

Основні методи моніторингу ВОЛЗ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В даній роботі розглядаються методи моніторингу та технічного обслуговування волоконно-оптичних мереж. У контексті моніторингу розглядаються два основних методи: перший ґрунтується на моніторингу вільних оптичних волокон, а другий - на моніторингу зайнятих оптичних волокон. Описуються технології та пристрої, які використовуються для проведення моніторингу, такі як оптичні рефлектометри. Зазначається важливість правильного аналізу рефлектограм та виявлення подій для ефективного управління мережею та попередження неполадок.

Ключові слова: волоконно-оптичні мережі, моніторинг, технічне обслуговування, оптичні рефлектометри, аналіз рефлектограм, ефективне управління, безпека мережі.

Abstract

This paper examines methods for monitoring and maintaining fiber-optic networks. In the context of monitoring, two main methods are considered: the first is based on monitoring free optical fibers, and the second - on monitoring occupied optical fibers. The technologies and devices used for monitoring, such as optical reflectometers, are described. The importance of proper analysis of reflectograms and event detection for effective network management and troubleshooting prevention is emphasized.

Keywords: fiber-optic networks, monitoring, maintenance, optical reflectometers, reflectogram analysis, effective management, network security.

Вступ

Для моніторингу волоконно-оптичних систем передачі (ВОСП) використовуються як вільні, так і зайняті оптичні волокна (ОВ). У першому методі здійснюється моніторинг вільних резервних ("темних") ОВ, за станом яких судять про справність всього оптичного кабелю (ОК). Контроль ОК за пасивними ОВ базується на тестуванні резервного волокна ОК (рисунок 1) оптичного рефлектометра (OTDR) на будь-якій зручній довжині хвилі ($\lambda_{\text{тест}}$).

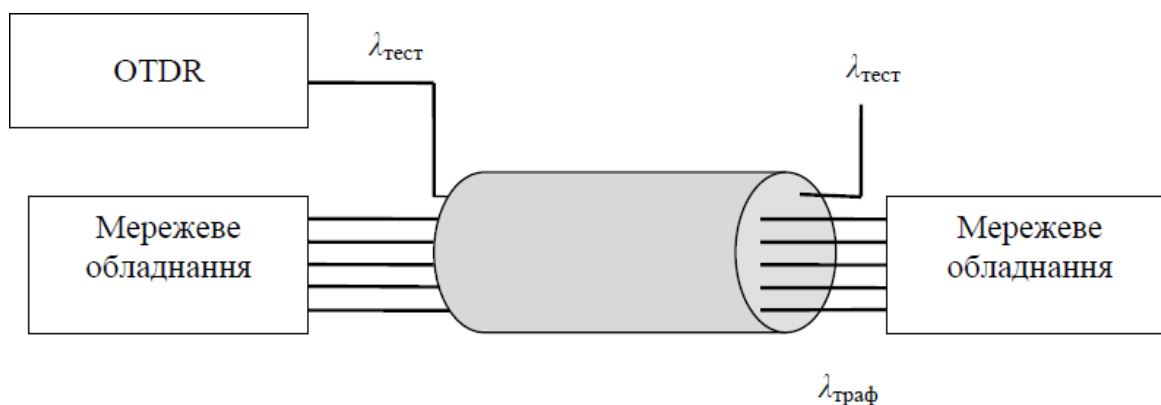


Рисунок 1 – Метод контролю ОК за допомогою резервного ОВ

Цей метод легкий у втіленні, дозволяє виявити до 90% несправностей ОК, але потребує дублювання інфраструктури контролю ОВ, яка відображає властивості всього ОК в цілому. У другому методі здійснюється моніторинг зайнятих («світлих», активних) ОВ, по яким передаються дані ВОСП. Для втілення цього методу тестування використовується робоча довжина хвилі рефлектометра, відмінна від робочої довжини хвилі систем передачі, а в схему мережі моніторингу вводиться ряд пасивних оптичних компонентів для мультиплексування і розділення інформаційних сигналів і сигналів рефлектометра.

Результати досліджень

У ВОСП може використовуватись як $\lambda_{\text{траф}} = 1310$ нм (мінімальна загальна дисперсія в ОВ), так і $\lambda_{\text{траф}} = 1550$ нм (мінімальне затухання в ОВ), а також обидві ці $\lambda_{\text{траф}}$ разом (з економічних міркувань для збільшення пропускної здатності каналів передачі даних). Тому для контролю характеристик ОВ доцільно використовувати іншу довжину хвилі, наприклад, $\lambda_{\text{тест}} = 1625$ нм, яка може бути ефективно виділена в системі моніторингу волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ) [3]. З цією метою на передавальній стороні ВОЛЗ вводяться системи спектрального ущільнення каналів (WDM), які об'єднують $\lambda_{\text{тест}}$ з $\lambda_{\text{траф}}$ мережевим обладнанням (NE), а для уникнення взаємного впливу процесів передачі даних і контролю ОВ в схему вводяться фільтри $\Phi 1$ і $\Phi 2$, які запобігають потраплянню тестувального випромінювання на входи NE ($\Phi 2$), а випромінювання передачі даних - на вхід OTDR ($\Phi 1$). Метод контролю ОК за допомогою активного ОВ зображено на рисунку 2.

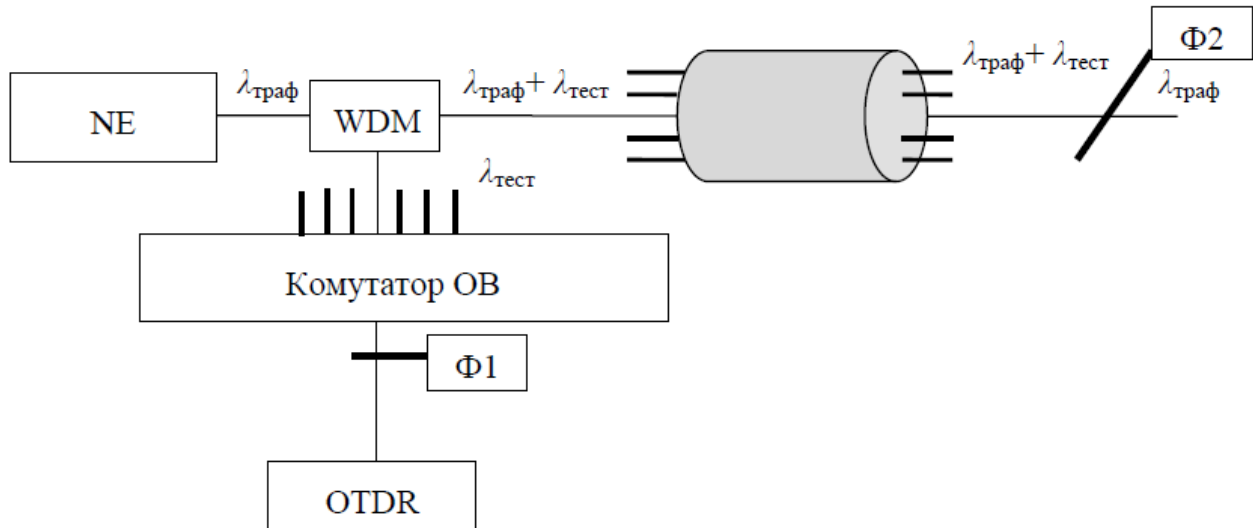


Рисунок 2 – Метод контролю ОК за допомогою активного ОВ

При наявності у ВОЛЗ регенеративних ділянок або мережевого обладнання (NE) необхідно передбачити обхід цих ділянок, як показано на рисунку 3.

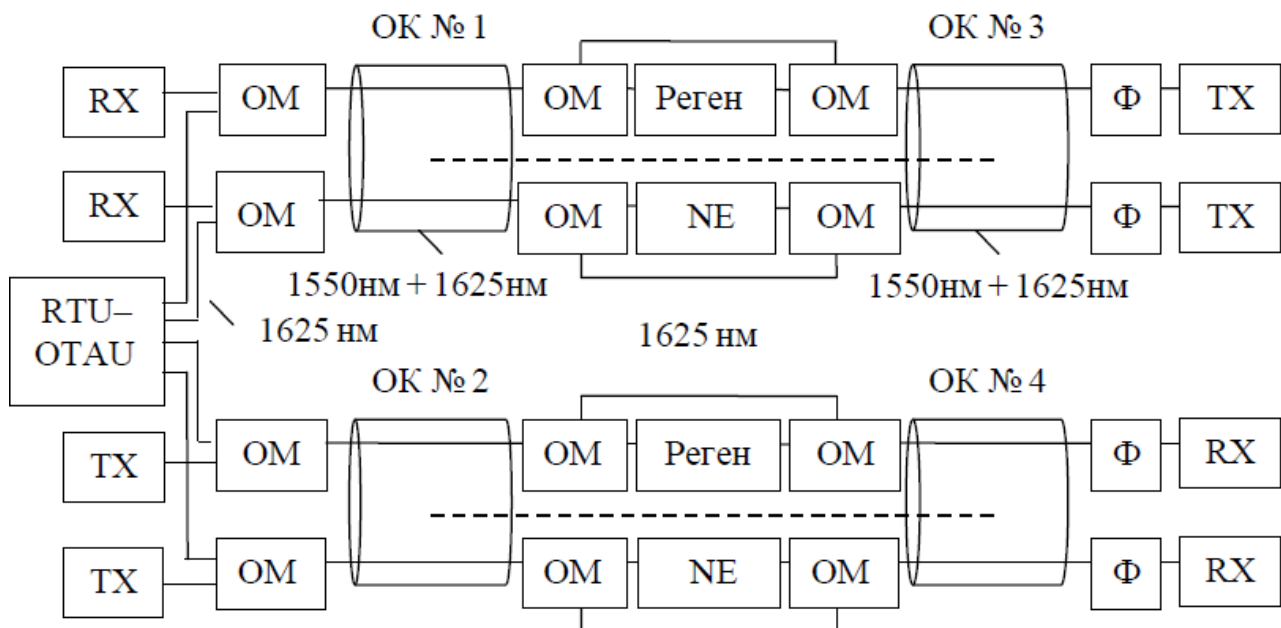


Рисунок 3 – Схема організації обходу регенеративних ділянок при контролі ОК за допомогою активного ОВ

Подальший розвиток методу контролю ОК за допомогою активних ОБ базується на використанні більшої кількості λ випромінювань, що поширюються по ОБ, що передбачає застосування WDM [1]. При цьому одна λ ($\lambda_{\text{тест}}$) використовується для тестування ОБ, а інші λ ($\lambda_{\text{траф}}$) - для передачі даних.

Порівняно з розглянутим вище методом контролю ОК за допомогою пасивних ОБ, метод контролю за активними ОБ надає практично повну гарантію виявлення несправностей ОБ в ОК, але відрізняється вищою вартістю втілення через введення в ВОЛЗ оптичних модулів (ОМ - WDM) та фільтрів (Ф). Тому застосування цього методу буде доцільним для тестування відповідальних ОБ або при задіянні всіх ОБ в ОК.

В даний час OTDR є основними вимірювальними приладами, що використовуються для інсталяції та технічного обслуговування ВОЛЗ, оскільки для вимірювань їм достатньо мати доступ лише до одного кінця ОК, при цьому вони виявляють несправності по всій довжині ВОЛЗ і дозволяють отримати наглядне уявлення про стан ВОЛЗ в цілому. Застосування OTDR в розгалужених мережах зіштовхується з певними проблемами. Під час проведення аналізу кількох каналів результати вимірювань стають складними для інтерпретації, і для їх розшифрування необхідна особлива процедура тестування.

Для спрощення цієї процедури використовуються методи тестування багатоточкових мереж, що базуються на послідовному підключенні ОБ до OTDR через керований оптичний комутатор, які зводять тестування багатоточкових мереж до тестування за схемою "точка-точка", що потребує введення додаткових компонентів у систему контролю.

Відрізняють методи одночасного та різночасового тестування волокон багатоточкових мереж. Ці методи мають відмінності в підходах до аналізу рефлектограм для магістральної мережі та мереж доступу.

У першому випадку аналіз здійснюється автоматично більшістю OTDR, що виявляють різні події по всій довжині ОБ. У другому випадку (при вимірюваннях в мережах доступу) наявність розгалужувальних компонентів призводить до того, що OTDR відображає множинну рефлектограму, аналіз якої до відгалуження достатньо простий і виконується аналогічно аналізу магістральної мережі. Однак після відгалуження виконати аналіз рефлектограми для визначення та вимірювання подій на різних каналах стає неможливо, оскільки багатоточкові мережі додають до неї ще додаткові результати вимірювань, які OTDR самостійно не може ідентифікувати, незважаючи на те, що інформація на рефлектограмі присутня.

Складність одночасного тестування багатоточкових мереж передусім обумовлена складністю аналізу сигналу зворотного розсіювання на мультиплексах (комутаторах) сигналів розподільчих мереж, тому потрібне "навчання" системи (накопичення даних) [2].

Під час моніторингу або технічного обслуговування мережі порівнюються дані отриманих (поточних) рефлектограм з еталонними (опорними), і якщо система виявляє відмінності, то виконується локалізація і ідентифікація нових "подій", оцінюється рівень відхилень параметрів.

Порівняння "подій", що включають зміни згасання в ОБ або відбиття в світловоді, дозволяють ідентифікувати відгалуження ОБ, пов'язане з цією "подією". Через змішування багатьох каналів можуть виникати помилкові ослаблення, тому зміну ослаблення не завжди можна визначити безпосередньо, що визначає обмеження методу.

У пасивних оптичних мережах з високим рівнем мультиплексування рівень зворотнього розсіювання суттєво залежить від місцезнаходження несправності відносно кінців ОБ, що може заважати збору даних через відбиття.

Метод різночасового тестування ОБ у багатоточкових мережах базується на класичному вимірюванні OTDR з'єднання "точка-точка", сформованого відповідною комутацією оптичних перемикачів, і робота системи моніторингу фактично є звичайною роботою з OTDR, але у режимі дистанційного керування. Це дозволяє обробляти і аналізувати результати вимірювань на основі відхилень поточної рефлектограми відносно еталонної. Параметри використовуваних OTDR визначають технічні характеристики системи моніторингу в цілому. Даний метод тестування дозволяє використовувати всі переваги вимірювань OTDR. Можливі автоматичні вимірювання з виявленням порогів, напівавтоматичні (за маркерами) і ручне вимірювання (з курсорами).

Висновки

Моніторинг та технічне обслуговування волоконно-оптичних мереж є складними процесами, які вимагають використання різноманітних методів і технологій. Важливою складовою цих процесів є аналіз рефлектограм та виявлення подій, що виникають у мережі. Для ефективного контролю необхідно використовувати спеціалізоване обладнання, таке як оптичні рефлектометри, а також мати розроблені методики та стандарти. Також важливо враховувати технічні характеристики системи моніторингу та управління, а також розробляти та впроваджувати заходи забезпечення безпеки мережі, включаючи захист від несанкціонованого доступу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кузнецов С.В., Гергега І.П., Латишев І.А. Методи та системи моніторингу волоконно-оптичних мереж // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". - 2020. - №3. - С. 123-134.
2. Петренко О.М. Сучасні методи моніторингу та діагностики волоконно-оптичних мереж // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "Інформаційні технології та комп'ютерні системи". - Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2021. - С. 345-352.
3. Гергега І.П., Латишев І.А., Кузнецов С.В. Волоконно-оптичні системи зв'язку. - Київ: Наукова думка, 2018. - 320 с.

Донський Олександр Володимирович – студент групи 172-23а, факультет інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця, email: tiger119943@gmail.com

Науковий керівник:

Барас Святослав Тадіонович – професор кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця, email: baras.s.t@vntu.edu.ua

Donskyi Oleksandr Volodymyrovych – student group 172-23a, Faculty of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: tiger119943@gmail.com

Baras Sviatoslav Tadionovych – professor of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: baras.s.t@vntu.edu.ua