

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр
Освітній рівень

Кіберфізична система моніторингу оптичних магістралей на основі контролю «темних волокон». Апаратна частина.

Назва теми

КвРКІ 101050.21.01.17 ПЗ
Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»

Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Шифр, назва

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»

Назва

Виконав: студент IV курсу, група KI2-20-1

Підпис

К. В. Сніжинський
Ініціали, прізвище

Керівник

Підпис, дата

О. В. Іванов
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер

Підпис, дата

С.М. Лисенко
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри комп'ютерної
інженерії та інформаційних
систем

Підпис

Т.О. Говоруценко
Ініціали, прізвище

«19» червня 2024 р.

Хмельницький 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О. Говорущенко

“ 10 ” 01 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Сніжинському Костянтину Віталійовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Кіберфізична система моніторингу оптичних магістралей на основі контролю «темних волокон». Апаратна частина.

Керівник проекту (роботи) Іванов О.В., к.т.н., доцент.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 15.02.2024 р. № 8

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на кваліфікаційну роботу

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

Дослідження та особливості моніторингу оптичних магістралей на основі контролю «темних волокон»

Проектування апаратних засобів у кіберфізичній системі моніторингу оптичних магістралей на основі контролю «темних волокон»

Апаратна реалізація кіберфізичної системи моніторингу оптичних магістралей на основі контролю «темних волокон»

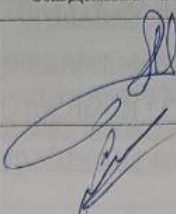



5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) _____

Архітектура апаратної частини системи моніторингу

Блок-схема алгоритму тестування оптичного кабелю та алгоритм роботи OTDR

Схема підключення пристрою віддаленого тестування за допомогою «петлі»

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Нормоконтроль | Лисенко С.М., професор кафедри КПС |  |  |
| Антиплагіат | Нічепорук А.О., доцент кафедри КПС |  |  |

7. Дата видачі завдання « 10 » 01 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| №з/п | Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи) | Термін виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------|
| 1 | Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником | 10.01.2024 | виконано |
| 2 | Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження | 01.02.2024 | виконано |
| 3 | Робота над розділом 1 – дослідження предметної області та постановка задачі | 01.03.2024 | виконано |
| 4 | Робота над розділом 2 – вибір компонентів для проектування кіберфізичної системи організації контролю цілісності оптичних кабелів | 01.04.2024 | виконано |
| 5 | Робота над розділом 3 – проектування апаратних модулів системи моніторингу оптоволоконна | 29.04.2024 | виконано |
| 6 | Оформлення пояснювальної записки згідно вимог | 25.05.2024 | виконано |
| 7 | Попередній захист ВКР | 30.05.2024 | виконано |
| 8 | Захист ВКР на засіданні ЕК | Червень 2024 року | |

Студент


Підпис

К. В. Сніжинський
Ініціали, прізвище

Керівник роботи


Підпис

О. В. Іванов
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Кіберфізична система моніторингу оптичних магістралей на основі контролю «темних волокон». Апаратна частина.»

Автор роботи: Сніжинський Костянтин Віталійович.

Керівник роботи: Іванов Олексій Валентинович.

Пояснювальна записка: 61 с., 26 рис., 2 табл., 5 дод., 60 джерел.

Графічна частина: 3 креслення.

ВОЛОКОННО ОПТИЧНА МЕРЕЖА, КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА,
АРХІТЕКТУРА, МОНІТОРИНГ, ТЕМНЕ ВОЛОКНО, АВТОМАТИЗОВАНА
СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ

Метою дипломної роботи є визначення умов та особливостей застосування апаратних засобів, для проведення моніторингу оптоволоконного шлейфу, а також інтеграція апаратних засобів моніторингу в діючу оптоволоконну мережу.

Об'єктом дослідження є апаратні складові системи моніторингу оптичних кабелів.

Предметом дослідження є формалізований опис принципу дії системи моніторингу та її складових і її інтеграція в діючу оптоволоконну мережу.

Під час проведення даного дослідження був використаний метод систематичного огляду літератури для вивчення і аналізу предметної області даного дослідження з текстових джерел інформації.


Підпис студента

30.05.2024

Дата

ЗМІСТ

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ | 4 |
| ВСТУП | 5 |
| 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ МОНІТОРИНГУ ОПТИЧНИХ МАГІСТРАЛЕЙ НА ОСНОВІ КОНТРОЛЮ “ТЕМНИХ ВОЛОКОН” | 7 |
| 1.1 Ієрархічні рівні оптоволоконної мережі та їх мережеві функції | 7 |
| 1.2 Поняття “темні волокна” та визначення їх основних параметрів контролю..... | 12 |
| 1.3 Огляд кіберфізичних систем та їх застосування в телекомунікаціях | 15 |
| 1.4 Технології та пристрої , що використовуються в експлуатаційному обслуговуванні та моніторингу оптичних мереж | 16 |
| 1.5 Постановка задачі для реалізації кіберфізичної системи моніторингу оптичних магістралей..... | 20 |
| 1.6 Висновки..... | 21 |
| 2 ПРОЄКТУВАННЯ АПАРАТНИХ МОДУЛІВ У КІБЕРФІЗИЧНІЙ СИСТЕМІ МОНІТОРИНГУ ОПТИЧНИХ МАГІСТРАЛЕЙ НА ОСНОВІ КОНТРОЛЮ “ТЕМНИХ ВОЛОКОН” | 22 |
| 2.1 Визначення вимог до системи моніторингу оптичних магістралей | 22 |
| 2.2 Мережева інфраструктура системи моніторингу оптоволоконного кабелю..... | 25 |
| 2.3 Опис функціонального призначення основних модулів апаратної частини системи моніторингу, їх взаємозв’язок та обмін даними..... | 30 |
| 2.4 Висновки..... | 40 |
| 3 АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ОПТИЧНИХ МАГІСТРАЛЕЙ НА ОСНОВІ КОНТРОЛЮ “ТЕМНИХ ВОЛОКОН” | 42 |
| 3.1 Опис реалізації модулів апаратного забезпечення програмно-технічного засобу..... | 42 |
| 3.2 Інтеграція апаратних модулів системи моніторингу в оптичну мережу | 52 |

| | | | | | | | |
|----------|------------------|--------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------|----------|
| | | | | КвРКІ.101050.21.01.17 ІІЗ | | | |
| Зм. Арк. | № док.ум. | Підпис | Дата | Кіберфізична система моніторингу оптичних магістралей на основі контролю «темних волокон». Апаратна частина. Пояснювальна записка | Літера | Арк.вш | Арк.внів |
| Виконав | Сніжинський К.В. | | | | у | 2 | 61 |
| Перевір. | Іванов О.В. | | | | | | |
| Н.контр. | Лисенко С.М. | | | | ХНУ КІ2-20-1 | | |
| Затвер. | Говорущенко Т.О. | | 19.08 | | | | |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3 Застосування методу шлейфу в діагностиці оптичного кабелю | 55 |
| 3.4 Розробка скрипту програми для підсистеми аварійної сигналізації..... | 59 |
| 3.6. Висновки..... | 62 |
| ВИСНОВКИ | 63 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ | 66 |
| ДОДАТОК А | 72 |
| Копія креслення «Архітектура апаратної частини системи моніторингу» . | 72 |
| ДОДАТОК Б | 73 |
| Копія креслення «Блок-схема алгоритму тестування оптичного кабелю та алгоритм роботи OTDR»..... | 73 |
| ДОДАТОК В | 74 |
| Копія креслення «Схема підключення пристрою віддаленого тестування за допомогою «петлі»»..... | 74 |
| ДОДАТОК Г | 75 |
| Фрагмент коду де реалізується функція «void sendEmail» | 75 |
| ДОДАТОК Д | 77 |
| Лістинг коду | 77 |

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

CWDM – (Coarse Wavelength Division Multiplexing) – грубе мультиплексування з поділом по довжині хвиль

DWDM – (Dense Wavelength Division Multiplexing) – щільне мультиплексування з поділом по довжині хвиль

EPON – (Ethernet passive optical network) – пасивна оптична мережа з використанням технології Ethernet

FTTx – (Fiber to the x) – оптичне волокно до точки X

GPON – (Gigabit Ethernet Passive Optical Network) – пасивна оптична мережа Gigabit Ethernet

OLT – (Optical Line Terminal) – оптичний лінійний термінал

ONT – (Optical Network Terminal) – оптичний мережевий термінал

ONU – (Optical Network Unit) – оптична мережева одиниця

OTAU – (Optical Test Access Unit) – оптичні перемикачі або пристрої доступу для тестування оптичних волокон

OTDR – (Optical Time Domain Reflectometer) – оптичний рефлектометр

P2MP – (point-to-multipoint) – топологія типу точка-багато точок

P2P – (point to point) – з'єднання “точка-точка”

PON – (passive optical network) – пасивна оптична мережа

RFTS – (Remote Fiber Test System) – система віддаленого контролю ОВ

RTU – (Remote Test Unit), – блоки дистанційного тестування волокон

TSC – центральний блок управління

WDM – (Wavelength Division Multiplexing) – ущільнення за довжинами хвиль

АВР – аварійно-відновлювані роботи

ВОЛЗ – волоконно-оптична лінія зв'язку

КФС – кіберфізичні системи

ОВ – оптичне волокно

ОК – оптичний кабель

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 3 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВСТУП

В останні роки спостерігається стійка тенденція розвитку оптичних волокон та методів їх моніторингу, що змінюють обличчя телекомунікаційного та іншого секторів інформаційних технологій. Постачальники послуг у всьому світі покладаються на оптичне волокно для надійної передачі даних із високою пропускнуою здатністю на великі відстані з меншими втратами. Але вони не можуть запобігти обривам оптоволокон внаслідок природної чи людської діяльності, але можуть вжити заходів, щоб мінімізувати час простою мережі, коли оптоволоконні кабелі пошкоджені.

Дослідження в цій області відображають велике зацікавлення та активність, оскільки оптичні волокна стають ключовим елементом сучасних комунікаційних систем і мають великий потенціал у різних сферах життя.

У той же час, методи моніторингу оптичних волокон стають все більш важливими для забезпечення надійності та ефективності мережевої інфраструктури. Інноваційні розробки в цій області дозволяють точно контролювати стан оптичних волокон, виявляти відхилення в роботі та швидко реагувати на них, що сприяє забезпеченню безперебійного функціонування мережі. Моніторинг оптоволокон – це перевірений, дієвий підхід, спрямований на зниження ризиків і захист активів, що дозволяє точно визначити деградацію та обриви оптоволокон, які загрожують стратегічній інфраструктурі.

Інтенсивний розвиток та впровадження інформаційних технологій в усіх сферах людської діяльності супроводжується збільшенням автономності, складності та масштабу відповідних кіберфізичних систем (КФС). Відтак дослідження та розробка в цій області набувають все більшої актуальності. Одним з ключових у роботі таких систем є використання методів та засобів збору даних в процесі проведення моніторингових вимірювань.

Внаслідок автономності та розподілу сучасних КФС виникає потреба у використанні інтелектуальних технологій збору даних, які дозволяють адаптувати

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 4 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

вимірювально-обчислювальні процеси.

Метою дипломної роботи є визначення умов та особливостей застосування апаратних модулів для забезпечення моніторингу в оптоволоконній мережі, а також їх інтеграція і в мережу передачі даних, та оцінка механізмів обробки інформації у кіберфізичній системі моніторингу оптоволоконового тракту для забезпечення достатньої ефективності виявлення пошкоджень оптичних волокон.

Для досягнення поставленої мети дослідник повинен вирішити наступні задачі:

1. Аналіз існуючих технологій та методів моніторингу та контролю волоконооптичних ліній на основі “темних волокон”.
2. Визначення вимог до системи та основних функцій, які повинна виконувати система.
3. Розробка архітектури системи моніторингу, яка має реалізуватися методом резервних волокон.
4. Проектування апаратного забезпечення системи, та опис функціонального призначення модулів.
5. Реалізація модулів апаратного забезпечення.
6. Вибір та реалізація методів моніторингу, що дозволять забезпечити ефективно виявлення та аналіз пошкодження оптичних волокон.
7. Інтеграція системи моніторингу в оптоволоконну мережу.

Загалом, розробка подібної кіберфізичної системи дозволяє ефективно управляти часом працівників, оскільки система здійснює цілодобовий контроль параметрів, видає сигнали у разі пошкоджень та точно визначає місце пошкодження оптичного волокна.

Розроблена система може бути використана операторами зв'язку та іншими зацікавленими сторонами для забезпечення стабільної та надійної роботи мереж.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КвРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 5 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ МОНІТОРИНГУ ОПТИЧНИХ МАГІСТРАЛЕЙ НА ОСНОВІ КОНТРОЛЮ “ТЕМНИХ ВОЛОКОН”

1.1 Ієрархічні рівні оптоволоконної мережі та їх мережеві функції

В оптичних мережах надзвичайно важливо мати всебічне розуміння архітектури мережі. Ефективне мережеве планування та усунення несправностей є ключовими для бездоганної інтеграції цієї галузі, що швидко розвивається.

Оптична мережа розглядається як сукупність рівнів де встановлене обладнання з однаковими функціями. Таким чином кожен рівень такої моделі незалежний від інших рівнів. Ієрархічна структура допомагає розподілити об'єкти за рівнями, вказати зв'язки між об'єктами і функції цих об'єктів. Ієрархія дозволяє впорядкувати складну модель, а в так званих сімейних відносинах привласнити кожному члену певну роль.

Ієрархія використовується і в проектуванні мереж. Слід розподілити всі мережеві об'єкти по ієрархічних рівнях, відповідно до виконуваних об'єктами функцій. Як і в інших випадках, аналіз одного з ієрархічних рівнів мережі дозволяє не враховувати функції інших рівнів.

Сучасні великі мережі дуже складні, оскільки визначаються безліччю протоколів, конфігураціями і технологіями. За допомогою ієрархії можна впорядкувати всі компоненти в легко аналізованій моделі. Причому, модель буде диктувати характеристики кожного ієрархічного рівня. Ієрархічна модель допомагає в розробці, впровадженні і обслуговуванні масштабованих, надійних і ефективних у вартісному вираженні об'єднаних мереж [46].

Трирівнева ієрархічна модель націлена на побудову надійної, масштабованої і високопродуктивної мережевої конструкції. Цей високоефективний мережевий ієрархічний підхід забезпечує економічний, модульний, структурований і простий метод (забезпечує нескладний і однаковий проект) для задоволення існуючих і майбутніх потреб зростання мережі. Кожен з рівнів має свої особливості і функціональність, що ще більше спрощує мережі [35].

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 6 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Розглянемо ієрархічні рівні оптичної мережі, а також тонкощі доступу, агрегації та основних рівнів і специфічні мережеві функції, що виконуються на цих рівнях.

Рівні оптичної мережі, що включає рівень доступу, агрегації та базовий рівень, являють собою цілісну структуру для ефективної та надійної передачі даних.

Рівень доступу служить точкою входу для кінцевих користувачів і пристроїв, керуючи підключенням і початковою передачею даних. Рухаючись угору, рівень агрегації консолідує та ефективно керує трафіком даних із кількох точок доступу, полегшуючи спрощений зв'язок між різними сегментами мережі. На вершині базовий рівень функціонує як магістраль, забезпечуючи високошвидкісне та потужне з'єднання між різними точками агрегації, забезпечуючи швидку та надійну передачу даних по всій мережі. Кожен рівень відіграє вирішальну роль в оптимізації продуктивності мережі, причому рівень доступу зосереджується на з'єднанні користувачів, рівень агрегації – на ефективній консолідації даних, а базовий рівень – на надійному та високо ємному взаємозв'язку [5].

В даній моделі визначають три основні рівні комутації:

- рівень ядра (Core layer);
- рівень розподілу (Aggregation layer);
- рівень доступу (Access layer).

Кожен рівень відповідає за реалізацію певних функцій. Однак ці рівні є логічними і не обов'язково погоджені з фізичними пристроями. Аналогічно, при побудові фізичної реалізації ієрархічної мережі декілька пристроїв можуть потрапити на один рівень, або один пристрій буде виконувати функції декількох рівнів. Отже, рівні є логічними, але не фізичними поняттями.

Розглянемо більш детально кожен рівень.

Рівень доступу служить початковою точкою взаємодії між кінцевими користувачами та ширшою оптичною інфраструктурою об'єднаної мережі. Цей рівень важливий для забезпечення зв'язку “останньої милі” та служить критичним

інтерфейсом, що підключає кінцевих користувачів до оптоволоконної мережі зв'язку. Використовуючи різноманітні технології, зокрема пасивну оптичну мережу (PON), оптоволокно до дому (FTTH), цифрову абонентську лінію (DSL), Wi-Fi та кабельні мережі, рівень доступу забезпечує високу пропускну здатність і високу швидкість підключення для різноманітних потреб користувачів. Оптичні лінійні термінали (OLT) і оптичні мережеві термінали (ONT) відіграють ключову роль на рівні доступу, керуючи з'єднаннями та забезпечуючи безперебійний обмін інформацією між пристроями кінцевого користувача та оптичною мережею.

Механізми якості обслуговування забезпечують низьку затримку для додатків у реальному часі, а заходи безпеки захищають дані користувачів. Можливості керування мережею на рівні доступу забезпечують своєчасне виявлення та вирішення проблем, що робить його наріжним каменем для надання високошвидкісних, безпечних і стабільних послуг оптичного доступу кінцевим користувачам. Іноді рівень доступу називають рівнем настільних систем. Найбільша частина необхідних користувачам мережевих ресурсів повинна бути доступна локально. На рівні розподілу виконується перенаправлення трафіку до віддалених службам.

Для рівня доступу характерні наступні функції:

- постійний контроль (з рівня розподілу) за доступом і політиками;
- формування незалежних доменів конфліктів (сегментація);
- з'єднання робочих груп з рівнем розподілу.

Рівень агрегації оптичної мережі, стратегічно розташований між рівнем доступу та основним рівнем, служить критичним зв'язком для оптимізації та управління трафіком в системах оптичного зв'язку. Відповідаючи за агрегацію різноманітних потоків трафіку з різних точок доступу, таких як підмережі та постачальники послуг, цей рівень використовує передові технології, у тому числі технологію електричного перехресного з'єднання OTN. Він використовується для реалізації довільних перехресних з'єднань між гілками певного рівня N вхідних сигналів, що робить розгортання мережі більш гнучким і економічним. Рівень

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|-----------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. 8 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

агрегації діє як складний посередник, забезпечуючи ефективну консолідацію трафіку перед тим, як спрямувати його на базовий рівень для подальшої обробки та розподілу.

Технологічно досвідчений і операційно універсальний рівень агрегації об'єднує механізми обробки оптичних сигналів для оптимізації ефективності передачі даних. Його стійкість зміцнюється механізмами відмовостійкості, що забезпечує швидке виявлення та відновлення несправностей. Окрім своїх технологічних можливостей, рівень агрегації відіграє важливу роль у встановленні безперебійного підключення до базової мережі, утворюючи магістраль оптичної інфраструктури. По суті, цей рівень є незамінним компонентом, і був розробленим для задоволення вимог сучасних оптичних мереж шляхом гармонізації ефективного агрегування, управління та передачі різноманітних типів трафіку.

Рівень поширення зобов'язаний встановлювати найбільш швидкий спосіб обробки запитів до служб (наприклад, метод файлового звернення до сервера). Після визначення на рівні поширення найкращого шляху доступу, запит може бути переданий на базовий рівень, де реалізований швидкісний транспорт запиту до потрібної служби.

Призначення та статус вузлових пунктів рівня розподілу (Aggregation) визначається забезпеченням інформаційного обміну між абонентськими пунктами, під'єднаними до різних вузлових пунктів рівня доступу. Залежно від способу структуризації мережі, рівень розподілу матиме декілька підрівнів. Вузлові пункти всіх підрівнів розподілу виконують функцію концентрації трафіку у висхідних напрямках і функцію розподілу – у низхідних.

На рівні поширення виконується кілька функцій:

- реалізація інструментів, подібних списками доступу, фільтрації пакетів або механізму запитів;
- реалізація системи безпеки і мережевих політик, включаючи трансляцію адрес і установку брандмауерів;
- перерозподіл між протоколами маршрутизації, включаючи використання

статичних шляхів;

- маршрутизація між мережами VLAN і інші функції підтримки робочих груп.

Рівень ядра, базовий рівень – формує ядро мережі. На самому верху ієрархії цей рівень відповідає за швидке і надійне пересилання великих об’ємів трафіку.

Центральний рівень має забезпечувати швидке та надійне транспортування трафіку. Основні показники цього рівня це швидкість транспортування трафіку та час затримки при маршрутизації. Тому їх в першу чергу необхідно враховувати при проектуванні мережі, виборі технології транспортування трафіку в мережі та відповідних протоколів взаємодії елементів мережі [37].

Будь-які відмови на цьому рівні можуть відзначитись на всіх користувачах підключених до мережі.

Основний рівень, який заслуговує на увагу своєю стійкістю, включає передові механізми оптичного захисту та відновлення для забезпечення високого рівня доступності та надійності мережі. Цей критичний рівень розроблено з урахуванням низької затримки, мінімізуючи затримки розповсюдження сигналу для служб реального часу.

Станціями внутрішнього рівня є комутатори високого класу і високопродуктивні комутатори, які мають модульний форм-фактор. Це повністю резервні пристрої, що підтримують розширені функції комутації рівня-3 і протоколи динамічної маршрутизації. Основним тут є збереження конфігурації якомога більше мінімальної на рівні ядра.

Через дуже високу критичність цього шару, проектування його вимагає високого рівня стійкості для швидкого і плавного відновлення, після будь-якої події збою мережі в межах блоку ядра.

Лінії зв’язку в моделі організаційної структури також отримують відповідний статус. Лінії, які з’єднують абонентські пункти з відповідним вузловим пунктом рівня доступу, мають найнижчий статус і називаються абонентськими лініями. Лінії, які з’єднують вузлові пункти між собою, називаються магістральними. Чим

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. 10 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

вищим є рівень ієрархії з'єднаних магістралями вузлових пунктів, тим вищим статус самих магістралей, і відповідно вимоги до їх пропускної здатності та надійності.

1.2 Поняття “темні волокна” та визначення їх основних параметрів контролю

Оптоволоконний (оптичний) кабель полягає у передачі електромагнітних імпульсів світлового діапазону прозорою ниткою. Нитки виготовляються зі скла з різними властивостями й навіть окремих видів пластику. Внаслідок різного коефіцієнта заломлення серцевини та оболонки, оптичний сигнал йде скляною ниткою, багаторазово відбиваючись від її стінок. Це дає кілька суттєвих переваг. Перш за все, на сигнал не впливають електромагнітні хвилі та зовнішні чинники, що проявляється у виключній дальності передачі світлового імпульсу без спотворення, яке може становити кілька десятків кілометрів.

Сигнали, що проходять через канали, практично не згасають і не схильні до перешкод що зумовлює високу пропускну здатність.

Інформація передається таким чином, що її практично неможливо відстежити, а способи підключення не дозволяють зламати лінію звичайними методами.

Експлуатація оптичних проводів унеможливує виникнення іскор, тому їх можна укладати в приміщеннях будь-якого призначення. Підключення до джерела здійснюється гальванічним способом, завдяки чому оптоволоконний кабель не потребує заземлення. Терміни експлуатації лінії цього типу також високі і становлять 20-25 років, після чого провідна здатність втрачається і настає процес деградації. З'єднання крапок здійснюється за допомогою зварювання або спеціальними муфтами – сплайсами.

Розглянемо таке поняття як. “темні волокна” (англ. Dark fiber) – це волоконно-оптичні кабелі, які встановлені, але не використовуються для передачі даних або сигналів. Тобто це кабелі, які неактивні та не передають дані.

Термін “темні” походить від того, що вони не мають світлового сигналу, який

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. 11 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

би передавався через них. Такі волокна можуть бути частиною інфраструктури, яка була розгорнута для майбутніх потреб або була запасеною для використання в майбутньому.

Інформація через оптичне волокно передається в формі світлових імпульсів, звідси походження назва “темне волокно”, тобто не несе світла. Темне волокно лежить у бездіяльності до тих пір, поки власник мережі не використовує його для потреб або не здасть в оренду іншій компанії.

Використання темних волокон має кілька переваг та застосувань:

– можливості використання: темні волокна можуть бути використані для розширення чи покращення існуючої мережі без необхідності прокладання нових волокон. Це може збільшити пропускну здатність мережі, поліпшити її надійність та ефективність;

– резервне забезпечення: темні волокна можуть бути використані як резервне забезпечення для випадку виникнення проблем у використовуваних мережах;

– тестування та розробка: темні волокна можуть бути використані для проведення тестів нових технологій, випробування нових маршрутів або розробки нових послуг без впливу на основний обсяг даних в мережі;

– майбутні потреби: технології та потреби в телекомунікаціях постійно розвиваються. Темні волокна можуть бути залишені неактивними для подальшого розширення мережі, коли з’являться нові потреби або технології.

У загальному, темні волокна забезпечують гнучкість і масштабованість мережі, дозволяючи операторам забезпечувати ефективну інфраструктуру зв’язку, що відповідає сучасним вимогам та майбутнім потребам.

Таким чином, телекомунікаційні компанії можуть передбачати попит і мати можливість запропоновувати високошвидкісні послуги, коли це необхідно, без встановлення нової установки.

Розглянемо основні параметри контролю “темних волокон”:

1. Контроль цілісності волокна (вимірювання затухання), тобто чи є волокно цілим, без будь-яких механічних пошкоджень або переривань. Цей параметр

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. 12 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

реалізується за допомогою вимірювання втрати сигналу або втрати світла вздовж довжини волокна за допомогою спеціальних пристроїв, які відомі як оптичні рефлектометри. Ці прилади вимірюють відбивання світла від пошкодженого або обрізаного волокна і дозволяють операторам визначати точне місцезнаходження будь-яких пошкоджень або втрати сигналу. Контроль цілісності волокна дозволяє вчасно виявляти, локалізувати і виправляти будь-які проблеми, які можуть виникнути в оптичних волокнах, забезпечуючи надійність і ефективність оптичної інфраструктури.

2. Ідентифікація волокон, в даному випадку для кожного темного волокна присвоюється унікальний ідентифікатор наприклад номер чи колір для подальшого використання при плануванні і розгортанні мережі, особливо у великих та складних інфраструктурах. Ідентифікація зазвичай розміщуються на оболонці волокна чи на конекторах. Даний процес дозволяє точно визначити кожне волокно в оптичному кабелі та встановити його зв'язок з конкретними роз'ємом, або обладнанням. Також, у більш складних мережах зв'язку можуть використовуватися програмні засоби для ведення бази даних ідентифікації волокон, де зберігаються відомості про кожне волокно, його місцезнаходження, зв'язок з обладнанням та інші важливі параметри.

У цифрову епоху темне волокно є ключовим завдяки додаткам, які об'ємно передають дані, хмарним обчисленням і спілкуванню в реальному часі. Це важливо з таких причин:

1. Масштабованість: темне волокно дозволяє компаніям швидко масштабувати пропускну здатність без значних змін.
2. Низька затримка: забезпечує швидшу передачу даних для адаптивних додатків, таких як ігри та фінанси.
3. Контроль мережі: компанії захищають дані за допомогою спеціальних заходів, контролюючи інфраструктуру.
4. Економія: незважаючи на вищі витрати на налаштування, темне волокно економить гроші, уникаючи плати за лізинг.

1.3 Огляд кіберфізичних систем та їх застосування в телекомунікаціях

Кожна технологія, в тому числі й волоконно-оптична, повинна мати систему моніторингу, яка зможе дати оптимальну оцінку якості та справності як всієї мережі так і окремих елементів. Контроль параметрів оптичного волокна необхідний для полегшення процесу експлуатації оптичних ліній та забезпечення високої якості передачі сигналів. Система моніторингу оптичних середовищ оптимізує навантаження на технічний та обслуговуючий склад, що робить управління ВОЛЗ більш простою та зручною. Системи діагностують та локалізують проблеми мережі, повністю виключають появу аварії через старіння та деградацію кабелю, надаючи операторам зв'язку точну інформацію по пошкодженнях.

Кіберфізичні системи – це інтелектуальні системи, у які входять мережі фізичних та обчислювальних компонентів, що інженерно взаємодіють. У телекомунікаціях кіберфізичні системи відіграють значну роль у покращенні управління мережами, забезпеченні надійності та безпеки передачі даних.

Основою розроблення різних моделей кіберфізичних систем є наявність засобів вимірювання та їх програмного забезпечення. Суть “інтелектуальних” програм полягає в тому, що, використовуючи дані сенсорів, які якнайшвидше і як найточніше сигналізують про зміну параметрів середовища, спеціальні алгоритми задіюють автоматику вищого рівня для виконання адекватних дій. КФС виходить за межі звичайного продукту, системи та архітектури прикладних програм.

В кіберфізичних системах програмне забезпечення тісно пов'язано з фізичними об'єктами. Компоненти КФС взаємодіють на різних часових та просторових рівнях та можуть мати різні, відмінні одна від одної моделі поведінки та взаємодіяти одна з одною різними шляхами, які можуть змінюватися в залежності від контексту.

Нижче наведені кіберфізичні систем та їх застосування в телекомунікаціях:

1. Моніторинг та діагностика мереж. Кіберфізичні системи.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. 14 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2. Використовуються для нагляду за станом мережі, виявлення аномалій та проблем. Вони можуть автоматично виявляти відмови обладнання, перевантаження мережі та інші проблеми, що допомагає операторам мережі вчасно реагувати на проблеми та уникати відмов.

3. Управління ресурсами мережі. Системи дозволяють ефективно управляти ресурсами мережі, включаючи оптимізацію потоків даних, балансування навантаження, розподіл пропускної здатності та інші аспекти, що допомагає забезпечити максимальну продуктивність мережі.

4. Віддалене керування та моніторинг. Системи дозволяють віддалено керувати та моніторити мережі, що дозволяє операторам мережі ефективно керувати глобальними мережами з будь-якого місця планети.

1.4 Технології та пристрої , що використовуються в експлуатаційному обслуговуванні та моніторингу оптичних мереж

Оптичні мережі є основою сучасних телекомунікаційних систем і забезпечують швидку передачу великого обсягу даних на великі відстані з високою надійністю. Технологія сама по собі досить цікава, тому варто ознайомитися з її ключовими аспектами та перевагами більш детально. В даний час оптоволоконний Інтернет не тільки дозволяє швидко переглядати веб-сторінки, але також дає можливість використовувати багато інших послуг. Стаціонарні телефони, телебачення, доступ до мультимедійних платформ і контроль над рішеннями типу “розумного дому” – це лише кілька прикладів сучасних застосувань оптичних волокон. Завдяки можливості об’єднати їх усі, єдиний провід до будинку, квартири чи офісу може забезпечити всі необхідні телекомунікаційні та мультимедійні послуги. Технологія оптичних мереж базується на використанні оптичних волокон, які забезпечують передачу сигналів у вигляді світлових променів.

Розглянемо основні аспекти технологій оптичних мереж:

1. Оптичне волокно, це основа оптичних мереж, воно штучне та складається з тонких скляних чи пластикових волокон, які спроектовані для передачі світлових

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. 15 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

сигналів. Величезною перевагою оптоволоконної технології є передача даних без будь-яких перешкод, що є основною причиною зниження швидкості Інтернету за допомогою традиційних телефонних ліній. Зовнішні фактори, такі як шторми, сильні вітри, сильні опади та хуртовини, значно впливають на швидкість і дальність підключення до Інтернету як для радіозв'язку, так і для звичайних мідних проводів. Однак для волоконної оптики вони абсолютно неактуальні. Все це робить оптоволоконний інтернет не тільки дуже швидким, але й стабільним. Оптоволоконно – це технологія, яка широко використовується в сучасних комунікаціях, включаючи високошвидкісний Інтернет, кабельне телебачення та телефонію.

Розглянемо мультиплексування по довжині хвилі (WDM). Технологія WDM, яка мультиплексує кілька сигналів оптичної несучої на одне оптичне волокно за допомогою різних довжин хвиль (тобто кольорів) лазерного світла.

Щільне мультиплексування за довжиною хвилі (DWDM) стало величезним чинником у розвитку та вдосконаленні темного волокна. DWDM виникає, коли багато різних сигналів даних передаються одночасно через те саме оптичне волокно.

Ця техніка забезпечує двонаправлений зв'язок через одну нитку оптоволоконна, що також називається дуплексуванням із розділенням довжини хвилі, а також збільшує пропускну здатність. Передача від комбінованих джерел розділяється у віддаленому місці відповідно до окремих довжин хвиль шляхом демультимплексування на кілька волокон. Технологія WDM часто використовується для позначення продуктів фільтрації, які виконують мультиплексування або демультимплексування.

Технологія WDM ділиться на три різні шаблони довжин хвиль: звичайний WDM, грубий WDM (CWDM) і щільний WDM (DWDM).

Щільне мультиплексування за довжиною хвилі (DWDM) є ще одним важливим фактором у розвитку та вдосконаленні темного волокна. DWDM виникає, коли кілька сигналів даних передаються одночасно через те саме оптичне волокно.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. 16 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Характерною особливістю і суттєвою перевагою WDM технології є можливість реалізації в одному оптичному волокні великої кількості оптично прозорих каналів, в кожному з яких можна вести передачу сигналів з будь-яким форматом. Таким чином, одним оптичним волокном можна одночасно передавати синхронні, асинхронні і аналогові сигнали, і немає потреби в єдиній структурі сигналів.

– оптичне обладнання використовуються в мережах, наприклад як оптичні перетворювачі (модулятори та демодулятори), оптичні комутатори та інші пристрої для генерації, передачі та обробки оптичних сигналів;

– оптичні підсилювачі, вони використовуються для підсилення оптичних сигналів без необхідності їх конвертації в електричні сигнали. Це дозволяє збільшити дальність передачі без втрати якості сигналу;

– оптичні мережі нового покоління. До таких мереж входять, наприклад, Passive Optical Network (PON технологія пасивних оптичних мереж). Технологія PON дозволяє з використанням одного волокна організувати повністю пасивну оптичну мережу доступу. Суть технології PON полягає в тому, що між центральним вузлом і віддаленими абонентськими вузлами створюється повністю пасивна оптична мережа, що має топологію дерева. У проміжних вузлах дерева розміщуються пасивні оптичні розгалужувачі (сплітери) – компактні пристрої, які не потребують живлення та обслуговування. Gigabit Passive Optical Network (GPON) – це гігабітна пасивна оптична мережа доступу. Пропускна здатність такої мережі – до 1 Гбіт/с навіть за одночасного підключення кількох пристроїв. Така технологія забезпечує потужний інтернет-канал та надійність експлуатації.

Оптичні мережі мають високий рівень надійності і безпеки, оскільки світлові сигнали майже не схильні до перешкод або втрати сигналу, і також можуть бути ефективно захищені від несанкціонованого доступу.

Загалом, технологія оптичних мереж є критично важливою для сучасних телекомунікаційних систем, забезпечуючи високу швидкість передачі даних, надійність та ефективне управління трафіком.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. 17 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Характеристики оптичних ліній, які необхідно вимірювати:

Перша і найголовніша характеристика – це загасання (вимірюється в дБ) в оптичному тракті на робочій довжині хвилі. Дана величина показує, наскільки буде загасати (слабшати) оптичний сигнал при проходженні через дану лінію. Основні елементи, які вносять загасання в оптичний тракт - це: оптичне волокно, зварне з'єднання, механічні роз'єми, оптичні дільники.

Друга важлива характеристика – це зворотне відображення (“Optical Return Loss” або “Back Reflection”). Ця величина характеризує значення оптичної потужності, яка відбивається і назад до джерела випромінювання, виражається також в дБ. Джерелом зворотного відображення можуть бути: механічні роз'єми, тріщини у волокні, вільний кінець оптичного роз'єму.

Запровадження волоконно-оптичних ліній зв'язку набуло дуже великих масштабів, використання волоконно-оптичних ліній зв'язку може надати майже необмежені можливості для швидкісної передачі інформації.

Головним елементом оптичних мереж є оптичний кабель, а точніше – оптичне волокно, яке в ньому знаходиться. Від якості монтажу при будівництві залежить надійність і довговічність мережі, а також мінімальні витрати на аварійно-відновлювальні роботи. Виникає цілком логічне запитання “а як же контролювати якість оптичних ліній?”. Ось тут вже не обійтися без цілого класу обладнання.

Моніторинг та тестування ВОЛЗ, де вони розгорнуті, проводиться такими приладами як:

- оптичні рефлектометри (OTDR), використовуються для виявлення та локалізації дефектів у волоконних лініях, а також для вимірювання втрат сигналу;
- оптичні тестери (OLTS – Optical Loss Test Set), що дозволяють вимірювати повні втрати в лінії;
- вимірювачі оптичної потужності;
- джерела лазерного випромінювання, основним же призначенням даних пристроїв є генерація лазерного випромінювання на фіксованій довжині хвилі для

вимірювання втрат в оптичних лініях;

– джерела видимого лазерного випромінювання (дефектоскопи), головним призначенням даних пристроїв є локальне виявлення пошкоджень різного типу (тріщини, вигини, неякісні зварювання і т.д.). У місці пошкодження буде спостерігатися яскраве світіння.

1.5 Постановка задачі для реалізації кіберфізичної системи моніторингу оптичних магістралей

Задача даної роботи полягає в організації контролю цілісності оптичних кабелів, визначенні умов та особливостей застосування обладнання кіберфізичної системи моніторингу оптичних магістралей. Система повинна забезпечувати постійний моніторинг параметрів оптичних магістралей, виявлення відхилень від норми та автоматичне сповіщення про можливі проблеми або відмови.

Для розв'язання задачі створення кіберфізичної системи моніторингу оптичних магістралей необхідно виконати ряд завдань:

Проектування інструментальних засобів: поєднати діючу мережу ВОЛЗ з обладнанням для моніторингу, забезпечити централізацію системи управління та збір інформації про аварії в мережі, застосовувати системи документування та моніторингу волоконно-оптичних ліній зв'язку.

Розробка засобів для моніторингу даних: створення сенсорів або використання вже існуючих пристроїв для збору даних про стан оптичних магістралей, таких як вимірювальні прилади, оптичні датчики тощо.

Розробка програмного забезпечення для сповіщення про аварію: створення програмного забезпечення для організації генерації сповіщення на смартфон, або на стаціонарний комп'ютер моніторингу про розірвання шлейфу.

Інтеграція та тестування: поєднання всіх компонентів системи в єдину функціональну систему та проведення тестування для перевірки її працездатності та надійності.

Впровадження та підтримка: впровадження системи у реальному середовищі та надання підтримки для операторів. Також важливо забезпечити систему можливістю масштабування та поновлення для забезпечення актуальності та ефективності в майбутньому.

Описати реалізацію людино-машинного інтерфейсу; сформувані інструкції для користувачів.

1.6 Висновки

У межах розділу №1 проведено аналіз структурних і функціональних особливостей оптоволоконних мереж, огляд пристроїв, що використовуються в експлуатаційному обслуговуванні та моніторингу оптичних мереж, а також були визначені основні параметри контролю темних волокон. Здійснено огляд кіберфізичних систем та їх застосування в телекомунікаціях.

Було досліджено, які технології використовуються для передачі даних по оптоволокну, а також які апаратні засоби забезпечують функціонування системи. Це дозволило отримати уявлення про потужності та можливості системи та визначити переваги та обмеження, які вона може мати.

Моніторинг оптоволоконна означає постійну оцінку якості оптоволоконна за допомогою програмних засобів і обладнання, які утворюють інтегровану систему моніторингу та управління оптичним волокном.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. 20 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2 ПРОЄКТУВАННЯ АПАРАТНИХ МОДУЛІВ У КІБЕРФІЗИЧНІЙ СИСТЕМІ МОНІТОРИНГУ ОПТИЧНИХ МАГІСТРАЛЕЙ НА ОСНОВІ КОНТРОЛЮ “ТЕМНИХ ВОЛОКОН”

2.1 Визначення вимог до системи моніторингу оптичних магістралей

Контролювати стан та вимірювати параметри ВОЛЗ необхідно як у процесі монтажу, так і під час експлуатації. В процесі експлуатації виконують профілактичні, контрольні та аварійні виміри. Профілактичні виміри проводяться за затвердженим планом. Склад, обсяг і періодичність вимірів встановлюються в залежності від місцевих умов, стану кабелю. Контрольні виміри та випробування здійснюються після ремонту з метою визначення якості ремонтно-відновлювальних робіт. Аварійні виміри проводяться з визначенням місця та виду цілі пошкодження кабелю.

Моніторинг ВОЛЗ або цілодобовий контроль параметрів оптичного волокна необхідний для полегшення процесу експлуатації оптичних ліній та забезпечення високої якості послуг та виявлення несанкціонованого доступу.

Підтримка оптоволоконної мережі є одним із найбільших викликів, з якими стикається кожен постачальник послуг. Зламаний або пошкоджений оптоволоконний кабель є поширеним явищем, яке негативно впливає на час безвідмовної роботи, задоволеність клієнтів, надання послуг і фінансовий результат. Хоча існують численні аспекти мережі, які необхідно регулярно обслуговувати, включаючи як апаратне, так і програмне забезпечення, фізична оптико-волоконна інфраструктура має вирішальне значення – зламаний або пошкоджений оптоволоконний кабель означає, що дані не досягнуть місця призначення незалежно від інших мережевих компонентів.

У процесі експлуатації виникає необхідність контролю повного згасання тракту та згасання, що вноситься зростками. У разі аварії, при обриві ОК або ОВ, потрібно швидко та точно визначити місце обриву. Для прогнозування аварійних

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------------|
| | | | | | КвРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. 21 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ситуацій необхідно проводити моніторинг стану тракту та аналізувати зміну його стану, знаходити та аналізувати існуючі в ньому неоднорідності.

Інтенсивний розвиток сучасних телекомунікаційних мереж та необхідність забезпечення їхньої безвідмовної роботи висувають на перший план завдання централізованого документування та контролю мережевого кабельного господарства з можливістю прогнозування та мінімізації часу усунення несправностей, що виникають у волоконно-оптичних лініях зв'язку. Найбільш ефективно це завдання вирішується за допомогою автоматизованих систем адміністрування волоконно-оптичних кабелів, що включають систему віддаленого контролю оптичних волокон (Remote Fiber Test System – RFTS), програму прив'язки топології мережі до географічної карти місцевості, а також бази даних оптичних компонентів, критеріїв та результатів контролю.

Сьогодні інтерес до цих рішень досить великий, оскільки в умовах дедалі більших вимог до якості та надійності зв'язку вони забезпечують підвищення якості обслуговування, скорочують час і витрати на аварійно-відновлювальні роботи.

Система моніторингу має реалізувати наступні завдання:

- автоматичний контроль стану пасивних та активних оптичних волокон кабелів у процесі експлуатації;
- видача сигналу аварії у разі пошкодження кабелю або перевищення порогових показників;
- дистанційна діагностика волокон на розподіленій мережі із центрів управління;
- документування волоконно-оптичного кабельного господарства;
- скорочення тривалості періодів непрацездатності лінії зв'язку;
- автоматичне виявлення несправності ВОЛЗ із зазначенням її точного розташування на основі порівняння поточних та еталонних результатів вимірювання параметрів ВОЛЗ;
- проведення вимірювань параметрів оптичних волокон у ручному режимі

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. 22 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

на запит оператора системи;

- різні способи оповіщення персоналу про пошкодження оптичних кабелів (візуальна та звукова сигналізація, автоматичне розсилання повідомлень за заданими адресами електронної пошти, факсом);

- автоматичний аналіз зміни параметрів оптичних волокон у часі на основі накопичуваних у процесі моніторингу даних.

Виконувані функції:

- прогнозування ушкоджень лінії;
- виявлення тенденцій зміни параметрів волокна;
- виявлення ушкоджень оптичних волокон;
- встановлення індикаторів якості (порогів);
- максимально швидка локалізація ділянки у разі виникнення аварій;
- сигналізація про аварію;
- дистанційне керування;
- формування основи рефлектограм ВОЛЗ.

Найважливішою функцією системи RFTS має бути те, що вона постійно і автоматично веде збір та статистичний аналіз результатів тестування оптичних волокон мережі. Статистичний аналіз з використанням кореляційних, багатофакторних методів, а також сучасних нейромережевих методів дає можливість виявляти та прогнозувати неполадки волокна задовго до того, як вони призведуть до серйозних проблем у мережі.

Система моніторингу волоконно оптичних кабелів повинна контролювати волоконнооптичний кабель, а потім судити, чи оптичний кабель працює нормально; коли виникає нестандартна ситуація, має бути видано сигнал тривоги та надіслано відповідні тести. Крім того, за допомогою оцінки даних про несправності потрібно точно визначити місце, де виникла несправність, та швидко встановити несправне обладнання та причину несправності.

Система моніторингу оптичного кабелю ділиться на три частини: збір інформації; зведення та аналіз; оцінка та діагностика роботи обладнання;

Система моніторингу оптичного кабелю у поєднанні з OTDR, оптичним комутатором і програмним забезпеченням для керування мережею верхнього рівня утворюють систематичну та інтелектуальну систему, яка об'єднує функції тестування, аналізу, сигналізації, позиціонування, управління інформацією та таблиці. Вона має високу щільність інтеграції, сильну спільність, різноманітну форму продукту та гнучке оновлення та розширення.

Моніторинг оптоволокна являє собою непереривну оцінку якості волокна за допомогою програмних інструментів і обладнання, які формують інтегровану систему моніторингу та управління оптичним волокном.

Розглянемо функціональні елементи та пристрої системи віддаленого контролю оптичних волокон (рисунок 2.2):

- апаратна частина;
- система управління;
- геоінформаційна систему (ГіС) прив'язки топологій мережі до електронної географічної карти місцевості;
- бази даних оптичних компонентів обладнання мережі, критеріїв і результатів контролю.

Апаратна частина включає:

- блоки дистанційного тестування волокон RTU (Remote Test Unit), в кожному з яких є модуль оптичного рефлектометра OTDR, приєднаний до оптичних волокон через модуль оптичного перемикача, що називається пристроєм доступу для тестування оптичних волокон (Optical Test Access Unit) OTAU він дозволяє контролювати багато волокон за допомогою одного пристрою RTU, модулі доступу для тестування волокон оптичні комутатори та інші модулі;
- центральний блок управління TSC системою – центральний сервер з прикладним програмним забезпеченням адміністрування кабельної мережі також може включати контролер і один чи декілька модулів зв'язку;
- станції контролю мережі ONT (Optical Network Terminal).

Оптичні тестери (OTDR). Окрім вимірювання втрат сигналу, OTDR також

визначає розташування місця дефекту та його характеристики, такі як розмір та тип пошкодження. Це дозволяє операторам ефективно реагувати на проблеми та виправляти їх, забезпечуючи найвищу доступність мережі.

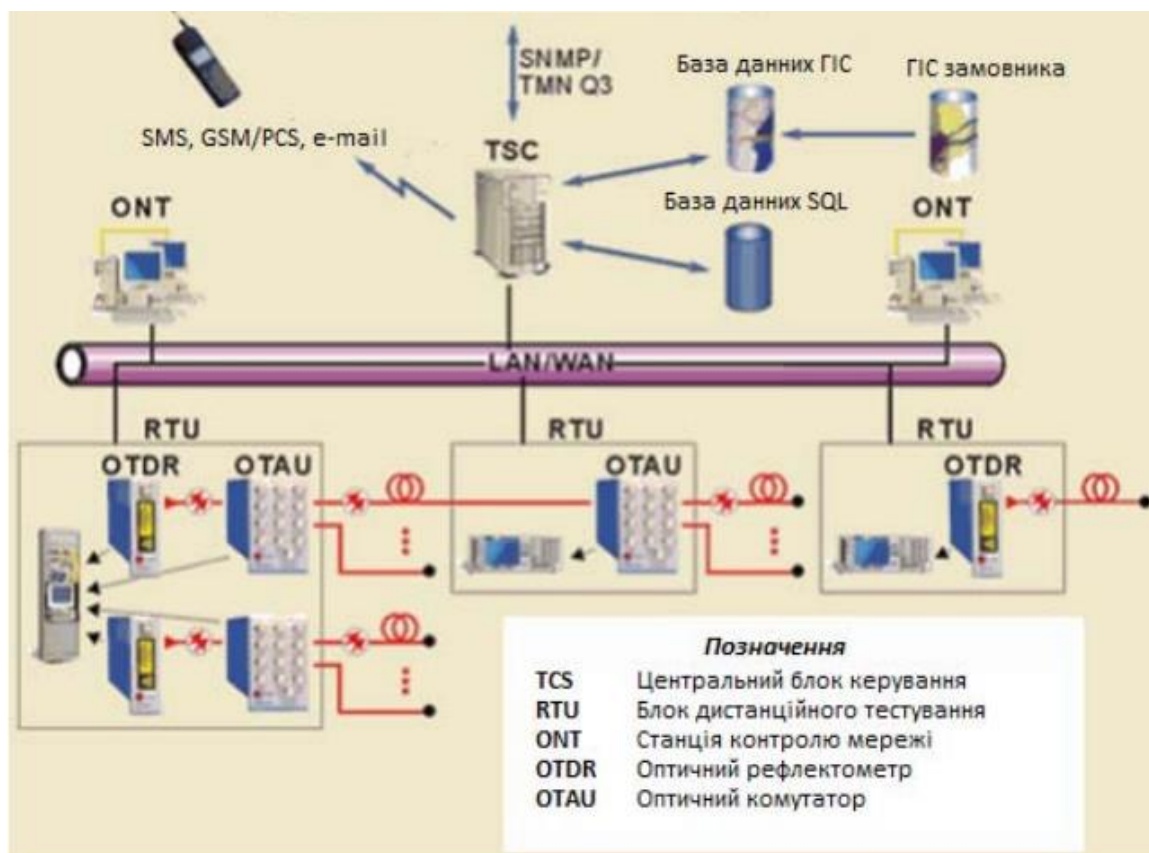


Рисунок 2.2 – Архітектура системи RFST

Оптичні модулі ОТАУ для тестування волокна, ці модулі можуть виконувати різноманітні тести, такі як вимірювання витримки на навантаження, динамічної чутливості до згину та виявлення дефектів в оптоволоконному кабелі. Вони є необхідним інструментом для підтримки високої якості та ефективності мережі.

Елементами системи управління RFTS є: станції контролю мережі ONT (ноутбук або стаціонарні робочі станції); відповідне програмне забезпечення; блоки управління в RTU; центральний блок управління TSC і мережеве обладнання, що забезпечує зв'язок між компонентами управління RFTS.

Конфігурація системи RFTS (вибір блоків RTU, їх розміщення на вузлах мережі та комплектація модулями OTDR, ОТАУ та ін.) оптимізується виходячи з

топології мережі, вартості обладнання, вимог надійності системи RFTS та інших критеріїв.

Дистанційний контроль здійснюється оптичним імпульсним рефлектометром, що діагностує стан волокна за зворотним розсіюванням світлової хвилі при введенні в волокно зондувальних імпульсів. OTDR є найважливішим компонентом в RFTS, дозволяє обробляти, аналізувати та проводити вимірювання та можливість ідентифікації поточної рефлектограми щодо еталонної.

У системі RFTS можна реалізовувати різні схеми та методи спостереження за станом волокон та ОК. Понад 90% несправностей пов'язані з ушкодженням ОК загалом і буде виявлено, якщо тестується хоча одне оптичне волокно в кабелі. Це означає, що при відносно невисоких вимогах до надійності ВОЛЗ можна вести тестування лише одного волокна в ОК.

Допускається тестування як “темних волокон” ОК, тобто волокон, якими не передаються дані цифрової мережі зв'язку в момент тестування (метод тестування пасивних оптичних мереж (рисунок.2.3), так і активних волокон (метод тестування активних оптичних мереж (рисунок.2.4).

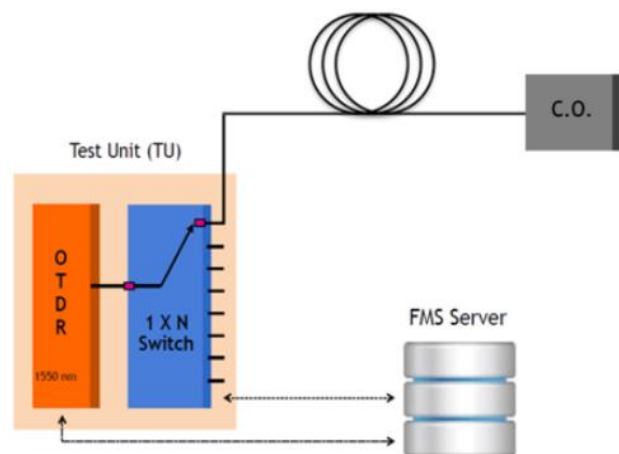


Рисунок 2.3 – Тестування по пасивному волокну

Цей метод тестування є найбільш дешевим і є основним при наявності в ОК вільних волокон.

Його відмінні особливості:

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. 27 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

тільки с одного кінця оптичного кабелю; виявлені порушення та визначення параметрів компонентів ВОЛЗ по всій довжини волокна; наглядне представлення стану лінії зв'язку.

У зв'язку з цим природним бажанням є використання OTDR і в мережах точка-багато точок. Однак в цьому випадку при проведенні аналізу кількох каналів результати вимірювань виявляються занадто складними для інтерпретації. Для спрощення даної процедури, використовуються методи тестування багатоточкових мереж, засновані на попередньому підключенні волокон до OTDR через керований комутатор (оптичний перемикач), зводячи тестування багато точкових мереж, до тестування за схемою точка-точка. Таким чином, слід розрізнити методи: одночасного тестування волокон багато точкових мереж; різночасове тестування волокон багато точкових мереж.

2.3 Опис функціонального призначення основних модулів апаратної частини системи моніторингу, їх взаємозв'язок та обмін даними

Принцип роботи системи включає такі етапи: клієнтська частина системи, яка складається з блоку дистанційного тестування (RTU), який включає в себе один або кілька модулів зв'язку, контролер, модуль оптичного рефлектометра (OTDR), модуль доступу до оптичних волокон і ПЗ. Оптичний рефлектометр оперативно надає наглядну інформацію, що дозволяє судити про якість ВОЛЗ, дає можливість виявити і локалізувати підозрілі ділянки. Враховуючи можливі джерела помилок і прийнявши заходи з їх усунення, за допомогою OTDR можна проводити вимірювання втрат на з'єднувачах і на інших ділянках ВОЛЗ.

Після цього, ці дані надсилаються на серверну частину системи у вигляді попереджень або повідомлень про несправність, усі рефлектограми також надходять на центральний сервер. Серверна частина системи забезпечує доступ до всіх результатів тестування волокон і автоматично відправляє повідомлення про несправності на заздалегідь задані електронні адреси, телефони, визначення точного місця аварії на карті.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. 29 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Зазначений опис відображає загальний принцип роботи системи. Також потрібно врахувати, що конкретні системи можуть мати свої унікальні особливості та функціонал, які не враховані в цьому узагальненому описі. Безпосередньо принцип роботи зображено на схемах (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – Задачі клієнтської та серверної частин, дані, які передаються між ними

Діагностування оптичних волокон здійснюється шляхом зворотного розсіювання оптичними рефлектометрами – Optical Time Domain Reflectometer (OTDR).

Він періодично знімає дані по затуханню з підключенням до нього оптичних волокон мережі. Оцінка стану оптичних волокон здійснюється шляхом порівняння поточної та опорної рефлектограм та зіставлення відхилень параметрів волокна із заданими для них пороговими значеннями (рисунок 2.6). Якщо відхилення від норми перевищує певні, заздалегідь встановлені пороги (попереджувальний або аварійний), то відповідний блок RTU автоматично посилає на центральний сервер системи попередження або повідомлення про несправності.

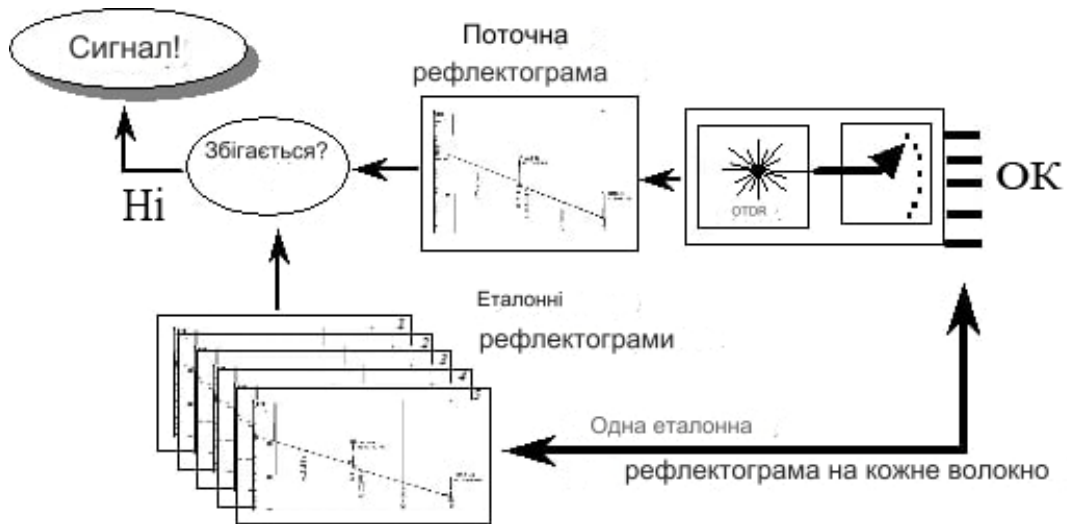


Рисунок 2.6 – Алгоритм роботи OTDR

Приклад рефлектограми представлено на (рисунок 2.7).

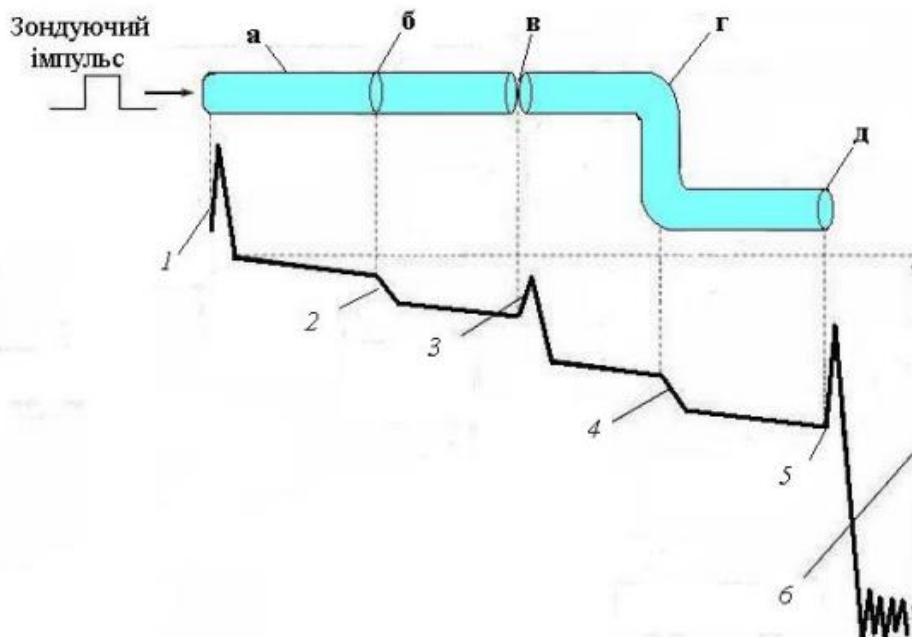


Рисунок 2.7– Типова рефлектограма імпульсного оптичного рефлектометра

Де, 1- відображення від вхідного роз'єму, 2-втрати, що вносяться на зварному з'єднанні, 3- зворотне відображення від роз'єму, 4-втрати, що вносяться на вигині, 5-Френелівське відображення, 6-динамічний діапазон рефлектометра, а- випромінення (релеєвське), що розсіюється волокном у зворотньому напрямку, б-

зварне з'єднання волокон, оптичний роз'єм, г- вигин волокна, д- обрив (кінець) волокна

Тестування OTDR (оптичного рефлектометра у часовій області) (рисунок 2.8) є критично важливим процесом, який використовується для встановлення, обслуговування та усунення несправностей пасивних оптичних мереж.

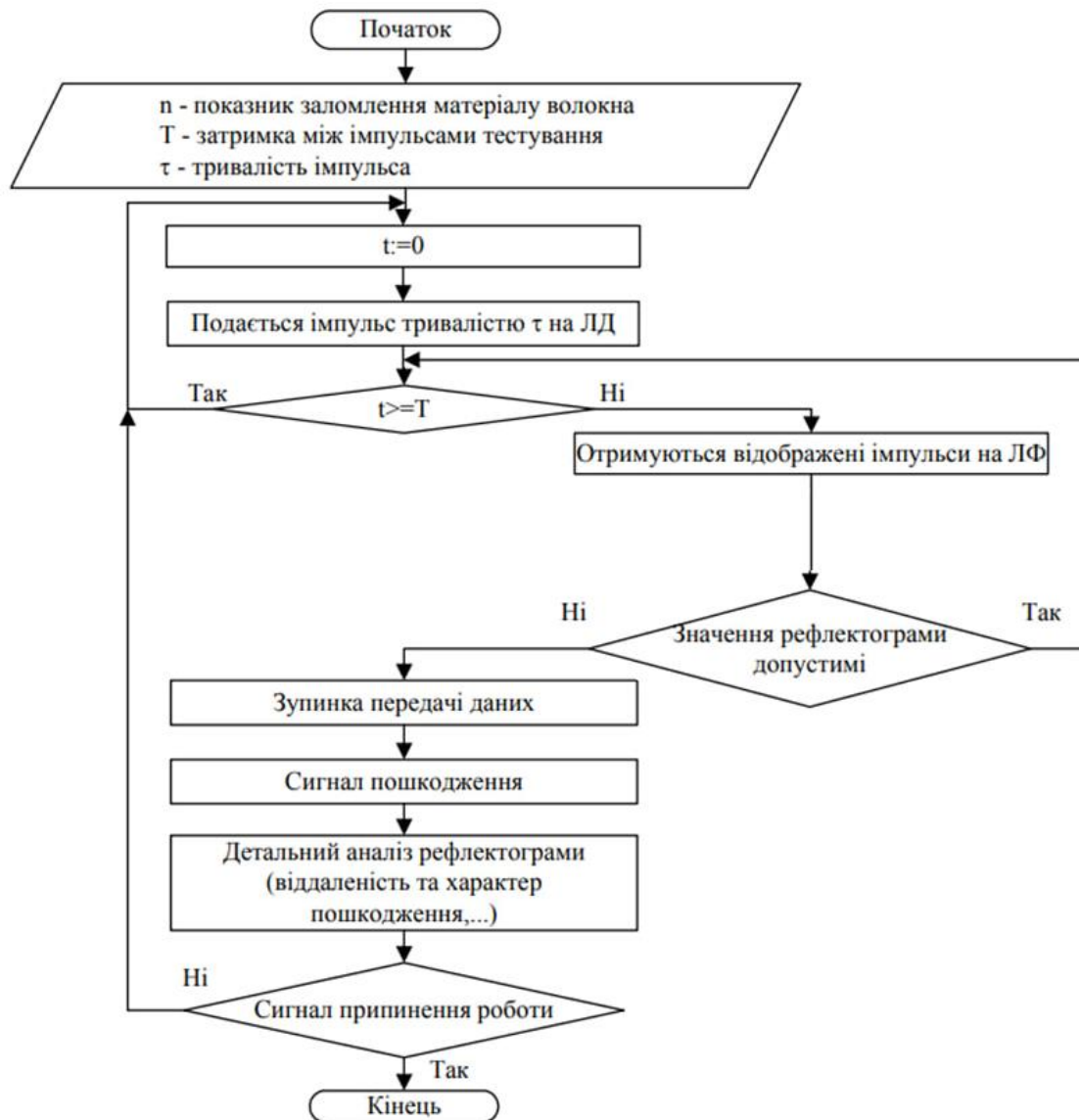


Рисунок 2.8 – Блок-схема алгоритму тестування оптичного кабелю

Мережа складаються з центрального офісу (OLT – Optical Line Terminal) і кількох абонентських місць (ONTs – Optical Network Terminals), з оптичними волокнами, які з'єднують їх.

Тестування OTDR передбачає використання пристрою OTDR, який посилає короткий імпульс світла в оптичне волокно та вимірює час, потрібний для проходження світла вздовж волокна та відображення назад через зміни характеристик волокна (наприклад, ослаблення, з'єднання, з'єднувачі та вигини). Ця інформація допомагає фахівцям знаходити несправності, визначати втрати та оцінювати загальний стан оптичної мережі.

Блок дистанційного тестування RTU, розташований в головному вузлі, через певний інтервал часу, який задається оператором, посилає в тестуючу мережу імпульси. Ці імпульси передаються по пасивному волокну. Отже, тестовий сигнал не впливає (не спотворює) на робочий сигнал. Оскільки зворотне релєївске (молекулярне) розсіювання відбувається по всьому волокну, існує постійне повернення світла на RTU. Блок управління бере пробний рівень, який вимірюється сенсором за певні проміжки часу, для того, щоб отримати його дані. Кожна точка цих даних описується тимчасовим рівнем потужності. Рівень потужності повернення сигналу на нормальних ділянках волокна рівномірно зменшується від початку до кінця. У разі точкових розсіювань рівень різко падає, а в разі відображення Френеля рівень потужності різко йде вгору до максимального рівня у відповідній точці в порівнянні з рівнем нормального розсіювання. Коли блок управління зібрав всі точки даних зондуючого імпульсу, він виводить інформацію на дисплей у вигляді рефлектограми.

На центральному сервері системи встановлена професійна геоінформаційна систему, яка містить точну електронну карту цифрової мережі на місцевості. Вся інформація про стан мережі і документація по ОК зберігається в базі даних SQL і може бути графічно представлена на карті. Також на карту виводиться повна інформація про неполадки волокон в ОК, включаючи їх точне фізичне розташування.

Потім ця інформація передається в ряд систем, для сповіщення про аварію чи раннє виявлення проблемних зон. Кінцевим результатом є негайна відправка реставраційного персоналу на місце пошкодження.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. 33 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Інсталяція клієнта за замовчуванням надає два основні види робочого столу: “Базове налаштування” та “Центр мережевих операцій”. Ці робочі столи є відправною точкою для користувачів, щоб створити власну персональну конфігурацію робочого столу. У цих початкових поданнях панелі, які найчастіше використовуються, відображаються за замовчуванням, тоді як функції, що використовуються менш часто, приховані.

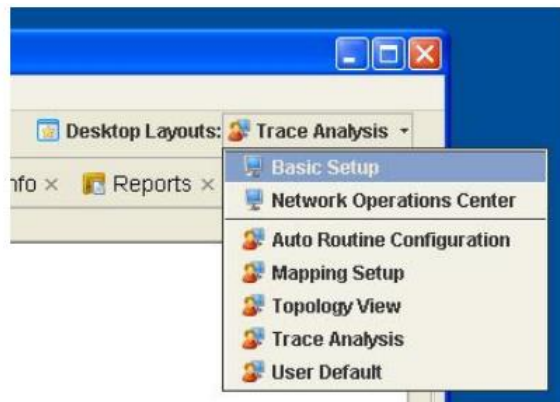


Рисунок 2.11 – Конфігурація програмного забезпечення FiberWatch – Сторінка “Макети робочого столу”

Піктограма “монітору” на екрані вказує на конфігурацію робочого столу системи за замовчуванням, а піктограма користувача відображається поруч із визначеними користувачем робочими столами.

Щоб отримати закріплений фрейм, у легкодоступній спадній кнопці на панелі інструментів є головний список.

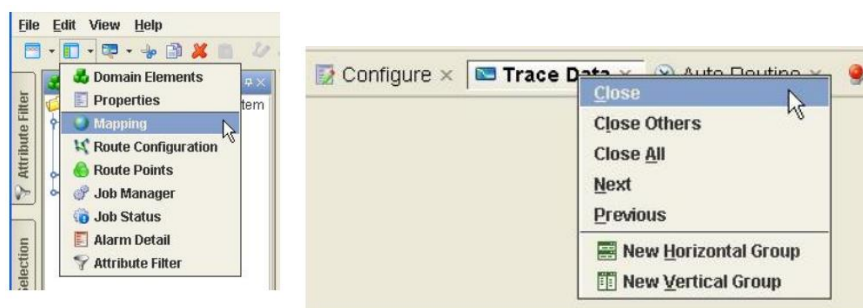


Рисунок 2.12 – Конфігурація програмного забезпечення FiberWatch – Сторінка “Макети робочого столу”

Було описано вимоги до системи моніторингу та визначено завдання які мають реалізуватися. Також описані складові апаратної складової, та визначена архітектура системи. Описано функціональне призначення основних модулів апаратної частини програмно-технічного засобу, дослідники визначили, які можливості надає цей засіб користувачам. Також було наведено блок-схеми алгоритму тестування оптичного кабелю та проведення аварійно відновлювальних робіт.

У дослідженні також було визначено способи взаємодії між компонентами апаратної частини програмно-технічного засобу. Сюди входить аналіз засобів обміну інформацією про виявлення пошкодження. Визначення ефективних способів взаємодії допомагає забезпечити правильну передачу даних та скоротити час на відновлювальні роботи.

Функціональне призначення основних модулів та інформаційних ресурсів програмно-технічного засобу було детально описано в дослідженні. Дослідники проаналізували, які завдання виконують ці модулі та ресурси, як вони взаємодіють між собою та які дані обмінюються між ними. Це дозволило отримати чітку картину функціональної структури апаратної реалізації програмно-технічного засобу і зрозуміти, як він працює.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КвРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 40 |

3 АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ОПТИЧНИХ МАГІСТРАЛЕЙ НА ОСНОВІ КОНТРОЛЮ “ТЕМНИХ ВОЛОКОН”

3.1 Опис реалізації модулів апаратного забезпечення програмно-технічного засобу

Постачальники телекомунікаційних послуг не можуть запобігти обривам оптоволоконна внаслідок природної чи людської діяльності, але вони можуть вжити заходів, щоб мінімізувати час простою мережі, коли повітряні або підземні оптоволоконні кабелі зазнали пошкодження.

Моніторинг – комплекс наукових, технічних, технологічних, організаційних та інших засобів. Вони забезпечують систематичне стеження (контроль) за станом та тенденціями розвитку інформаційних процесів. Методологічно, моніторинг – це проведення багатьох однотипних замірів досліджуваного об’єкта, а також подальший його аналіз та оцінка і порівняння отриманих результатів для виявлення певних закономірностей, тенденцій, змінних і їх динаміки.

Одним із основних експлуатаційних факторів, що дозволяють прогнозувати погіршення оптичних характеристик волокон і забезпечувати необхідний рівень надійності ВОЛЗ, є безперервний моніторинг ОК.

Сьогодні реалізуються різні методи моніторингу волоконно-оптичних ліній. Оптичну мережу можна контролювати за допомогою моніторингу темного або активного волокна. Оскільки моя робота направлена на використання саме темного волокна, то розглянемо саме цей метод моніторингу.

Моніторинг темного волокна – це коли світло OTDR від системи дистанційного тестування волокна потрапляє на волокна без трафіку, але в тих же кабелях, що й волокна з трафіком, виходячи з припущення, що цілісність темного волокна відображає стан цілого кабелю. Як правило, для цілей моніторингу вибирається одне запасне волокно в кабелі, не призначене для передачі трафіку. Оскільки оптоволоконно призначене лише для цілей моніторингу, то для тестування

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------------|
| | | | | | КвРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. 41 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

можна використовувати позасмугові довжини хвилі. Якщо це волокно будь-яким чином пошкоджено, постачальник припускає, що це повний кабель зазнав якоїсь катастрофічної невдачі. Оскільки сигнал моніторингу проходить через запасне оптичне волокно, пасивний пристрій, такий як фільтр, не потрібен, що може ефективно скоротити процес встановлення та вартість системи.

Метод темного волокна відстежує катастрофічні збої, які представляють від 80% до 90% випадків розриву волокна. Моніторинг на основі темного волокна є економічним і ефективним підходом і відносно низьким по вартості і є основним за наявності в оптичному кабелі вільних волокон.

В даний час більшість систем дистанційного тестування волокон підключені до неактивних або темних волокон. Це рішення пропонує ефективний засіб моніторингу цілісності оптичних волокон без додаткових витрат і проблем з підключенням до волокна передачі. Все, що потрібно розглянути, це відповідне розміщення тестових головок RTU для отримання повного охоплення кабелів, які підлягають моніторингу.

Виконується контроль оптичних волокон методом імпульсної рефлектометрії в часовій області, за допомогою оптичних імпульсних рефлектометрів (Optical Time Domain Reflectometer – OTDR). Такі рефлектометри здійснюють діагностування волокон по зворотньому розсіюванню світлової хвилі, що поширюється в пасивному волокні оптичного кабелю. Рефлектометр – це прилад для вимірювання коефіцієнта відбиття світла.

В даний час оптичні рефлектометри, мультиметри та інші вимірювальні прилади, що забезпечують вирішення завдань вимірювання параметрів ВОЛЗ, знаходяться на озброєнні монтажних та експлуатуючих підрозділів. Однак розвиток волоконно-оптичних мереж зв'язку вимагає перегляду підходу до системи вимірювань та контролю параметрів ВОЛЗ. У сучасних ВОЛЗ дедалі ширше використовуються автоматизовані системи моніторингу.

За основу моніторингу було взято систему FiberWatch™ від NTEST. Яка контролює фізичну цілісність волоконно-оптичних мереж. Даний продукт був

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. 42 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

розгорнутий і перевірений у телекомунікаційних мережах по всьому світу.

Система призначена для контролю масштабних волоконно-оптичних мереж, якій характерні функції тестування, спостереження та локалізації пошкоджень, які виникають на мережах зв'язку. FiberWatch проста у використанні. Вона значно зменшує середній час ремонту волоконно-оптичної мережі та гарантує найвищі рівні її надійності та безпеки.

Розглянемо основні компонентами системи FiberWatch (рисунок 3.1).

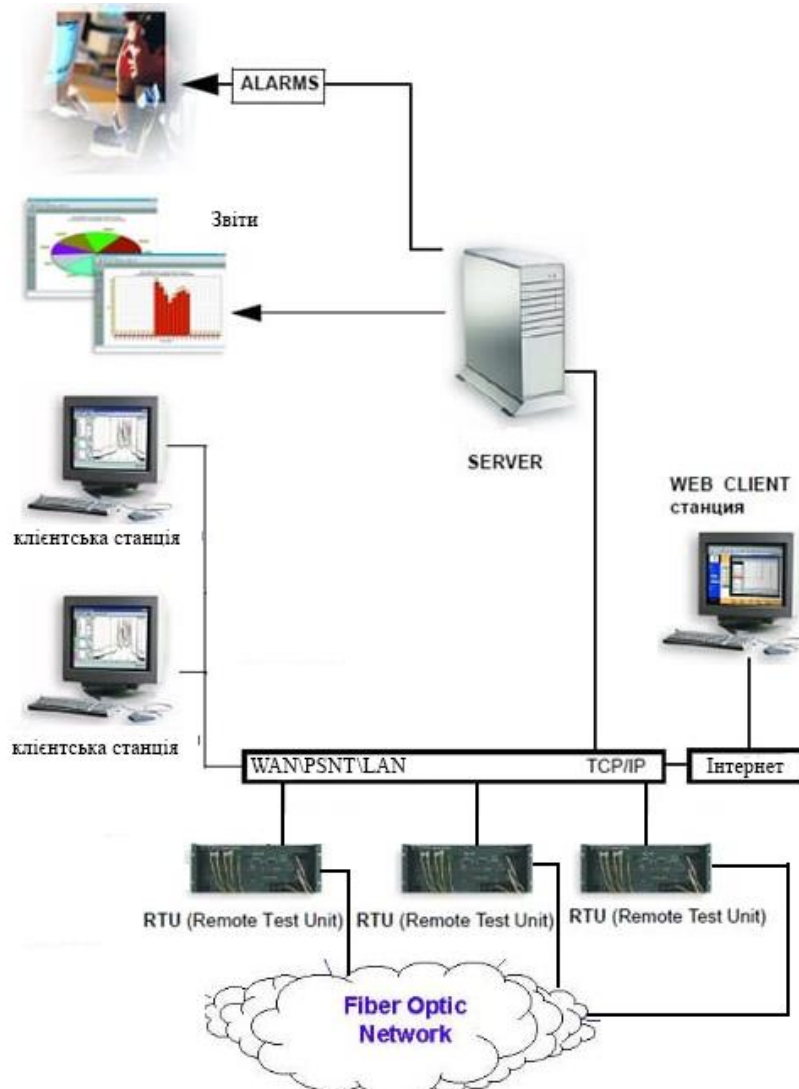


Рисунок 3.1 – Архітектура апаратної частини системи моніторингу FiberWatch

Виходячи з малюнку апаратними модулями системи є:

- сервер системи (System Server) на платформі Windows чи UNIX;

- клієнтські комп'ютери, які працюють під керуванням Windows, MacOS або Unix;
- пристрої для віддаленого тестування оптичних волокон (Remote Test Units – RTU), засновані на процесорі Intel;
- оптичні перемикачі або пристрої доступу для тестування оптичних волокон (Optical Test Access Units – OTAU).

Розглянемо кожен модуль більш детально:

Основним компонентом системи моніторингу оптоволоконого шлейфу є Remote Test Units – RTU (рисунок 3.2.).



Рисунок 3.2 – Пристрій віддаленого тестування оптичних волокон (Remote Test Units – RTU)

Кожен RTU в своєму складі має модуль: оптичного рефлектометра (OTDR), модуль оптичного перемикача (оптичний комутатор) (Optical Test Access Unit, OTAU), модуль WDM (мультиплексори з розділенням довжини хвилі) і модуль фільтра. WDM (мультиплексори з розділенням хвиль) і фільтри використовуються для моніторингу активних волокон у системі дистанційного тестування волокон.

Модуль оптичного рефлектометра (OTDR), приєднаний до оптичних волокон через модуль оптичного комутатора, що називається пристроєм доступу для тестування оптичних волокон (Optical Test Access Unit, OTAU). Модуль OTAU дозволяє контролювати багато волокон за допомогою одного пристрою RTU. Він проводить рефлектометричні вимірювання, зберігає їх результати, порівнює поточні рефлектограми з еталонними і при виявленні розбіжностей між ними

генерує попереджувальні повідомлення. Пристрій RTU контролює кожне підключене до нього волокно. Крім того, RTU взаємодіє із сервером системи та зовнішніми пристроями ОТАУ. При динамічному діапазоні модуля OTDR, що дорівнює 40 дБ, RTU тестує волокна довжиною до 150 км.

Дані пристрої комплектуються різними модулями OTDR, що мають динамічний діапазон 35, 40, 42, 43, 45 або 50 дБ, що працюють на довжині хвилі 1310, 1550, 1625 або 1650 нм. Випускаються також модулі OTDR, що функціонують на двох або трьох довжинах хвиль.

Розглянемо технічні характеристики RTU (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики RTU

| | |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Процесор | Процесор Intel |
| Пам'ять | 2 ГБ DDR2 SDRAM |
| Жорсткий диск | 80 Гб |
| Твердотільний жорсткий диск | 32 Гб |
| Зовнішні порти | 4 USB, 2 PS\2, 2 послідовних, 1 аудіороз'єм, 1 мікрофонний роз'єм, 1 VGA |
| Операційна система | Windows XP Embedded |
| Довжина хвилі OTDR | 1310, 1550, 1625, 1310\1550, 1550\1625, 1310\1550\1625 |
| Модуль оптичного комутатора | ОТАУ: 1xN (N=2, 4,8,12,16,24,32,36,48,60,72,96,120) |
| Порти LAN | Подвійний гігабітний Ethernet (10\100\1000tBase-T) |
| Локальний або віддалений доступ | Клієнт може знаходитися на ПК або ноутбучі, підключеному локально або віддалено до RTU |
| Модуль локального доступу | Модуль 1U для монтажу в стійку з дисплеєм, мишею та клавіатурою |

До RTU можна підключити консоль, що називається модулем локального доступу (Local Access Module - LAM). Вона забезпечує можливість керування цим пристроєм за допомогою клавіатури, сенсорної панелі та дисплея.

Перевагами обладнання RTU є:

- малий форм-фактор;
- інтегрований OTDR;
- віддалене оновлення програмного забезпечення;
- низьке використання пропускну здатності мережі;
- можливість локального доступу;
- платформа для майбутніх програм моніторингу.

FiberWatch™ RTU підтримує як локальне, так і дистанційне керування. Також RTU підтримує повний зв'язок через IP-протоколи. Мінімальна необхідна пропускну здатність становить 28 кбіт/с.

Оскільки FiberWatch™ Probe RTU працює автономно, зв'язок потрібен лише для таких функцій як:

- конфігурація, ініційована користувачем;
- відповідь на запити тестування на вимогу;
- результати автоматичних тестів;
- інформація про тривогу від RTU до сервера;
- періодична перевірка стану RTU для перевірки належного стану та роботи.

Доступні два типи блоків живлення FiberWatch™ Probe RTU:

1) Джерело живлення постійного струму. Воно вимагає номінальної входної потужності -48В постійного струму.

2) Джерело живлення змінного струму. Воно призначене для роботи в мережі змінного струму 110/220В. при 50-60 Гц.

Модуль OTDR (оптичний рефлектометр у часовій області) є основним інструментом, який використовується для пошуку розривів у волоконно-оптичних кабелях. OTDR використовує імпульси світла для вимірювання часу, необхідного

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 46 |

для проходження світла через волокно та його відображення. Аналізуючи відбите світло, OTDR може визначити відстань до будь-яких розривів або несправностей кабелю.

OTDR працює, надсилаючи потужний лазерний імпульс у волоконно-оптичний кабель. Коли світло проходить через кабель, воно стикається з різними компонентами, такими як з'єднувачі, з'єднання та розриви. Коли він досягає несправності, наприклад розриву або вигину, частина світла відбивається назад до OTDR. Потім рефлектометр вимірює час, необхідний для повернення відбитого світла, і обчислює відстань до несправності на основі швидкості світла у волокні. Окрім визначення місця розриву, OTDR також може надати інформацію про якість оптоволоконного кабелю. Він може вимірювати втрату потужності сигналу по всій довжині кабелю, визначати області надмірного загасання та виявляти інші типи несправностей, такі як вигини волокон або невідповідності.

Він має оптичний роз'єм, який зазвичай під'єднується до вхідного порту модуля OTAU за допомогою патч-корду, що входить у комплект. Усі оптичні з'єднувачі знімаються спереду, щоб полегшити їх зняття для очищення, і вони розташовані під кутом, щоб забезпечити правильний радіус вигину для точного тестового вимірювання. Оптичний порт OTDR слід розглядати як джерело лазерного випромінювання.

Модуль OTAU є оптичним комутатором, який направляє вихід OTDR на потрібне тестове волокно. Крім того, OTAU має числовий індикатор стану, який вказує, який вихідний порт (якщо такий є) зараз підключений до вхідного порту. Усі оптоволоконні порти оптоволоконного комутатора повинні розглядатися як джерела лазерного випромінювання. FiberWatch™ RTU дозволяє використовувати три типи модулів OTAU: внутрішній, зовнішній і віддалений.

Внутрішній модуль OTAU підключається до шасі FiberWatch™ RTU через USB-інтерфейс і живиться внутрішньо від RTU. RTU підтримує використання одного внутрішнього оптичного комутатора. Можна використовувати додаткові оптичні комутатори, але потрібен варіант із зовнішнім модулем OTAU.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. 47 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики внутрішнього модулю ОТАУ

| | |
|-----------------------|------------------------------------------|
| Вхідні порти | 2, 4, 8, 12, 16 і 24 |
| Тип роз'єму | ЕС, РСА, 5С, 5СА, ІС, Е2000, Е3000, 1Х-5 |
| Час перемикання | 65 мс + 10 мс на канал |
| зворотне відображення | 1310 нм, 1550 нм і 1625 нм |
| Час життя | Більше 10 ⁸ Цикли перемикання |
| Потужність | 2,5 Вт |

Зовнішній модуль ОТАУ зазвичай використовується, коли потрібно більше 24 портів моніторингу. Він встановлюється в стійку для обладнання поруч із FiberWatch™ Probe RTU. Його можна живити від - 48В постійного струму або 100-240В змінного струму. Він керується за допомогою послідовного кабелю, що входить до комплекту, підключеного від послідовного порту FiberWatch™ RTU до послідовного порту ОТАУ. Ним також можна керувати через USB або Ethernet. Зовнішній пристрій ОТАУ може мати від 2 до 128 вихідних портів. Для збільшення їх числа можливе каскадне підключення додаткових перемикачів (рисунок 3.3).

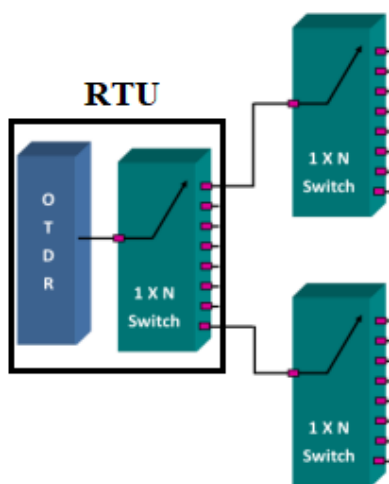


Рисунок 3.3 – Каскадне підключення додаткових перемикачів ОТАУ

Віддалений модуль ОТАУ— це зовнішній ОТАУ, який монтується на віддаленому місці, щоб забезпечити більш ефективне використання обладнання RFTS. На (рисунок 3.4) показано використання віддалених модулів ОТАУ у мережі.

Ця несправність ґрунтується на порівнянні наявної рефлектограми з еталонною.

Виходячи з вище сказаного, зрозуміло, що базовими елементами системи моніторингу є модулі OTDR RTU. У нормальному режимі вони працюють під автоматичним управлінням з TSC. Важливою властивістю є можливість при необхідності переходу на ручне управління модулями OTDR. При цьому оператор може здійснювати управління з будь-якого пункту розміщення RTU і TSC, як безпосередньо в пункті розміщення модуля RTU, так і дистанційно. При цьому доступні всі функції, які забезпечують звичайний автономний OTDR. А саме: обробка, аналіз і виробництво вимірювань з можливістю виділення, порівняння та ідентифікації відхилень текучої рефлектограми від еталонної, різні функції вимірювань, включаючи вимірювання втрат, затухання, автоматичне вимірювання з виявленням порогів, напівавтоматичні вимірювання з встановленням маркерів, ручні вимірювання з виявленням порогів. курсорами, локалізація стиків, і виявлення кінців волокна. Ця можливість забезпечує скорочення часу локалізації місця несправності та часу виконання аварійно-ремонтних робіт в цілому, а також оптимізацію складу спеціалістів та скорочення необхідної кількості високопрофесійних вимірювачів.

Сервер FiberWatch™ контролює операції між RTU та клієнтами. Існує два типи серверів. FiberWatch™ Enterprise Server підходить для середніх і великих систем або малих систем з потенціалом зростання. Він поставляється з базою даних Oracle Standard One, здатною керувати понад 200 RTU. Сервер FiberWatch™ WorkGroup підходить для невеликих систем до 5 RTU. FiberWatch™ WorkGroup Server можна оновити до Enterprise Server.

Сервер системи підтримує СУБД Oracle, веде мережеву документацію, видає попереджувальні повідомлення та проводить тести згідно із заздалегідь складеним розкладом. Крім того, сервер забезпечує конфігурацію тестового обладнання, взаємодіючи з клієнтськими комп'ютерами та RTU. Клієнтське програмне забезпечення FiberWatch надає користувачам віддалений доступ до всіх її функцій, включаючи конфігурування, а також дозволяє переглядати мережну документацію,

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. 50 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

результати тестування та отримувати попереджувальні повідомлення.

У разі видачі інформації про аварію будь-яким пристроєм RTU, сервер приймає та форматує цю інформацію, включаючи відомості про місце пошкодження волокна, та передає її технічному персоналу. Для конфігурування системи та контролю роботи всіх її компонентів до сервера підключають один чи більше клієнтських комп'ютерів. Також можна запуснути веб-клієнт із стандартного веб-браузера, наприклад Internet Explorer, Firefox або Chrome, для отримання доступу до системи з будь-якої точки Інтернету.

У системі FiberWatch передбачені такі способи зв'язку з її компонентами:

- WAN/LAN за допомогою протоколів TCP/IP;
- по телефонній лінії за допомогою модемів;
- через послідовний порт RS-232C;
- широкий вибір засобів зв'язку у системі FiberWatch забезпечує більшу

гнучкість реалізації тестових рішень на її основі.

Система FiberWatch підтримує різноманітні програмні інтерфейси, за допомогою яких її можна інтегрувати (на різних рівнях) в систему OSS, яка є у замовника.

Ці інтерфейси транслують інформацію про стан мережі та попереджувальні повідомлення, підтримують функцію запуску тестів на вимогу. Багато компаній використовують той чи інший інтерфейс для ефективнішого контролю своїх ВОЛЗ.

3.2 Інтеграція апаратних модулів системи моніторингу в оптичну мережу

Перед розгортанням системи необхідно виконати інженерний аналіз додатків, щоб оператор мережі міг контролювати всю свою мережу за найвигіднішою ціною. Пристрої RTU розташовують таким чином, щоб контролювати найбільшу відстань оптоволокна. Як правило, їх можна встановити на будь-якому місці (тобто в центральному офісі, точці доступу, спільному розміщенні тощо), де доступне живлення та віддалене підключення (Ethernet, PSTN або інше). У більшості випадків RTU не потрібен на кожному напрямку мережі.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. 51 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Дійсно, максимальна відстань волокна зазвичай становить 100 км, тоді як RTU може контролювати відстані в діапазоні 150км. За потреби використовуються тестові перемички для з'єднання волокон разом.

Модуль доступу до оптичних волокон RTU призначений для підключення оптичних рефлектометрів до оптичних волокон і, в залежності від способу тестування, може включати пристрої спектрального ущільнення (WDM-фільтри), оптичний комутатор. Розглянемо підключення модуля оптичного рефлектометра RTU до темних волокон, для контролю кількох кабелів (рисунок 3.5.).



Рисунок 3.5 – Підключення пристрою віддаленого тестування RTU

Оптичний комутатор може бути інтегрований у корпус віддаленого пристрою або існувати як автономний пристрій, керований RTU. В останньому випадку з'являється можливість підключити оптичні комутатори, між собою утворюючи деревоподібну схему, що збільшує саме кількість ОВ, які можуть бути підключені до оптичного рефлектометра.

Для забезпечення економії та оптимізації використання пристрою віддаленого тестування RTU з урахуванням їх динамічного діапазону застосовуються наступні прийоми розміщення RTU. З'єднання “точка-точка”

| | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

(рисунок 3.6). У цьому випадку положення RTU оптимізується під топологію мережі таким чином, щоб відстань від прилеглих до віддаленого пристрою RTU (А і В) відповідало динамічному діапазону використовуваного в складі RTU оптичного рефлектометра.

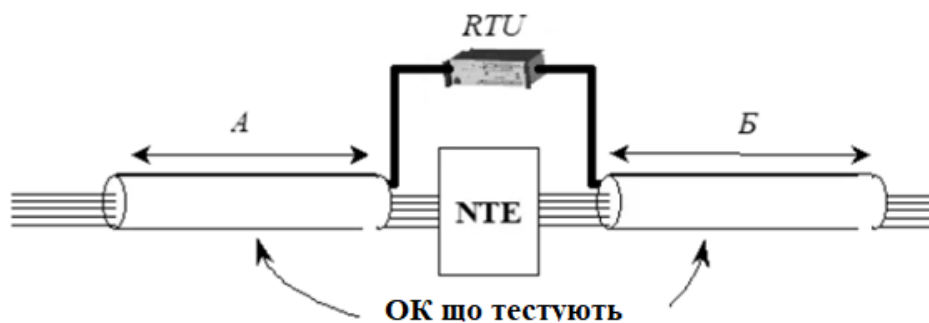


Рисунок 3.6 – Підключення пристрою віддаленого тестування RTU. З’єднання “точка-точка”

З’єднання “точка-точка” також широко використовується на великих відстанях в оптичних мережах передачі даних. Наприклад, у морських кабелях, де використовуються оптичні підсилювачі на основі волокна з додаванням ербію (EDFA - Erbium-doped fiber amplifier).

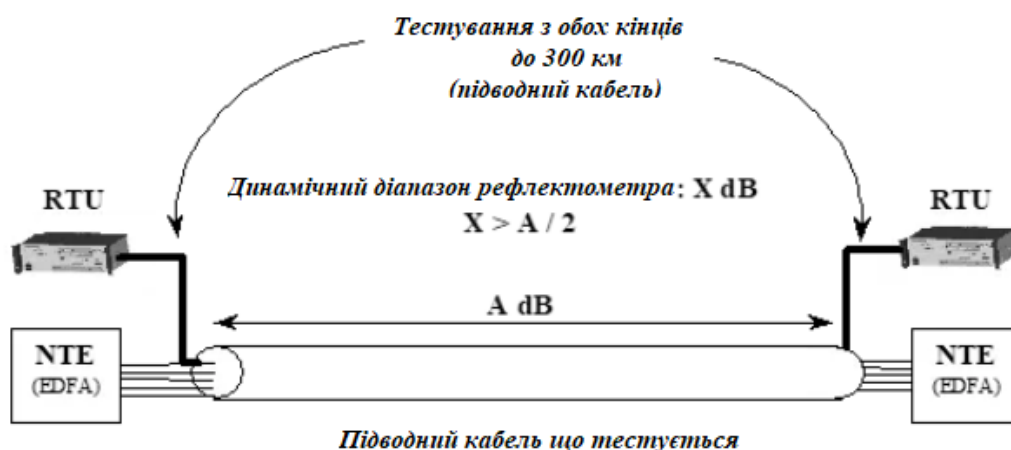


Рисунок 3.7 – Підключення пристрою віддаленого тестування RTU при дуже довгому з’єднанні “точка-точка”

Такі кабелі можуть мати довжину до 300 км. Але динамічний діапазон сучасних рефлектометрів обмежений і становить близько 45дБ.

Тому, для контролю стану оптичних мереж на таких відстанях потрібно підключати обладнання для віддаленого моніторингу (RTU) з обох кінців кабелю (рисунок 3.7). Використання рефлектометрів з обох боків дозволяє контролювати більшу частину мережі.

Також можливе застосування коротких з'єднань (рисунок 3.8).

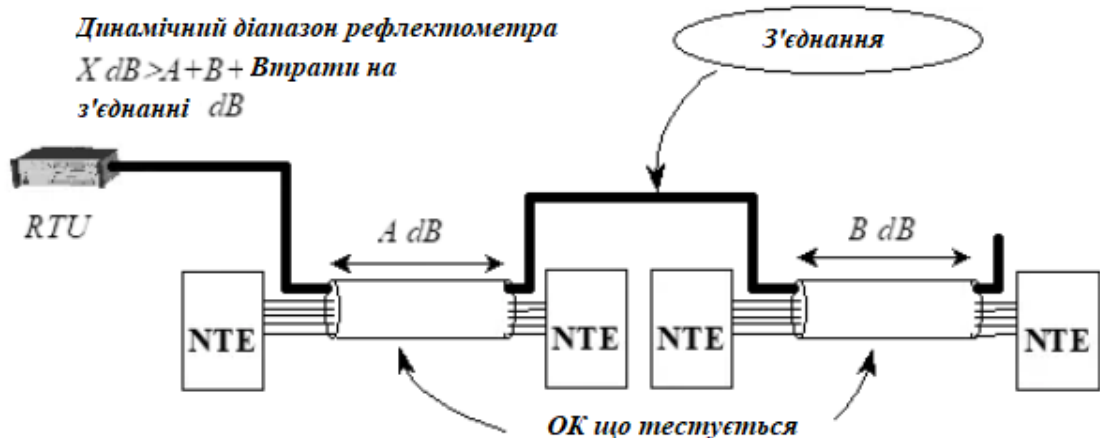


Рисунок 3.8 – Підключення коротких з'єднань

Ці з'єднання використовують тоді, коли загальна втрата сигналу від суми сусідніх кабелів і втрата сигналу від самого з'єднання менше динамічного діапазону оптичного рефлектометра, який використовується в складі RTU. З'єднання може виконуватися або за допомогою патч-корда, або зварюванням, і при цьому можуть з'єднуватися два чи більше кабелів.

3.3 Застосування методу шлейфу в діагностиці оптичного кабелю

Важливо розуміти, що оптоволоконний зв'язок тісно пов'язаний із рефлектометрією. З появою OTDR наша здатність бачити всередині тисячі миль мікроскопічного волокна катапультиувала технологію оптоволоконного зв'язку на безпрецедентну висоту. Без якісного оптичного рефлектометра (OTDR) неможливо

створити надійно працюючу ВОЛЗ. Тому вирішення проблеми зводиться до правильного початкового вибору обладнання та визначення найбільш відповідних методик тестування.

Існує два основних методи рефлектометрії: односторонній та двосторонній.

Двосторонні тести підходять як для прокладання нових мереж так і для моніторингу ВОЛЗ. Це потрібно, щоб виявити аномалії, які не видно при звичайній односторонній рефлектометрії. Також бувають унікальні випадки, коли в лінії використовуються кабелі з волокном різного діаметра, при цьому двостороннє тестування може бути корисним. Тестування дає можливість усереднити параметри вимірів та дати чітку оцінку якості ВОЛЗ. У результаті можна однозначно визначити, чи підтримує лінія, що тестується, високошвидкісну передачу даних.

Оскільки протягом багатьох років з'являлися переваги та проблеми, пов'язані з двонаправленим методом, були розроблені креативні рішення у вигляді нових та інноваційних методів тестування.

Нові та вдосконалені методи та пристрої двонаправленого тестування OTDR змінили концепцію, надаючи додаткові можливості та функції, що економлять час, що робить точне визначення характеристик волокна новим промисловим стандартом.

Так були розроблені додаткові двонаправлені методи OTDR для підвищення ефективності або потенційного зменшення кількості необхідного тестового обладнання. Один із таких методів відомий як тестування "методом шлейфу", тобто тестування оптичним рефлектометром із замкнутим ланцюгом або ще кажуть тестування за допомогою петлі (loopback). Даний метод передбачає застосування рефлектометра на одному кінці лінії та еталонної петлі оптоволокна на дальньому кінці, яка з'єднує одне волокно з другим, що також потребує тестування.

Таким чином тестовий імпульс OTDR може бути надісланий по одному волокну та продовжений через петлю назад і вниз по другому волокну, як наслідок тестуються обидва волокна в одному напрямку одночасно. Отже, можна перевірити

дві оптичні лінії за двома напрямками, по черзі змінюючи місцями кабелі з того самого місця. Це найефективніший спосіб з погляду економії коштів і трудовитрат, тому що потрібно лише один рефлектометр і комутація петлею.

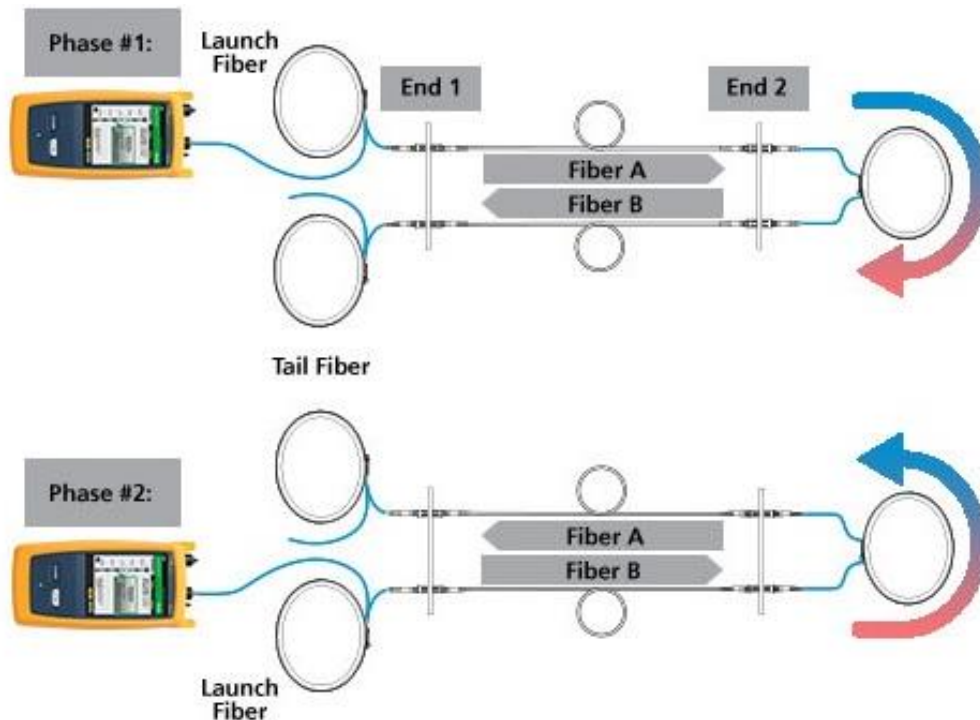


Рисунок 3.9 – Двонаправлене тестування

Двонаправлене тестування вимірює з обох кінців, щоб забезпечити точне вимірювання загальної втрати сигналу по всьому каналу. Це тому, що вимірювання втрат волоконно-оптичних з'єднувачів і з'єднань, а також загальних втрат у з'єднанні залежить від напрямку тестування. Тестування оптоволокна в одному напрямку дає інші результати, ніж тестування того самого з'єднання в протилежному напрямку. Точне вимірювання вимагає усереднення результатів з обох сторін.

Крім того, двонаправлені тести OTDR можуть виявляти події, приховані в мертвих зонах OTDR. Події, що знаходяться близько одна до одної, можуть бути пропущені та відображені як одна. Світло, відбите від першої події, може приховати або перекрити світло, відбите від другої події, розташованої поруч. Тестування з протилежного кінця волоконно-оптичної лінії дозволяє виявити ці

приховані події, забезпечуючи точніше уявлення про стан волоконно-оптичної лінії.

Як було зазначено вище, контроль оптичних кабелів по пасивним оптичним волокнам заснований на тестуванні резервного волокна ОК і для цілей моніторингу вибирається одне запасне волокно в кабелі, не призначене для передачі трафіку. Однак для одночасового і гарантованого виявлення відхилень контрольованих ВОЛЗ оптимальними параметрами вважається контроль як мінімум двох волокон в кабелі.

В своїй роботі для організації контролю цілісності оптичних кабелів я використовую так звану “петлю”, де два темних волокна закорочують на дальньому кінці з використанням комутаторів рівня доступу.

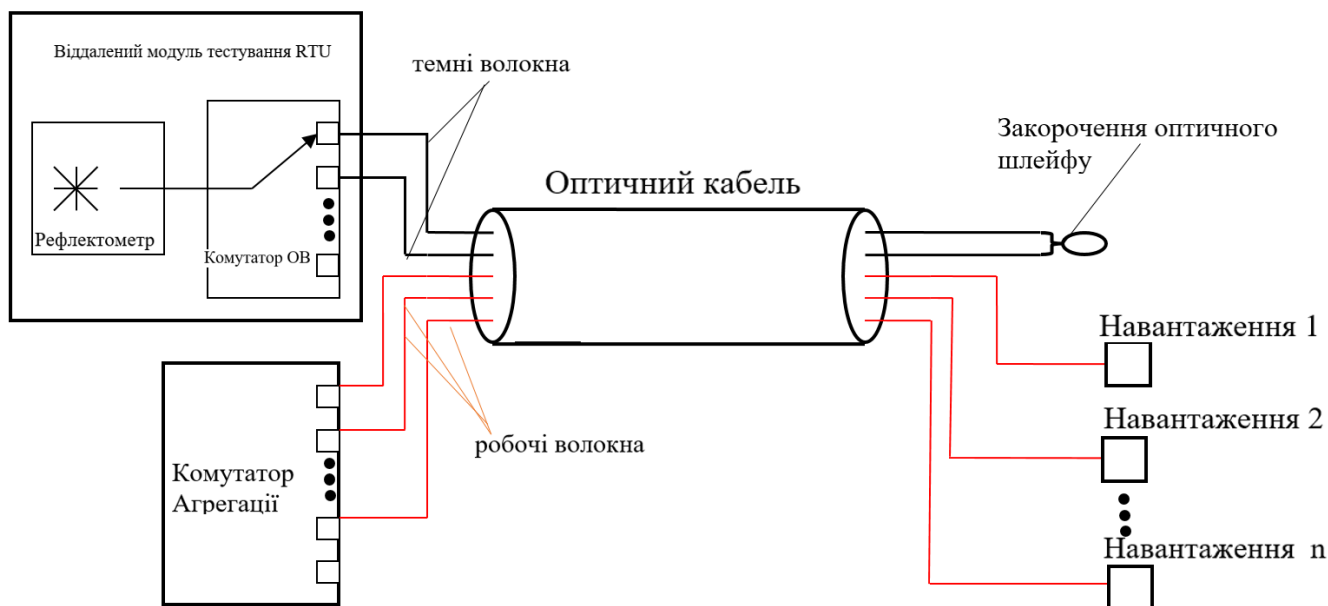


Рисунок 3.10 – Моніторингу оптоволокна за допомогою “петлі”

Нова конструкція моніторингу забезпечує доступ до обох кінців контрольованої секції волоконного шлейфу. Початок і закінчення контрольної частини оптоволокна в тому самому місці дозволяє двонаправлене зондування та може судити про події більш логічно. Використовуючи петлю на віддаленому кінці, яка має довжину, подібну до стартового або хвостового волокна, два волокна

оптичного кабелю – волокно А і волокно В – можна перевірити в одному знімку двонаправленого тесту.

Даний метод може швидко й ефективно виконувати тести із відносно невеликими інвестиціями в додаткові петлеві волокна (рисунок 3.11).

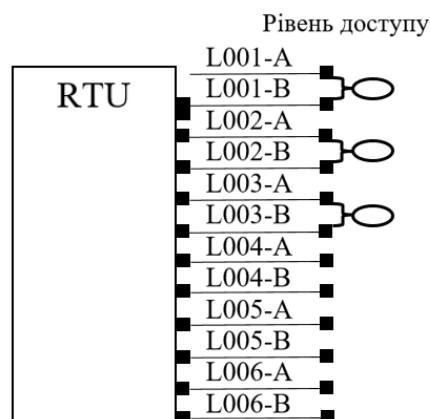


Рисунок 3.11 – Попарне закорочення ОВ за допомогою “петлі”

Оскільки темні волокна є резервними і до них не підключене обладнання споживачів, то ці волокна з одного кабелю попарно з’єднуються (замикаються), на рівні комутатора доступу, а виміри проводяться послідовно в двох волокнах з одного боку.

Слід враховувати, що сумарна довжина кільцевої траси вдвічі перевищує довжину кабелю. Тобто ви можете перевірити лише половину відстані, на яку здатний ваш OTDR, оскільки тестується два волокна одночасно.

3.4 Розробка скрипту програми для підсистеми аварійної сигналізації

Дане питання було видано, як додаткове завдання. Суть питання полягало в організації генерації сповіщення на електронну пошту про розірвання шлейфу.

Аварійні повідомлення за тривалий проміжок часу зберігаються в інтелектуальному центрі з метою надання можливості аналізу їх протягом тривалого часу після їх виникнення. Важливим елементом системи керування є підсистема аварійної сигналізації. Аварійна сигналізація в процесі експлуатації

мережі надає найбільш важливу інформацію для пошуку пошкоджень.

Аварійні сигнали у системі керування мережею відображаються у вигляді текстових або графічних повідомлень. Всі аварійні повідомлення містять:

- фізичну та/або логічну адресу обладнання, в якому виникла несправність;
- категорію терміновості усунення несправності (пріоритет аварійного повідомлення);
- дату і час виникнення несправності;
- текст аварійного повідомлення;
- іншу додаткову інформацію, яку обслуговуючий персонал може використовувати для локалізації й усунення несправності обладнання.

Для початку створимо необхідні бібліотеки які знадобляться при роботі з кодом.

```
#include <iostream>
#include <fstream>
#include <string>
#include <sstream>
#include <curl/curl.h>
```

Для успішної реалізації коду та виконання поставленої задачі дані бібліотеки необхідні так як:

1. `Iostream` – цей клас забезпечує основні засоби для введення/виведення у програмі. Він містить об'єкти `cin` і `cout`, які дозволяють отримувати введення з клавіатури і виводити результат на екран відповідно.

2. `Fstream` – забезпечує функціональність для роботи з файлами. Вона включає класи `ifstream` (вхідний файловий потік для читання з файлів) та `std::ofstream` (вихідний файловий потік для запису у файли).

3. `String` – забезпечує функціональність для роботи з рядками символів (об'єкти типу `string`). Вона включає різні методи для маніпулювання рядками, такі

як конкатенація, пошук, заміна, тощо.

4. Sstream – використовується для роботи з потоками в пам'яті (об'єкти типу stringstream, istream, ostream). Вона дозволяє працювати з текстом, як з потоком даних, що корисно для конвертації між типами даних, форматування рядків та інше.

5. curl/curl.h – заголовковий файл для бібліотеки libcurl, яка використовується для передачі даних за допомогою різних протоколів (HTTP, FTP, SMTP та ін.). У нашому прикладі libcurl використовується для відправки електронної пошти через SMTP. Бібліотека libcurl є потужним інструментом для роботи з мережевими запитами та відповідає за низькорівневі мережеві операції.

В даному коді використано функції readEmergencyMessage та void sendEmail

```
EmergencyMessage readEmergencyMessage(const string&
filename) {
    ifstream file(filename);
    EmergencyMessage em;

    if (file.is_open()) {
        getline(file, em.address);
        getline(file, em.urgencyCategory);
        getline(file, em.timestamp);
        getline(file, em.messageText);
        getline(file, em.additionalInfo);
        file.close();
    } else {
        cerr << "Не вдалося відкрити файл." << endl;
    }

    return em;
}
```

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 60 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Цей фрагмент коду представляє функцію readEmergencyMessage, вона зчитує аварійні повідомлення з файлу

Також використана функція void sendEmail, вона використовується для надсилання даних через пошту. Фрагмент коду де реалізується дана функція наведено в (додатку Г).

Це основні частини коду які демонструють функціонал самого алгоритму, повний лістинг коду наведено в (додатку Д). Він виконує поставлену задачу.

3.6. Висновки

У даному розділі проведено детальний опис реалізації апаратних модулів, та розглянуто кожен модуль окремо, включаючи його функціональність, технічні характеристики та способи взаємодії з іншими модулями системи.

Також було розглянуто можливі варіанти інтеграції апаратних модулів системи моніторингу в діючу оптоволоконну мережу. І був застосований метод діагностики ОВ з використанням закорочення кабелю на дальньому кінці. Ця конструкція моніторингу забезпечує доступ до обох кінців контрольованої секції волоконного шлейфу з одного місця, що дозволяє проводити двонаправлене зондування, та може судити про події більш логічно.

Додатковим елементом було отримано завдання для організація генерації сповіщення на електронну пошту про розірвання шлейфу. Для реалізації цього завдання було написано скрипт програми яка направляє аварійні повідомлення.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 61 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВИСНОВКИ

Узагальнюючи вище викладене, можна стверджувати, що надійність мережі доступу є одним із ключових факторів, які безпосередньо впливають на якість обслуговування кінцевих споживачів. Підвищити рівень надійності мережі можна завдяки впровадженню систем моніторингу. Це рішення дозволяє швидко реагувати та усувати різноманітні проблеми, що виникають під час експлуатації мережі.

Контроль параметрів оптичного волокна та моніторинг можна здійснювати за допомогою стандартного оптичного рефлектометра в режимі online вимірювань. Найзручніше це організувати за допомогою професійного оптичного рефлектометра, який підтримує функцію встановлення опорної рефлектограми. Опорна рефлектограма – це рефлектограма, знята в початковому стані волокна, коли лінія справна. На екрані рефлектометра відобразатимуться як ця опорна рефлектограма, так і рефлектограма вимірюваної лінії. За допомогою цих рефлектограм можна визначити кінець волокна, місцезнаходження оптоволоконних стиків та втрати в них, а також загальні втрати у волокні.

Оператору необхідно лише періодично перевіряти відмінності між цими рефлектограмами. Однак цей метод підходить лише для контролю одного волокна. Якщо ж потрібно моніторити кілька волокон одночасно, між оптичним рефлектометром і лінією зв'язку потрібно підключити комутатор, який через певні інтервали часу переключатиметься на наступне волокно. Це значно ускладнює процес моніторингу, оскільки оператор має постійно слідкувати за відповідністю опорних і вимірюваних рефлектограм, що є доволі складним завданням. Це ускладнює своєчасне виявлення аварій і швидке визначення місць підвищених втрат та відбиттів у конкретних точках ВОЛЗ. Найкращим рішенням для одночасного моніторингу кількох волокон є професійні системи моніторингу.

Система моніторингу оптичного кабелю, що поєднує OTDR, оптичний комутатор та програмне забезпечення для керування мережею, створює

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. 62 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

комплексну й інтелектуальну систему, яка об'єднує функції тестування, аналізу, сигналізації, позиціонування та управління інформацією. Вона має високу інтеграцію, спільність, різноманітність форм і гнучкість у оновленні та розширенні.

Так в результаті роботи були розглянуті та детально описані методи інтеграції апаратних засобів системи віддаленого контролю оптичних волокон.

Було застосовано двонаправлене тестування OTDR, що є ключовим методом, який використовується для тестування оптоволоконної мережі та пошуку несправностей. Він передбачає надсилання оптичного сигналу в обох напрямках уздовж волокна та вимірювання відображень і втрат для оцінки якості та цілісності волоконно-оптичної лінії. Цей тип тестування надає вичерпну інформацію про характеристики волокна, такі як довжина, загасання, втрати на з'єднанні та з'єднувачі.

Двонаправлене тестування було реалізоване з використанням пристрою петлі на дальньому кінці оптоволоконної лінії зв'язку, який відображає оптичний сигнал назад до OTDR. Це дозволяє вимірювати як прямі, так і зворотні відбиття та втрати, забезпечуючи точнішу оцінку продуктивності волокна. Така конструкція моніторингу надає доступ до обох кінців контрольованої секції волоконного шлейфу з одного місця, що дозволяє проводити двонаправлене зондування та логічно оцінювати події.

Система забезпечує ефективне використання людських ресурсів. Коли виникає несправність, система виявляє її та локалізує. Відновлювальна бригада вирушає безпосередньо до місця пошкодження, маючи детальну інформацію про аварію. Це значно скорочує час відновлення, дозволяючи більш ефективно розподіляти людські ресурси, що знижує вартість підтримки працездатності та високої надійності системи зв'язку.

Компоненти системи мають модульну конструкцію з широким спектром різних конфігурацій та інтерфейсів, тому система моніторингу легко впроваджується в будь-яку телекомунікаційну мережу, адаптуючись до її змін. Система в автоматичному режимі визначає та локалізує будь-які неоднорідності в

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 63 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

оптичному волоконі, будь то обрив, деградація волокна чи вигин, і видає тип виявленої несправності. Однією з найважливіших функцій системи є постійний автоматичний збір та статистичний аналіз результатів тестування оптичних волокон мережі.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 64 |

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Bahar V.Aliyeva, Mehman H.Hasanov, Shalala F.Qodjaeva, Monitoring of Optical Fibrous Networks. *IFAC PapersOnLine* 51-30. Conference Paper Archive. Baku, Azerbaijan. 2018. P. 771–773.
2. Dark Fiber: Why called Dark Fiber? URL: <https://www.technopediasite.com/2020/11/dark-fiber-why-called-dark-fiber.html> (дата звернення 15.04.2024).
3. Dark Fiber: What is it? and How Does it Work? URL: <https://dgtlinfra.com/dark-fiber-networks/> (дата звернення 01.04.2024).
4. Fiber construction, part 1: comparing true bi-directional analysis and loopback testing. URL: <https://blog.viavisolutions.com/2020/06/24/fiber-construction-part-1-comparing-true-bi-directional-analysis-and-loopback-testing/> (дата звернення 30.04.2024).
5. Fiber Network Comparison: GPON vs XGPON vs WDM PON Examining Advanced Technologies. URL: <https://community.fs.com/article/wdm-pon-versus-gpon-and-xg-pon.html> (дата звернення 25.04.2024).
6. Fiber Optic network topology, synthesis, and network-realization. URL: <https://www.webtechnologies.co.tz/networking-solutions/fiber-optic-network-topology-synthesis-and-network-realization.html> (дата звернення 01.04.2024).
7. Fiber Optic Network Topologies. URL: <https://sunesysllc.wordpress.com/2013/03/12/fiber-optic-network-topologies/> (дата звернення 01.04.2024).
8. Frame Level Testing: Going Beyond Cable Certification to Assure Data Integrity. URL: https://www.fullcontrolnetworks.co.uk/wp-content/uploads/2021/04/NA-LANBERT_Whitepaper_Apr21.pdf (дата звернення 01.04.2024).
9. Managed Dark Fiber Control Your own fiber-optic network. URL: <https://www.eurofiber.com/services/managed-dark-fiber> (дата звернення 15.04.2024).

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. 65 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

10. OLT, ONU/ONT и ODN: компоненти мережі GPON. URL: https://community.fs.com/ru/article/abc-of-pon-understanding-olt-onu-ont-and-odn.html?_x_tr_hist=true (дата звернення 01.04.2024).

11. Remote Fiber Test System. URL: <https://www.progressive.co.ke/wp-content/uploads/2017/04/FiberWatch-RFTS-System-1108.pdf> (дата звернення 30.04.2024).

12. SmartLoop Technology Just Got Smarter and Faster. URL: <https://www.flukenetworks.com/blog/cabling-chronicles/get-board-smartloop-just-got-smarter> (дата звернення 01.05.2024).

13. The Layers of Optical Transport Network: Core, Aggregation, and Access Layer. URL: <https://community.fs.com/article/the-layers-of-optical-transport-network-core-aggregation-and-access-layer.html> (дата звернення 30.03.2024).

14. The-Three-Layered-Hierarchical-Model. URL: https://www.fomsn.com/optical_components/stephanieli1994/how-to-choose-a-suitable-network-switch/attachment/the-three-layered-hierarchical-model/ (дата звернення 30.03.2024).

15. Types of PON: A Quick Guide to Optical Networks. URL: <https://blog.yelco.tech/types-of-pon> (дата звернення 01.04.2024).

16. VIAVI ONMSi - система моніторингу ВОЛЗ. URL: <https://uni-link.kz/tovar/1/1/174/> (дата звернення 26.04.2024).

17. What is a Passive Optical Network (PON)? URL: <https://www.viavisolutions.com/en-us/what-passive-optical-network-pon> (дата звернення 01.04.2024).

18. What is a Remote Fiber Testing System and How Does It Work? An Overview. URL: <https://www.m2optics.com/blog/what-is-a-remote-fiber-testing-system-and-how-does-it-work-an-overview> (дата звернення 01.04.2024).

19. What is a Remote Fiber Testing System and How Does It Work? An Overview. URL: <https://www.m2optics.com/blog/what-is-a-remote-fiber-testing-system-and-how-does-it-work-an-overview> (дата звернення 20.04.2024).

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. 66 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

20. What Is Dark Fiber? URL: <https://www.fieldengineer.com/blogs/what-is-dark-fiber> (дата звернення 01.04.2024).

21. What is Fiber Optical Cable Monitoring System? URL: <https://www.glsun.com/article-p107-what-is-fiber-optical-cable-monitoring-system.html> (дата звернення 25.04.2024).

22. Балашов В.О., Лашко А.Г., Ляховецький Л.М., Орешков В.І. Проектування та експлуатація сучасних мереж широкопasmового доступу: Навчальний посібник / Міністерство освіти і науки України, Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова, Кафедра телекомунікаційних систем. Одеса, 2019. С 267.

23. Белянко Є.В., Грінштейн М.Л., Зюзін М.С. Вимірювальне обладнання системи моніторингу оптичних волокон: основні характеристики // *Lightwave*, №2, 2008.

24. Горященко К.Л., Землянський О.Е., Порівняння фазових рефлектометрійних методів для виявлення пошкоджень в електрокомунікаційних кабелях. *Вимірювальна та Обчислювальна Техніка в Технологічних Процесах*. 2017. № 2. С. 101-105.

25. Григоренко О. Г., Особливості реалізації ефективних оптичних транспортних мереж. *Вісник Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”*. Серія – *Радіотехніка. Радіоапаратобудування*. 2018. № 73. С. 28-32.

26. Грінштейн М.Л., Зюзін М.С. Методи аналізу змін параметрів ВОЛС при автоматичному моніторингу // *Lightwave*, №1, 2008.

27. Гроднев І. І. Волоконно-оптичні лінії зв'язку / Гроднев І. І. – М.: Радіо і зв'язок, 2007. 224 с.

28. Дацько С.В., Бойко Ю.П., Харченко Н.А., Чекулаєва М.С., Комолов Д.І. Впровадження систем моніторингу в пасивні оптичні мережі для підвищення якості надання послуг. *Вісник Харківського національного університету радіоелектроніки*. 2015. С. 33-38.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. 67 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

29. Дмитренко В.П., Горпинич К.М., Лінії передачі: методичні вказівки. Запоріжжя: ЗНТУ, 2013. С 42.
30. Жалило А.В. Принципи побудови систем моніторингу волоконно-оптичних ліній зв'язку. *Вісник магістратури*. 2017. № 11-2. С. 74.
31. Жураковський Б.Ю., Зенів І.О. Комп'ютерні мережі: навчальний посібник. Київ: УДК, 2020. С 336.
32. Зайцева А.В., Принципи моніторингу в пасивних оптичних мережах доступу. *Вісник магістратури*. 2019. №3-2 С. 90.
33. Зенів О. І., Марков Ю. С. Втрати в зігнутих оптичних волокнах// *Наукові записки Українського науково-дослідницького інституту зв'язку*.- 2018. №1 С. 65-69.
34. Іванов А.Б. Контроль відповідності в телекомунікації і зв'язку. Частина 1. – М.: Сайрус Системс, 2000. С 376.
35. Іванов О.В., Нестеренко А.Ю., Калюжний В. В., Аналіз методів автоматизованого моніторингу пасивних оптичних мереж. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2019. № 3. С. 168-172.
36. Ієрархічна модель мережі від Cisco. URL: <https://www.telesphera.net/blog/model-mereghi-vid-cisco.html> (дата звернення 30.03.2024).
37. Каток В.Б., Руденко І.Е., Однорог П.М. Волоконно-оптичні лінії зв'язку. Київ:2016. 445с.
38. Кожем'яко В.П., Маліновський В.І., Тарновський М.Г., Ярославський Я.І. Аналітичний огляд та класифікаційний аналіз технологій сучасних об'єднаних інформаційних мереж на основі ліній передавання електроенергії волоконно-оптичні технології в інформаційних (Internet, Intranet тощо) та енергетичних мережах. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2013. С. 100-116.
39. Колобродов В.Г., Микитенко В.І. Комплексування інформації в багатоканальних оптико-електронних системах спостереження. *Наукові вісті КПКІ*. 2013. С. 125-146.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. 68 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

40. Лебідь С.Ю., Закалик Л.І. Волоконно-оптичні систем: перспектива застосування в Україні. Львівська філія Європейського університету; Національний університет "Львівська політехніка". *Науковий вісник НЛТУ України* 2006. С. 236-240.

41. Лебідь С.Ю., Закалик Л.І., Інновації в галузі волоконно-оптичних систем: перспектива застосування в Україні. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2011. Вип. 21.5. С.340-345.

42. Лисенко Г.Л., Просоловський Р.В. Система контролю оптичного кабелю. *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*. 2004. № 1. С. 33-40.

43. Лисенко Г.Л., Тютюнник І.І. Система моніторингу останньої милі в оптичних мережах. *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*. 2004. №1. С. 23-28.

44. Лисенко О.І., Афанасьєва Л.О. Пошук та локалізація несправностей в волоконно-оптичних системах. *Науковий вісник АМУ, серія "Техніка"*. 2011. С. 1-9.

45. Лисенко О.І., Афанасьєва Л.О., Методи локалізації наявних несправностей в волоконно-оптичних мережах. *Науковий вісник АМУ, серія «Техніка»*. 2011. №4. С.58-66.

46. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. Телекомунікаційні системи та мережі: навчальний посібник. Тернопіль : УДК 2017. С 384.

47. Навчальний посібник "Функціональні пристрої волоконно-оптичних трактів" / Кафедра телекомунікаційних технологій. Київ, 2015. С. 27.

48. Некрасов С. Є. Системи дистанційного моніторингу ОК / С. Е. Некрасов // *Технології і засоби зв'язку*. 2006. № 5. С. 28–32.

49. Онищук О. В., Коваль О. К. Аналіз згасання у волоконно-оптичній лінії зв'язку // *Оптико-електроні інформаційно-енергетичні технології*. – 2014.-№2.- С.129-133.

50. Погребенник В. Д. Оперативний контроль параметрів волоконно-оптичних ліній зв'язку / В. Д. Погребенник, А. В. Романюк // Тринадцята відкрита науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу Інституту

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. 69 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

телекомунікацій, радіоелектроніки та електронної техніки Національного університету «Львівська політехніка» з проблем електроніки : тези доповідей. – Львів, 2010. – С. 54.

51. Салтиков А.Р. Виявлення неоднорідностей в автоматичному моніторингу ВОЛЗ // *Матеріали 61-го науково-технічного комітету професорсько-викладацького складу, наукових співробітників та аспірантів*, січень, 2009.

52. Салтиков А.Р., Рудніцький В.Б., Підвищення ефективності систем моніторингу ВОЛЗ. *Фотон Експрес*. 2011. №5. С. 93.

53. Свинцов А.Г. Системи моніторингу волоконно-оптичних мереж зв'язку // *Фотон-Експрес*, № 5, 2007.

54. Системи автоматичного моніторингу оптичних волокон NewNets. URL: <https://dwdm-sfp.ru/blog/sistemyi-avtomaticheskogo-monitoringa-opticheskix-volokon-newnets> (дата звернення 01.04.2024).

55. Системи моніторингу ВОЛЗ. URL: <https://en.ppt-online.org/406357> (дата звернення 01.04.2024).

56. Стищенко І. К. ВОЛЗ і моніторинг оптичних кабелів // *Науково-технічний журнал «Захист інформації»*. 2002. №1. С. 43-50.

57. Топ-5 переваг темного волокна . URL: <https://gigatrans.ua/ua/news/top-5-preimush-estv-temnogo-voлокna> (дата звернення 01.04.2024).

58. Хволес Є.А., Ходатай В.Г., Шмалько А.В. Волоконно-оптичні лінії зв'язку і проблеми їх надійності. – ВКСС. *Connect!* 2000, №4.

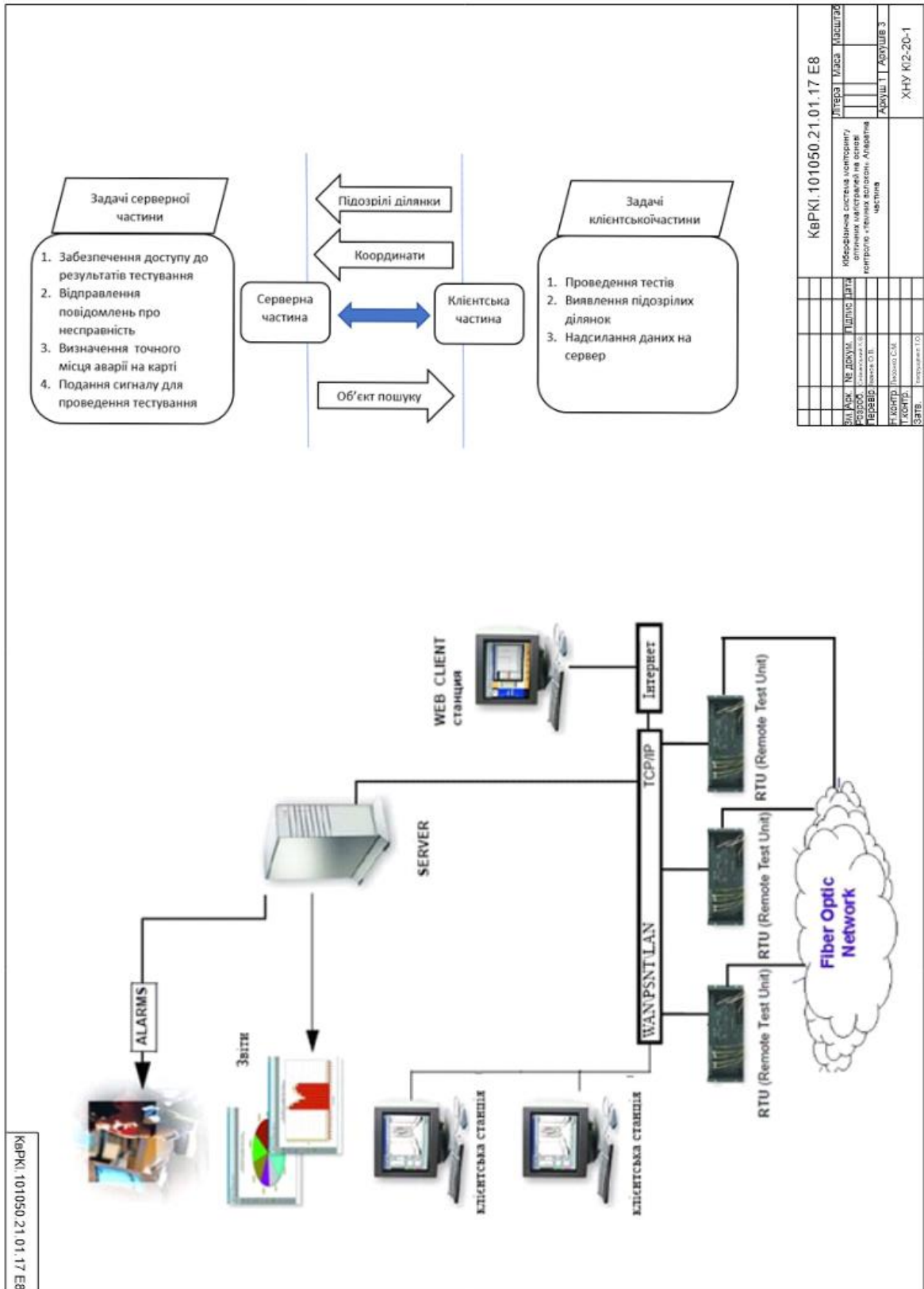
59. Черденченко А. О. Порівняння методів вимірювання згасання в волоконно-оптичних системах зв'язку // Всеукраїнська науково-практична конференція Державного Інституту телекомунікацій: тези доповідей. –Київ, 2022. – С. 69.

60. Янко А.С., Лютий Д.О., Системи моніторингу оптичного волокна на ділянці: 71-а наукова конференція ПолтНТУ 2019 - ст.-337-338 Лютий м. Полтава-Семенівка. 1996. № 1. С. 337-338.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------------|
| | | | | | КВРКІ.101050.21.01.17 ПЗ | Арк. 70 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

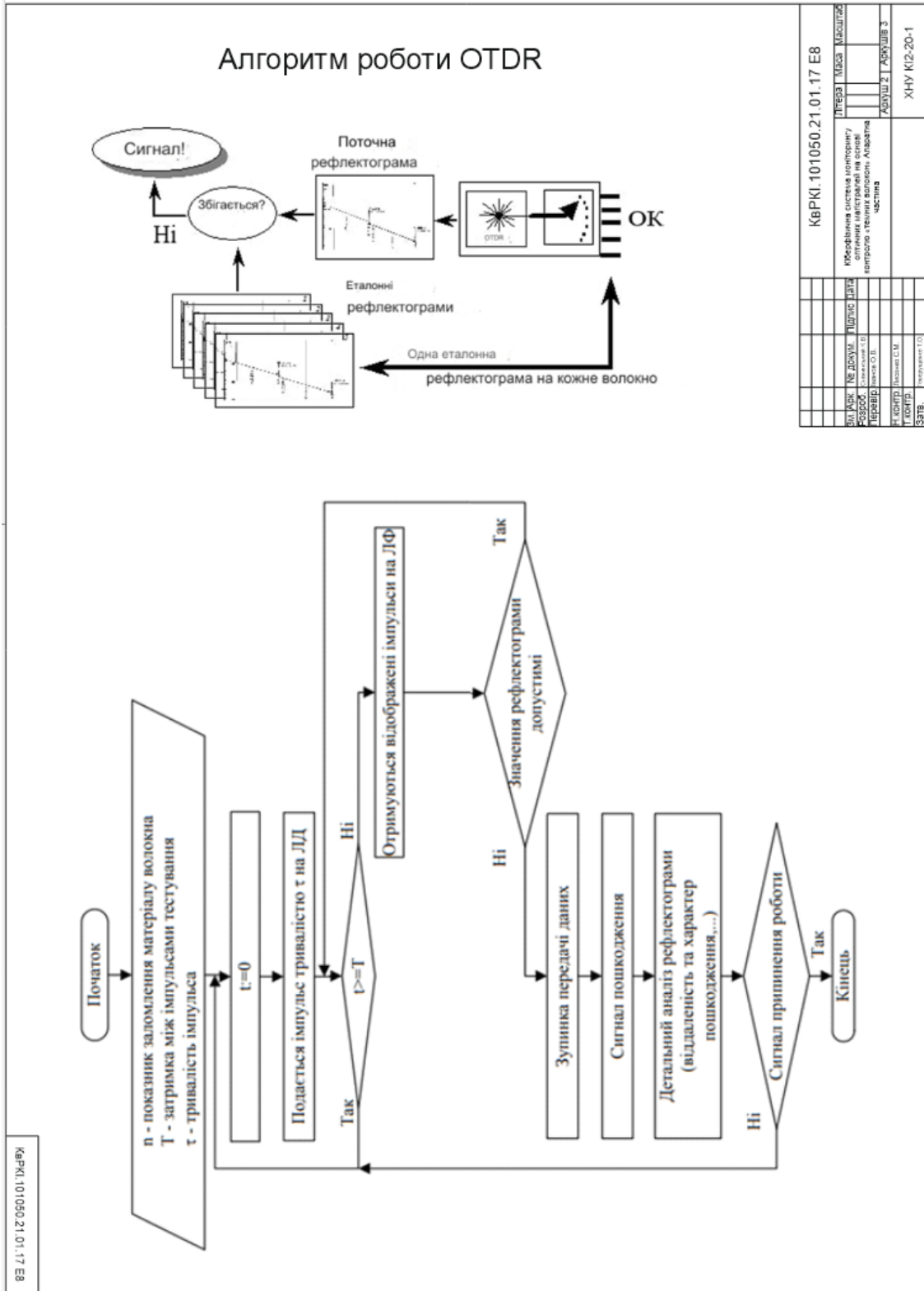
Додаток А (обов'язковий)

Копія креслення «Архітектура апаратної частини системи моніторингу»



Додаток Б (обов'язковий)

Копія креслення «Блок-схема алгоритму тестування оптичного кабелю та алгоритм роботи OTDR»



Додаток Г

Фрагмент коду де реалізується функція «void sendEmail»

```
void sendEmail(const EmergencyMessage& em) {
    CURL *curl;
    CURLcode res;
    curl = curl_easy_init();

    if(curl) {
        stringstream emailData;
        emailData << "To: kostya@gmail.com" << "\r\n";
        emailData << "Subject: Аварійне повідомлення" <<
"\r\n";
        emailData << "\r\n";
        emailData << "Адреса: " << em.address << "\r\n";
        emailData << "Категорія терміновості: " <<
em.urgencyCategory << "\r\n";
        emailData << "Дата і час: " << em.timestamp << "\r\n";
        emailData << "Повідомлення: " << em.messageText <<
"\r\n";
        emailData << "Додаткова інформація: " <<
em.additionalInfo << "\r\n";
        string emailStr = emailData.str();

        struct curl_slist *recipients = nullptr;
        recipients          =          curl_slist_append(recipients,
"kostya@gmail.com");

        curl_easy_setopt(curl,                                CURLOPT_URL,
"smtp://smtp.example.com:587");
```

```

    curl_easy_setopt(curl, CURLOPT_MAIL_FROM,
"example@example.com");
    curl_easy_setopt(curl, CURLOPT_MAIL_RCPT, recipients);
    curl_easy_setopt(curl, CURLOPT_READFUNCTION, NULL);
    curl_easy_setopt(curl, CURLOPT_READDATA, &emailStr);
    curl_easy_setopt(curl, CURLOPT_UPLOAD, 1L);

    res = curl_easy_perform(curl);

    if(res != CURLE_OK) {
        cerr << "Помилка надсилання: " <<
curl_easy_strerror(res) << endl;
    }

    curl_slist_free_all(recipients);
    curl_easy_cleanup(curl);
}
}

```

Додаток Д

Лістинг коду

```
#include <iostream>
#include <fstream>
#include <string>
#include <sstream>
#include <curl/curl.h>

using namespace std;

// Структура для аварійного повідомлення
struct EmergencyMessage {
    string address;
    string urgencyCategory;
    string timestamp;
    string messageText;
    string additionalInfo;
};

// Функція для зчитування аварійних повідомлень з файлу
EmergencyMessage readEmergencyMessage(const string&
filename) {
    ifstream file(filename);
    EmergencyMessage em;

    if (file.is_open()) {
        getline(file, em.address);
        getline(file, em.urgencyCategory);
        getline(file, em.timestamp);
```

```

        getline(file, em.messageText);
        getline(file, em.additionalInfo);
        file.close();
    } else {
        cerr << "Не вдалося відкрити файл." << endl;
    }

    return em;
}

// Функція для надсилання аварійного повідомлення
електронною поштою
void sendEmail(const EmergencyMessage& em) {
    CURL *curl;
    CURLcode res;
    curl = curl_easy_init();

    if(curl) {
        stringstream emailData;
        emailData << "To: kostya@gmail.com" << "\r\n";
        emailData << "Subject: Аварійне повідомлення" <<
"\r\n";
        emailData << "\r\n";
        emailData << "Адреса: " << em.address << "\r\n";
        emailData << "Категорія терміновості: " <<
em.urgencyCategory << "\r\n";
        emailData << "Дата і час: " << em.timestamp <<
"\r\n";
        emailData << "Повідомлення: " << em.messageText <<
"\r\n";

```

```

        emailData << "Додаткова інформація: " <<
em.additionalInfo << "\r\n";
        string emailStr = emailData.str();

        struct curl_slist *recipients = nullptr;
        recipients = curl_slist_append(recipients,
"kostya@gmail.com");

        curl_easy_setopt(curl, CURLOPT_URL,
"smtp://smtp.example.com:587");
        curl_easy_setopt(curl, CURLOPT_MAIL_FROM,
"example@example.com");
        curl_easy_setopt(curl, CURLOPT_MAIL_RCPT,
recipients);
        curl_easy_setopt(curl, CURLOPT_READFUNCTION, NULL);
        curl_easy_setopt(curl, CURLOPT_READDATA,
&emailStr);
        curl_easy_setopt(curl, CURLOPT_UPLOAD, 1L);

        res = curl_easy_perform(curl);

        if(res != CURLE_OK) {
            cerr << "Помилка надсилання: " <<
curl_easy_strerror(res) << endl;
        }

        curl_slist_free_all(recipients);
        curl_easy_cleanup(curl);
    }
}

```

```
int main() {  
    string filename = "emergency_message.txt";  
    EmergencyMessage em = readEmergencyMessage(filename);  
    sendEmail(em);  
  
    return 0;  
}
```

Ім'я користувача:
Кафедра КІ

Дата перевірки:
11.06.2024 03:05:47 EEST

Дата звіту:
11.06.2024 06:31:24 EEST

ID перевірки:
1016343844

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

ID користувача:
100005591

Назва документа: Сніжинський_Кіберфізична система моніторингу оптичних магістралей на основі контрол...

Кількість сторінок: 75 Кількість слів: 13164 Кількість символів: 106759 Розмір файлу: 4.28 MB ID файлу: 1016145329

17% Схожість

Найбільша схожість: 2.35% з Інтернет-джерелом (<http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/29298/9906.pdf?i>).

16.6% Джерела з Інтернету 287 Сторінка 77

4.24% Джерела з Бібліотеки 121 Сторінка 79

0% Цитат

Не знайдено жодних цитат

Посилання 1 Сторінка 79

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 5

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 1.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. **Помилко в документах: 12%**

| | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------|-----------------------------|---------|
| ID: 129519 Назва: БКР Кіберфізична система моніторингу оптичних магістралей на основі контролю «темних волокон». Апаратна частина Додано в БД: 2024-06-10 Автора: К. В. Сніжинський Керівники: О. В. Іванов Консультанти: Опоненти: | Документ | | Сумарний збіг по Базі Даних | |
| | Символи | Лексеми | Символи | Лексеми |
| | 94411 | 777 | 4831 (5%) | 52 (7%) |

Джерело плагіату

| ID | Опис | Наявність плагіату в документі | |
|----|------|--------------------------------|---------|
| | | Символи | Лексеми |
| | | | |

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Сніжинський Костянтин Віталійович

Тема: Кіберфізична система моніторингу оптичних магістралей на основі контролю «темних волокон». Апаратна частина.

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 61

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є визначення умов та особливостей застосування апаратних засобів, для проведення моніторингу оптоволоконного шлейфу, а також інтеграція апаратних засобів моніторингу в діючу оптоволоконну мережу.

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню.

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: В першому розділі кваліфікаційної роботи проаналізовано структурні та функціональні особливості оптоволоконних мереж, пристрої для їх обслуговування і моніторингу, а також основні параметри контролю темних волокон. Розглянуто кіберфізичні системи в телекомунікаціях і технології передачі даних по оптоволокну. Моніторинг оптоволоконна включає постійну оцінку його якості за допомогою програмних засобів і обладнання. В другому розділі визначено основні модулі апаратної частини системи моніторингу та проаналізовано складові програмно-технічного засобу. Описано вимоги до системи, архітектуру, функціональне призначення модулів, а також блок-схеми алгоритмів тестування та відновлення оптичного кабелю. Досліджено способи взаємодії між компонентами апаратної частини, що забезпечують ефективну передачу даних і скорочують час на відновлювальні роботи. В третьому розділі кваліфікаційної роботи описано реалізацію апаратних модулів системи моніторингу, їх функціональність, технічні характеристики та взаємодію. Розглянуто інтеграцію цих

модулів у існуючу оптоволоконну мережу. І був застосований метод діагностики оптичного волокна з використанням закорочення кабелю на дальньому кінці. Ця конструкція моніторингу забезпечує доступ до обох кінців контрольованої секції волоконного шлейфу з одного місця, що дозволяє проводити двонаправлене зондування, та може судити про події більш логічно. Також створено скрипт для генерації сповіщень на електронну пошту про розірвання шлейфу.

4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: сумарна довжина кільцевої траси, що перевіряється на пошкодження за допомогою "петлі", вдвічі перевищує довжину кабелю, тобто можливо перевірити лише половину відстані, на яку здатний OTDR, оскільки тестуються два волокна одночасно.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: _____

9. Оцінка дипломної роботи: *добре с, 4,00*

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) _____

п.м.п. Федула Микола Васильович, доцент кат. АКІТ

"__" _____ 2024 р.

Ф _____ (підпис)

Завідувачу кафедри КПС
д-р.техн.наук, проф. Говорушенко Т. О.

Сніжинського Костянтина Віталійовича

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ2-20-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповішений та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

22 квітня 2024 року



РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованою системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Кіберфізична система моніторингу оптичних магістралей на основі контролю «темних волокон». Апаратна частина.

Автор: Сніжинський Костянтин Віталійович

Спеціальність: 123– Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Іванов Олексій Валентинович, к.т.н., доцент.

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

| № | Висновок | Позначка про відповідність |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1 | Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту. | відповідає |
| 2 | Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи | |
| 3 | Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат. | |
| 4 | Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту. | |

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу особливостей моніторингу оптичних магістралей та функціонального призначення пристроїв, що використовуються в моніторингу, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами, про що свідчить посилання системи на збіг з 1-9 джерелами на один фрагмент речення;
- 4) в якості запозичень в окремих місцях системою зафіксовано назви бібліотек і функцій, які є незмінною складовою частиною коду і не можуть розглядатися як об'єкт авторських прав і, відповідно, їх порушення;
- 5) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до назв джерел посилань що не є модифікацією тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 17% і адресується до 287 першоджерела, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КПС

О. В. Іванов

С.М. Лисенко

Т. О. Говорухенко