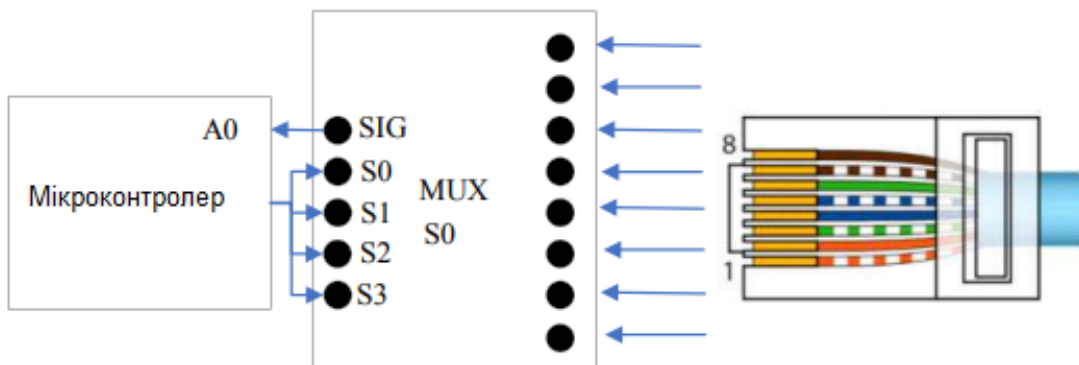


Рис. 3.6. Схема під'єднання мультиплексора

До виходів мультиплексора C0 – C7 під'єднані провідники. Заряджання провідників здійснюється подачею напруги +5В кожен з провідників з виходу VCC мультиплексора через резистор 10 МОм.

Для зручної роботи із мультиплексором використовується бібліотека CD74HC4067. На рис. 3.7 наведено фрагмент коду роботи з мультиплексором.

```

#include <CD74HC4067.h>
#define analogPin      0
#define resistorValue  10000000.0F
int dischargePin = 11;

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    CD74HC4067 mux(5, 4, 3, 2);
}

float getMicrofaradsMux(int muxPin, int dischargePin) {
    mux(muxPin);

    startTime = micros();

    while((analogRead(analogPin) ) < 648){}

    elapsedTime = micros() - startTime;

    microFarads = ((float)elapsedTime / (resistorValue)) * 1;
}

```

Рис. 3.7. Лістинг фрагменту коду роботи з мультиплексором

Повний код пристрою представлений у додатку Б.

Для кабелю «вита пара» довжиною 10 метрів, котрий містить 8 провідників, виміряна ємність. Кабель має ушкодження на одному з провідників. Результати вимірювань наведено у табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Результати вимірювань

№ провідника	Колір ізоляції	Ємність, пФ
1	Біло-жовтогарячий	1126
2	Помаранчевий	1138
3	Біло-зелений	713
4	Синій	1143
5	Біло-синій	1156
6	Зелений	1132
7	Біло-коричневий	1187
8	Коричневий	1193

Ємність провідника №3 (біло-зелена ізоляція) нижча, ніж у решти провідників. Отже, на цьому провіднику стався обрив.

За виміряними даними визначимо місце обриву. Відомо, що довжина кабелю 10 метрів. Пари в кабелі мають різний крок скручування, тому вони мають різну довжину. Щоб визначити місце обриву необхідно вибрати провідник з максимальною ємністю та обчислити співвідношення між ємністю цього провідника та провідника з обривом:

$$L = \frac{C_{\text{обр}}}{C_{\text{макс}}} * 100\% \quad (3.1)$$

Співвідношення становить 59.7% від довжини, що означає, що обрив провідника стався трохи далі за середину від вимірюваного кінця. Знаючи, що довжина кабелю становить 10 метрів, обрив стався на 6 метрах.

3.3. Проектування бази даних

Дані вимірювань, одержувані з пристрою, зберігаються у БД певної структури. Структура БД описується таблицями, стовпцями (полями), зв'язками. Дані таблицях називаються рядками (записами).

Опишемо структуру таблиць БД. БД складається з трьох таблиць: line, conductor, measurement.

Таблиця line (табл. 3.3) містить інформацію про назву лінії, наявність екрану на кабелі та довжину кабельної лінії.

Таблиця conductor містить інформацію про провідники кабелю (табл. 3.4). Містить номер провідника, довжину та ідентифікатор кабельної лінії. Зовнішній ключ - ідентифікатор кабельної лінії line_id.

Таблиця 3.3

Стовпці таблиці line

Ім'я стовпця	Тип даних	Призначення
line id	integer	Унікальний ідентифікатор кабельної лінії
line name	varchar	Позначення кабельної лінії
has_shield	boolean	Наявність екрану кабелю
length	float	Довжина кабелю в метрах

Таблиця 3.4

Стовпці таблиці conductor

Ім'я стовпця	Тип даних	Призначення
conductor_id	integer	Унікальний ідентифікатор жили
number	varchar	Номер провідника кабелю
length	float	Довжина провідника кабелю
line_id	integer	Зовнішній ключ. Посилається на стовпець line id у таблиці line

Таблиця вимірювання містить інформацію про вимірювання (табл. 3.5). Містить дату та час вимірювання, ємність та ідентифікатор провідника. Зовнішній ключ - ідентифікатор кабельної лінії conductor_id.

Таблиця 3.5

Стовпці таблиці вимірювання

Ім'я стовпця	Тип даних	Призначення
measurement_id	integer	Унікальний ідентифікатор виміру
measurement_dt	datetime	Дата та час вимірювання
device_id	varchar	Ідентифікатор пристрою вимірювання
capacity	float	Виміряна ємність
conductor_id	integer	Зовнішній ключ. Посилається на стовпець conductor_id у таблиці conductor

Схема зв'язків бази даних tester показана на рис. 3.8. Лістинг SQL - запитів створення таблиць БД представлений у додатку В.

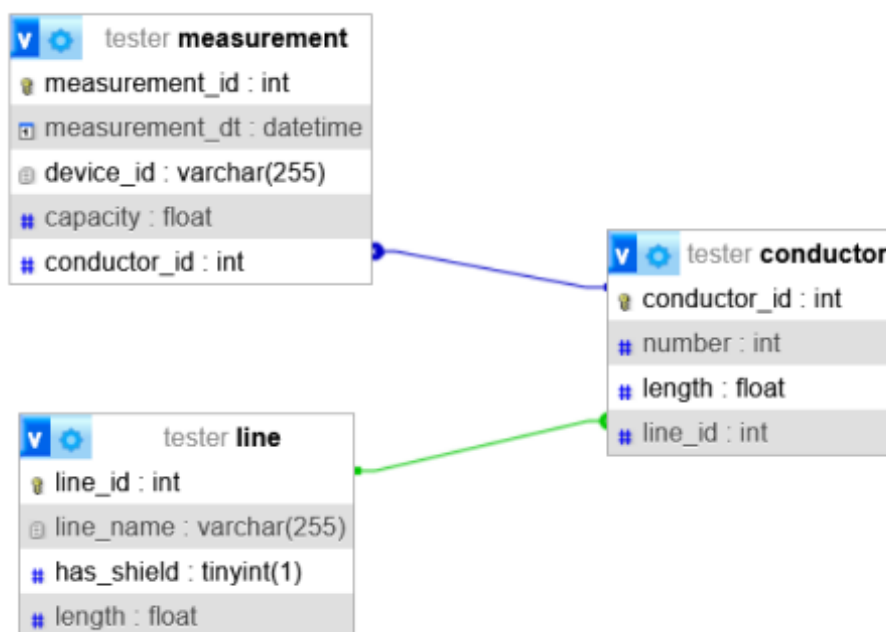


Рис. 3.8. Схема зв'язків таблиць БД

3.4. Реалізація інтерфейсу передачі даних вимірювань на сервер

Дані з мікроконтролера на сервер передаються за допомогою протоколу HTTP. Модуль під'єднання до бездротових мереж ESP8266 має функціональність HTTP -клієнта, тобто. може надсилати дані на сервер за допомогою GET та POST методів HTTP- протоколу.

Для роботи з модулем використовуються бібліотеки ESP8266HTTPClient.h та ESP8266WiFi.h. Бібліотеки містять набір методів для роботи з бездротовими мережами та протоколом HTTP.

Для під'єднання до WiFi -мережі у параметрах підключення вказуються ідентифікатор бездротової мережі (ssid) та пароль. Приклад під'єднання до бездротової мережі наведено на рис. 3.9.

```

#include <ESP8266HTTPClient.h>
#include <ESP8266WiFi.h>

const char* network_ssid = "WORK_NETWORK";
const char* network_password = "WORK_NETWORK_PASSWORD";
byte tries = 10;

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    WiFi.begin(network_ssid, network_password);
    while (--tries && WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(500);
        Serial.print(".");
    }
    if (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
    {
        Serial.println("Non Connecting to WiFi..");
    }
    else
    {
        Serial.println("");
        Serial.println("WiFi connected");
        Serial.println("IP address: ");
        Serial.println(WiFi.localIP());
    }
}

```

Рис. 3.9. Лістинг під'єднання пристрою до бездротової мережі

У коді рядкові константи `network_ssid` та `network_password` містять відповідно ідентифікатор бездротової мережі та пароль цієї мережі. Статус `WL_CONNECTED` означає, що під'єднання до мережі відбулося успішно. Якщо пристрій не зміг під'єднатися до бездротової мережі за певну кількість спроб (змінна `tries`), то на послідовний порт надсилається повідомлення про те, що під'єднання не вдалося.

Передача стану пристрою здійснюється за адресою `<мережева_адреса_сервера>/status.php`. За допомогою запиту POST передаються ідентифікатор пристрою. Заголовок запиту `Content-Type` встановлений в `text/json`, що означає, що дані будуть передані у форматі JSON. На рис. 3.10 показано лістинг коду відправки POST -запиту на сервер, де `DEVICE_1` – назва пристрою.

```

void loop() {
    HTTPClient http;

    http.begin("http://tester.local/receive.php");
    http.addHeader("Content-Type", "text/json");

    int httpCode = http.POST("{\"DEVICE_1\":1}");
    String payload = http.getString();

    Serial.println(httpCode);
    Serial.println(payload);

    http.end();

    delay(30000);
}

```

Рис. 3.10. Лістинг POST-запиту на сервер з інформацією про стан пристрою

На сервері за вказаною мережевою адресою приймається запит, що містить ідентифікатор пристрою. Веб-сервер відкриває документ, який зберігає інформацію про стан пристроїв.

Інформація про пристрої зберігається у форматі JSON. Об'єкт `devices` містить властивості, що відповідають ідентифікаторам пристроїв. Значенням цих властивостей є час, коли ідентифікатор пристрою було отримано сервером. Час представлений у форматі `unixtime` - кількість секунд, що пройшла з 1 січня 1970 року. На рис. 3.11 наведено приклад вмісту документа.

```

{
  "devices":
  {
    "DEVICE_1":1716980847,
    "DEVICE_2":1716980860
  }
}

```

Рис. 3.11. Лістинг документу з інформацією про пристрої у форматі JSON

Після певного часу запис про пристрій видаляється з документа. На рис. 3.12 представлено лістинг програми інтерпретатора видалення та збереження інформації про пристрої.

```

$devices_json_file = __DIR__ . "/inc/devices.json";
$devices_json = json_decode(@file_get_contents($devices_json_file),
true, JSON_UNESCAPED_UNICODE);

$time_in_seconds_to_expire = 1800;

if($devices_json) {
    $devices = &$devices_json['devices'];

    foreach($devices as $device_key=>$device_time) {
        if(time() - $device_time >= $time_in_seconds_to_expire) {
            unset($devices[$device_key]);
        }
    }
} else {
    $devices = array();
}

if(!empty($_REQUEST['device_id'])) {
    $devices[$_REQUEST['device_id']] = time();
}

file_put_contents($devices_json_file, json_encode($devices_json));

echo "ok";

```

Рис. 3.12. Лістинг прийому та збереження стану пристрою

Розглянемо прийом даних вимірювань на веб-сервері. Передача даних пристрою здійснюється за адресою <мережева_адреса_сервера>/receive.php. За допомогою POST -запиту передається масив вимірів (рис. 3.13).

```

HTTPClient http;
http.begin("http://tester.local/receive.php");
http.addHeader("Content-Type", "text/json");

int httpCode =
http.POST("[[100.12,100.82,100.35,101.45,102.45,99.2,102,101.21],[100.12,100.82,100.35,101.45,102.45,99.2,102,101.21],[100.12,100.82,100.35,101.45,102.45,99.2,102,101.21],[100.12,100.82,100.35,101.45,102.45,99.2,102,101.21],[100.12,100.82,100.35,101.45,102.45,99.2,102,101.21],[100.12,100.82,100.35,101.45,102.45,99.2,102,101.21],[100.12,100.82,100.35,101.45,102.45,99.2,102,101.21],[100.12,100.82,100.35,101.45,102.45,99.2,102,101.21]]");
String payload = http.getString();

Serial.println(httpCode);
Serial.println(payload);

http.end();

```

Рис. 3.13. Лістинг прикладу HTTP- запиту з даними у форматі JSON

Переданий на сервер масив значень обробляється інтерпретатором - обчислюється медіанне значення вимірної ємності провідника кабелю. У БД в таблиці вимірювання записуються ідентифікатор пристрою, дата і час вимірювання, номер жили. Програму збереження даних наведено у додатку Г.

3.5. Реалізація інтерфейсу користувача

При запиті на веб-сервер за певною мережевою адресою (IP- адресою або доменним ім'ям) користувачеві надається інтерфейс для перегляду стану пристроїв для тестування (рис. 3.14).

Перегляд інтерфейсу здійснюється за допомогою веб-браузера. Веб-сервер отримує HTTP запит користувача, обробляє його, використовуючи інтерпретатор PHP і повертає відповідь, що обробляється браузером.

Пристрої Кабельні лінії	
Ідентифікатор пристрою	
DEVICE_1	Показати вимірювання
DEVICE_2	Показати вимірювання

Рис. 3.14. Перелік активних пристроїв тестування

Розглянемо виведення інформації про стан пристроїв тестування. У каталозі робочої директорії веб-сервера розміщено документ "index.php". Цей файл запитується веб-сервером за промовчанням, коли користувач вводить у браузері мережну адресу сервера.

Користувачеві надходить відповідь у вигляді HTML -документа, що містить перелік пристроїв, що тестують. Код HTML документа наведено в додатку Д. Для оновлення списку пристроїв запитується документ "<адреса_сервера>/receive.php".

При натисканні на кнопку «Показати вимірювання» відбувається перехід на сторінку пристрою. На сторінці пристрою відображається назва та таблиця даних вимірювань (рис. 3.15). Дані вимірів містять такі стовпці: назва кабельної лінії, ід виміру, дату та час виміру, номер жили, ємність.

Пристрої Кабельні лінії				
DEVICE_1				
Кабельна лінія	Ід вимірювання	Дата і час вимірювання	Номер жили	Ємність (пФ)
304 - 305	1	10.12.2025 10:00:00	1	1126
304 - 305	2	10.12.2025 10:00:00	2	1138
304 - 305	3	10.12.2025 10:00:00	3	713
304 - 305	4	10.12.2025 10:00:00	4	1143
304 - 305	5	10.12.2025 10:00:00	5	1156
304 - 305	6	10.12.2025 10:00:00	6	1132
304 - 305	7	10.12.2025 10:00:00	7	1187
304 - 305	8	10.12.2025 10:00:00	8	1193

Рис. 3.15. Дані вимірювання пристрою DEVICE_1

Висновки до розділу 3

Розроблений алгоритм та ПЗ дозволяють визначити ємність провідника кабелю «вита пара», розрахувати довжину кабельної лінії, визначити місце до обриву провідника.

Дані вимірювання передаються на сервер. Сервер обробляє ці дані та дозволяє користувачеві переглядати результати вимірювань.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці

Метою кваліфікаційної роботи магістра є розробка апаратного та ПЗ для влаштування діагностики кабельної лінії. Оскільки, проведення такого роду робіт передбачає застосування комп'ютерної техніки, зокрема ПК та периферійних пристроїв, то обов'язковим є дотримання вимог з охорони праці і техніки безпеки.

Для ефективної і безпечної роботи працівників із розробки апаратного та ПЗ для влаштування діагностики кабельної лінії, необхідно організувати безпечні умови праці. При цьому керівник організації несе безпосередню відповідальність за порушення нормативно-правових актів з охорони праці [20]. Окрім цього, на робочих місцях працівників необхідно забезпечити дотримання вимог, затверджених Наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 за № 207 «Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями». Згідно Вимог приміщення, де розміщені робочі місця операторів, крім приміщень, у яких розміщені робочі місця операторів великих ЕОМ загального призначення (сервер), мають бути оснащені системою автоматичної пожежної сигналізації відповідно до цих вимог;

- переліку однотипних за призначенням об'єктів, які підлягають обладнанню автоматичними установками пожежогасіння та пожежної сигналізації, затвердженого наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 22.08.2005 N 161, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 05.09.2005 за N 990/11270 (НАПБ Б.06.004-2005);

- Державних будівельних норм «Інженерне обладнання будинків і споруд. Пожежна автоматика будинків і споруд», затверджених наказом Держбуду України від 28.10.98 N 247 (далі - ДБН В.2.5-56:2014, з димовими пожежними сповіщувачами та переносними вуглекислотними вогнегасниками.

В інших приміщеннях допускається встановлювати теплові пожежні сповіщувачі. Приміщення, де розміщені робочі місця операторів, мають бути оснащені вогнегасниками, кількість яких визначається згідно з вимогами ДСТУ 4297:2004 «Пожежна техніка. Технічне обслуговування вогнегасників». Загальні технічні вимоги і з урахуванням граничнодопустимих концентрацій вогнегасної рідини відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014. Приміщення, в яких розміщуються робочі місця операторів сервера загального призначення, обладнуються системою автоматичної пожежної сигналізації та засобами пожежогасіння відповідно до вимог ДБН В.2.5-56:2014, НАПБ А.01.001-2014 і вимог нормативно-технічної та експлуатаційної документації виробника. Проходи до засобів пожежогасіння мають бути вільними.

Лінія електромережі для живлення комп'ютера та периферійних пристроїв повинні бути виконаними як окрема групова трипровідна мережа шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів. Не допускається використовувати нульовий робочий провідник як нульовий захисний провідник. Нульовий захисний провідник прокладається від стійки групового розподільного щита, розподільного пункту до розеток електроживлення. Не допускається підключати на щиті до одного контактного затискача нульовий робочий та нульовий захисний провідники.

Площа перерізу нульового робочого та нульового захисного провідника в груповій трипровідній мережі має бути не менше площі перерізу фазового провідника. Усі провідники мають відповідати номінальним параметрам мережі та навантаження, умовам навколишнього середовища, умовам розподілу провідників, температурному режиму та типам апаратури захисту, вимогам НПАОП 40.1-1.01-97.

У приміщенні, де одночасно експлуатуються понад п'ять комп'ютерів, на помітному, доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач, який може повністю вимкнути електричне живлення приміщення, крім освітлення.

Комп'ютери повинні підключатися до електромережі тільки за допомогою справних штепсельних з'єднань і електророзеток заводського виготовлення.

У штепсельних з'єднаннях та електророзетках, крім контактів фазового та нульового робочого провідників, мають бути спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Їхня конструкція має бути такою, щоб приєднання нульового захисного провідника відбувалося раніше, ніж приєднання фазового та нульового робочого провідників. Порядок роз'єднання при відключенні має бути зворотним. Не допускається підключати комп'ютери до звичайної двопровідної електромережі, в тому числі – з використанням перехідних пристроїв. Електромережі штепсельних з'єднань та електророзеток для живлення комп'ютерної техніки повинні бути виконаними за магістральною схемою, по 3-6 з'єднань або електророзеток в одному колі. Штепсельні з'єднання та електророзетки для напруги 12 В та 42 В за своєю конструкцією мають відрізнятися від штепсельних з'єднань для напруги 127 В та 220 В. Штепсельні з'єднання та електророзетки, розраховані на напругу 12 В та 42 В, мають візуально (за кольором) відрізнятися від кольору штепсельних з'єднань, розрахованих на напругу 127 В та 220 В.

При підвищенні ефективності розробки апаратного та ПЗ для влаштування діагностики кабельної лінії, важливим, з точки зору охорони праці, є забезпечення достатньої величини природного та штучного освітлення, які визначені у НПАОП 0.00-7.15-18. Організація робочого місця фахівця із проектування та реалізації системи збору телеметричної інформації та параметрів руху маневруючого виробу із можливістю запису даних у файл у текстовому вигляді повинна забезпечувати відповідність усіх елементів робочого місця та їх розташування ергономічним вимогам ДСТУ 8604:2015 «Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги».

Таким чином, у результаті аналізу вимог щодо охорони праці користувачів комп'ютерів, визначено особливості організації робочих місць, вимог з електробезпеки, природного та штучного освітлення для ефективної і безпечної

роботи фахівців з розробки апаратного та ПЗ для влаштування діагностики кабельної лінії.

4.2. Вплив електромагнітного імпульсу ядерного вибуху на елементи виробництва та заходи захисту

У воєнний час при застосуванні ядерної зброї проти України на електронно-обчислювальне обладнання в першу чергу буде впливати електромагнітний імпульс (ЕМІ) ядерного вибуху у вигляді короткого імпульсу, який вражає головним чином електричну та електронну апаратуру. ЕМІ виникають в основному в результаті взаємодії гамма-випромінювання з атомами навколишнього середовища. На утворення ЕМІ йде невелика кількість ядерної енергії, але він здатен викликати високі імпульси струмів та напруг в кабелях повітряних і підземних ліній зв'язку, сигналізації, управління, електропередачі, в антенах радіостанцій. Вплив ЕМІ може привести до згорання чутливих електронних та електричних елементів, зв'язаних з великими антенами чи відкритими дротами, а також до порушень в обчислювальних пристроях. Вплив ЕМІ необхідно враховувати для всіх електричних та електронних систем [21].

Особливістю ЕМІ, як вражаючого фактору є його здатність розповсюджуватись на десятки і сотні кілометрів в оточуючому середовищі. Тому ЕМІ може вплинути своєю дією на об'єкти, там де вибухова хвиля, світлове випромінювання, проникаюча радіація втрачають своє значення, як вражаючі фактори. При наземних та низьких повітряних вибухах в лініях зв'язку та електрозабезпечення виникають напруги, які можуть викликати пробій ізоляції провідників та кабелів відносно землі, пробій ізоляції елементів приладів підключених до повітряних і підземних ліній..

Найбільш піддані впливу ЕМІ системи зв'язку, сигналізації, управління. Використані в цих системах кабелі та апаратура мають обмежену електричну міцність не більше 10кВ імпульсної напруги, тоді як наведені імпульси напруги від ЕМІ можуть перевищувати ці значення. Найбільш піддана впливу ЕМІ апаратура

виконана на напівпровідниках та інтегральних схемах, працюючих на малих струмах і напругах, і значить відчутних до впливу зовнішніх електричних і магнітних кіл, в тому числі і елементи програмного засобу для управління процесом міграції віртуальних машин в обчислювальній хмарі. ЕМІ пробиває ізоляцію, спалює елементи електричних схем радіоапаратури, викликає коротке замикання в радіопристроях, іонізацію діелектриків, змінює або повністю стирає магнітний запис. ЕМІ пошкоджує також резистори, викликає іскріння в їх міжконтактних з'єднаннях і деяких областях провідної поверхні. Найбільшу небезпеку ЕМІ представляє для апаратури, яка встановлена в особливо міцних спорудах, які витримують великі тиски ударної хвилі. В цих спорудах апаратура не виходить з ладу від механічних пошкоджень, але ЕМІ може вивести з ладу всю незахищену апаратуру системи зв'язку, сигналізації і керування. Найбільших значень досягають напруги, які наводяться між кабелем і землею.

Розглянемо можливі шляхи рішення задачі захисту від ЕМІ. Ідеальним захистом від ЕМІ виявилось б повне укриття приміщення, в якому розміщена радіоелектронна апаратура, металевим екраном [21]. Водночас зрозуміло, що практично забезпечити такий захист у ряді випадків неможливо, тому що для роботи апаратури часто потрібно забезпечити її електричний зв'язок із зовнішніми пристроями. Тому використовуються менш надійні засоби захисту, такі, як струмопровідні сітки, або плівкові покриття для вікон, щільникові металеві конструкції для повітрезабірників і вентиляційних отворів і контактні пружинні прокладки, розміщені по периметру дверей і люків.

Більш складною технічною проблемою рахується захист від проникнення ЕМІ в апаратуру через різноманітні кабельні входи. Радикальним рішенням даної проблеми міг би стати перехід від електричних мереж зв'язку до практично не схильних до впливу ЕМІ волоконно-оптичних. Проте заміна напівпровідникових приладів у всьому спектрі виконуваних ними функцій електронно-оптичними пристроями можлива тільки у віддаленому майбутньому. Тому в даний час в якості засобів захисту кабельних входів найбільші широко

використовуються фільтри, у тому числі волоконні, а також іскрові розрядники, металоокисні варистори і високошвидкісні зенеровські діоди [21].

Всі ці засоби мають як переваги, так і недоліки. Так, ємнісно-індуктивні фільтри достатньо ефективні для захисту від ЕМІ малої інтенсивності, волоконні фільтри захищають у відносно вузькому діапазоні надвисоких частот. Іскрові розрядники мають значну інерційність й в основному придатні для захисту від перевантажень, що виникають під впливом напруг і струмів, що наводяться в обшивці літака, кожусі апаратури й оплетенні кабеля.

Металоокисні варистори є напівпровідниковими приладами, що різко підвищують свою провідність при високій напрузі. Проте, при застосуванні цих приладів у якості засобів захисту від ЕМІ варто враховувати їх недостатньо високу швидкодію і погіршення характеристик при кількаразовому впливі навантажень. Ці недоліки відсутні у високошвидкісних зенеровських діодах, дія яких заснована на різкій лавиноподібній зміні опору від високого значення практично до нуля, при перевищенні прикладеної до них напруги граничного розміру. Крім того на відміну від варисторів характеристики зенеровських діодів після багатократних впливів високих напруг і переключень режимів не погіршуються.

Найбільш раціональним підходом до проектування засобів захисту від ЕМІ кабельних входів є створення таких роз'ємів у конструкції яких передбачені спеціальні заходи, що забезпечують формування елементів фільтрів і установку вмонтованих зенеровських діодів. Подібне рішення сприяє одержанню дуже малих значень ємності й індуктивності, що необхідно для забезпечення захисту від імпульсів, що мають незначну тривалість і, отже, потужну високочастотну складову. Використання роз'ємів подібної конструкції дозволить вирішити проблему обмеження малогабаритних характеристик пристрою захисту. Складність рішення задачі захисту від ЕМІ і висока вартість розроблених для цього засобів і методів змушують піти по шляху їхнього вибіркового застосування в особливо важливих системах зброї і військової техніки. Такий же шлях обраний і для захисту систем, що мають велику протяжність, керування і зв'язку. Проте

основним методом вирішення проблеми спеціалісти вважають створення так званих розподілених мереж зв'язку [75]

Висновки до розділу 4

В цьому розділі проаналізовано важливі питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, висвітлено питання впливу електромагнітного імпульсу ядерного вибуху на елементи виробництва та заходи захисту.

ВИСНОВКИ

У ході роботи виконано такі завдання:

- проведено аналіз характеристик та видів несправностей кабелю «вита пара». Встановлено, що відхилення електричних характеристик кабельної лінії стандартів призводить до погіршення якості передачі сигналів;
- розглянуто пристрої для тестування ЛОМ. Показувати обриви або короткі замикання на кабельній лінії може найпростіший тестер, але для більш детальної діагностики застосовують пристрої, що використовують ємнісний метод та метод рефлектометрії;
- розглянуто методи визначення довжини кабелю та відстані до місця обриву. Вивчено DC -метод, метод рефлектометрії, ємнісний метод;
- розроблено алгоритм, що дозволяє використовувати ємнісний метод. Так як визначення ємності провідника за його фізичними параметрами є методом трудомістким і неточним, використано метод визначення ємності за часом заряджання провідника;
- виконано моделювання процесу заряджання провідника та вимірювання його ємності у середовищі Tinkercad, а також на прототипі пристрою;
- розроблено ПЗ для мікроконтролера Arduino Uno та зібрано прототип пристрою. Здійснено вимірювання провідників кабелю «вита пара»;
- розроблено БД та ПЗ для прийняття даних на сервер, обробки даних та інтерфейс користувача.

Розроблений пристрій та ПЗ для обробки результатів дозволяє виміряти ємність кабельної лінії з похибкою до 10%, що можна порівняти з існуючими пристроями для діагностики кабелів ЛОМ за ємнісним методом, але існуючі пристрої не можуть передавати дані на сервер для подальшої обробки.

Розроблений інтерфейс дозволяє порівнювати вимірювання кабельних ліній за певні періоди часу. Порівняння ємностей кабельних ліній дозволяє оцінити стан кабелів ЛОМ та вчасно вжити заходів щодо усунення несправності кабельної лінії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ ISO/IEC 11801-1:2018 Інформаційні технології. Кабельні системи загальної призначеності для приміщень користувачів, 2018. 131 с.
2. Стандарт телекомунікаційних кабельних систем комерційних будівель, 2001. 62 с.
3. Стандарт телекомунікаційних кабельних систем комерційних будівель TIA/EIA-568-C, 2008. 133 с.
4. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 1 [навчальний посібник]. Львів : «Магнолія 2006», 2013. 256 с.
5. Кабельний тестер Cablexpert NCT-1. URL: <https://secur.ua/kabel/instrument/kabel-nyj-tester-cablexpert-nct-1> (дата звернення: 03.12.2025).
6. CableMaster 500. URL: <https://av-smart.com.ua/softing-cablemaster-500/> (дата звернення: 03.12.2025).
7. Cable Probe. URL: <https://itnetworks.softing.com/cabling-testers/copper/cable-probe/> (дата звернення: 03.12.2025).
8. Універсальний тестер ЛОМ. URL: <https://protester.com.ua/gm62/> (дата звернення: 03.12.2025).
9. Луцик Н.С., Луцків А.М., Осухівська Г.М., Тиш Є.В. Програма та методичні рекомендації з проходження практики за тематикою кваліфікаційної роботи для студентів спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» другого (магістерського) рівня вищої освіти усіх форм навчання. Тернопіль. ТНТУ. 2024. 45 с.
10. Розрахунок електричної ємності URL: <https://www.translatorscafe.com/unit-converter/uk-UA/electrostatic-capacitance/18-1/> (дата звернення: 03.12.2025).

11. Переймидіба Б.В. Методи визначення довжини кабелю та місця його обриву // Інформаційні моделі, системи та технології: Праці XIII наук.-техн. конф. (Тернопіль, ТНТУ ім. І. Пулюя, 17-18 грудня 2025 р.) с. 139.
12. Переймидіба Б.В. Алгоритм визначення довжини кабельної лінії та пошуку місця обриву на основі ємнісного методу // Інформаційні моделі, системи та технології: Праці XIII наук.-техн. конф. (Тернопіль, ТНТУ ім. І. Пулюя, 17-18 грудня 2025 р.) с. 140.
13. Варавін А.В., Лещишин Ю.З., Чайковський А.В. Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Дослідження і проєктування комп'ютерних систем та мереж» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль. ТНТУ, 2024. 32 с.
14. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник]. Львів : "Магнолія 2006", 2014. 312 с..
15. Palamar A., Palamar M., Osukhivska H. Real-time Health Monitoring Computer System Based on Internet of Medical Things. CEUR Workshop Proceedings, 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP 2023), Ternopil, Ukraine, Opole, Poland, November 22–24, 2023. Vol. 3628. P. 106-115.
16. Лупенко С. А., Пасічник В. В., Тиш Є. В. Комп'ютерна логіка. Львів: Видавництво «Магнолія - 2006». 2015. 354 с.
17. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д. Телекомунікаційні системи та мережі. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 384 с.
18. Чайковський А.В., Жаровський Р.О., Лещишин Ю.З Конспект лекцій з дисципліни «Дослідження і проєктування комп'ютерних систем та мереж» для студентів спеціальності 123 – Комп'ютерна інженерія. Тернопіль, 2021. 148 с.

19. Луцків А., Лупенко С., Пасічник В. Паралельні та розподільнені обчислення. Навчальний посібник. Львів: Видавництво «Магнолія 2006», 2024. 566 с.

20. Зеркалов Д.В. Охорона праці в галузі: Загальні вимоги. Навчальний посібник. К.: Основа. 2011. 551 с.

21. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / укл.: Стручок В. С. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.

ДОДАТОК А
Тези конференції

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

МАТЕРІАЛИ

ХІІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**



17-18 грудня 2025 року

ТЕРНОПІЛЬ
2025

АПАРАТНО-ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ М'ЯЗОВОЇ АКТИВНОСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ MQTT-ТЕХНОЛОГІЙ	
Н. Осухивська, А. Коротко, А. Паламар	
HARDWARE AND SOFTWARE SYSTEM FOR REMOTE MONITORING OF MUSCLE ACTIVITY USING MQTT TECHNOLOGIES	
А. Павлик, А. Паламар	
ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ ТА КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ У РОЗУМНОМУ БУДИНКУ	
A. Pavlyk, A. Palamar	
INFORMATION MODEL AND CYBER-PHYSICAL ENERGY MANAGEMENT SYSTEM FOR A SMART-HOME SOLAR POWER PLANT	136
А. Паламар, Я. Сиротинський, М. Франків	
ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВІДДАЛЕНОГО ЗБОРУ ДАНИХ ПРО ШВИДКІСТЬ ВІТРУ	
A. Palamar, Y. Syrotynskyi, M. Frankiv	
APPLICATION OF MICROCONTROLLER TECHNOLOGIES FOR REMOTE COLLECTION OF WIND SPEED DATA	137
Б. Переймибіда	
МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИНИ КАБЕЛЮ ТА МІСЦЯ ЙОГО ОБРИВУ	
B. Pereimybid	
METHODS FOR DETERMINING CABLE LENGTH AND LOCATION OF ITS BREAKAGE	138
Б. Переймибіда	
АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИНИ КАБЕЛЬНОЇ ЛІНІЇ ТА ПОШУКУ МІСЦЯ ОБРИВУ НА ОСНОВІ ЄМНІСНОГО МЕТОДУ	
B. Pereimybid	
ALGORITHM FOR DETERMINING THE LENGTH OF A CABLE LINE AND SEARCHING FOR THE BREAK POINT BASED ON THE CAPACITIVE METHOD	139
М. Процишин, Є. Кириченко, В. Дозорський, Л. Дедів, О. Дозорська	
СПОСІБ ОПРАЦЮВАННЯ СИГНАЛІВ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО СЕНСОРА ДЛЯ СИСТЕМИ ТАТКІЛЬНОГО ЗВОРОТНЬОГО ЗВ'ЯЗКУ ПРОТЕЗА РУКИ	
M. Protsyshyn, Ye. Kyrychenko, V. Dozorskyi, L. Dediv, O. Dozorska	
THE METHOD OF PIEZOELECTRIC SENSOR SIGNALS PROCESSING FOR A TACTILE FEEDBACK SYSTEM OF A HAND PROSTHESIS	140
С. Рихлевич	
РОЗРАХУНОК ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ КАНАЛУ ЗАПИСУ	
S. Rykhlevych	
CALCULATION OF RECORDING CHANNEL BANDWIDTH	141
С. Рихлевич, І. Баран	
ЗАВДАННЯ І ФУНКЦІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРА БЛОКУ ЗБОРУ ТЕЛЕМЕТРИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ	
S. Rykhlevych, I. Baran	
TASKS AND FUNCTIONS OF THE MICROCONTROLLER SOFTWARE OF THE TELEMETRIC INFORMATION COLLECTION UNIT	142
І. Рії, Є. Тиш	
МЕТОДИ ПОБУДОВИ ТА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ХАОТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ ШИФРУВАННЯ ДЛЯ СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ	
I. Riі, Іe. Tysh	
METHODS FOR CONSTRUCTING AND COMPARATIVE ANALYSIS OF CHAOTIC ENCRYPTION ALGORITHMS FOR MODERN COMPUTERIZED	143

УДК 004.7

Б. Переймбіда

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИНИ КАБЕЛЮ ТА МІСЦЯ ЙОГО ОБРИВУ

UDC 004.7

B. Pereimbida

METHODS FOR DETERMINING CABLE LENGTH AND LOCATION OF ITS BREAKAGE

Знаючи різні електричні параметри провідника, можна визначити його довжину та місце обриву. Для цього можуть бути застосовані наступні методи [1].

DC (Direct Current) -метод. Цей метод дозволяє виміряти опір струмопровідної жили на постійному струмі. В основу методу покладено закон Ома. Погонний опір жили залежить від перерізу жили, температури та питомого електричного опору матеріалу провідника. При точному встановленні величин становить трохи більше 0.1%. На практиці при діагностиці кабельних ліній локальних обчислювальних мереж погонний опір всіх жил точно визначити неможливо, тому вимір довжини цим методом відбувається з великою похибкою.

TDR (Time Domain Reflectometry) метод. Принцип роботи методу ґрунтується на аналізі відбитих електричних сигналів у часовій області. Рефлектометр генерує короткий імпульсний сигнал і запускає його в лінію, що досліджується. Сигнал поширюється по лінії і відбивається від неоднорідностей, таких як розриви, короткі замикання, муфти, вигини і т.д. Відбиті сигнали реєструються рефлектометром і аналізуються.

Довжина може бути розрахована за часом між моментом початку зондуючого імпульсу та моментом приходу відбитого, за відомої швидкості поширення. TDR використовується для визначення місця та ідентифікації дефекту у всіх типах кабелів, що складаються з металевих пар. Переваги методу: висока точність визначення місця до обриву; можливість визначення більш, ніж одного дефекту кабелю; пристрій під'єднується лише з одного боку кабелю. З недоліків можна відзначити, що необхідно знати точну довжину кабелю, що перевіряється, що навіть професійні тестери не можуть зробити автоматично.

При цьому пристрої, що використовують метод рефлектометрії не можуть показати, який саме характер несправності лінії. На екрані пристрою буде відображено графік, що відображатиме відбиті сигнали. За цим графіком спеціаліст визначає дефекти кабельної лінії.

Ємнісний метод. Цей метод визначення довжини та виявлення обриву кабельної лінії базується на визначенні ємності кабельної жили. Ємність жили повинна бути виміряна з обох кінців кабелю. При цьому кабель на іншому кінці повинен бути обов'язково від'єднаний від інших пристроїв, так як вони теж мають свою ємність і це позначається на точності вимірювань. Вимірявши ємність непошкодженої жили і знаючи довжину кабельної лінії, можна буде визначити відстань до місця обриву. Перевагою методу є його простота та дешевизна пристроїв, що дозволяють виконувати вимірювання ємнісним методом. Недоліками цього методу є більша похибка вимірювання порівняно з TDR-методом, а також неможливістю визначити на локалізацію короткого замикання на кабельній лінії.

Література

1. Микитишин А. Г., Мигник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 1 [навчальний посібник]. Львів : «Магнолія 2006», 2013. 256 с.

УДК 004.7

Б. Переймибіда

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИНИ КАБЕЛЬНОЇ ЛІНІЇ ТА ПОШУКУ МІСЦЯ ОБРИВУ НА ОСНОВІ ЄМНІСНОГО МЕТОДУ

UDC 004.7

B. Pereimybid

ALGORITHM FOR DETERMINING THE LENGTH OF A CABLE LINE AND SEARCHING FOR THE BREAK POINT BASED ON THE CAPACITIVE METHOD

За формулою $C=T/R$ (де C – ємність, T – постійна часу, R – опір в ланцюзі) провідник заряджається на 63.2% за T . Для його заряджання на цифровий вихід подається напруга +5В. Далі через резистор – на вхід провідника.

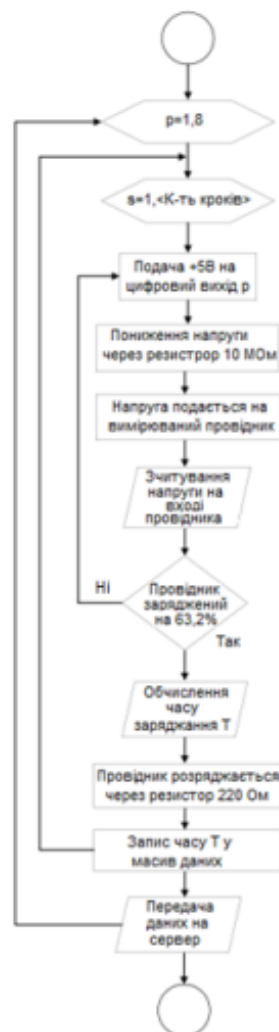


Рисунок 1 – Розроблений алгоритм

Провідник з'єднаний з аналоговим входом мікроконтролера. Виміряна напруга на вході провідника подається на аналоговий вхід мікроконтролера. Якщо провідник заряджений на 63.2% обчислюється ємність провідника, якщо він не заряджений, то на цифровий вихід знову подається напруга +5В. Після того як була виміряна ємність, провідник розряджається через резистор 220 Ом. Вимірювання одного провідника проводяться кілька разів, щоб зменшити похибку вимірювань.

Кабель «вита пара» може містити 2 або 4 скручені пари проводів. Платформа Arduino Uno має 6 аналогових входів, що не дозволяє виміряти ємності 8 провідників. Щоб виміряти ємність кожного провідника, використовується мультиплексор. На входи мультиплексора подається логічна послідовність імпульсів, що визначає з якого виходу мультиплексора зчитується сигнал. Мікроконтролер визначає ємність провідника і якщо провідник заряджений, то логічна послідовність, що подається на входи мультиплексора, змінюється та зчитується сигнал вже з наступного провідника. При зчитуванні ємності останнього провідника повторюється знову з першого провідника. Виміри ємності провідників відбуваються до того часу, поки пристрій активний. Отримані дані вимірювань відправляються на сервер через HTTP. Отримані дані зберігаються у базі даних. Якщо виміряні ємності провідників одного кабелю відрізняються значеннями, то стався обрив одного провідника.

Разом із виміряними даними також передається інформація про стан пристроїв. Якщо пристрій активний, то інформація про це потрапляє на веб-сервер. Через веб-браузер користувач звертається до адреси мережі сервера. У відповідь користувачу надається інтерактивна HTML-сторінка, що дозволяє переглядати виміряні дані у реальному часі.

ДОДАТОК Б

Лістинг програми розрахунку ємності

```
#define analogPin      0
#define chargePin      13
#define dischargePin   11
#define resistorValue  1000000000.0F

unsigned long startTime;
unsigned long elapsedTime;
float microFarads;
float nanoFarads;

void setup(){
    pinMode(chargePin, OUTPUT);
    digitalWrite(chargePin, LOW);
    Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
    digitalWrite(chargePin, HIGH);
    startTime = micros();

    while(analogRead(analogPin) < 648){}

    elapsedTime= micros() - startTime;
    microFarads = ((float)elapsedTime / resistorValue) * 1;
    Serial.print(elapsedTime);
    Serial.print("mkS");

    if (microFarads > 1) {
        Serial.print((long)microFarads);
        Serial.println("microFarads");
    }
    else
    {
        nanoFarads = microFarads *
        1000000.0;
        Serial.print(nanoFarads, 4);
        Serial.println("nanoFarads");
    }
    digitalWrite(chargePin, LOW);
    pinMode(dischargePin, OUTPUT);
    digitalWrite(dischargePin, LOW);

    while(analogRead(analogPin) > 0){ }
    pinMode(dischargePin, INPUT);
}
```

ДОДАТОК В

Лістинг програми створення таблиць бази даних

```
CREATE TABLE 'tester'.'line' (  
  'line_id' INT NOT NULL AUTO_INCREMENT,  
  'line_name' VARCHAR(255) NOT NULL ,  
  'has_shield' BOOLEAN NOT NULL ,  
  'length' FLOAT NOT NULL ,  
  PRIMARY KEY ('line_id')) ENGINE = InnoDB;  
  
ALTER TABLE 'line' ADD INDEX('line_id');  
  
CREATE TABLE 'tester'.'conductor' (  
  'conductor_id' INT NOT NULL AUTO_INCREMENT ,  
  'number' INT NOT NULL ,  
  'length' FLOAT NOT NULL ,  
  'line_id' INT NOT NULL ,  
  PRIMARY KEY ('conductor_id')) ENGINE = InnoDB;  
  
ALTER TABLE 'conductor' ADD INDEX('conductor_id');  
ALTER TABLE 'conductor' ADD INDEX('line_id');  
  
ALTER TABLE 'conductor' ADD FOREIGN KEY ('line_id') REFERENCES  
  'line'('line_id') ON DELETE CASCADE ON UPDATE RESTRICT;  
  
CREATE TABLE 'tester'.'measurement' (  
  'measurement_id' INT NOT NULL AUTO_INCREMENT,  
  'measurement_dt' DATETIME NOT NULL ,  
  'device_id' VARCHAR(255) NOT NULL ,  
  'capacity' FLOAT NOT NULL ,  
  'conductor_id' INT NOT NULL ,  
  PRIMARY KEY ('measurement_id')) ENGINE = InnoDB;  
  
ALTER TABLE 'conductor' ADD INDEX('measurement_id');  
ALTER TABLE 'conductor' ADD INDEX('conductor_id');  
  
ALTER TABLE 'measurement' ADD FOREIGN KEY ('conductor_id')  
  REFERENCES 'conductor'('conductor_id') ON DELETE CASCADE ON  
  UPDATE RESTRICT;
```

ДОДАТОК Г

Лістинг програми збереження даних на сервері

```
<?php
$host = "localhost";
$db_user_login = "phpmyadmin";
$db_user_password = "123456";
$db_name = "tester";

$db_connect = mysqli_connect($host, $db_user_login,
$db_user_password);

if ($db_connect->connect_error) {
die ("Виникла помилка при з'єднанні з БД: " . $db_connect-
>connect_error);
}

$table_name = '';

$device_id = $_POST['device_id'];
$data = $_POST['data'];

foreach($data as $conductor_id=>$capacity_array) {
$capacity = array_sum($capacity_array) / count($capacity_array);
$dt = date("Ymd H:i:s", time());

$sql = "INSERT INTO measurement (measurement_dt, device_id,
capacity, conductor_id)
VALUES ('{$dt}', '{$device_id}', '{$capacity}',
'{$conductor_id}')";
$conn->query($sql);
}

$conn->close();
```

ДОДАТОК Д

Фрагмент лістингу коду HTML-документа

```
<!DOCTYPE html>
<html lang-'ru' dir='ltr'>
  <head>
    <meta charset-'utf-8'>
    <title>Тестер</title>
    <link rel-'stylesheet' href='assets/css/bootstrap.min.css'>
    <link rel="stylesheet"
      href="assets/css/style.css?v=<?=timeO?>">
  </head>
  <body>
    <header>
      <nav class="navbar navbar-expand-lg navbar-light bg-light">
        <div class="container-fluid">
          <div class-'collapse navbar-collapse'
            id="navbarSupportedContent">
            <ul class="navbar-nav me-auto mb-2 mb-lg-0">
              <li class="nav-item" id="navItemDevicesList">
                <a class="nav-link active" aria-current="page"
href="#">Пристрої</a>
              </li>
              <li class="nav-item" id="navItemLines">
                <a class="nav-link active" aria-current="page"
href="#">Кабельні лінії<a>
              </li>
              <li class="nav-item d-none" id="backToDevicesList">
                <a class="nav-link" href="#">Повернутись</a>
              </li>
            </ul>
          </div>
        </div>
      </nav>
    </header>
    <section class-"main">
      <div class="container-fluid">
        <div class="page active" id="loadApp">
          <p>Додаток завантажується...</p>
        </div>
        <div class="page" id="loadPage">
          <p>Сторінка завантажується...</p>
          .....
        </div>
      </div>
    </section>
  </body>
</html>
```