

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет інформаційної безпеки та електронних комунікацій
(повне найменування факультету)

Кафедра інформаційної безпеки та наноелектроніки
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему Впровадження методики вимірювання параметрів оптичного
волокна для контролю якості електронних комунікаційних послуг
підприємства ТОВ «ТВОЙ НЕТ»
(назва теми)

Виконав: студент II курсу,
групи БК-412м
Спеціальності 152 Метрологія та
інформаційно-вимірювальна техніка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
Якість, стандартизація та сертифікація
КРИВОУС А.С.
(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник СНІЖНОЙ Г.В.
(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ЗАГАЄВСЬКА В.І.
(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет інформаційної безпеки та електронних комунікацій
 Кафедра інформаційної безпеки та наноелектроніки
 Ступінь вищої освіти магістр
 Спеціальність 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
(код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Якість, стандартизація та сертифікація
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри ІБтаН
КОРОТУН А.В.
 « » 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

КРИВОУСА Андрія Сергійовича
(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Впровадження методики вимірювання параметрів оптичного волокна для контролю якості електронних комунікаційних послуг підприємства ТОВ «ТВОЙ НЕТ»

Implementation of the method of measuring optical fiber parameters to control the performace of electronic communication services of the company "TVOY NET" PLC

керівник проєкту (роботи) д.т.н., проф., СНІЖНОЙ Геннадій Валентинович
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «28» листопада 2023 року №471

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 11.12.2023

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) елементи інформаційної системи забезпечення якості електронної комунікаційної послуги в ТОВ «ТВОЙ НЕТ», волоконно-оптична лінія зв'язку ТОВ «ТВОЙ НЕТ», рефлектометр EXFO AXS-100

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

Наведено аналіз інформаційної системи забезпечення якості в ТОВ «ТВОЙ НЕТ», розглянуто методику вимірювання параметрів оптичного волокна за допомогою оптичного рефлектометра, приведені рекомендації для запобігання аварійних ситуацій на лінії зв'язку, наведено результати вимірювань за вказаною методикою на волоконно-оптичній лінії зв'язку.

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

Презентація доповіді (в MS PowerPoint), 10 слайдів.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРІЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1 – 3	СНІЖНОЙ Г.В., професор кафедри ІБтаН	04.09.2023	05.12.2023
Нормоконтроль	КОРОЛЬКОВ Р. Ю., доцент кафедри ІБтаН		08.12.2023

7. Дата видачі завдання «04» вересня 2023року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1.	Аналіз літературних джерел за тематикою дослідження	04.09.23 – 25.09.23	виконано
2.	Огляд методик вимірювань оптичного волокна	26.09.23 – 05.10.23	виконано
3.	Виконання вимірювань за запропонованою методикою	06.10.23 – 10.10.23	виконано
4.	Аналіз результатів вимірювань	11.10.23 – 20.10.23	виконано
5.	Оформлення матеріалів магістерської роботи	21.10.23 – 05.12.23	виконано

Студент(ка)

_____ Андрій КРИВОУС
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

_____ Геннадій СНІЖНОЙ
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

Пояснювальна записка до магістерської роботи: 64 с., 2 табл., 39 рис., 1 дод., 22 джерела.

АНАЛІЗ РЕФЛЕКТОГРАМ, ВОЛОКОННО-ОПТИЧНА ЛІНІЯ ЗВ'ЯЗКУ, ЕЛЕКТРОННА КОМУНІКАЦІЙНА ПОСЛУГА, ЗАГАСАННЯ, ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ, МЕТРОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ, МЕТРОЛОГІЯ, РЕФЛЕКТОГРАМА, РЕФЛЕКТОМЕТР, ЯКІСТЬ НАДАННЯ ПОСЛУГИ

Актуальність теми. В сучасному світі зв'язок є життєво необхідним засобом спілкування та обміну інформацією. Великі об'єми інформації пересуваються світом завдяки швидкісним оптичним лініям зв'язку. Забезпечення безперервного функціонування інформаційних мереж та вчасне діагностування проблем на оптичних лініях за допомогою програмних комплексів, активного обладнання з діагностикою якості з'єднань та метрологічних засобів є важливими елементами інформаційних систем забезпечення якості електронних комунікаційних послуг.

Об'єкт дослідження – інформаційна система забезпечення якості електронних комунікаційних послуг в ТОВ «ТВОЙ НЕТ» м. Запоріжжя.

Предмет дослідження – методика вимірювання параметрів оптичного волокна за допомогою рефлектометрів.

Мета роботи – впровадження в ТОВ «ТВОЙ НЕТ» методики вимірювання параметрів оптичного волокна для запобігання та усунення аварій на лініях зв'язку.

ABSTRACT

Explanatory Note for Master's Thesis: 64 pages, 2 tables, 39 figures, 1 appendix, 22 sources.

ATTENUATION, ELECTRONIC COMMUNICATION SERVICE, FIBER-OPTIC COMMUNICATION LINE, INFORMATION SYSTEM, MEASUREMENT METHODS, METROLOGICAL CONTROL, METROLOGY, REFLECTOGRAM, REFLECTOGRAM ANALYSIS, REFLECTOMETER, SERVICE QUALITY

Relevance of the Topic. In the modern world, communication is an essential means of interaction and information exchange. Rapid optical communication lines facilitate the global movement of large volumes of information. Ensuring the continuous operation of information networks and timely diagnosis of problems on optical lines through software complexes, active diagnostic equipment for connection quality, and metrological tools are crucial elements of information systems that ensure the quality of electronic communication services.

Research Object – the information system ensuring the quality of electronic communication services at "TVOY NET" LLC in Zaporizhzhia.

Research Subject – the methodology of measuring optical fiber parameters using reflectometers.

Aim of the Study – implementation of the methodology for measuring optical fiber parameters at "TVOY NET" LLC to prevent and eliminate faults in communication lines.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- ВОЛЗ – волоконно-оптична лінія зв'язку;
- ЕКП – електронна комунікаційна послуга;
- ІС – інформаційна система;
- МЕК – Міжнародна Електротехнічна Комісія;
- ПЗ – програмне забезпечення;
- РЛЗ – резервна лінія зв'язку;
- СКС – структурована кабельна система;
- APC – Angled Physical Contact (фізичний контакт під кутом);
- DDM – Digital Diagnostics Monitoring (моніторинг цифрової діагностики);
- IEC – International Electrotechnical Commission (Міжнародна електротехнічна комісія);
- OTDR – Optical Time Domain Reflectometer (оптичний рефлектометр);
- PON – Passive Optical Network (пасивна оптична мережа);
- SFP – Small Form-factor Pluggable (малий форм-фактор передавача);
- SNMP – Simple Network Management Protocol (простий протокол керування мережею);
- WDM – Wavelength Division Multiplexing (мультиплексування з поділом довжини хвилі).

ЗМІСТ

	С.
Вступ.....	8
1 Основні складові системи забезпечення якості електронної комунікаційної послуги, загальна інформація про характеристики оптичних мереж та прилади для їх вимірювання	11
1.1 Основні характеристики оптичних ліній та технічна документація ВОЛЗ	11
1.2 ІС для моніторингу ВОЛЗ.....	14
1.3 Активне обладнання для запобігання аварій на ВОЛЗ	20
1.4 Побудова мережі з резервуванням	21
1.5 Прилади для вимірювання оптичних мереж.....	26
2 Принцип роботи та основні характеристики оптичного рефлектометра, рефлектограми	31
2.1 Принцип роботи оптичного рефлектометра	31
2.2 Основні характеристики рефлектометрів	33
2.3 Рефлектограма та її аналіз	35
3 Методика виконання вимірювань параметрів оптичного волокна та діагностики стану ВОЛЗ за допомогою рефлектометра EXFO AXS-100.....	46
3.1 Рефлектометр EXFO AXS-100 та його основні характеристики.....	46
3.2 Методика виконання вимірювань.....	48
3.3 Діагностика стану ВОЛЗ за запропонованою методикою вимірювань	49
Висновки.....	56
Перелік джерел посилань.....	57
Додаток А	60

ВСТУП

В сучасному світі виготовлення якісної продукції та надання споживачу якісної послуги – це один з пріоритетних факторів на який звертає увагу покупець, який готовий сплатити власні кошти підприємцю. Якісна послуга – це така послуга, яка здатна за всією сукупністю її особливостей, ознак та характеристик задовольнити заявлену або очікувану потребу клієнта.

До 2022 року послуги доступу до мережі Інтернет в Україні надавали компанії, які були внесені до реєстру операторів та провайдерів телекомунікацій. З 2022 року в Україні вступив в дію новий закон, який регулює діяльність у сфері надання послуг доступу до мережі Інтернет. Згідно закону України «Про електронні комунікації» [1]: «Послуга доступу до мережі Інтернет – електронна комунікаційна послуга, що забезпечує доступ до мережі Інтернет і можливість логічного з'єднання з кінцевими точками мережі Інтернет незалежно від технології, що застосовується в електронній комунікаційній мережі, і кінцевого (термінального) обладнання, що використовується.». Але фактично, послуга з доступу до мережі Інтернет, являє собою послугу зв'язку.

Послуга доступу до мережі Інтернет, як і всі послуги, має характеристики, які будуть задовольняти споживача цієї послуги. Серед них основними, крім ціни, є швидкість з'єднання, ping (час за який пакет інформації проходить від абонента до необхідного вузла), uptime (час безперервної роботи обчислювальної системи або її частини). Швидкість повинна дорівнювати заявленій постачальником ЕКП, ping повинен бути якомога меншим та стабільним (тобто без стрибків) та uptime повинен тривати «вічно» (абонент повинен бути постійно на зв'язку, коли йому це потрібно). Згідно закону України «Про електронні комунікації» [1]: «Абонент – кінцевий користувач, який отримує електронні комунікаційні послуги на умовах договору, укладеного з постачальником електронних комунікаційних послуг.».

Щоб задовольнити потреби абонента з якості послуги зв'язку, постачальник ЕКП повинен запровадити в себе таку ІС забезпечення якості

послуги, яка дозволить забезпечувати контроль якості зв'язку, вчасне виявлення проблемних місць на ВОЛЗ між вузлами агрегації оператора та можливість швидкої ліквідації наслідків аварій, які можуть виникати на ВОЛЗ внаслідок природних негараздів, вандалізму, тощо.

Для забезпечення якості електронної комунікаційної послуги ІС постачальника послуги повинна складатись з:

- технічної документації на всі ВОЛЗ постачальника ЕКП з зазначенням початкових сигналів та подій на кожному волокні після введення в експлуатацію;
- постійного моніторингу ВОЛЗ, з автоматичним попередженням персоналу при виникненні проблем;
- резервування ВОЛЗ з автоматичним перемиканням на РЛЗ (за можливості);
- ремонтних бригад, в яких будуть спеціалісти та вимірювальне обладнання для контролю якості оптичних мереж.

Об'єктом дослідження моєї роботи є ІС забезпечення якості зв'язку постачальника електронних комунікаційних послуг в м. Запоріжжя ТОВ «ТВОЙ НЕТ».

Метрологія (від грец. міра, вимірювальний інструмент) – наука про вимірювання, методи та засоби забезпечення їх єдності та способи досягнення необхідної точності. Предметом метрології є отримання кількісної інформації про властивості об'єктів із заданою точністю і достовірністю. Засобом метрології є сукупність вимірювань і метрологічних стандартів, що забезпечують необхідну точність.

Метрологія проникає в усі науки, дисципліни та сфери життя й діяльності людини, що мають справу з вимірами. Вимірювання є відображення вимірюваних величин, їх значень шляхом експерименту та обчислень за допомогою спеціальних технічних засобів [2].

Відомо, що в сучасному світі застосування ВОЛЗ дуже щільно увійшло в повсякденне. В Україні, швидше за все, не існує компаній з надання ЕКП, які б не використовували оптичне волокно, як лінії зв'язку.

Основний елемент оптичних мереж – це оптичний кабель в якому знаходяться оптичні волокна. Від того, наскільки якісно буде зроблено монтаж при будівництві, залежить надійність і довговічність електронної комунікаційної мережі, а також мінімальні витрати часу та коштів на аварійно-відновлювальні роботи. Як контролюють якість оптичних ліній в сучасних компаніях, які надають послуги ЕКП? На цей час вже існує цілий клас обладнання, яке використовується постачальниками ЕКП – це вимірювальне обладнання для ВОЛЗ. В роботі розглянуто основні технічні засоби для вимірювань основних характеристик оптичного волокна та виявлення обривів на ВОЛЗ.

Саме вимірюванню параметрів ВОЛЗ ТОВ «ТВОЙ НЕТ» за допомогою рефлектометра й присвячена ця робота. Головна мета роботи – запровадити методику вимірювань за допомогою рефлектометра EXFO AXS-100 на підприємстві, яка максимально забезпечить запобігання аварійних ситуацій на ВОЛЗ постачальника ЕКП.

1 ОСНОВНІ СКЛАДОВІ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОННОЇ КОМУНІКАЦІЙНОЇ ПОСЛУГИ, ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПТИЧНИХ МЕРЕЖ ТА ПРИЛАДИ ДЛЯ ЇХ ВИМІРЮВАННЯ

1.1 Технічна документація волоконно-оптичних ліній зв'язку та їхні основні характеристики

Основною характеристикою ВОЛЗ є загасання в оптичному волокні на робочій довжині хвилі сигналу, яке вимірюється в децибелах (дБ). Загасання показує, наскільки буде слабшати оптичний сигнал при проходженні через оптичне волокно. Друга назва цієї величини – "ослаблення", англійські варіанти "Attenuation" та "Insertion loss". Існують такі елементи, які вносять загасання в оптичний тракт:

- оптичне волокно (характеризується втратами на одиницю довжини, дБ/км);
- оптичні дільники;
- механічні роз'єми;
- зварне з'єднання.

Друга характеристика для оптичного волокана – "зворотне відбиття" ("Optical Return Loss" чи "Back Reflection"). Вона показує значення оптичної потужності, яка відбивається назад, до джерела випромінювання, виражається також в децибелах (дБ). Приклади джерел зворотного відбиття:

- вільний кінець оптичного роз'єму;
- тріщини в волокні;
- механічні роз'єми [3].

Всі ці фізичні характеристики ВОЛЗ зберігаються в технічній документації ВОЛЗ.

Технічна документація ВОЛЗ – це важливий й невід'ємний елемент оптичної лінії. Від правильності та повноти інформації про оптичні лінії в

документації залежить зручність та оперативність обслуговування ВОЛЗ, а звідти й швидкість виконання ремонтних робіт. Документація має в собі містити всю необхідну інформацію для експлуатації оптичної лінії. А саме:

- робочу документацію (заводські паспорта на оптичний кабель, протокол вхідного контролю, проєктну документацію на ВОЛЗ);
- паспорт на цифровий лінійний тракт (схеми розміщення муфт та будівельних довжин кабелю, протокол оптичних вимірювань, рефлекторами).

Заводський паспорт (або сертифікат) містить кілька параметрів, які використовуються при складанні паспорта на цифровий лінійний тракт: стандарт оптичного волокна, кольорове маркування волокон в кабелі, оптичні втрати на одиницю довжини для кожного волокна для довжини хвилі 1310 нм та 1550 нм. Оптичні втрати на один кілометр частіше за все знаходяться в діапазоні 0,30 – 0,34 дБ/км для довжини хвилі 1310 нм, та в діапазоні 0,18 – 0,23 дБ/км для довжини хвилі 1550 нм.

Протокол вхідного контролю проводиться за допомогою оптичного рефлектометра. Для цього підготовлюється для зварки один кінець кабелю й контролюється кожне волокно за допомогою одного з наведених нижче способів:

- зварка пігтейлу – до кожного оптичного волокна за допомогою зварювального апарату приварюється пігтейл (рис. 1.1), який підключається до рефлектометра;



Рисунок 1.1 – Пігтейл зварений з одним з волокон оптичного кабелю

- зведення волокна за допомогою зварювального апарату без процесу зварки – з одного боку зварювального апарату встановлюють підготовлений для зварки пігтейл, а з іншого – оптичне волокно, зварювальний апарат вирівнює волокно з пігтейлом (зводить), але зварювання не запускають (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Пігтейл, зварювальний апарат та оптичний кабель

Під час вхідного контролю вимірюються оптичні втрати на волокнах й порівнюються з паспортними даними, крім того під час такого контролю можливо знайти обрив одного чи кількох волокон в кабелі.

Схема розміщення змонтованих муфт та будівельних довжин кабелю містить інформацію про місця розташування муфт та довжину кабелю. При розміщенні інформації про місце розташування муфт дозволяється використовувати нумерацію опор або колодязів, де вони розташовані, за відсутності останніх можна використовувати координати GPS (наприклад при прокладанні кабелю в ґрунт кабелеукладачем).

Протокол оптичних вимірювань складається, щоб зафіксувати оптичні втрати на кожному волокні з урахуванням втрат на всіх елементах ВОЛЗ після будівництва при введенні в експлуатацію. Вимірювання проводяться за допомогою оптичного рефлектометру з обох боків волокна. Це зумовлено принципом роботи оптичного рефлектометру.

1.2 Інформаційні системи для моніторингу волоконно-оптичних ліній зв'язку

Моніторинг ВОЛЗ – це фактично спостереження за цілісністю оптичних ліній за допомогою активного мережевого обладнання. Мережа постачальника ЕКП складається з активної та пасивної частини. Оптичні лінії – це пасивна частина мережі оператора. Без активного мережевого обладнання не можливо організувати цілодобовий автоматичний моніторинг за станом ВОЛЗ. Програми для моніторингу мереж є незамінними помічниками системних адміністраторів та персоналу постачальників ЕКП, який цілодобово спостерігає за роботою мереж. Ці програми дозволяють оперативно реагувати на аномальну діяльність в мережі провайдера, мати інформацію про всі мережеві процеси та автоматизувати частину рутинної діяльності адміністратора: перш за все тієї, що пов'язана із спостереженням за обладнанням та забезпеченням мережевої безпеки [4].

Моніторинг мережі важливий для безпеки, усунення несправностей та економії часу та грошей. Це економить час і гроші, які можуть знадобитися для пошуку проблеми у разі її виникнення. Ця технологія забезпечить нам видимість, і ми зможемо відповідно спланувати зміни. Розглянемо декілька програм, які використовують для моніторингу сучасні оператори телекомунікаційної послуги в Україні й світі.

Застосунок Observium. Його робота заснована на використанні протоколу SNMP. Цей застосунок дозволяє дослідити стан мережі будь-якого масштабу в режимі реального часу, аналізувати рівень її продуктивності. Цей програмний продукт інтегрується з обладнанням від Linux, Cisco, Dell, Windows, Juniper, HP, Netscaler, FreeBSD, Brocade, NetApp та інших виробників та постачальників мережевого обладнання. Завдяки відпрацьованому графічному інтерфейсу, цей застосунок надає системним адміністраторам масу варіантів для налаштувань – починаючи від діапазонів для автовизначення і закінчуючи даними протоколу SNMP, які необхідні для збору інформації про мережу.

Завдяки Observium персонал компанії отримує доступ до даних про технічний стан всього обладнання, яке підключено до мережі. Observium може представляти у вигляді діаграм і графіків звіти, які формуються за допомогою аналізу журналу подій, наочно демонструючи "слабкі" сторони мережі. Зовнішній вигляд інтерфейсу програми наведено на рис. 1.3

Переваги: доступна для багатьох систем, функції автоматичного виявлення й доступна безкоштовна версія

Недоліки: не для невеликих мереж та не проста в інсталяції.

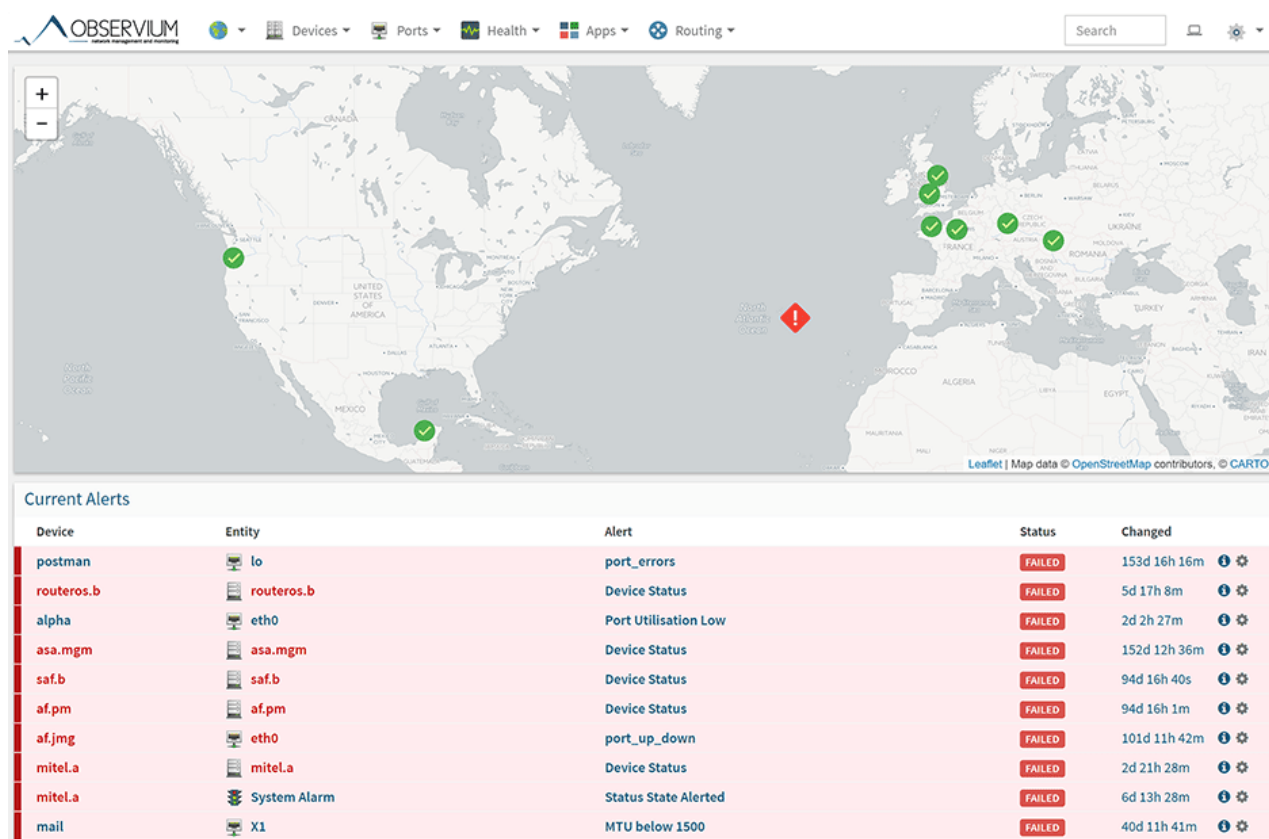


Рисунок 1.3 – Зовнішній вигляд інтерфейсу програми Observium

Наступна програма, яку розглянемо, це Nagios. Nagios являє собою гарне рішення для моніторингу. Управління Nagios засновано на веб-інтерфейсі. Програмний комплекс важкий в освоєнні, але, завдяки досить великій своїй інтернет-співдружності та добре відпрацьованій документації, він може бути освоєний за декілька тижнів.

Завдяки Nagios системні адміністратори та персонал компанії отримують можливість віддалено регулювати обсяги навантаження мережеве обладнання (комутатори, маршрутизатори, сервери тощо), спостерігати за ступенем завантаженості резервів пам'яті в базах даних, відстежувати за фізичними показниками частин мережевого обладнання та ін.

Стосовно виявлення мережевих аномалій, Nagios може автоматично відправити тривожні повідомлення на встановлену адміністратором адресу електронної пошти або номер телефону мобільного оператора. Для ознайомлення доступна безкоштовна демо-версія протягом шестидесяти днів. На рис. 1.4 наведено зовнішній інтерфейс системи моніторингу.

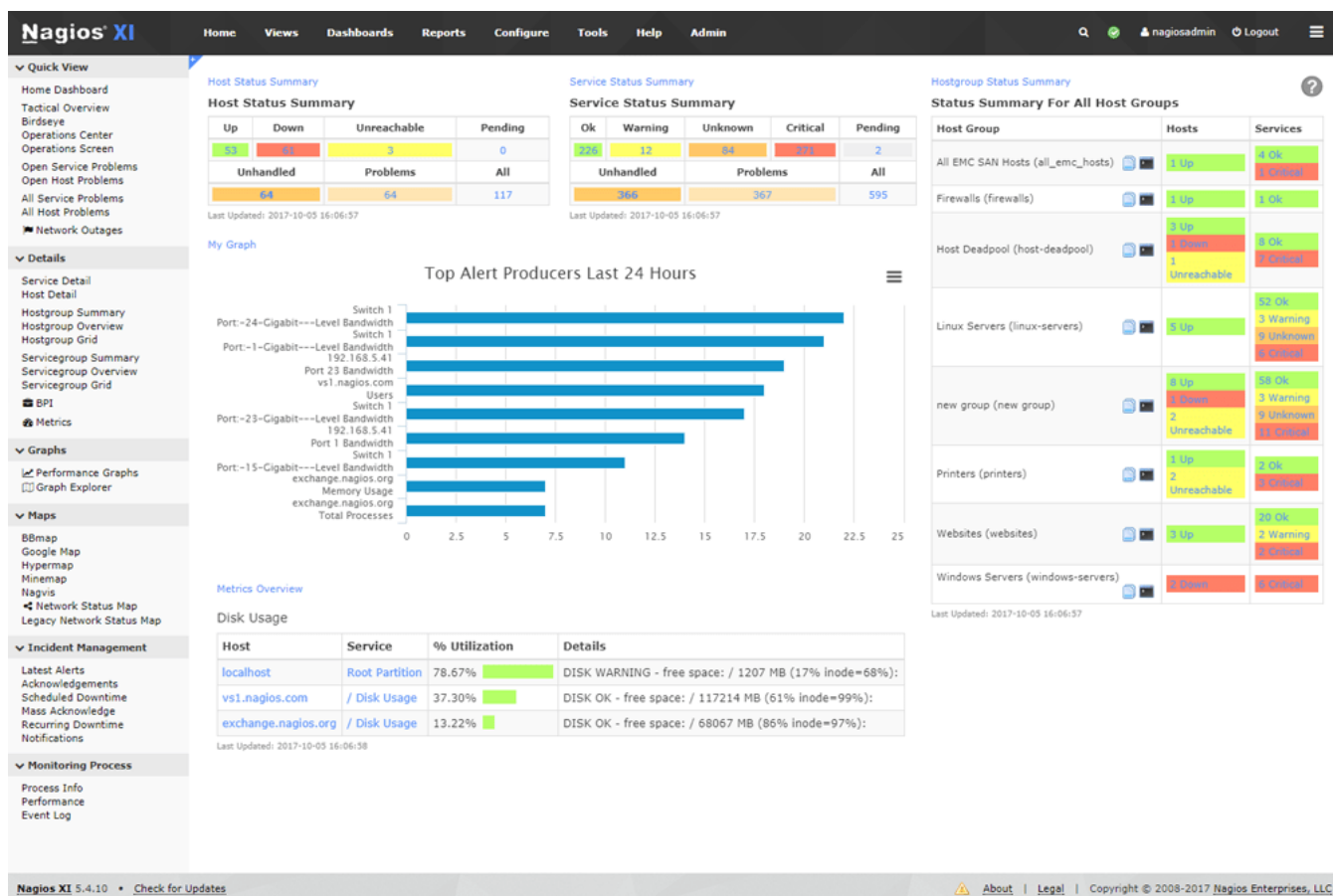


Рисунок 1.4 – Зовнішній вигляд інтерфейсу програми Nagios

Переваги: висока гнучкість, корисні шаблони та інтеграція з іншими додатками.

Недоліки: трудомістке налаштування, не для великих організацій.

Ще одна поширена система для моніторингу мереж – Zabbix. Він являє собою універсальне рішення для моніторингу мереж з відкритим кодом, яке можна налаштувати під окремі мережеві моделі. Найбільше це рішення підходить для систем, які володіють багатосерверною архітектурою. Zabbix може бути інтегрованим з серверами Linux/Windows/FreeBSD.

Цей застосунок дає можливість керувати одночасно сотнями мережеских вузлів. Це робить його дуже ефективним інструментом в організації роботи системних адміністраторів, які працюють на масштабних підприємствах. Щоб розгорнути Zabbix у власній мережі потрібно запустити програмних агентів (демонів), або використати SNMP-протокол (або будь-який протокол для захищеного віддаленого доступу). Для керування необхідно освоїти веб-інтерфейс на PHP.

Також це програмне забезпечення дає повноцінний набір інструментів для спостереження за станом апаратної частини мереж. Щоб відчувати всі переваги даного програмного рішення, системному адміністратору необхідно мати базові знання мов Python або Perl (або інших мов, які можна використовувати з Zabbix).

Переваги: безкоштовна, проста інсталяція, безліч плагінів та гнучкі налаштування сповіщень.

Недоліки: нема версії для Windows, складний громіздкий інтерфейс (рис. 1.5) та високе навантаження на комп'ютер.

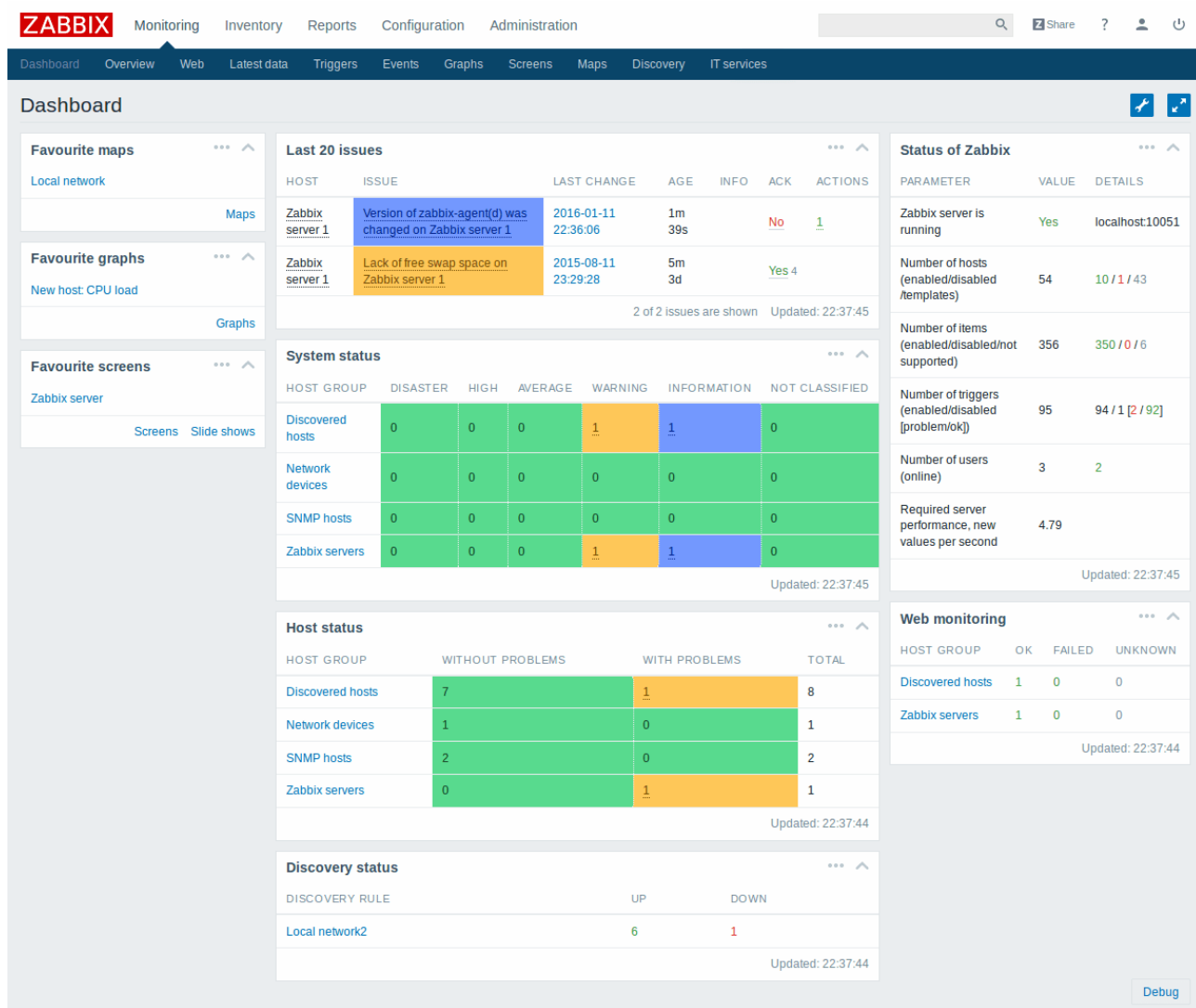


Рисунок 1.5 – Зовнішній вигляд інтерфейсу програми Zabbix

Наостанок наведу, систему моніторингу за мережею, яку використовують у постачальника ЕКП ТОВ «ТВОЙ НЕТ», в якого виконував вимірювання на волокнах ВОЛЗ за допомогою рефлектометра для цієї роботи. В ТОВ «ТВОЙ НЕТ» використовують для моніторингу мережі PRTG Network Monitor. Програмний комплекс PRTG сумісний з усіма пристроями на базі операційної системи Windows та призначений для моніторингу мережі. Цей комплекс не безкоштовний й відносно дорогий. Безкоштовним є пробний тридцяти денний період. Він використовується як для сканування пристроїв, які підключені до мережі компанії, так й для виявлення мережових атак.

Найкорисніші мережеві сервіси PRTG: аналіз і збереження статистичних даних в базу, інспекція пакетів, перегляд карти мережі в режимі реального часу, збір технічних параметрів про пристрої, які підключені до мережі, аналіз рівня навантаження на мережеве обладнання з повідомленнями при досягненні встановлених максимальних значень. Програмний комплекс PRTG дуже зручний у використанні завдяки інтуїтивно зрозумілому графічному інтерфейсу (рис. 1.6), який відкривається за допомогою будь-якого браузера. Якщо виникає необхідність, то системний адміністратор може отримати віддалений доступ до застосунку, через веб-сервер [5].

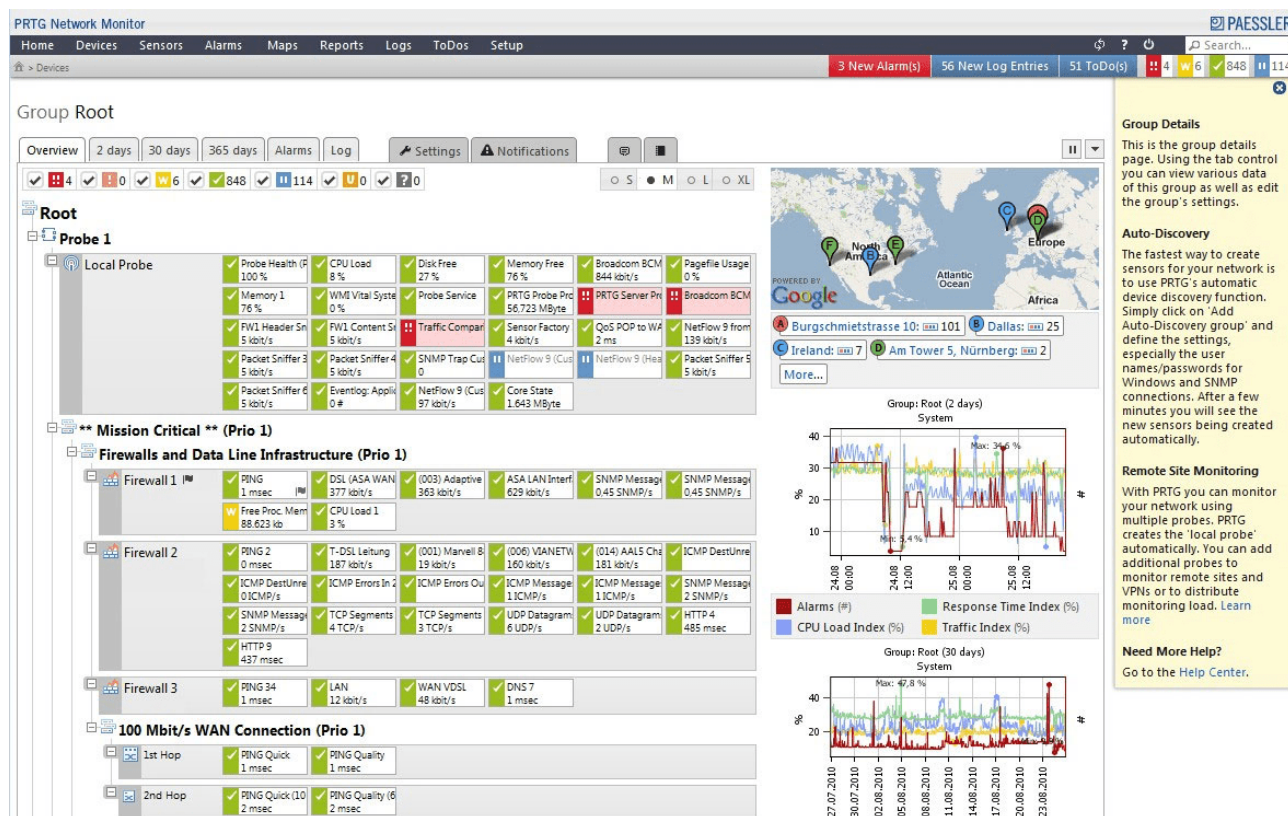


Рисунок 1.6 – Зовнішній вигляд інтерфейсу PRTG Network Monitor

Переваги: безліч функцій, налаштовуванні панелі, гнучкий моніторинг та карта мережі.

Недоліки: висока ціна, немає окремої бази даних та немає групових сенсорів.

1.4 Побудова мережі з резервуванням

Топологія фізичних зв'язків показує схему з'єднань елементів мережі. Щоб дослідити топологічні особливості мережі її зручно показувати у вигляді точок і з'єднуючих їх ліній. Така геометрична фігура називається граф. Точки в графі називаються вершинами, а лінії, якщо не враховується їх спрямованість, – ребрами. Граф це модель топологічної структури мережі. Вибрати оптимальну топологію – це задача, вирішення якої є першочерговим при побудові будь-якої мережі. Вибір здійснюється з урахуванням таких вимог, як надійність зв'язку та економічність. Задача з вибору топології мережі вирішується відносно нескладно, якщо є набір типових топологій (примітивів), які можуть бути використані як окремо, так і в комбінації. Розглянемо типові топології (можна назвати їх базовими) та охарактеризуємо їх особливості [7].

Найбільш простим прикладом базової топології є топологія «точка - точка» яка являє собою сегмент мережі, що зв'язує фізично й логічно два вузли (рис. 1.8).

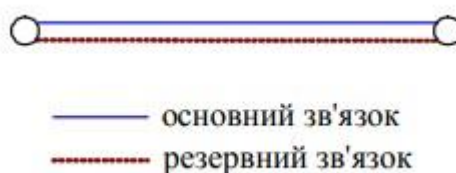
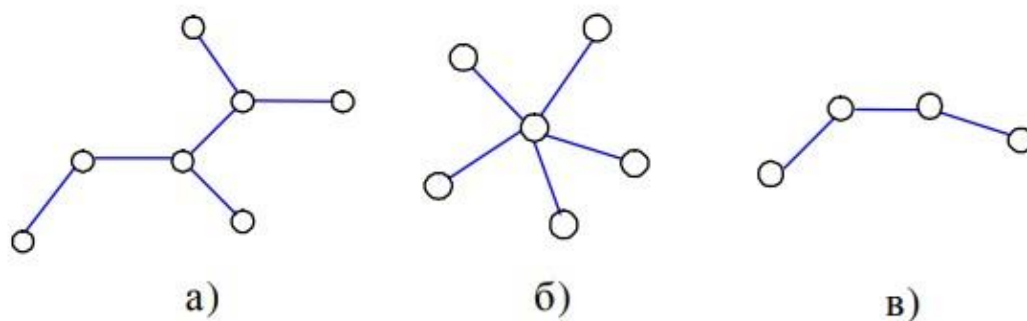


Рисунок 1.8 – Топологія "точка - точка"

В такому сегменті надійність зв'язку може бути підвищена за рахунок побудови резервного зв'язку, який може забезпечити стовідсоткове резервування. Таке резервування називають захистом типу 1+1. Якщо вийде з ладу основний зв'язок, мережа автоматично під'єднається до резервного. Не дивлячись на простоту, саме ця базова топологія найбільше використовується при передачі великих потоків інформації високошвидкісними магістральними каналами

(наприклад, трансокеанськими підводними кабелями, які обслуговують цифровий телефонний трафік). Така топологія також використовується, як складова частина радіально-кільцевої топології (у якості радіусів). Топологія мережі «точка-точка» з резервуванням типу 1+1 може розглядатися як різновид топології «кільце».

Деревоподібна топологія має різні варіанти (рис. 1.9).



а) - дерево, б) - зірка, в) - ланцюг

Рисунок 1.9 – Деревоподібна топологія

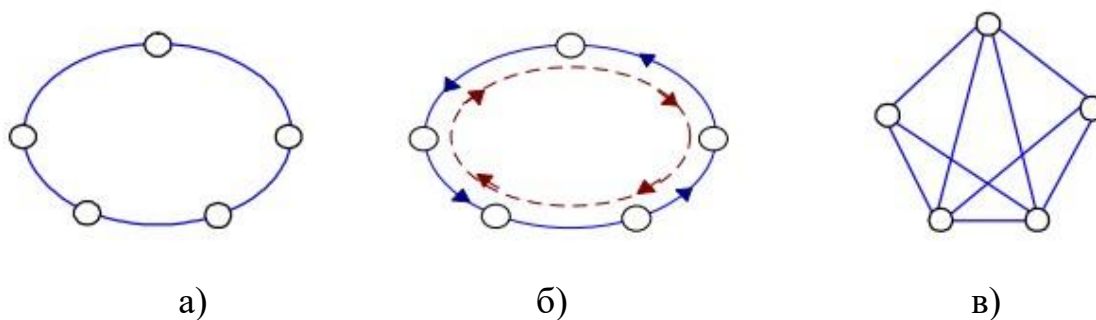
Особливість сегменту мережі, який має деревоподібну топологію, будь-якого з наведених варіантів, полягає в тому, що зв'язність n пунктів на рівні фізичної топології досягається кількістю ребер

$$R=n-1.$$

Це забезпечує високу економічність мережі з такою топологією. На логічному рівні, кількість зв'язних шляхів передачі інформації між кожною парою вузлів у такому сегменті завжди дорівнює $h=1$. З огляду на надійність, це досить низький показник. Покращення надійності в таких мережах можна досягнути введенням резервних зв'язків. Деревоподібна топологія застосовується в локальних мережах

підприємств та організацій, в мережах абонентського доступу (наприклад, при будівництві PON мереж).

Топологія «кільце» (рис. 1.10а) показує мережу, в якій до кожного вузлу приєднано завжди тільки дві лінії. Така топологія широко використовується у сегментах міжвузлових з'єднань територіальних мереж (наприклад, в ТОВ «ТВОЙ НЕТ» це декілька будинків, які охоплюють квартал), в локальних мережах, та у мережах абонентського доступу, побудованих за допомогою волоконно-оптичних кабелів. Кількість ребер графа, що відображає фізичну топологію, дорівнює кількості вершин: $R=n$ та означає відносно невеликі витрати на будівництво мережі.



а) – "кільце", б) – "подвійне кільце", в) – пов'язана

Рисунок 1.10 – Топології мереж

На рівні логіки мережі між кожною парою вузлів можна організовувати $h=2$ незалежних зв'язних шляхи (основний та резервний, який при обриві основного включається автоматично). Це забезпечує достатню надійність зв'язку в такому сегменті мережі, особливо при застосуванні резервування типу 1+1, так званого «подвійного кільця» (рис. 1.10б). Таке подвійне кільце утворюється фізичними з'єднаннями між парами вузлів, за допомогою яких інформаційний потік направляється в двох протилежних напрямках. В такій топології один напрям використовується як основний, а інший – як резервний. Треба

враховувати, що при будівництві за такою технологією в комутаторі буде зайнято чотири оптичні порти, це в двічі більше, ніж в звичайному "кільці".

Повнозв'язна топологія (рис. 1.10в). Така топологія забезпечує фізичне та логічне з'єднання вузлів за принципом «кожен з кожним». Відповідний граф, який включає n вершин, містить ребер:

$$R = n \cdot (n-1) / 2.$$

Це впливає на високу вартість будівництва мережі. Кількість незалежних зв'язних ліній між кожною парою вузлів у сегменті мережі з такою топологією дорівнює

$$h = n - 1.$$

На логічному рівні повнозв'язна топологія забезпечує максимальну надійність зв'язку за можливості організовувати чисельну кількість шляхів обходу. За такою топологією утворюють сегменти базових і опорних (магістральних) мереж. Максимальну надійність зв'язку в сегменті досягають, використовуючи на обхідних напрямках різні середовища поширення сигналів (наприклад, ВОЛЗ та радіорелейна лінія).

В комірковій топології (рис. 1.11) кожен вузол сегменту має безпосередній зв'язок з невеликою кількістю вузлів, найближчих до нього за відстанню. За великою кількістю вершин число ребер

$$R \approx r \cdot n / 2,$$

де r – кількість ребер, інцидентних кожній вершині. Сегменти мереж з комірковою топологією мають високу надійність зв'язку маючи меншу кількість ребер у порівнянні з сегментами з повнозв'язною топологією.

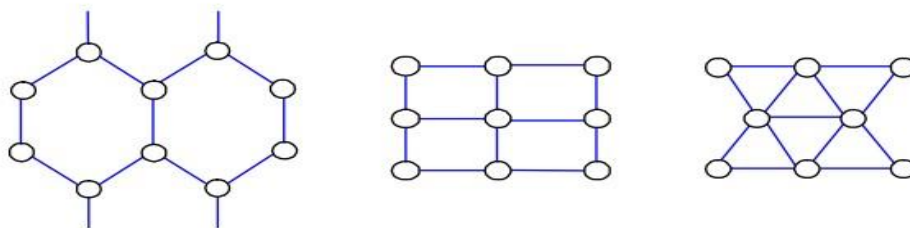


Рисунок 1.11 – Комірчасті топології

Повнозв'язну та коміркову топологій доцільно використовувати лише в сегментах із високою концентрацією трафіку, через велику вартість реалізації таких топологій при будівництві електронних комунікаційних мереж. Через це, навіть за високої надійності, такі топології постачальники ЕКП не використовують.

Складні топології, або ще можна назвати змішані. Реальні мережі операторів зв'язку часто мають складні топології. Постачальники ЕКП комбінують базових фізичні топології (рис. 1.12). Використовуючи складні топології, провайдери можуть забезпечувати вимоги до розширюваності та масштабованості власних мереж.

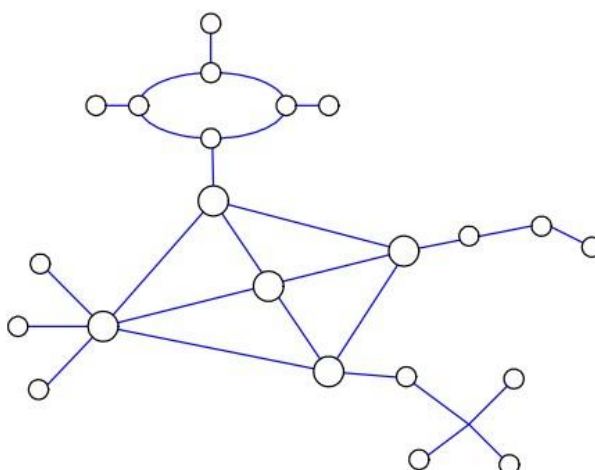


Рисунок 1.12 – Складна мережева топологія

1.5 Прилади для вимірювання оптичних мереж

Джерело видимого лазерного випромінювання (рис.1.13). Це найпростіший пристрій для діагностики ВОЛЗ. Він являє собою джерело червоного когерентного світла (650 нм), випромінювання якого вводиться в оптичне волокно для пошуку локальних пошкоджень різного типу (тріщини, вигини, неякісні зварювання і т.д.). У місці пошкодження буде видно яскраве світіння червоного кольору. Застосувати даний пристрій можна на відстані 3-5 км.



Рисунок 1.13 –візуальний локатор несправностей оптичного волокна з конекторами FC, ST, SC та перехідник для конекторів LC

Такі пристрої незамінні при перевірці працездатності оптичних патч-кордів з різними конекторами (SC, ST, FC), пігтейлів; при монтажних роботах в кросовому обладнанні; для ідентифікації необхідних волокон шляхом «підсвічування» їх та в інших випадках.

Основні переваги:

- простота у використанні;
- компактність;
- невелика вартість;
- універсальність.

Наступний за складністю пристрій – джерело лазерного випромінювання. Основним елементом такого пристрою є напівпровідниковий лазер (лазерний діод), їх кількість може бути різною. Найпоширеніші – це з довжиною хвиль 1310 нм та 1550 нм, через те що на цих хвилях в основному відбувається передача оптичного сигналу в ВОЛЗ. Існують різноманітні варіанти комбінацій різних лазерів, також деякі джерела лазерного випромінювання можуть мати в своїй конструкції джерело видимого лазерного випромінювання. Основне призначення даних пристроїв – це генерація лазерного випромінювання на фіксованій довжині хвилі для вимірювання оптичних втрат в ВОЛЗ. Типове значення рівня оптичної потужності – 7 дБм. Додаткові функції джерел лазерного випромінювання: автоматичне вимикання, генерація не тільки безперервного сигналу, але і модульованого із заданою частотою для ідентифікації волокон, рівень заряду батареї і т. п. Вихідний порт випромінювача має адаптер FC/UPC. Деякі моделі цих приладів можуть оснащуватися вбудованим випромінювачем червоного світла для візуального визначення дефектів.

Разом з джерелом лазерного випромінювання використовуються вимірювачі оптичної потужності (рис 1.14). Цей прилад реєструє рівень вхідної оптичної потужності і відображає значення на екрані. Можна заміряти не тільки сигнал від джерела лазерного випромінювання, а й безпосередньо сигнал від працюючого обладнання, щоб знати потужність сигналу в точці вимірювання. Основний елемент пристрою це фотоприймач. Частіше використовують широкопasmовий фотоприймач. Він реєструє всю оптичну потужність, яка приходить до нього в діапазоні 800-1800 нм. Якщо в оптичному тракті ВОЛЗ будуть присутні одночасно випромінювання на декількох довжинах хвиль, то пристрій відобразить сумарну величину потужності. Типові значення вимірюваних довжин хвиль це 1310 і 1550 нм, але можуть бути і інші: 850, 980, 1300, 1490 нм і т.д. Динамічний діапазон вимірювача оптичної потужності залежить від застосовуваного фотоприймача, типове значення для InGaAs становить близько 60-70 дБ. Залежно від задач можна підібрати оптимальний прилад для застосування в компанії. Для вимірювань в електронних

комунікаційних мережах підійдуть вимірювачі оптичної потужності з більшою чутливістю фотодетектора (+6...-70 дБм), а для ВОЛЗ мереж кабельного телебачення важливо вимірювання великих потужностей (+26...-50 дБм). Пристрій працює від вбудованої батареї, має функцію автоматичного вимкнення, збереження результатів, підсвічування екрану та багато іншого. Вхідний оптичний порт має адаптер FC / UPC. Найважливіша функція вимірювача оптичної потужності – це можливість вимірювати втрати оптичного сигналу.



Рисунок 1.14 – Вимірювач оптичної потужності Multitest оптичний та rj45

Далі за складністю йде оптичний тестер. Цей прилад являє собою джерело випромінювання та вимірювач оптичної потужності в одному корпусі. Які недоліки та переваги, в порівнянні з окремими приладами, кожен має вирішити сам для себе, але, враховуючи специфіку застосування даного пристрою, наведемо деякі з них:

- незалежна робота джерела і вимірювача;
- компактність;
- аналогічні функціональні можливості джерела і вимірювача.

Для робіт в муфтах та оптичних кросах з великою кількістю волокон може знадобитися ідентифікатор активних волокон (рис.1.15). Цей пристрій може

забезпечити швидкий неруйнівний спосіб визначення наявності та напрямку поширення оптичного сигналу в одномодових волокнах.



Рисунок 1.15 – Ідентифікатор активних волокон MULTITEST MT3317

Пристрій дозволяє без відключення активного обладнання мережі виявити наявність сигналу в волокнах та його напрямок, а також оцінити оптичну потужність. Ідентифікатор активних волокон також визначає частоту модуляції, якщо в якості сигналу застосовується модульоване випромінювання джерела 270 Гц, 1 кГц або 2 кГц. Принцип дії приладу полягає в реєстрації оптичного сигналу в місці макроізгіба. Прилад комплектується змінними насадками під різні діаметри (волокно, патч-корди і пігтейли). Цей пристрій дуже зручний при пошуку "активних" та "темних" волокон в муфтах й оптичних кросах, де використовується велика кількість волокон та існує ймовірність випадкового розриву з'єднання.

Описані вище засоби для вимірювань на ВОЛЗ дозволяють вимірювати рівень оптичних втрат в лінії, але знайти конкретне місце пошкодження в випадку аварійної ситуації на великих відстанях з їхньою допомогою неможливо. Єдиний вихід з цієї ситуації — це застосування оптичного рефлектометра. Основні переваги оптичного рефлектометра:

а) він дозволяє за один цикл вимірювань визначити цілий ряд основних характеристик оптичного волокна:

- величину загасання сигналу на кілометр,
- довжину волокна,
- наявність місць неоднорідностей та відстань до них, їх характер,
- втрати в місцях зварювання, в з'єднувачах без проведення підготовчих робіт;

б) на відміну від оптичних тестерів, можна провести велику кількість вимірювань з одного кінця оптичного волокна.

Недоліки оптичних рефлектометрів:

- для отримання рефлектограми з непоганою точністю час на вимірювання не менше 30 секунд;
- високі вимоги до введення випромінювання в волокно, яке тестується;
- висока вартість.

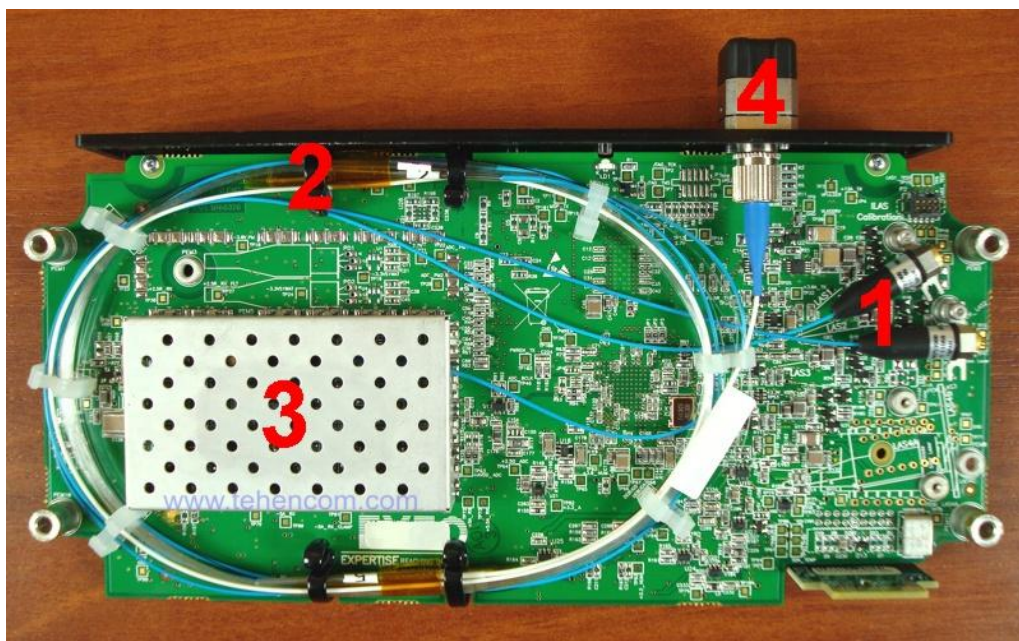
Принципова відмінність рефлектометрії від прямого вимірювання оптичних втрат вимірювачами оптичної потужності та оптичними тестерами полягає в тому, що оптичний рефлектометр, розміщений на ближньому кінці, посиляє в сегмент, що перевіряється, випромінювання і реєструє сигнали, що повернулися назад до вихідного порту. Вимірювального обладнання чи заглушок на дальньому кінці сегмента немає. Сучасні рефлектометри визначають значення оптичних втрат на ділянках волокна, муфтах та конекторних з'єднаннях. Однак така оцінка проводиться на підставі відбитого випромінювання – метод явно менш точний, ніж безпосередній вимір втрат за допомогою джерела випромінювання одному кінці і вимірника іншому. Разом з тим, рефлектометрія дозволяє визначити, який з елементів ВОЛЗ робить найбільший внесок у загальні втрати, у той час як прямий вимір двомодульними приладами OLTS дає лише сумарне значення втрат, без деталізації за складовими елементами лінії.

2 ПРИНЦИП РОБОТИ ТА ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПТИЧНОГО РЕФЛЕКТОМЕТРА, РЕФЛЕКТОГРАМИ

2.1 Принцип роботи оптичного рефлектометра

Більшість оптичних рефлектометрів складається з легких портативних корпусів, всередину яких вміщується потужний мікропроцесор, акумулятор, який розрахований на тривалу автономну роботу, вимірювальна плата та розгалужувач, фотоприймач та лазер. Для з'єднання з оптичним волокном в рефлектометрах є конектори. Вони розташовані вгорі корпусу приладу та захищені від зовнішніх впливів кришками із пластику. Для відображення результатів вимірювань на корпусі рефлектометра є кольоровий екран. Бічні частини корпусу оснащуються гумовими накладками для захисту від ударів. Оптичний рефлектометр також має джерело видимого світла, яке дає можливість виявляти пошкоджені або поплутані волокна [8].

Рефлектометр працює як радар. Прилад подає у волокно світловий імпульс, і заміряє всі його відбиття, що з'являються під час руху по оптичному волокну. Коли зондувальне світло дійде до зварювання або конектора, чи іншої неоднорідності (наприклад, пошкодження), воно одразу розгорнеться й рухатиметься до рефлектометра. Фотоприймач зареєструє неоднорідність. Світловий імпульс повернеться та знову продовжить рухатися по оптичному волокну, повертаючись у фотоприймач при виявленні наступної неоднорідності. Так він буде проходити по волокну поки воно не закінчиться або він не натрапить на місце, де оптичне волокно обривається. Такий принцип роботи рефлектометра забезпечує високу точність вимірювання. В оптичному рефлектометрі є три базові складові. Лазер, який запускає світловий імпульс, фотоприймач відбиттів світлового імпульсу та розгалужувач. Ці елементи відповідають за процес виміру характеристик оптичного волокна. Від роботи цих компонентів залежить якість роботи всього приладу. На рис.2.1 наведено типовий вигляд головної плати оптичного рефлектометра.



- 1 – два лазерних світло діоди на дві довжини хвилі; 2 – оптичний розгалужувач; 3 – фотоприймач, захищений металевим екраном;
4 – вхідний конектор

Рисунок 2.1 – Головна плата оптичного рефлектометра

Лазерний світлодіод формує короткі світлові імпульси заданої тривалості: від п'яти наносекунд до двадцяти мілісекунд. У рефлектометрі декілька лазерних світло діодів. Їх кількість така, зі скількома довжинами хвиль він працює. Якщо оптичний рефлектометр працює з хвилями довжиною 1310 і 1550 нм, він оздоблюється двома лазерними світлодіодами. Розгалужувач пропускає зондувальний світловий імпульс, що генерується лазером, в оптичне волокно, але при цьому він не дає йому потрапити до фотоприймача. Завдяки розгалужувачу в фотоприймач потрапляє лише відбите світло. Третій компонент, це фотоприймач, здатний точно виміряти рівень відбитого сигналу, а також затримку кожного відбиття. Від чутливості фотоприймача залежать дві важливі характеристики рефлектометра: мертва зона, а також, такий показник, як динамічний діапазон. Фотоприймач впливає на точність роботи всього приладу.

Важливо пам'ятати, що побудувати повну рефлектограму на основі повідомлень, отриманих від одного імпульсу, не можливо. Справа в тому, що потужність одного імпульсу дуже мала, тому прилад реєструє багато випадкових шумів, які світловий імпульс приносить у фотоприймач. Щоб зменшити ефект від шуму й досягти чистої рефлектограми, необхідно вимірювати показники протягом мінімум десяти секунд, або більше. За цей час рефлектометр виміряє тисячі відбиттів, а після підрахує середні показники, зробить аналіз та вивиде результат на екран — графік та таблицю подій.

2.2 Основні характеристики рефлектометрів

Важливий параметр оптичних рефлектометрів – це динамічний діапазон. Даний параметр вказує діапазон між рівнем передачі і мінімальним рівнем прийому сигналу (при співвідношенні сигнал/шум = 1). Типове середнє значення динамічного діапазону 34-36 дБ. При вимірюванні параметрів ВОЛЗ на коротких лініях можна використовувати моделі рефлектометрів з динамічним діапазоном 28-32 дБ, а для довгих ліній зв'язку або для мереж з великим загасанням в пасивних елементах, таких як PON та розгалужені мережі КТВ – до 40-45 дБ та більше.

За визначенням МЕК, (вона ж ІЕС) динамічний діапазон рефлектометра, це різниця між рівнем сигналу зворотного релеєвського розсіювання на початку рефлектограми та піковим значенням шумів без сигналу (наприкінці рефлектограми), див. рис. 2.2. Динамічний діапазон визначає максимальну величину втрат, які може виміряти модель оптичного рефлектометра. Чим більше динамічний діапазон у рефлектомера, тим довші лінії він може виміряти за інших рівних умов. Якщо сегмент, що вимірюється, має не дуже велику довжину, але складну конфігурацію (велика кількість коннекторних і муфтових з'єднань, на яких втрачається оптична потужність), то рефлектометр з широким динамічним

діапазоном зафіксує більше подій втрат, в той час як рефлектометр з обмеженим діапазоном може "не побачити" дальню частину сегмента після точки, в якій сукупні втрати в лінії перевищать можливості приладу.

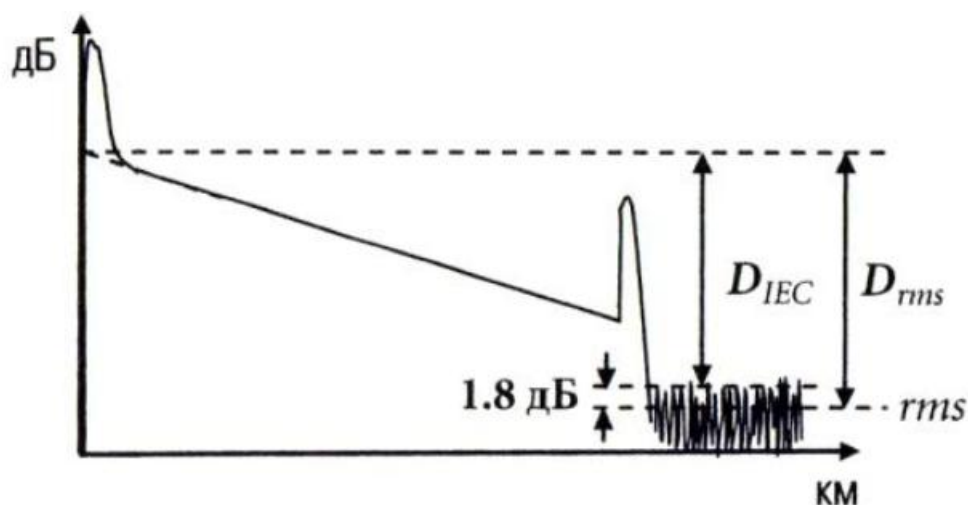


Рисунок 2.2 – Динамічний діапазон рефлектометра згідно з визначенням ІЕС (DIEC) та динамічний діапазон D_{rms} , визначений за середньоквадратичним рівнем шуму (методика більшості виробників рефлектометрів)

Динамічний діапазон залежить від тривалості імпульсів, що випускаються рефлектометром, діапазону відстаней та часу усереднення сигналу. В автоматичному режимі рефлектометр спочатку визначає довжину сегмента та до неї підбирає інші параметри. У більшості випадків цього режиму достатньо для зняття змістовної рефлектограми. Ручний режим приносить користь у тих випадках, коли автоматичний режим дає недостатньо інформації про окремі події та потрібна додаткова деталізація. Так, збільшення тривалості імпульсів збільшує динамічний діапазон, отже, дозволить рефлектометру побачити «далі», ніж за використанні коротких імпульсів. При цьому ширший імпульс зменшує роздільну здатність приладу, можливість розрізняти близькі до події, оскільки відбиті від них імпульси повністю або частково перекриваються. Чим триваліший імпульс рефлектометра, тим ширше вершини в подіях відображення, і тим вища ймовірність того, що імпульси перекриваються повністю і події не можна буде розпізнати як різні. З іншого боку, зменшення тривалості імпульсу, дозволивши

детальніше розпізнати близькі події, зменшить динамічний діапазон і не дасть рефлектометру «побачити» віддалені ділянки сегмента. З цих причин бувають ситуації, коли для різних ділянок сегмента, що тестується, доводиться підбирати різні параметри ручного режиму і знімати не одну, а кілька рефлектограм. Особливо часто доводиться вдаватися до ручного режиму у разі, якщо сегмент настільки протяжний, що їхати з приладом на інший кінець для зняття рефлектограм у зустрічному напрямку економічно недоцільно, і тоді різні рефлектограми зосереджуються на різних ділянках сегмента: ближньому, середньому та далекому.

Кожен оптичний рефлектометр має таку характеристику, як мертва зона. Мертва зона це відстань на рефлектограмі після неоднорідності, на якій не можна проводити вимірювання. Перша подія, яка буде присутня на будь-якій рефлектограмі – це відбиття від вхідного роз'єму. Через те, що роз'єм знаходиться в безпосередній близькості до фотоприймача, відбиття від нього буде "засліплювати" фотоприймач оптичного рефлектометра. Ця область рефлектограми потрапляє в мертву зону. Існують мертва зона по відбиттю й мертва зона по загасанню. Типова довжина мертвої зони по відбиттю 1 – 3 м, по затуханню 7 – 10 м. Це означає, що для правильного вимірювання відстань між двома неоднорідностями має бути не менше 7 – 10 м, а побачити на рефлектограмі, наприклад, два послідовних роз'єми можна на відстані 1 – 3 м один від одного.

2.3 Рефлектограма та її аналіз

На рис. 2.3 показано рефлектограму одномодової волоконно-оптичної лінії завдовжки 2887 м, зняту приладом OptiFiber Certifying OTDR виробництва Fluke Networks на довжинах хвиль 1310 нм (синій графік) та 1550 нм (зелений графік). Рефлектометр підключений до сегмента через котушку довжиною 131 м (Launch

Cable, кабель, що узгоджує); нульова позначка довжини відповідає кінцевому роз'єму котушки і початку сегмента, що тестується.

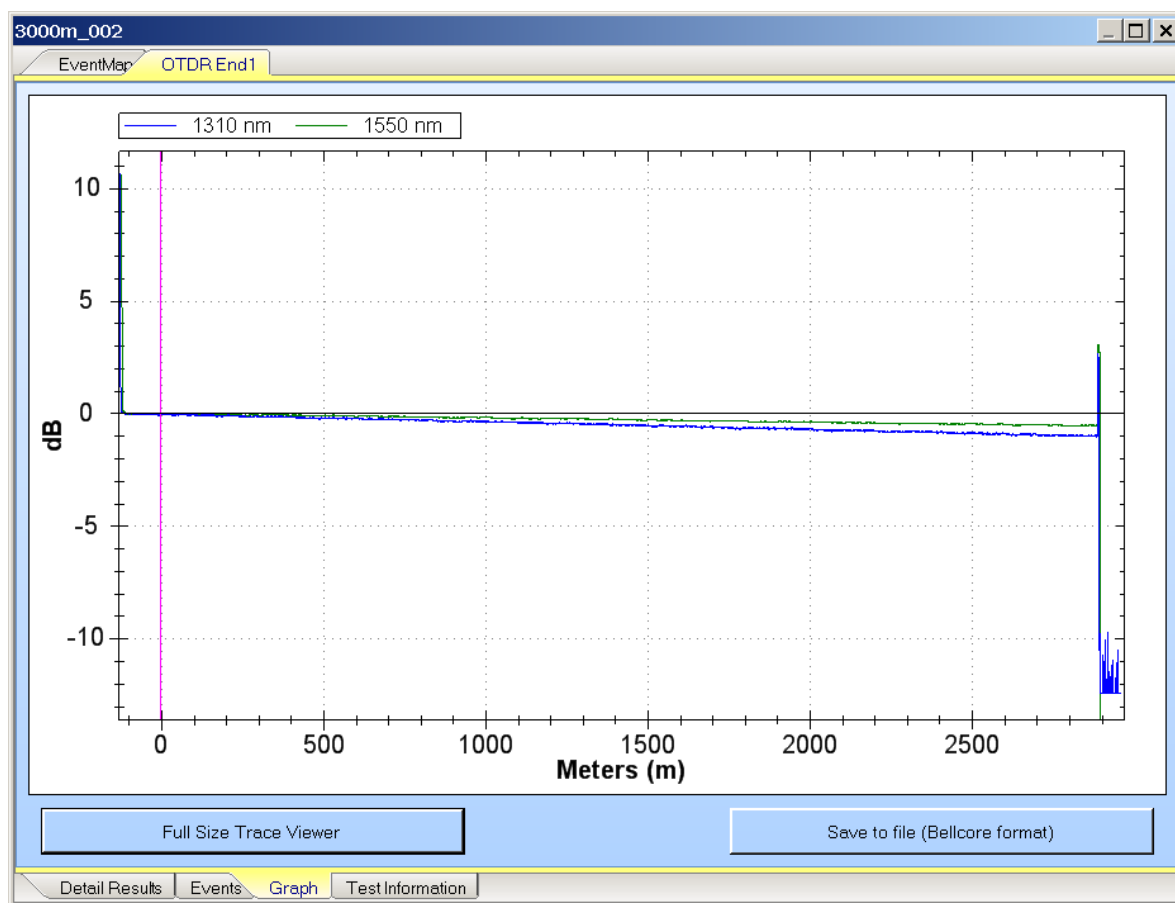


Рисунок 2.3 – Типова рефлектограма простої волоконно-оптичної лінії

Для того, щоб при вимірюванні побачити на рефлектограмі перший метр досліджуваної траси, необхідно застосовувати «компенсаційну котушку» або «узгоджувальну котушку» - назви можуть бути різним, але за суттю це одне й те саме. Котушка являє собою шматок оптичного волокна певної довжини, зазвичай, від 100 м до 1 км. Завдяки цьому засобу вся "мертва зона" потрапляє на довжину оптичного волокна з котушки, після якого ми бачимо вже початок вимірюваної траси. Якщо необхідно побачити самий останній оптичний роз'єм, тоді необхідно в кінці вимірюваної лінії також встановити так звану «приймальну котушку». Такий відрізок оптичного волокна, який компенсує мертву зону при відбитті сигналу від дальнього кінця оптичного волокна тракту. Якщо проводити

вимірювання з такими додатковими котушками, то вимірювана оптична лінія буде перебувати в середині рефлекторами. Такий спосіб довший за часом проведення вимірювання, але дозволяє нам з упевненістю перевіряти її працездатність на всій довжині оптичного тракту.

Частка випромінювання, яка відбивається у волокні від різних перешкод і прямує назад до фотоприймача, дуже мала. Найсильніше природне відбиття (наприклад, від кінця сегмента, що є заполірованим під 90° торець волокна) не перевищує 4% від вихідної потужності випромінювання – це коефіцієнт відбиття, близький до френелівського. Інші види відбиття істотно слабші, тому фотоприймачі доводиться робити дуже чутливими, а джерела – дуже потужними, особливо з урахуванням того, що сегменти можуть мати більшу протяжність.

Рефлектометр дозволяє виявити та відобразити на рефлектограмі конекторні сполуки, зварні та механічні сполуки, вигини та інші неоднорідності волокна – так звані події (Events). Дивись рис. 2.4 . Неоднорідності можуть бути

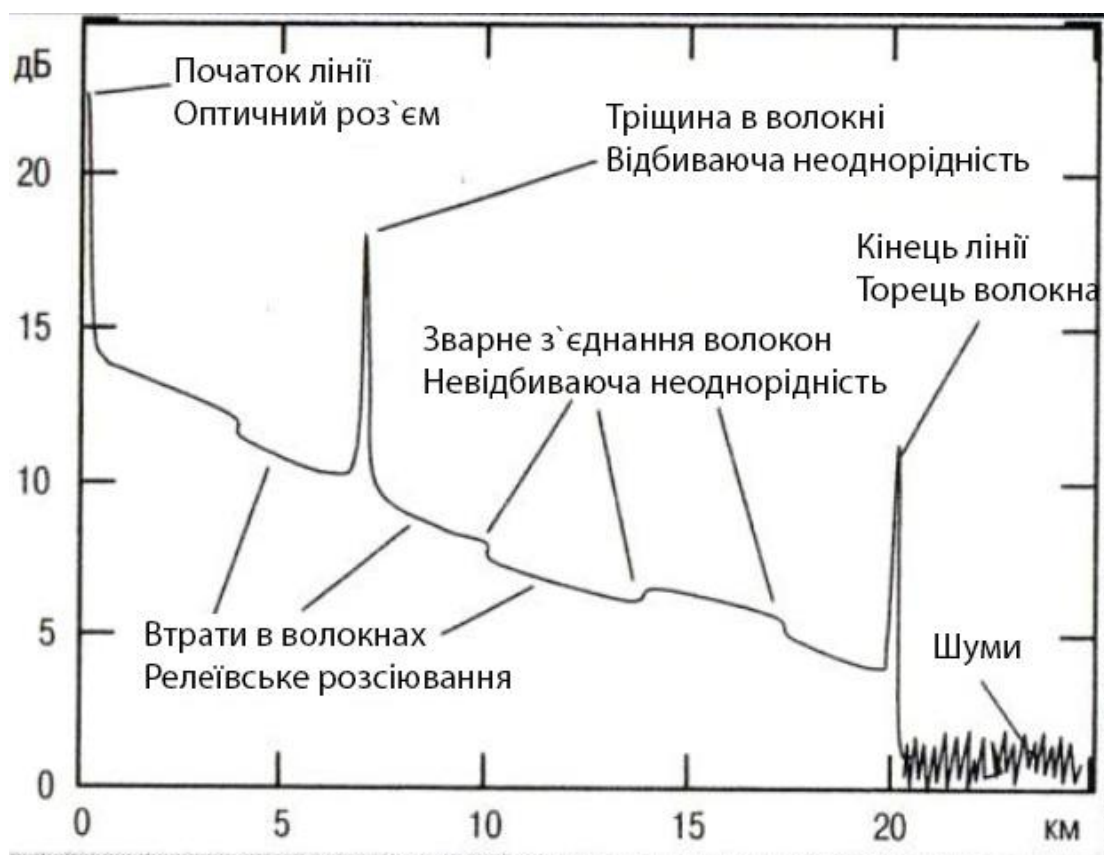


Рисунок 2.4 – Відбиваючі й невідбиваючі неоднорідності на рефлектограмі

відбиваючими і не відбиваючими випромінювання. Конекторні з'єднання з поліруванням PC/SPC/UPC, відкритий кінець сегмента з таким же роз'ємом, тріщина у волокні або обрив, що утворюють поверхню розлому під кутом близько 90° до осі волокна – приклади неоднорідностей, що відбивають випромінювання. У цих випадках відбувається відбиття частини вихідного випромінювання у напрямку фотоприймача. На рефлектограмі такі події відображаються у вигляді піків.

Неоднорідності, що відбивають, супроводжуються втратами, адже відбиття частини сигналу назад призводить до того, що випромінювання, що поширюється в прямому напрямку, слабшає як мінімум на ту ж величину. Однак для класифікації події як відбиваючої, принципово саме наявність відбиття. На відміну від неоднорідностей, що відбивають, такі події як зварні з'єднання, тріщини під кутами, відмінними від 90° до осі волокна, макро- і мікрОВигини, внутрішні дефекти світловодів відносяться до неоднорідностей, що не відбивають. Відбиваючої складової в них немає, а втрати викликані розсіюванням випромінювання над джерелом. На рефлектограмі такі події (Loss Event) виглядають як сходи, спрямовані вниз. (Однак у випадках з'єднання волокон різних виробників, місце зварного стику може відображатися і сходинкою догори). Така подія "Gainer" описана нижче.

Чим більше кут тріщини відхиляється від нормалі до осі волокна, тим менше частка випромінювання, що відбивається. Дивись таблицю 2.1

Таблиця 2.1 – Відбиття випромінювання при різних кутах тріщини до нормалі

Відхилення від нормалі	0°	1°	2°	3°	4°	5°
Частка випромінювання, що відбилося	3,5%	2,55%	0,98%	0,2%	0,02%	0,0013%

Події, у яких частка відбитого випромінювання не більше сотих часток відсотка, відносяться до невідбиваючих. Якщо в сегменті присутні конекторні з'єднання APC з кутовим поліруванням, вони будуть відображатися на

рефлектограмі як події, що не відбивають, оскільки мають кут відхилення 8° . Якісно заповіровані та чисті з'єднання APC за певних умов можуть залишитися взагалі непоміченими під час вимірювання.

Кут нахилу ділянок рефлектограми між піками характеризує погонне згасання по довжині кабелю (рис. 2.5). Якщо в сегменті скрізь використовується волокно одного й того самого типу та якості, всі ділянки рефлектограми, знятої на одній довжині хвилі, повинні мати однаковий нахил.

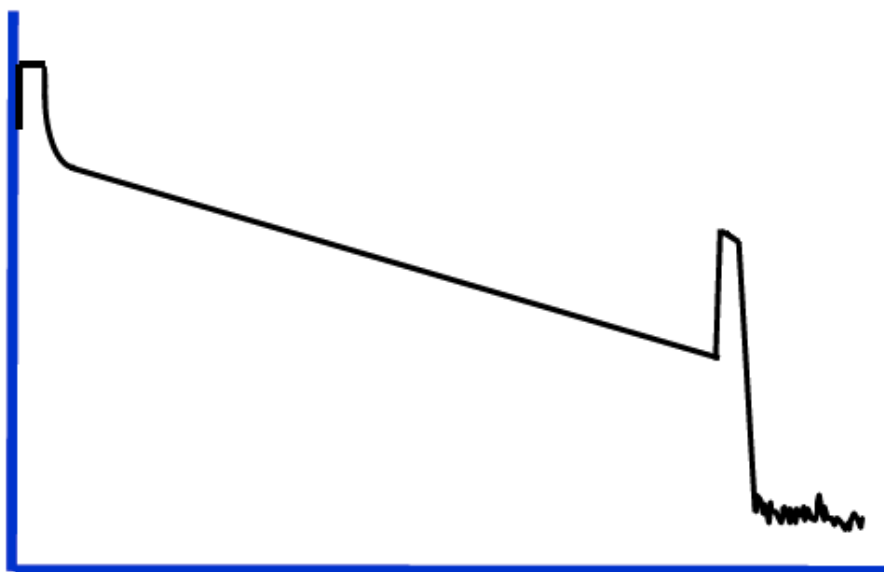


Рисунок 2.5 – Кут нахилу рефлектограми, що характеризує величину релієвського розсіювання в оптичному кабелі

За інших рівних умов зі зміною робочої довжини хвилі погонне згасання в кабелі в дБ/км змінюється, що призводить до зміни кута нахилу рефлектограми.

Трактування подій і саме відображення графіків на рефлектограмі дуже залежить від програмного забезпечення рефлектометра і алгоритмів обробки отриманих даних. Однак існує базовий набір подій, що фіксуються практично всіма рефлектометрами, наведений в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Базовий набір подій, що фіксуються рефлектометрами

Англомова назва події	Пояснення	Коментар
OTDR Port	Перший конектор тестованого сегмента або узгоджувального кабелю, підключений до порту рефлектометра	Величину втрат у цьому поєднанні чисельно визначити не можна. Максимум, що можуть оцінити рефлектометри, – ступінь забруднення порту приладу. При занадто великій забрудненості може виводитись повідомлення про те, що вимір неможливий доти, доки не буде виконано очищення порту приладу.
Launch Event Launch Cable	Кінцевий роз'єм узгоджувального кабелю (при його використанні) – точка підключення до сегмента, що тестується.	Використання узгоджувального кабелю дозволяє не тільки перекрити мертву зону на початку рефлектограми, але й виміряти втрати на першому конекторному з'єднанні сегмента, що перевіряється.
Tail, Tail Cord, Patch Cord	Роз'єм шнура або перемички («волокна, що приймає»), підключеного до останнього конектора тестованого сегмента	Використання приймаючого волокна дозволяє виміряти втрати на останньому конекторному з'єднанні сегмента, що перевіряється.
Reflection, Reflection Event	Подія відбиття	Може являти собою конекторне з'єднання (див. рис. 2.6), різкий залом волокна з утворенням поверхні, що відбиває, механічну муфту, обрив волокна. У деяких випадках неоднорідності можуть насправді бути хибними подіями, "фантомами", що з'являються через багаторазове перевідбиття.
End, End of Fiber	Кінець, далекий кінець волокна	Величину втрат на цьому поєднанні чисельно визначити не можна, фінальна частина рефлектограми є шумовими флуктуаціями.
Hidden End, Hidden Event	Прихований кінець волокна, прихована подія	Рефлектометр виявив подію, проте не може виміряти втрати і навіть однозначно ідентифікувати її, оскільки вона знаходиться в мертвій зоні ("тіні") іншої події - наприклад, другий кінець короткого оптичного шнура або муфта, розташована близько від конектора. Також причиною прихованої події може бути "фантом". Для ідентифікації події можна провести рефлектометричний вимір у зустрічному напрямку або спробувати змінити автоматичні налаштування приладу – перейти в ручний режим і виконати вимір зі зменшеною шириною імпульсу, збільшеною роздільною здатністю.

Кінець таблиці 2.2

Англомова назва події	Пояснення	Коментар
Ghost, Echo	"Фантом", "луна", відбиття іншого відбиття. Хибне, не самостійна подія.	Причиною появи "фантома" (див. рис. 2.7) може бути брудний, погано заполірований або відкритий конектор, що викликає багаторазове перевідбиття всередині сегмента. Причиною можуть бути різкі злами волокна, обриви. Рефлектометри, що мають просунуте програмне забезпечення, на додаток до "фантому" видають передбачувану причину його появи (Ghost Source) – вона завжди розташовується до "фантома". Але якщо джерело "фантома" віднесено до прихованих подій, то й саме "фантом" навряд чи буде ідентифіковано правильно – це пов'язано з особливостями чисельної обробки даних програмним забезпеченням рефлектометрів.
Gainer	Посилення сигналу, що здається, негативні втрати, сходінка вгору на рефлектограмі	Викликається стикуванням волокон з різним діаметром модової плями, різними коефіцієнтами зворотного розсіювання, варіаціями у числових апертурах. Дивись рис. 2.8. Найчастіша причина – зварювання волокон із меншим та більшим діаметрами. При вимірі у зустрічному напрямку подія трактуватиметься як оптичні втрати. Якщо точка посилення ідентифікована як конекторне з'єднання, видається повідомлення про подію, що відбиває, з негативними втратами.
Loss, Loss Event, Splice Loss	Оптичні втрати. Може характеризуватися малою часткою відбитого випромінювання або поєднувати в собі втрати з відбиттям.	Подія втрат без відбиття може являти собою зварне муфтове з'єднання (див. рис. 2.9), згин або конекторне з'єднання APC. Конекторне з'єднання зі стандартним поліруванням зазвичай призводить і до втрат, і до відбиття частини випромінювання у зворотному напрямку, тому воно класифікується як неоднорідність, що відбиває (Reflection, див. нижче). Якщо втрати на більшій довжині хвилі перевищують втрати на меншій довжині хвилі, як правило, йдеться про вигин волокна – це найбільш надійний спосіб ідентифікувати макровигин (Рис. 2.10). При подачі в сегмент вузьких імпульсів деякі події втрат можуть трактуватися рефлектометром як події відбиття.

Мертві зони в рефлектометрії поділяють на мертві зони за подіями та мертві зони загасання. При отриманні достатньо потужного випромінювання, відбитого від оптичного роз'єму або торця волокна, фотоприймач насичується. Для звільнення р-п переходу від накопиченого заряду потрібен певний час, протягом якого фотоприймач "сліпий" і не може виявляти події або, у кращому випадку, розпізнає їх як приховані. При великій потужності лазерного діода до насичення фотоприймача може призвести навіть релеєвське розсіювання випромінювання на початку волокна. У специфікаціях на рефлектометри виробники вказують довжину мертвих зон за подіями та мертвих зон загасання для різних довжин хвиль. У сучасних приладах вони становлять метри або кілька десятків сантиметрів (виміряні з використанням найкоротшого зондувального імпульсу). За інших рівних умов, чим менша довжина хвилі і ширина імпульсу, тим коротше мертва зона, тому частина подій, особливо розташованих близько до рефлектометру, можна виявити, зменшивши ширину імпульсу в ручному режимі.

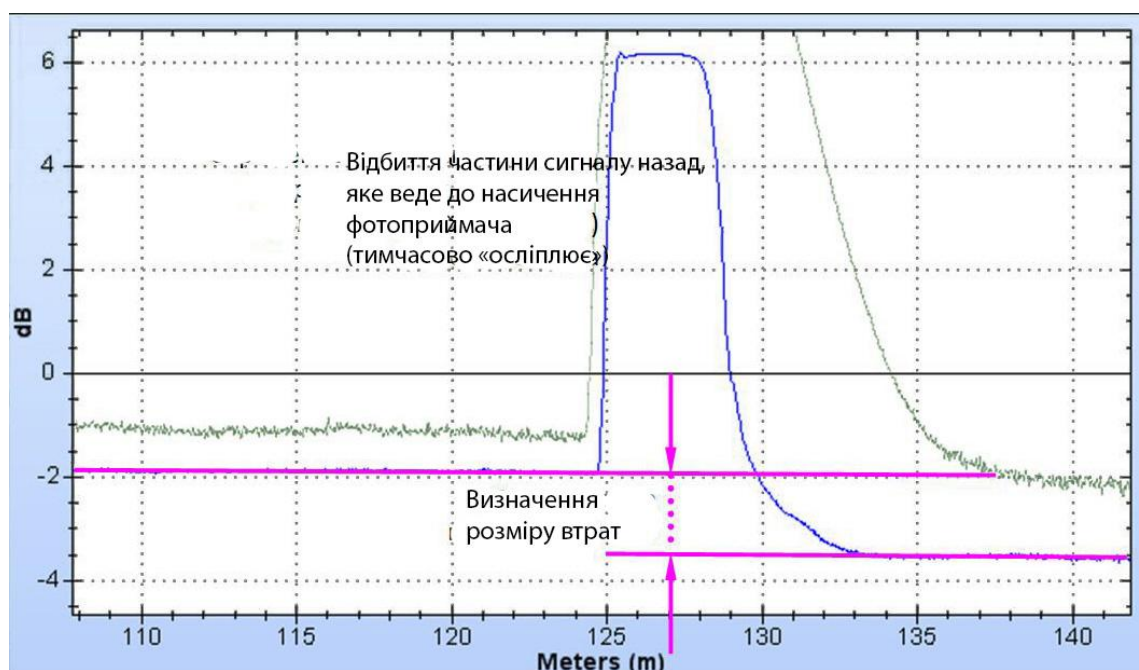
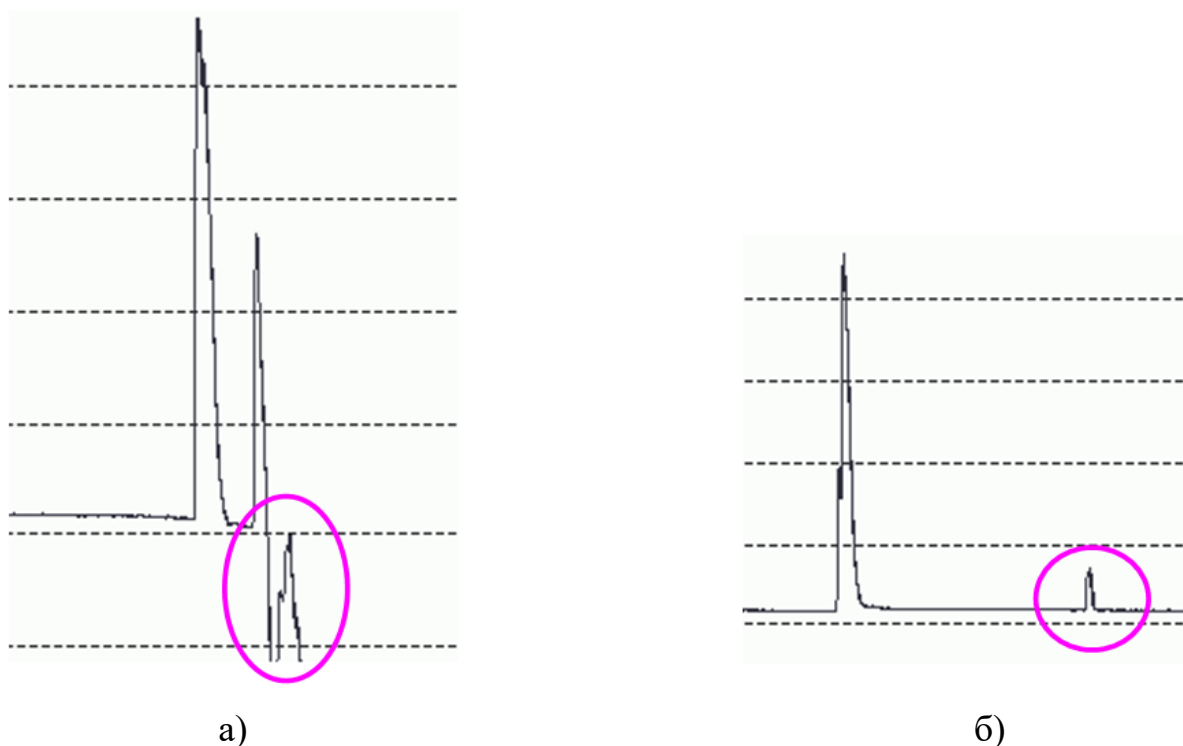


Рисунок 2.6 – Конекторне з'єднання: оптичні втрати у поєднанні з відбиттям



а)

б)

а - хибна подія після кінця сегмента;

б - результат перевідбиття в середині сегмента

Рисунок 2.7 – Приклади "фантомів"

Однак іноді елементи ВОЛЗ розташовані так близько один до одного, що єдиний спосіб достовірно розпізнати приховану подію – зняти рефлектограму з протилежного кінця сегмента. При знятті рефлектограми в протилежних напрямках можна зробити усереднення втрат для події та отримати справжнє значення втрат у цій точці. Якщо "посилення" суттєве, необхідно перевірити параметри стикованих волокон і, можливо, замінити ділянки з невідповідними характеристиками.

Ідентифікація макровигину (див. рис. 2.10): втрати на коротких хвилях (темний графік знято на 1310 нм) істотно менше, ніж втрати на довгих хвилях (червоний графік, 1550 нм). Ця невідбиваюча подія трактується як макровигин, а не муфта.

Рефлектометр виводить користувачу покращений малюнок, позбавлений безлічі деталей, які б ускладнили сприйняття. Але іноді сам алгоритм обробки призводить до неправильного трактування подій, особливо в автоматичному режимі роботи. Про це потрібно пам'ятати при інтерпретації результатів, а за необхідності відмовлятися від автоматичного режиму та переходити на ручний.

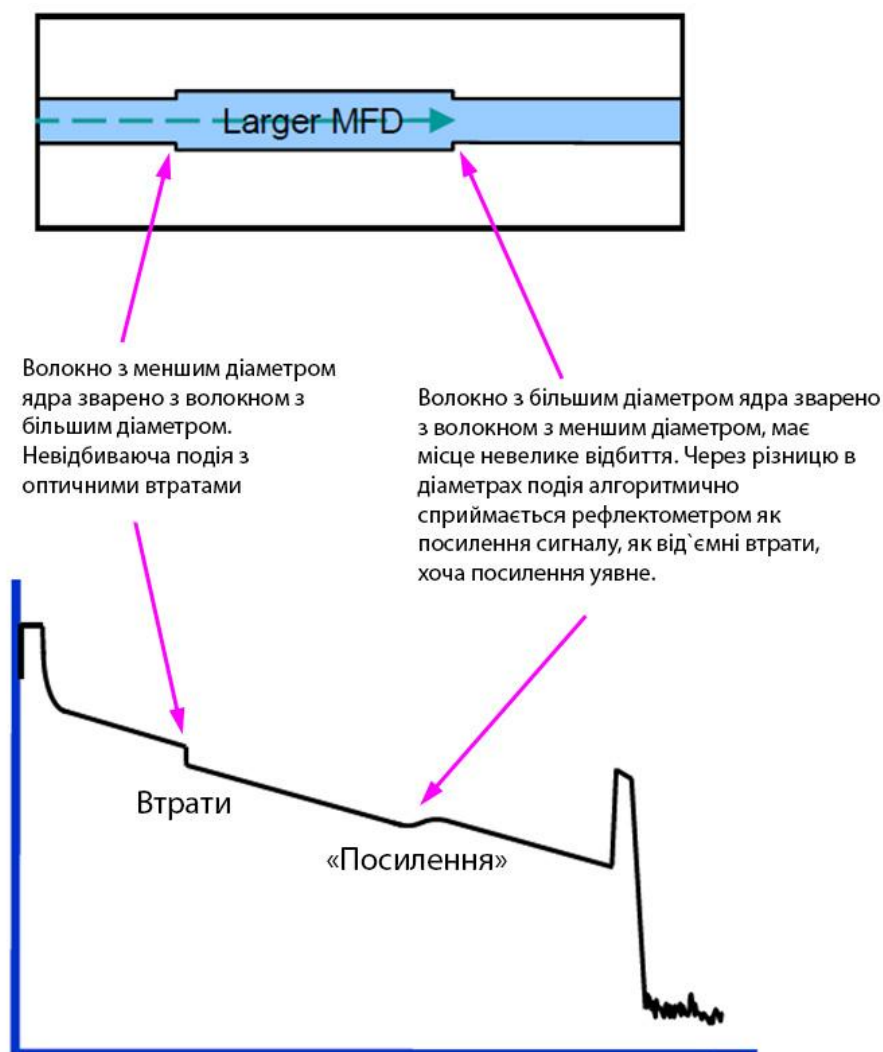


Рисунок 2.8 – Уявне посилення сигналу на рефлектограмі,
і причини його виникнення

У будь-якому випадку потрібно дотримуватися всіх рекомендованих виробником процедур. Одна з них – застосування волокна підключення (узгоджувальної котушки) та волокна прийому.

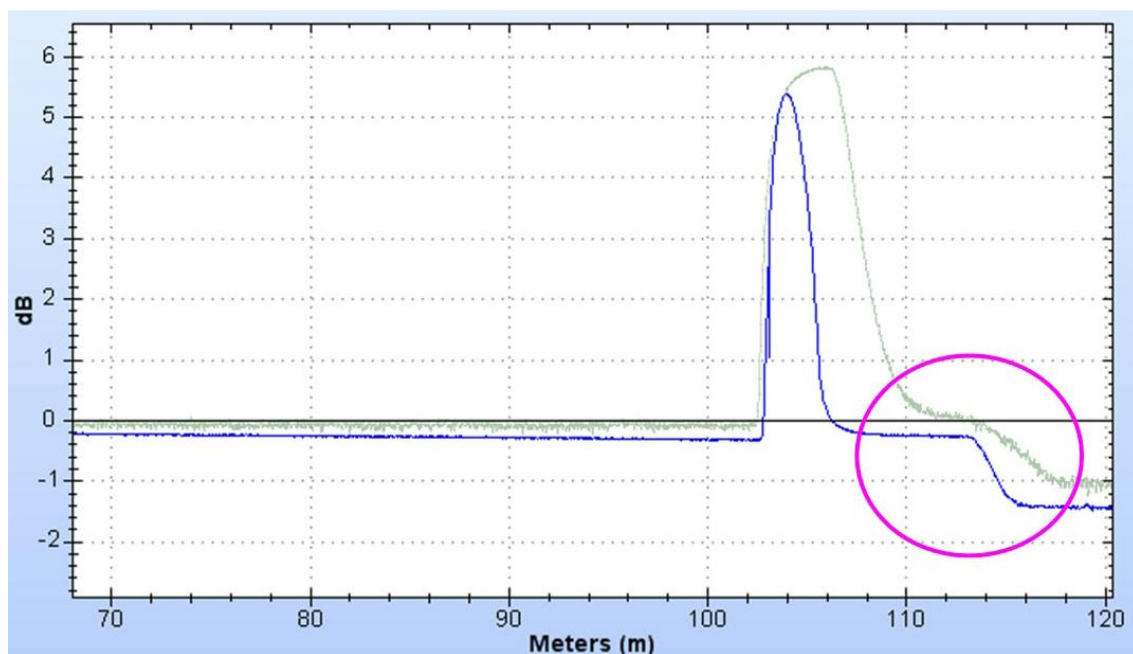


Рисунок 2.9 – Оптичні втрати в чистому вигляді (невідбиваюча подія) –
наприклад, зварне муфтове з'єднання



Рисунок 2.10 – Невідбиваюча подія - макровигин

3 МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ВИМІРЮВАНЬ ПАРАМЕТРІВ ОПТИЧНОГО ВОЛОКНА ТА ДІАГНОСТИКИ СТАНУ ВОЛЗ ЗА ДОПОМОГОЮ РЕФЛЕКТОМЕТРА EXFO AXS-100

3.1 Рефлектометр EXFO AXS-100 та його основні характеристики

Оптичні рефлектометри AXS-100 вироблялись канадським виробником вимірювального обладнання для електронних комунікаційних мереж EXFO та позиціонувалося як відносно недороге та якісне рішення для вимірювання характеристик мереж доступу, СКС та PON/FTTx мереж.

Основні характеристики оптичного рефлектометра AXS-100.

Тип волокна: одномодове оптичне волокно; довжина хвилі: 1310 нм та 1550 нм; динамічний діапазон: 29 дБ.

«Мертва зона» за подіями: 2,5 м.

Дальність роботи на реальному оптичному тракті: до 70 км.

Кількість точок на рефлектограмі: до 30 000.

Рефлектометр AXS-100 може бути оснащений візуальним дефектоскопом (опція VFL) та вбудованим вимірювачем оптичної потужності (опція PM2X). Є можливість підключити відеомікроскоп FIP-400 (опція FP4S).

Пам'ять оптичного рефлектометра: 500 рефлектограм.

Час автономної роботи до зарядки: до восьми годин.

Інтерфейс: USB.

Маса приладу: 1,0 кг.

Габарити: 250 x 125 x 75 мм.

Робоча температура рефлектометра AXS-100: від -18 до +50°C.

На рис. 3.1 та рис. 3.2 зображено зовнішній вигляд рефлектометра та його основні елементи.

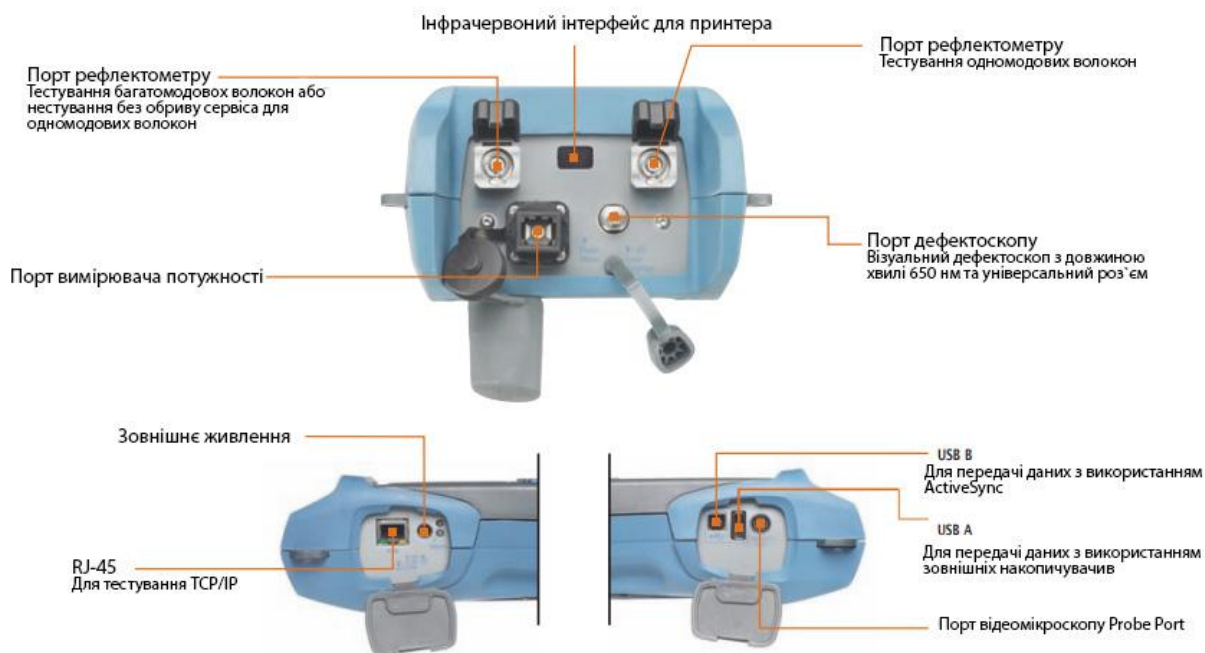


Рисунок 3.1 – Інтерфейси та роз'єми рефлектометра EXFO AXS-100



Рисунок 3.2 – Основні елементи керування рефлектометра EXFO AXS-100

3.2 Методика виконання вимірювань

Оптичні конектори на ВОЛЗ та на вимірювальному обладнанні для оптичних мереж необхідно утримувати в чистоті. Діаметр серцевини волокна становить близько 9 мкм. Через це неозброєним оком побачити забруднення неможливо, але треба пам'ятати, що завжди присутні забруднення. В будь-якому випадку на торці фєрули будуть забруднення, хоч роз'єм старий чи новий. Забруднення впливають на точність вимірювань. Величина оптичних втрат, які можуть вносити «забруднені» роз'єми, може коливатися в широких межах і сягати декількох дБ. Для очистки робочих поверхонь волокна необхідно протерти конектори на вимірюваному оптичному волокні та рефлектометрі (якщо використовується узгоджувальна котушка, то протерти й її конектори) за допомогою безворсової серветки змоченою в спирті. Після того, як протерли вологою серветкою робочу поверхню конектора, необхідно протерти сухою серветкою для усунення розводів на поверхні.

Для отримання результатів вимірювань (в нашому випадку це рефлекторами та список подій на ВОЛЗ) необхідно до порту рефлектометру (див. рис. 3.2) підключити волокно, яке необхідно виміряти. Перед включенням волокна в порт для заміру необхідно впевнитись за допомогою вимірювача потужності, що в лінію не подаються сигнал (перевірити, що лінія не активна), для запобігання пошкодження фотоприймача рефлектометру.

Якщо замір проводиться для сертифікації волокна, то потрібно між портом рефлектометру та волокном включити узгоджувальну котушку, для виключення мертвої зони рефлектометру, яка складає 2,5 м. Для пошуку проблеми на лінії, якщо відомо, що пошкодження не в місці заміру, узгоджувальну котушку можна не використовувати.

Після підключення волокна до рефлектометру необхідно включити кнопку FastTrace для початку вимірювань. Якщо в автоматичному режимі не буде отримано якісну картинку для аналізу, то через меню рефлектометра можна

налаштувати вручну довжину траси (можна отримати з документації на лінію), тривалість імпульсу заміру та тривалість самого заміру, керуючись рекомендаціями з розділу 2 цієї роботи.

Після отримання результату можна зробити аналіз, використовуючи таблицю 2.2 для трактування подій на лінію, яку заміряли, та зробити висновки щодо придатності волокна для користування.

3.3 Діагностика стану ВОЛЗ за запропонованою методикою вимірювань

В жовтні 2023 року під час проходження стажування в ТОВ «ТВОЙ НЕТ» мною за допомогою рефлектометру з використанням запровадженої методики було проведено вимірювання 12 оптичних волокон. Вимірювання проводились на новій побудованій ВОЛЗ між селами Мар'ївка та Смоляне Запорізького району. Для будівництва було використано 12 волоконний оптичний кабель для укладання в ґрунт виробництва ПАТ «ЗАВОД ПІВДЕНКАБЕЛЬ» ОЦБГП-12А1 1.5 кН та для підвісу на опори ОЦПс-12А1 1,5 кН ТУ У 31.3-00214534-050:2005. Під час вимірювань було отримано рефлекторами оптичних волокон для отримання висновків про придатність нової ВОЛЗ для експлуатації та прийняття рішення про ввід в експлуатацію нової лінії зв'язку на підприємстві.

Вимірювання проводились на двох довжинах хвилі 1310 та 1550 нм з наступними налаштуваннями рефлектометру: довжина лінії – 15 км; тривалість вимірювання – 30 с; імпульс – 100 нс.

На рис. 3.3 – 3.14 наведені отримані під час вимірювань рефлекторами.

Оптична довжина склала 11223 м. Оптичні втрати на один кілометр склали від 0,326 до 0,347 дБ/км для довжини хвилі 1310 нм, та в діапазоні 0,193 - 0,196 дБ/км для довжини хвилі 1550 нм. Результати вимірювань по кожному волокну було внесено в Паспорт на цифровий тракт (Додаток А).

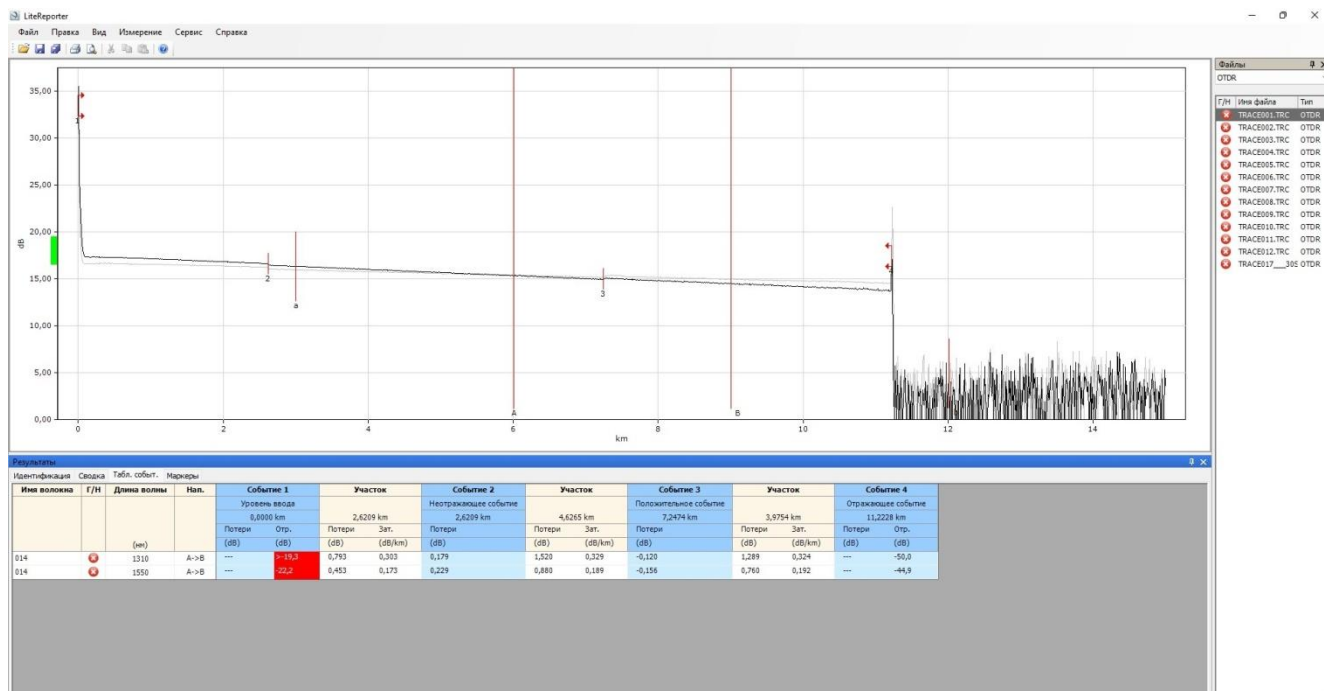


Рисунок 3.3 – Рефлектограмма волокна №1 ВОЛЗ Мар`ївка – Смоляне

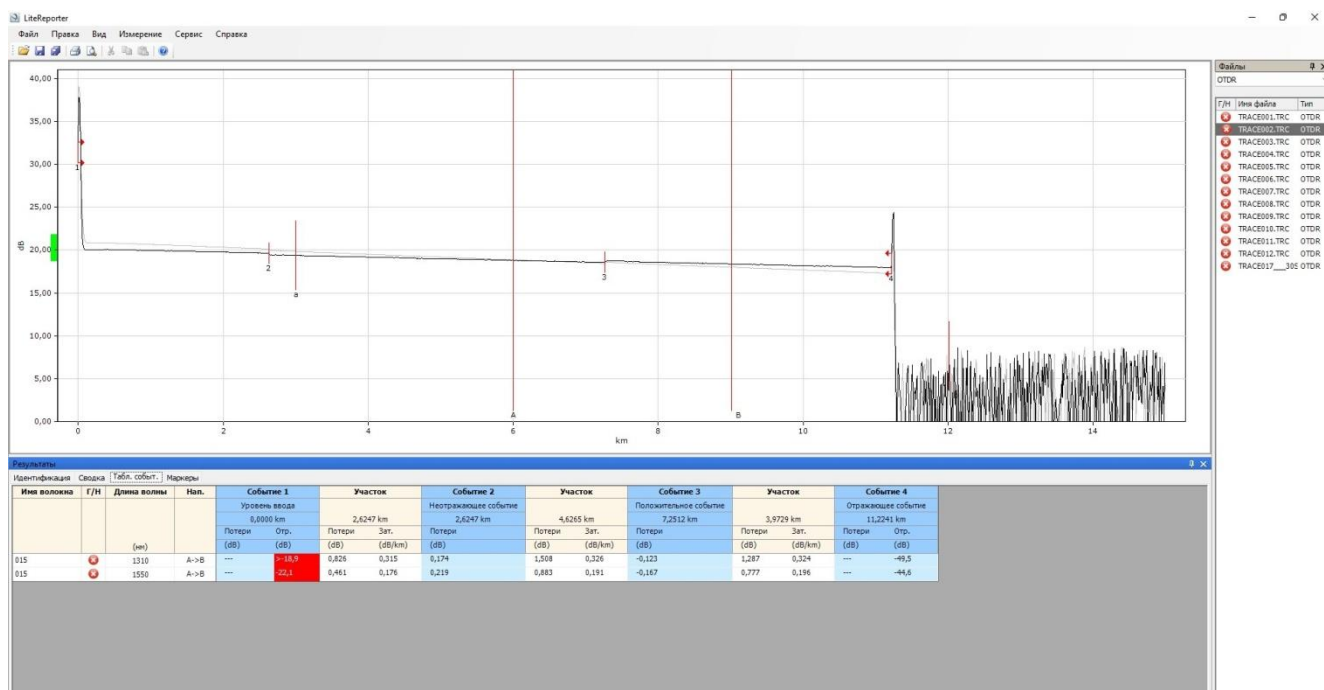


Рисунок 3.4 – Рефлектограмма волокна №2 ВОЛЗ Мар`ївка – Смоляне

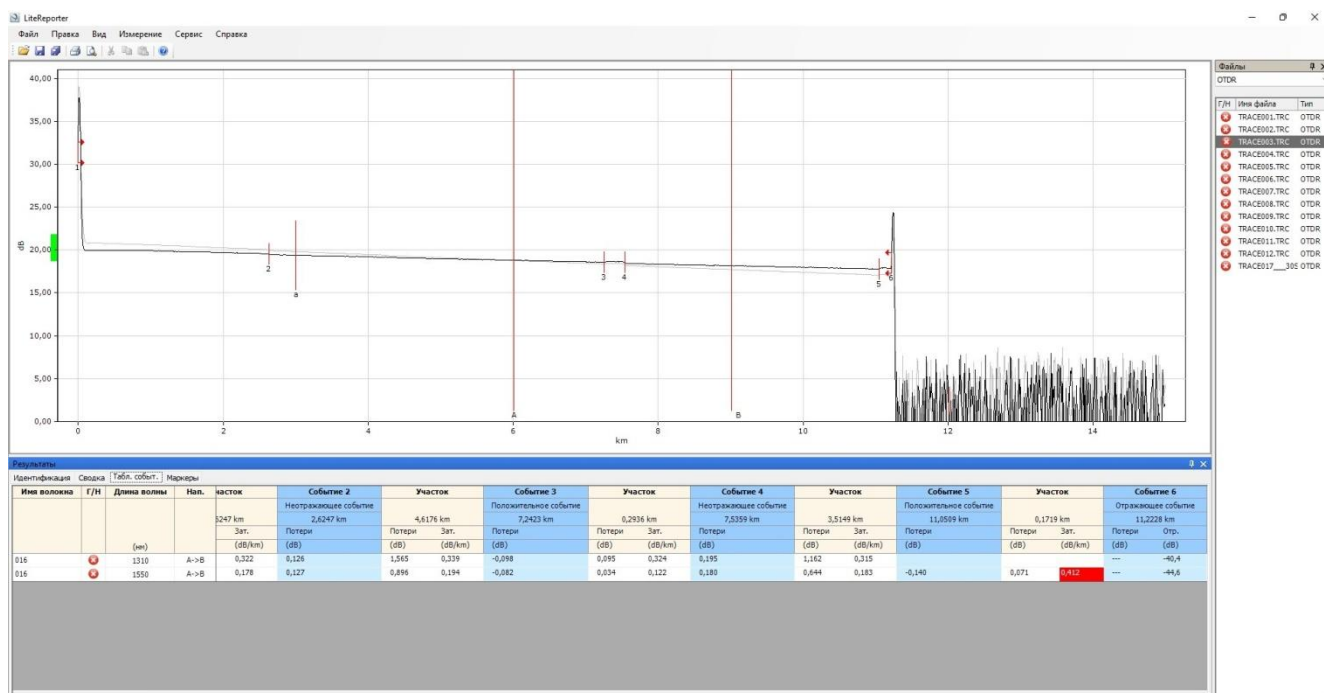


Рисунок 3.5 – Рефлектограмма волокна №3 ВОЛЗ Мар`ївка – Смоляне

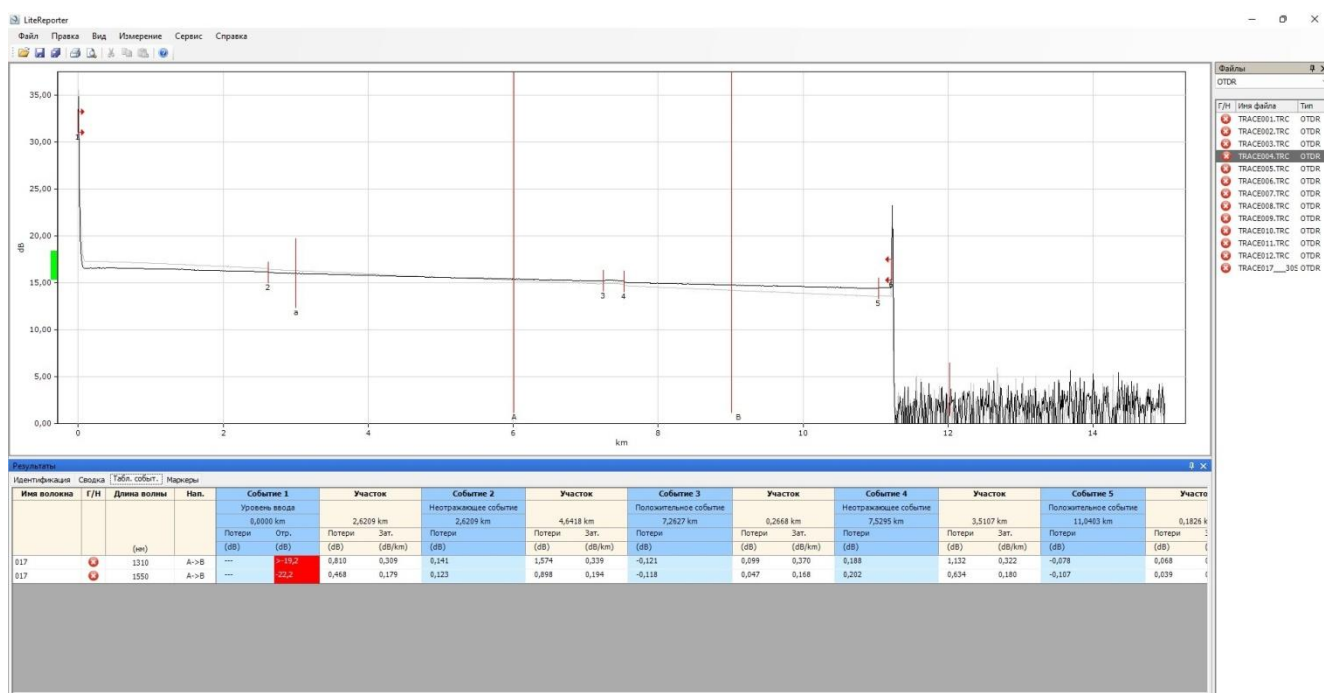


Рисунок 3.6 – Рефлектограмма волокна №4 ВОЛЗ Мар`ївка – Смоляне

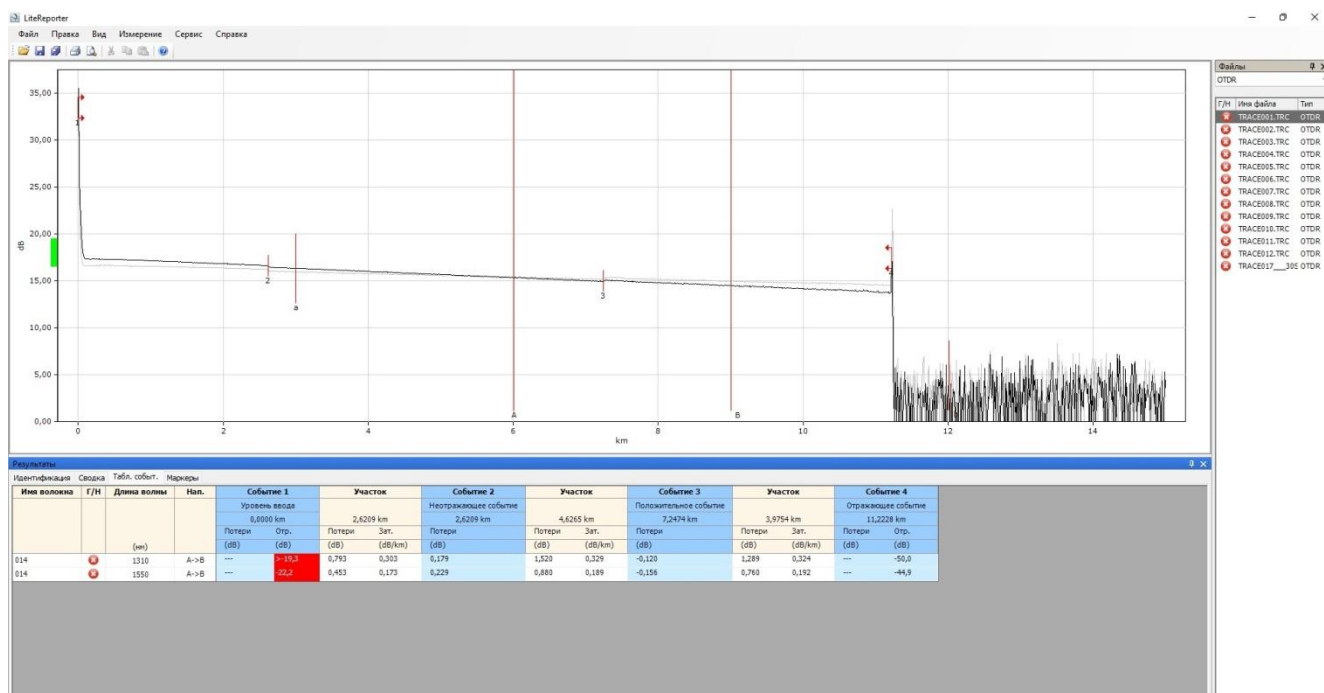


Рисунок 3.7 – Рефлектограма волокна №5 ВОЛЗ Мар'ївка – Смоляне

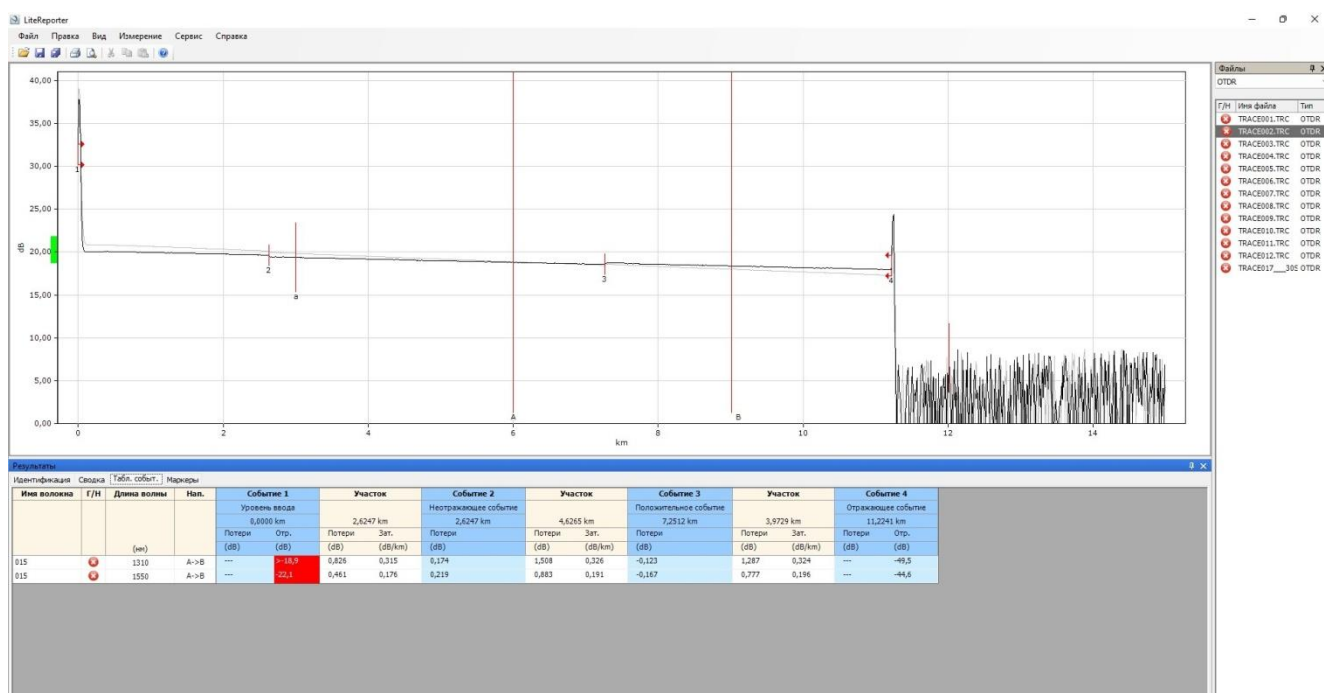


Рисунок 3.8 – Рефлектограма волокна №6 ВОЛЗ Мар'ївка – Смоляне

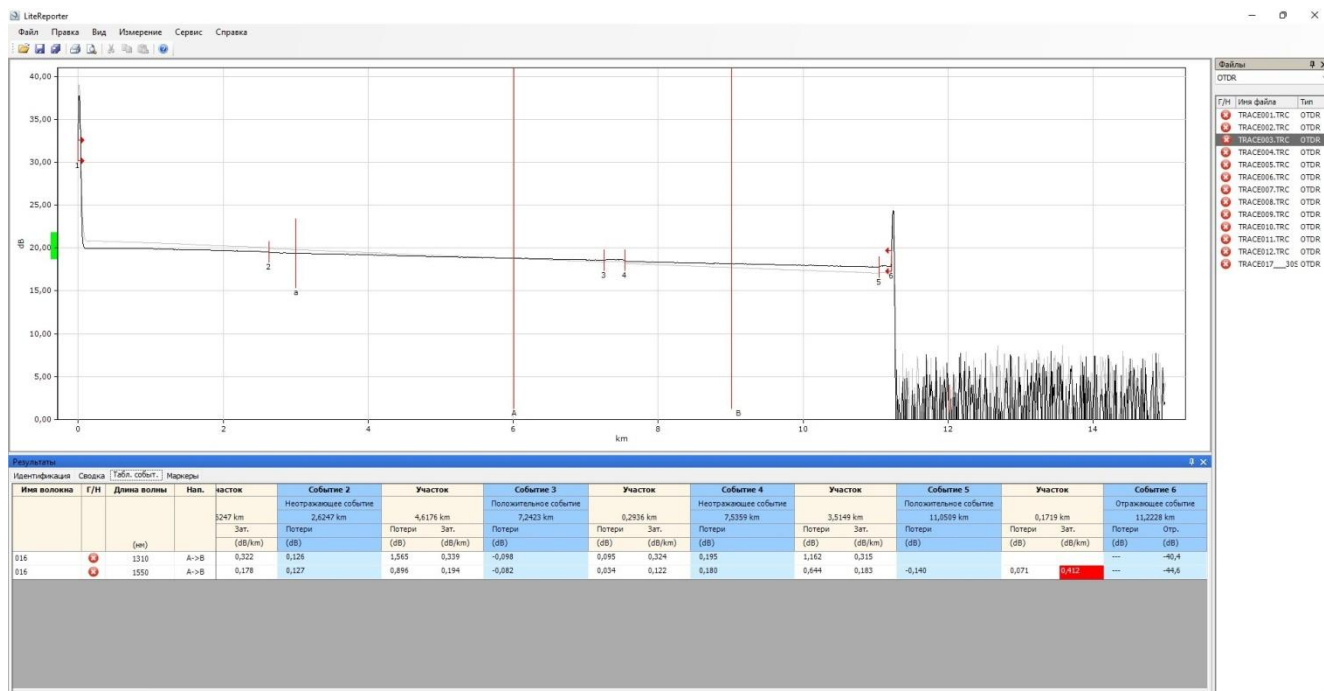


Рисунок 3.9 – Рефлектограмма волокна №7 ВОЛЗ Мар`ївка – Смоляне

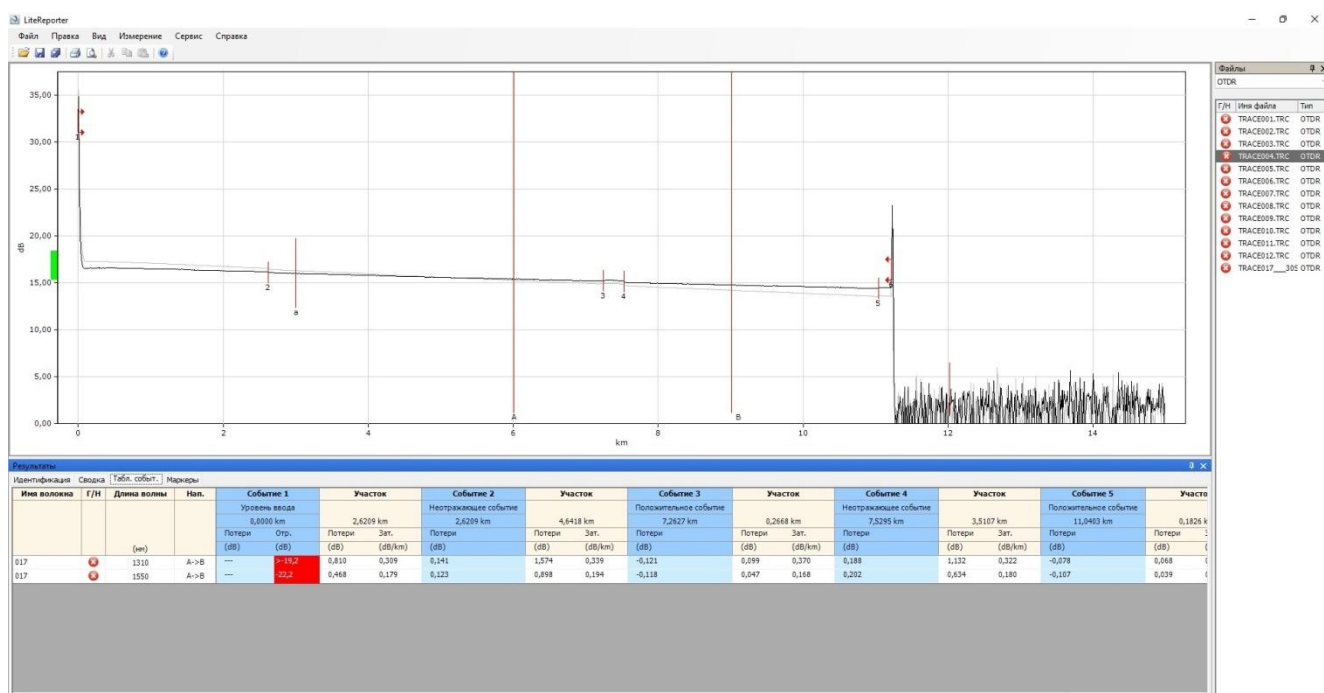


Рисунок 3.10 – Рефлектограмма волокна №8 ВОЛЗ Мар`ївка – Смоляне

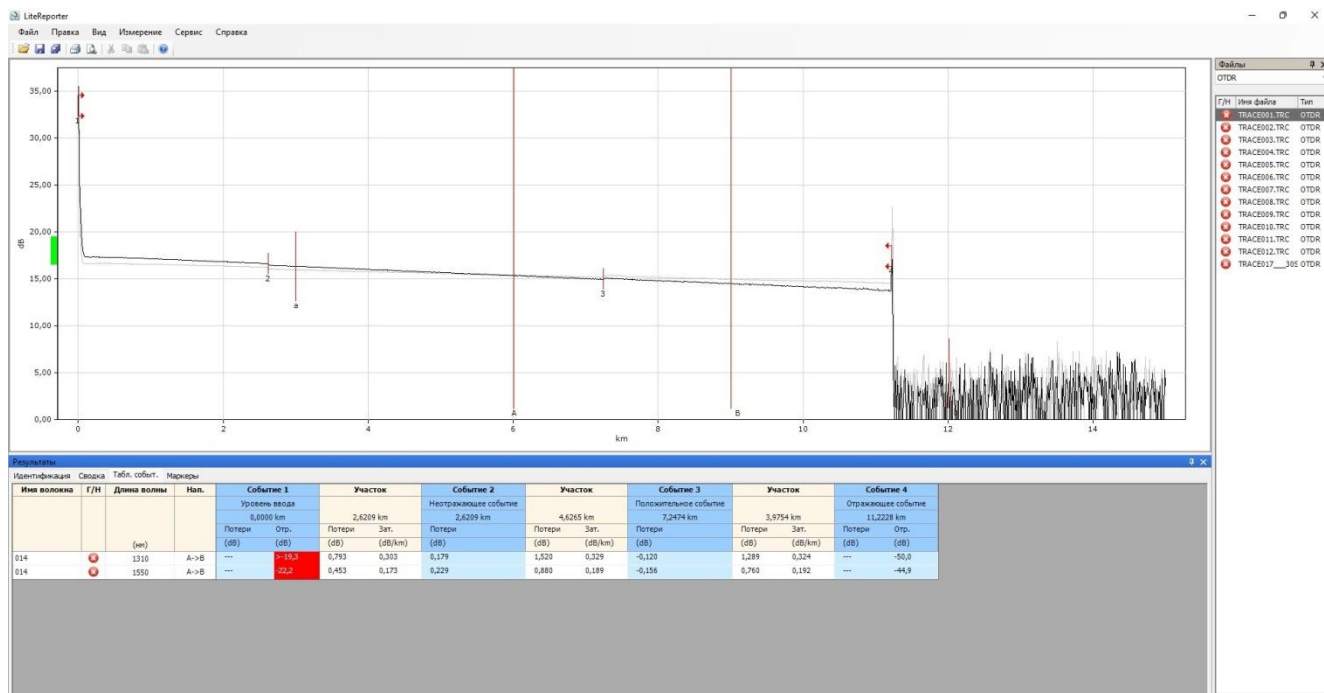


Рисунок 3.11 – Рефлектограмма волокна №9 ВОЛЗ Мар`ївка – Смоляне

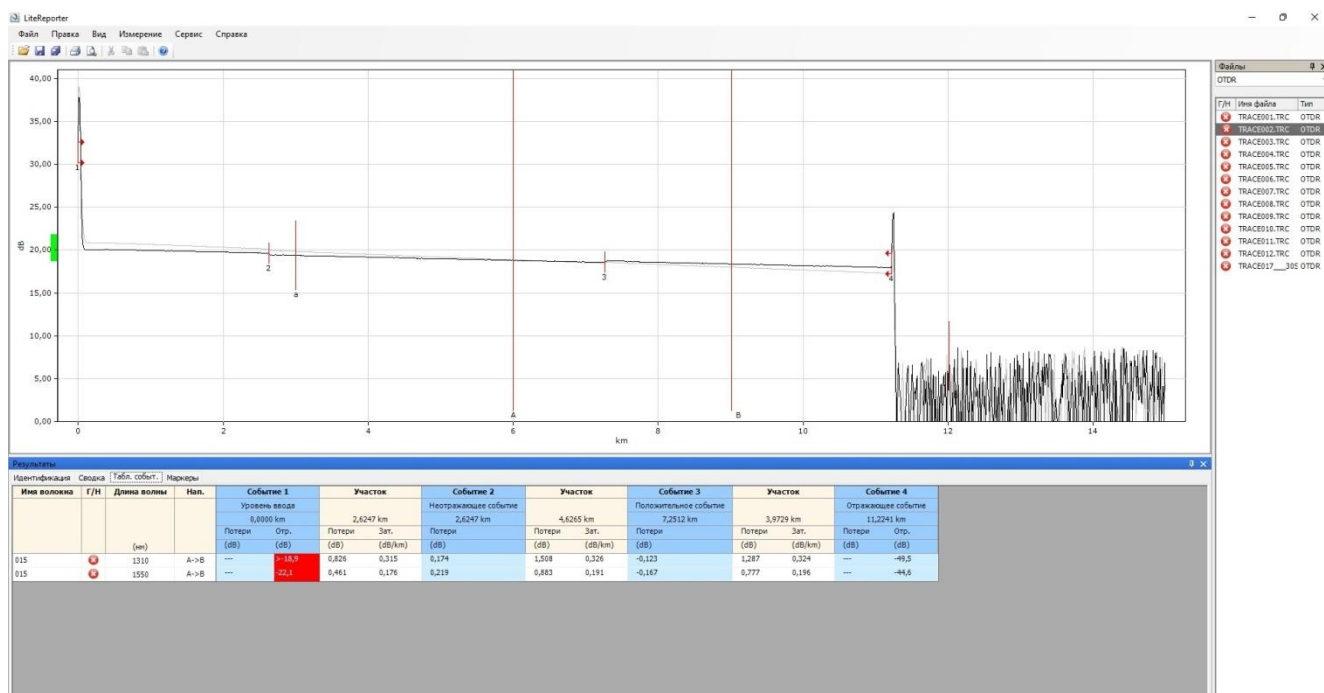


Рисунок 3.12 – Рефлектограмма волокна №10 ВОЛЗ Мар`ївка – Смоляне

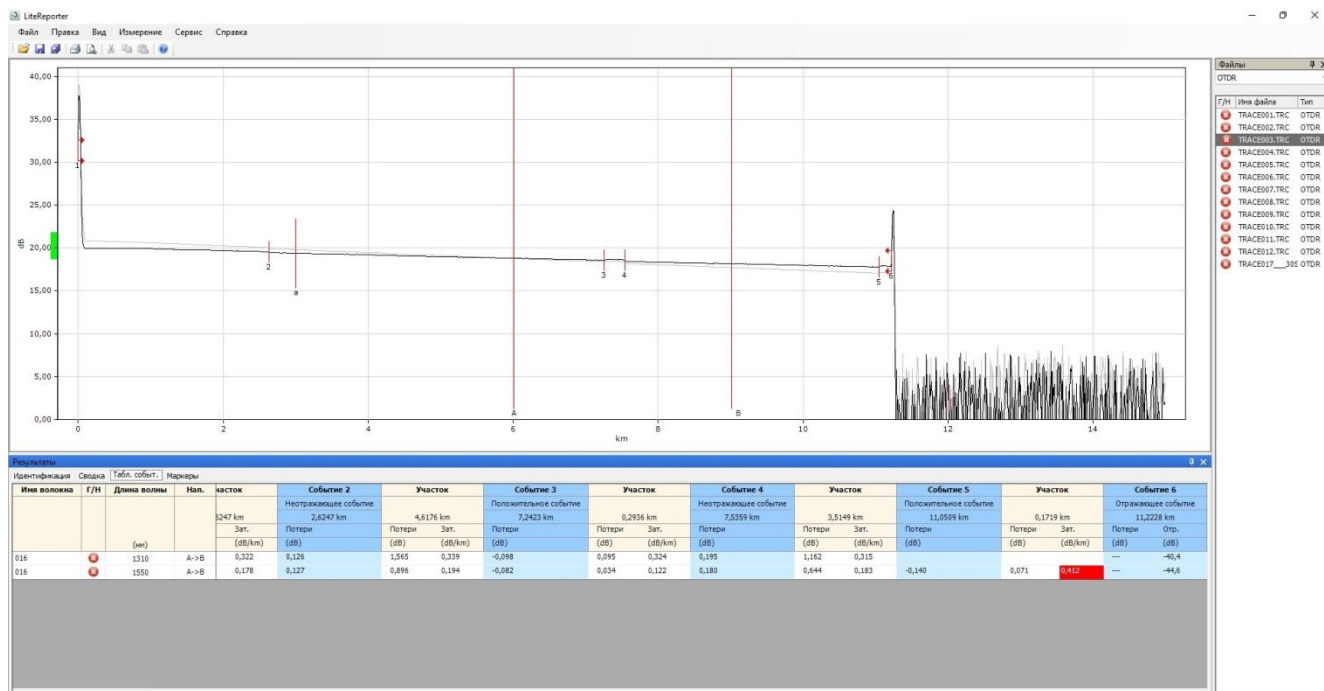


Рисунок 3.13 – Рефлектограмма волокна №11 ВОЛЗ Мар`ївка – Смоляне

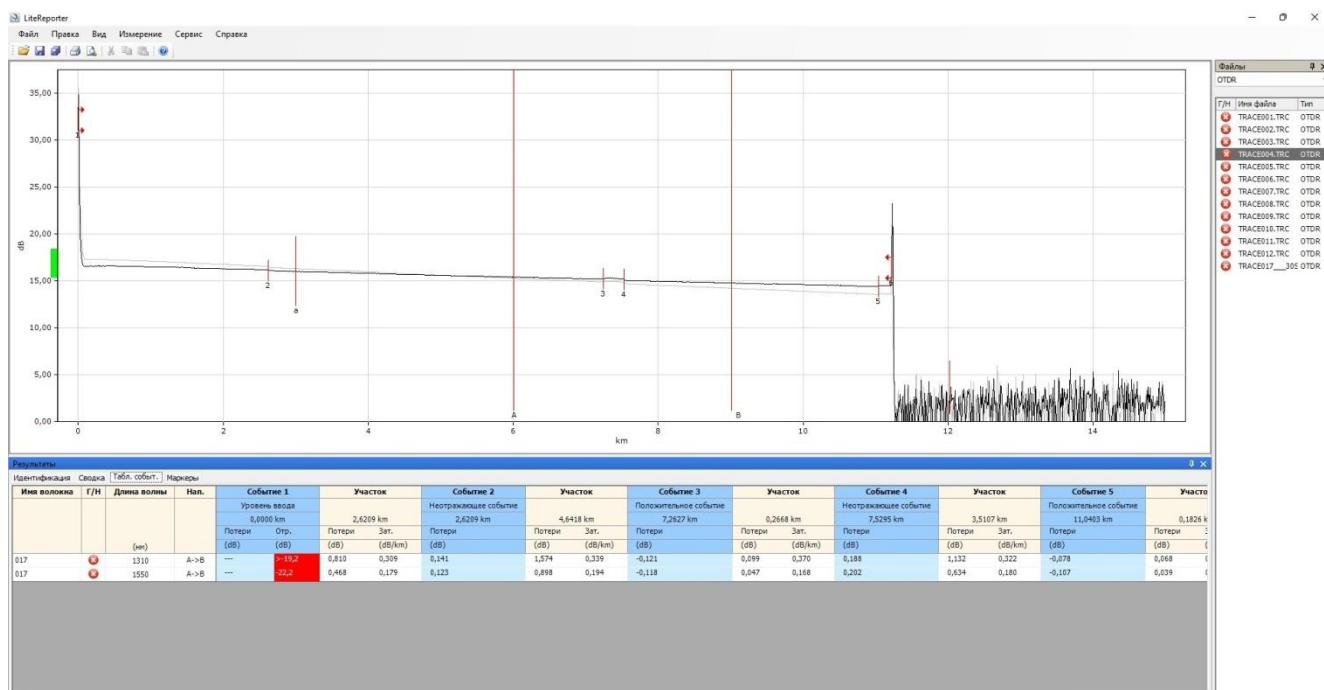


Рисунок 3.14 – Рефлектограмма волокна №12 ВОЛЗ Мар`ївка – Смоляне

ВИСНОВКИ

Проведений аналіз ІС забезпечення якості ЕКП ТОВ «ТВОЙ НЕТ» дозволяє зробити наступні висновки. На підприємстві ведеться технічна документація на всі ВОЛЗ постачальника ЕКП з зазначенням початкових сигналів та подій на кожному волокні після введення в експлуатацію, але в подальшому вимірювання на оптичних волокнах проводились лише у випадку аварії (внаслідок вандалізму чи спричинених через негоду), або при погіршенні якості зв'язку. Випадки погіршення якості зв'язку в ТОВ «ТВОЙ НЕТ» виявляються в автоматичному режимі на ВОЛЗ завдяки постійному моніторингу за допомогою програмного комплексу PRTG Network Monitor за допомогою датчиків на активному обладнанні. В мережі постачальника ЕКП присутнє резервування багатьох ВОЛЗ з автоматичним перемиканням на РЛЗ, що дозволяє уникати обриву сервісів. Компанія володіє різним вимірювальним обладнанням (від джерел видимого лазерного випромінювання до рефлектометрів) для контролю якості оптичних мереж.

Впроваджена методика вимірювання параметрів оптичного волокна з запропонованими змінами. Запропоновано для вчасного діагностування погіршення якості оптичного волокна (збільшення оптичних втрат) після введення в експлуатацію нових ВОЛЗ в паспорт на цифровий тракт внести додаткові графі до результатів вимірювань в які вносити зміни кожні 5 років експлуатації ВОЛЗ. Під час стажування були проведені вимірювання на 12 волокнах нової ВОЛЗ між селами Мар'ївка та Смоляне за впровадженою методикою для складання Паспорту на цифровий тракт за допомогою рефлектометра EXFO AXS-100. На основі отриманих рефлекторам оптичні втрати на один кілометр склали від 0,326 до 0,347 дБ/км для довжини хвилі 1310 нм, та в діапазоні 0,193 - 0,196 дБ/км для довжини хвилі 1550 нм, що дало підстави вважати оптичні волокна придатними для експлуатації.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Сайт Верховної ради України, розділ Про електронні комунікації [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1089-20#Text> (дата звернення 15.09.2023)
2. ДСТУ 2681—94. Державна система забезпечення єдності вимірювань. Метрологія. Терміни та визначення / . – К.: СМП «Аверс», 1994. – 68 с
3. Сайт компанії ДЕПС, розділ Вимірювання в оптичних кабельних мережах [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://deps.ua/ua/knowegable-base/articles/vymir-v-opticheskikh-kabelnyih-setyah.html> (дата звернення 19.09.2023)
4. Сайт компанії Softinventive Lab, розділ Топ 10 кращих програм для моніторингу мереж у 2023 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.softinventive.com.ua/best-network-monitoring-tools> (дата звернення 20.09.2023)
5. Сайт myservername.com, розділ 15 найкращих інструментів мережевого сканування (мережевий та IP-сканер) 2021 року [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uk.myservername.com/15-best-network-scanning-tools-network> (дата звернення 20.09.2023)
6. Сайт компанії NTEMA, розділ Функція DDM в SFP / SFP+ модулях [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ntema.com.ua/uk/article/ddm-funkciya-v-sfp-sfp-modulyah> (дата звернення 20.09.2023)
7. Воробієнко, П.П. Телекомунікаційні та інформаційні мережі : Підручник для вищих навчальних закладів / Воробієнко П.П., Нікітюк Л.А., Резніченко П.І. – К.: САММІТ-Книга, 2010. – 708 с.
8. Сайт компанії EServer, розділ Рефлектометр – влаштування, принцип дії та базові налаштування [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://e-server.com.ua/uk/poradi/optichnij-reflektometr-vlashtuvannja-princip-dii-ta-bazovi-nalashtuvannja> (дата звернення 20.09.2023)
9. Технічний паспорт до рефлектометра EXFO AXS-100.

10. Сайт компанії ДЕПС, розділ Оптичні рефлектометри OTDR [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://deps.ua/ua/katalog/optical-reflectometers-otdr.html> (дата звернення 20.09.2023)

11. Манько, О.О. Вимоги до надійності ВОЛЗ на етапі впровадження технологій зі спектральним розділенням каналів / О. О. Манько, К. О. Ніколов, О. М. Скубак – Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. - 2014. - № 2. - С. 47-50.

12. Сайт компанії ПАТ «ЗАВОД ПІВДЕНКАБЕЛЬ», розділ Fibre – optic cables [Електронний ресурс] – Режим доступу <https://www.yuzhcable.info/cat/50/lang/en> (дата звернення 22.09.2023)

13. Сайт компанії ТОВ "СІ ЕМ ЕС", розділ Види поліровок волоконно-оптичних конекторів [Електронний ресурс] – Режим доступу <https://cms.ua/ru/articles/vidy-polirovki-volokonno-opticheskikh-konnektorov/> (дата звернення 22.09.2023)

14. Книгавко, М.В. Вимірювання згасання оптичних кабелів методичні вказівки до лабораторної роботи з дисциплін «Лінії зв'язку і автоматики», «Лінії передач» / М.В. Книгавко, К.С. Клименко – Харків: Українська державна академія залізничного транспорт, 2011. – 14 с.

15. Сайт компанії Техенком, розділ Принцип роботи оптичного рефлектометра (OTDR) [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.tehencom.com/Categories/OTDR/Principle/OTDR_Principle.htm (дата звернення 22.09.2023)

16. Сайт компанії Технології Мереж, розділ Фізичні параметри оптичних волокон [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://nettech.ua/news/fizicheskie-parametri-opticheskix-volokon> (дата звернення 22.09.2023)

17. Сайт компанії OmniLink, розділ Типи оптичного кабелю [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://omnilink.ua/ru/vidy-opticheskogo-kabelya/> (дата звернення 22.09.2023)

18. Сайт Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах ЕК, радіочастотного спектра та надання послуг поштового зв'язку (НКЕК), розділ Якість електронних комунікаційних послуг [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://nkrzi.gov.ua/index.php?r=site/index&pg=88&language=uk> (дата звернення 22.09.2023)

19. Кривоус А.С. Модель контролю якості волоконно-оптичних ліній зв'язку / Кривоус А.С., Сніжної Г.В. // Тиждень науки-2023. ФРЕТ. Збірник тез доповідей щорічної науково-практичної конференції серед студентів, викладачів, науковців, молодих учених та аспірантів. – Запоріжжя, НУ «Запорізька політехніка», 24-28 квітня 2023 р. [Електронний ресурс] / Редкол.: В.В. Наумик (відпов. ред.) та ін. Електрон. дані. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2023. – С. 29-30

20. Сайт компанії ТОВ «КАБЕЛЬ-ЦЕНТР», розділ Що таке волоконно-оптичний кабель [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://cabelcenter.com.ua/articles/chto-takoe-opticheskiy-kabel/> (дата звернення 22.09.2023)

21. Сайт компанії Шеньчжень htfuture Co., Ltd, розділ Як Вибрати Комбінацію OTDR, OLTS, OPM Та Тестового Джерела Світла? [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ua.fiber-optical-transceivers.com/info/how-to-choose-otdr-olts-opm-test-light-sou-44523683.html> (дата звернення 22.09.2023)

22. Паспорт на цифровий лінійний тракт с. Мар'ївка – Смоляне. ТОВ «ТВОЙ НЕТ» / 2023. – 7 с.

ДОДАТОК А
Паспорт на цифровий лінійний тракт

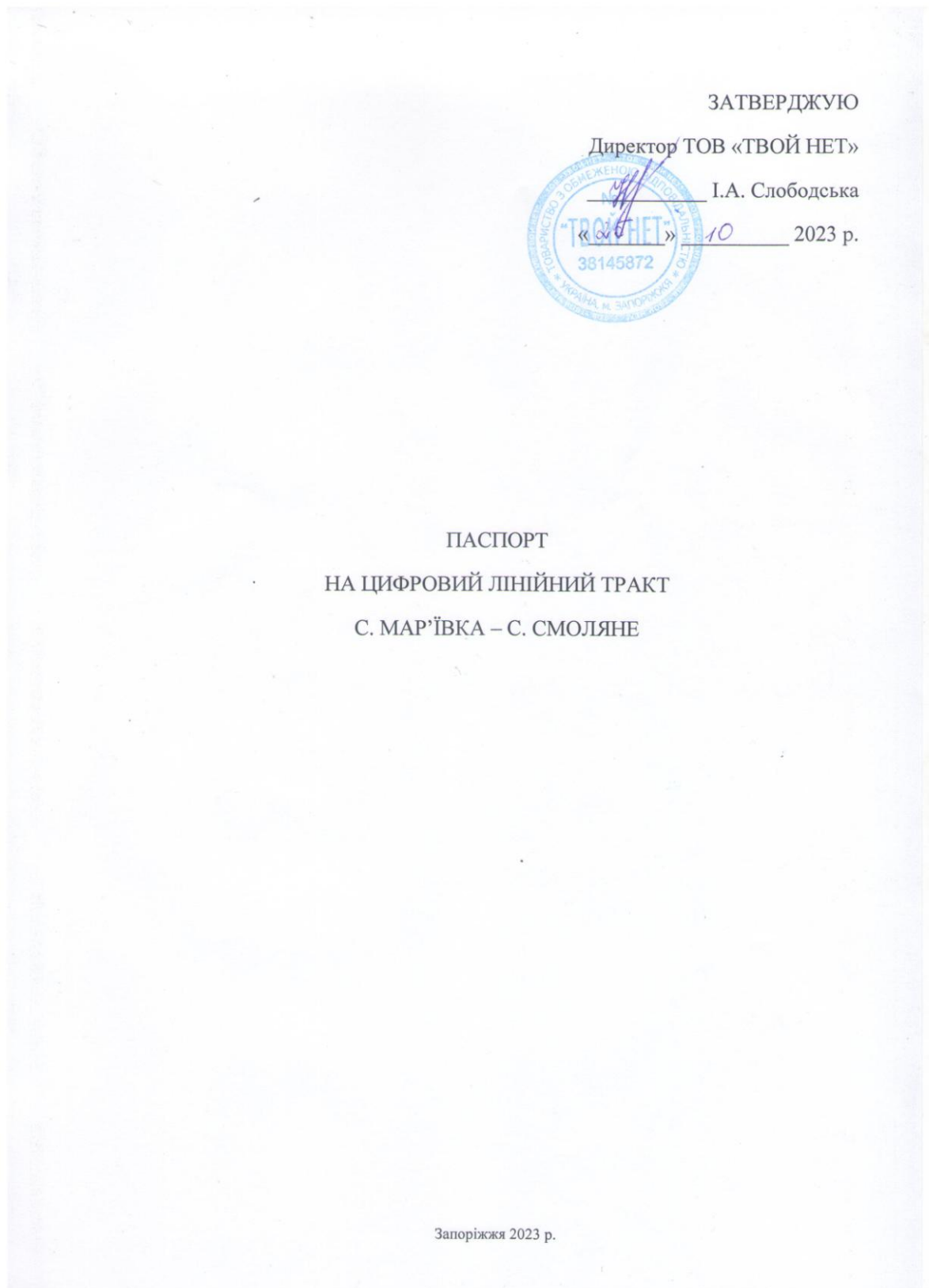


Рисунок А.1 – Зміст паспорту на цифровий тракт Мар`ївка – Смоляне

**ПАСПОРТ РЕГЕНЕРАЦІЙНОЇ ДІЛЯНКИ
ВОЛОКОННО – ОПТИЧНОЇ ЛІНІЇ ЗВ'ЯЗКУ**

Кабельна лінія : с. Мар'ївка – с. Смоляне
Регенераційна ділянка №1 (ТОВ «ТВОЙ НЕТ»)
с. Мар'ївка (ПП№1) – с. Смоляне (ПП№2)

Станція А: с. Мар'ївка (ПП№1 FOB 19/1-016-2-24)
Станція В: с. Смоляне (ПП№2 FOSS-X108/16-2-32)

Регенераційна ділянка №15 (ТОВ «ТВОЙ НЕТ»)

Довжина траси кабельної лінії	м	ОЦБГП-12А1 1,5кН	ОЦПс-12А1 1,5кН
Оптична довжина кабелю	м	8335	2886
Фізична довжина кабелю	м	8335	2886
у тому числі прокладеного			
По електроопорам	м	60	2886
У ґрунті	м	8275	-

Марка кабелю : ОЦБГП-12А1 1,5кН
Марка кабелю : ОЦПс-12А1 1,5кН
Рік прокладання : 2023 р.

Технічний директор



В. В. Макаренко

Паспорт складено: 25.10. 2023 р.

Рисунок А.2 – Зміст паспорту на цифровий тракт Мар'ївка – Смоляне

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕГЕНЕРАЦІЙНИХ ДІЛЯНОК ВОЛЗ

Кабельна лінія: с. Мар'ївка – с. Смоляне

Регенераційна ділянка №15 (ТОВ «ТВОЙ НЕТ») с. Мар'ївка (ПП№1) – с. Смоляне (ПП№2)

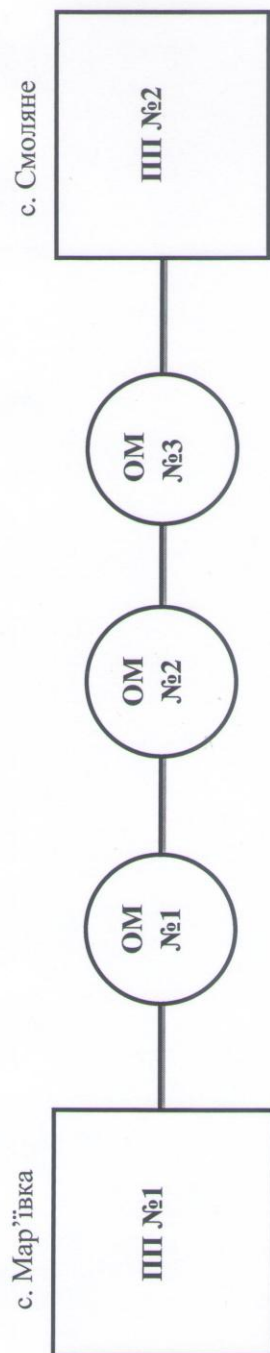
№	Найменування	с. Мар'ївка, вул. Шаслива 1	с. Мар'ївка, Понерська 1	с. Мар'ївка, Понерська 1	с. Новосергіївка центр 1	с. Новосергіївка центр 1	с. Новосергіївка центр 2	с. Новосергіївка центр 2	с. Смоляне вул. Центральна
1	Марка кабелю	ОЦПс-12А1 1,5кН		ОЦПс-12А1 1,5кН	ОЦПс-12А1 1,5кН	ОЦПс-12А1 1,5кН	ОЦПс-12А1 1,5кН	ОЦПс-12А1 1,5кН	ПП№2
2	Номер муфти	ПП№1	ОМ№1	ОМ№1	ОМ№2	ОМ№2	ОМ№3	ОМ№3	ПП№2
3	Мірні позначки ОК на вводі в муфту, м	230	2849	4	4644	2849	3115	000	3690
4	Фізична довжина кабелю, м	2619		4640		266		3689	
5	Довжина траси по електроопорам та у ґрунті	2600		4621		246		3652	
6	Оптична довжина кабелю	2620		4641		266		3692	

Технічний директор

В. В. Макаренко

Рисунок А.3 – Зміст паспорту на цифровий тракт Мар'ївка – Смоляне

СТРУКТУРНА СХЕМА ВОЛЗ



Технічний директор В. В. Макаренко

Рисунок А.4 – Зміст паспорту на цифровий тракт Мар'ївка – Смоляне

ПРОТОКОЛ ВИМІРЮВАНЬ

№ п/п	Регенераційна ділянка	Станція	Станція	Номер ОВ	Довжина волокна, м.	А-Б, дБ	
		А	Б			$\lambda=1310$ нм	$\lambda=1550$ нм
1	2	3	4	5	6	9	10
1	ПП с. Мар'ївка – с. Смоляне	с. Мар'ївка	с. Смоляне	1	11222,8	0,326	0,193
				2	11222,8	0,326	0,193
				3	11222,8	0,347	0,196
				4	11222,8	0,340	0,195
				5	11222,8	0,326	0,193
				6	11222,8	0,326	0,193
				7	11222,8	0,347	0,196
				8	11222,8	0,340	0,195
				9	11222,8	0,326	0,193
				10	11222,8	0,340	0,195
				11	11222,8	0,347	0,196
				12	11222,8	0,340	0,195

Технічний директор



В. В. Макаренко

Рисунок А.5 – Зміст паспорту на цифровий тракт Мар'ївка – Смоляне