

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Факультет інформаційних технологій
Кафедра мережевих та інтернет технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри
мережевих та інтернет технологій
_____ Ю.В. Кравченко
«_____» _____ 2021 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
БАКАЛАВРА

галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації»
за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

на тему:

**ТЕХНОЛОГІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ВОЛОКОННО-
ОПТИЧНОЇ МЕРЕЖІ АГРОПІДПРИЄМСТВА**

Виконала: студентка групи МІТ -41

Фісун Олена Сергіївна

_____ (прізвище ім'я по-батькові)

_____ (підпис)

Керівник: завідувач кафедри мережевих та інтернет технологій

д.т.н., професор Кравченко
Ю.В.

_____ (посада, прізвище ім'я по-батькові)

_____ (підпис)

Київ 2021

Міністерство освіти і науки України
«Київський національний університет імені Тараса Шевченка»

Факультет інформаційних технологій
Кафедра мережевих та інтернет технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ

завідувач кафедри
мережевих та інтернет технологій
_____ Ю.В. Кравченко

«_____» _____ 2020 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

Здобувачу вищої освіти

Фісун Олені Сергіївні

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи:

Технологія проектування волоконне-оптичної мережі агропідприємства

затверджена на засіданні кафедри МІТ «04» грудня 2020 р. протокол №8

2. Термін здачі закінченої роботи «30» травня 2021 р.

3. Вихідні дані до проекту
(роботи)

Склад мережевого обладнання: комутатори Cisco, СОК, платформа OLT, передавач ТВ сигналу, оптичний підсилювач, мультиплексор, ONU, щиток живлення, джерело безперебійного живлення, оптичний крос, ЛОК з чотирма ОВ, оптичні муфти, оптичні розгалужувачі, оптичні розподільні шафи, оптичні бокси.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що їх потрібно розробити, обсяг – 35-40 стор.)

Вступ

1. Дослідження методів та засобів проектування волоконне-оптичної мережі.
Постановка задачі

1.1 Огляд і аналіз існуючих методів та технологій проектування волоконне-оптичних мереж

2. Постановка задачі

2. Розробка технології проектування волоконне-оптичної мережі агропідприємства

3. Розробка рекомендацій

3.1. Рекомендації до апаратної частини

3.2. Рекомендації до програмного забезпечення

3.3. Тестування

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу 8-10 слайдів

Дата видачі завдання

Керівник роботи

Кравченко Ю.В.

(підпис)

(посада, прізвище, ім'я, по батькові)

Завдання прийняв до виконання

Фісун О.С.

(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Номер	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Підготовчий	20.12.2020	
2	Розділ 1	01.02.2021	
3	Розділ 2	25.02.2021	
4	Розділ 3	15.04.2021	
5	Доповідь та слайди	25.05.2021	
6	Пояснювальна записка	30.05.2021	

Здобувач вищої освіти _____ О.С. Фісун
(підпис)

Керівник _____ Ю.В. Кравченко
(підпис)

РЕФЕРАТ

Текстова частина дипломної роботи складає: 43 стр., 3 рис., 5 табл. та 12 джерел за переліком посилань.

Дипломна робота направлена на проектування мережі агропідприємства з використанням волоконно-оптичних кабелів. Метою роботи є розробка технологій програмування волоконно-оптичної мережі агропідприємства за результатами якої необхідно визначення основних шляхів та підходів до програмування волоконно-оптичних мереж до агропідприємства, що можуть бути використані під час розробки та впровадження мереж підприємств агропромислового сектору.

В даній дипломній роботі проводиться розрахунок побудови волоконно-оптичної мережі агропідприємства. Також розглянуті питання як вибір мережевого обладнання, розрахунок кошторису до апаратної частини, надані рекомендації щодо прокладання волоконно-оптичних кабелів, забезпечення якісної та безперебійної роботи мережі, описані вимоги щодо обладнання серверної кімнати, обґрунтовано вибір топології. Проведено аналіз порівняння існуючих технологій проектування, створення та програмування мереж.

ABSTRACT

The text part of the thesis is: 43 pages, 3 figures, 5 tables and 12 sources on the list of links.

Thesis is aimed at designing a network of agricultural enterprises using fiber-optic cables. The aim of the work is to develop technologies for programming the fiber-optic network of the agricultural enterprise based on the results of which it is necessary to determine the main ways and approaches to programming fiber-optic networks to the agricultural enterprise, which can be used during development and implementation.

In this thesis is the calculation of the construction of fiber-optic network of the agricultural enterprise. Also considered issues such as the choice of network equipment, calculation of the cost of hardware, recommendations for laying fiber-optic cables, ensuring quality and smooth operation of the network, describes the requirements for server room equipment, justified the choice of topology. The analysis of comparison of existing technologies of designing, creation and programming of networks is carried out.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ I. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ПРОЕКТУВАННЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНОЇ МЕРЕЖІ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	10
1.1 Огляд і аналіз існуючих методів та технологій проектування волоконно-оптичних мереж	10
1.2 Постановка задачі	15
РОЗДІЛ II. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ ПРОЕКТУВАННЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНОЇ МЕРЕЖІ АГРОПІДПРИЄМСТВА	16
РОЗДІЛ III. РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ	20
3.1 Рекомендації до апаратної частини. Технології пасивних оптичних мереж доступу	20
3.2 Рекомендації до апаратної частини. Вибір типу волоконно-оптичного кабелю	23
3.3 Рекомендації до апаратної частини. Вибір роз'ємних з'єднувачів	24
3.4 Рекомендації до апаратної частини. Розрахунок оптичного бюджету лінії PON та вибір класу активного обладнання	25
3.5 Рекомендації до апаратної частини. Розрахунок техніко-економічних показників PON	28
3.6 Рекомендації до апаратної частини. Особливості будівництва оптичної мережі абонентського доступу на базі технології PON	30
3.7 Рекомендації до апаратної частини. Прокладання оптичного кабелю в каналах кабельної каналізації. Монтаж муфт	31

3.8 Рекомендації до апаратної частини. Огляд і профілактичне обслуговування пасивного обладнання	35
3.9 Рекомендації до апаратної частини. Вимоги до серверної кімнати	35
3.10 Рекомендації до апаратної частини. Кабельні сегменти	36
РОЗДІЛ IV. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	38
4.1 Рекомендації до програмного забезпечення. Вибір технології та способи під'єднання підмереж	38
4.2 Технології каналного рівня	39
4.3 Маршрутизація в комп'ютерних мережах. Активне мережеве обладнання та його характеристики	39
4.4 Довідкові матеріали	41
ВИСНОВОК	44
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	45

ВСТУП

На сьогоднішній момент в Україні одним із ключових рушіїв української економіки є сільсько-господарська галузь. При цьому валове виробництво сільсько-господарської продукції щорічно зростає на 10-12%. Вказане свідчить про ефективність функціонування означеного сектору економіки та перспективи його подальшого зростання.

Ефективність функціонування сільсько-господарської галузі створює умови до залучення інвестицій та збільшення числа підприємств, що функціонують у цій сфері. Економічна привабливість функціонування агропромислових підприємств при цьому забезпечує умови для впровадження новітніх технологій у їх діяльність. За оцінками державного комітету статистики в Україні налічується понад 45,5 тисяч агропромислових підприємств. При цьому їх успішне функціонування, своєчасність прийняття управлінських, економічних та промислових рішень вимагає застосування електронних мереж в діяльність агропідприємств.

Метою роботи є розробка технологій програмування волоконно-оптичної мережі агропідприємства за результатами якої необхідно визначення основних шляхів та підходів до програмування волоконно-оптичних мереж до агропідприємства, що можуть бути використані під час розробки та впровадження мереж підприємств агропромислового сектору.

Досвід побудови електронних мереж свідчить, що найбільш ефективними є саме волоконно-оптичні. Вони мають найбільшу кількість переваг серед представлених конкурентів на ринку. Серед переваг основними можна виділити пожежостійкість, високий рівень безпеки інформації, мале затухання світлового сигналу та інші.

З урахуванням викладеного розробка волоконно-оптичних мереж для агропідприємств є актуальною та перспективною для застосування.

РОЗДІЛ I. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ПРОЕКТУВАННЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНОЇ МЕРЕЖІ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Огляд і аналіз існуючих методів та технологій проектування волоконно-оптичних мереж

Волоконно-оптичні лінії зв'язку (ВОЛЗ) - це мережі, в яких передача даних відбувається по високошвидкісному оптичному кабелю. ВОЛЗ дозволяють передавати інформацію швидше, надійніше, безпечніше і точніше. Волоконно-оптичні лінії зв'язку складаються з активних та пасивних елементів.

Активні елементи ВОЛЗ:

- Мультиплексор/демультиплексор - забезпечують з'єднання та розподіл інформканалів;
- Регенератор: відновлює форми сигналу, що передається в оптичному середовищі;
- Підсилювач: використовується для підсилення потужності сигналу;
- Модулятор: призначений для створення модулюючої оптичної хвилі (інформаційної);
- фотодіод: здійснює фотоелектронні коливання сигналу.

До пасивних елементів волоконно-оптичних ліній зв'язку належать:

- Волоконо-оптичний кабель;
- Оптична муфта: забезпечує з'єднання декількох кабелів;
- Оптичний крос: використовується для оброблення кінців оптоволокна та його підключення до кінцевого обладнання.

Створення та функціонування ВОЛЗ забезпечує оптимальну взаємодію між структурними підрозділами підприємства (компанії), дозволяє їх співробітникам отримати доступ до корпоративних баз даних та вирішити інші завдання, реалізація яких за допомогою іншого обладнання дещо ускладнена.

ВОЛЗ мають суттєві переваги над іншими каналами зв'язку, зокрема:

- Висока завадостійкість. Оскільки оптоволокну виробляється із діелектричного матеріалу, це забезпечує високий рівень захисту від будь-яких електромагнітних перешкод, що можуть утворюватись у холі роботи приладів;
- Широка смуга пропускання. При несучій хвилі пропускання ВОЛЗ - 10^{14} Гц, має місце потенціальна можливість передачі за допомогою лише одного оптичного волокна потоку інформації обсягом в декілька терабіт/с.
- Значно менша вага та об'єм у порівнянні з мідними кабелями при однаковій пропускній здатності;
- Мале затухання світлового сигналу, що дає можливість оптичним системам з'єднувати різні ділянки, що віддаленні одна від одної більше ніж на 100 км;
- Пожегобезпечність. Передача даних по волоконно-оптичних кабелях відбувається за допомогою світлових імпульсів, що унеможливорює утворення іскри, а тому ВОЛЗ можна використовувати на підприємствах підвищеної небезпеки без усяких обмежень.
- Високий рівень безпеки інформації, що передається в частині її захисту від перехоплення та несанкціонованого доступу. Інформаційна безпека ВОЛЗ досягається відсутністю випромінювання радіодіапазону та будь-якою чутливістю до коливань;
- Економічність;
- Тривалий термін експлуатації, що становить близько 25 років.

Слід зазначити, що при значних перевагах використання ВОЛЗ, існують також певні недоліки, а саме:

- Висока вартість інтерфейсного обладнання. Проектування, побудова та монтаж волоконно-оптичної системи потребує порівнянно значних витрат. Обов'язковими компонентами системи є: інтерфейсне обладнання (потрібно для перетворювання електричних сигналів в оптичні і навпаки), розгалужувачі, з'єднувачі з низькими втратами та великим ресурсом роботи та ін.

- Потреба у додатковому захисті волокна, яке є досить стійким, що створює передумови до появи мікротріщин.

Волоконно-оптичні системи передачі (ВОСП) в залежності від використовуваного каналотворюючого обладнання поділяються на:

- Аналогові волоконно-оптичні системи передачі (АВОСП). Каналотворювальне обладнання реалізується на основі аналогових методів модуляції параметрів гармонійної несучої частоти, що поділяються на амплітудну, частотну, фазову модуляцію та їх поєднання або параметрів періодичної послідовності імпульсів (амплітудно-імпульсна, широтно-імпульсна, фазоімпульсна модуляції і їх комбінації);
- Цифрові волоконно-оптичні системи передачі (ЦВОСП). Імпульсно-кодова модуляція, дельта-модуляція і їх інші варіанти слугують для основою для каналотворювального обладнання.

Найбільше використання мають ЦВОСП, які у свою чергу від варіанту модуляції оптичного випромінювання можуть використовувати:

- Пряму модуляцію (передача з модуляцією інтенсивності оптичного випромінювання і його демодуляції);
- Аналогові методи модуляції оптичного випромінювання: амплітудної, фазової, частотної модуляціями та їх комбінаціями.

Залежно від способу прийому або демодуляції оптичного сигналу підрозділяються на:

- Волоконно-оптичні системи з прямою демодуляцією або безпосереднім прийомом. У цьому випадку електричний сигнал формується шляхом перетворення інтенсивності оптичного випромінювання. Інтенсивність оптичного сигналу відображає при цьому напруга або струм електричного сигналу;
- Когерентні волоконно-оптичні системи, в яких для передачі даних застосовується гетеродинне або гомодинне перетворення частоти. Вказане відбувається незалежно від виду модуляції (синхронна або несинхронна)

оптичного випромінювання, що проводиться на проміжній частоті. У першому (гетеродинному) випадку перетворення оптичного сигналу в електричний відбуваються на проміжній частоті, що формується у спосіб коли на фотодетектор разом з оптичним сигналом подається потужне оптичне випромінювання місцевого гетеродина, на виході фотодетектора у свою чергу і виділяється вказана проміжна частота. При гомодинному методі - частоти коливань оптичного випромінювання, що прийнято і місцевого гетеродина повинні бути однаковими, а фази синхронізовані.

Поділення ВОСП здійснюється у відповідності до способу організації двостороннього зв'язку:

- У випадку коли і прийом і передача оптичних сигналів відбувається за двома оптичними волокнами на одній довжині хвилі - двоволоконна односмугова однокабельна;
- Одне оптичне волокно застосовується для передачі сигналів в обох напрямках на одній і тій же довжині хвилі - одноволоконна односмугова однокабельна;
- Одноволоконна двосмугова однокабельну - коли передачі і прийом відбувається на різних довжинах хвилі.

Також ВОСП розподіляються за своїм призначенням і дальністю передачі:

- Магістральні, що забезпечують передачу повідомлень на значні відстані (тисячі кілометрів);
- Зонові, що забезпечують зв'язок в адміністративних межах територій, областей та ін. протяжністю до 600 км;
- ВОСП для розподілу інформації, що забезпечують зв'язок між обчислюваними машинами, організацію локальних комп'ютерних мереж та кабельне телебачення.

Також ВОСП за методами ущільнення оптичного волокна поділяються на:

- ВОСП зі спектральним ущільненням або мультиплексуванням з розділенням довжини хвиль;
- ВОСП з частотним або гетеродинним ущільненням;

- цифрові ВОСП з часовим ущільненням.

1.2 Постановка задачі

Актуальними завданнями дипломної роботи є дослідження методів та засобів проектування волоконно-оптичної мережі, огляд та аналіз існуючих методів та технологій проектування волоконно-оптичних мереж, розробка технологій програмування волоконно-оптичної мережі агропідприємства, розробки рекомендацій щодо апаратної частини та програмного забезпечення.

РОЗДІЛ II. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ ПРОЕКТУВАННЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНОЇ МЕРЕЖІ АГРОПІДПРИЄМСТВА

Створення ВОЛЗ вимагає обов'язкового дотримання встановлених правил, оскільки це є гарантією ефективної та безперебійної роботи системи. Так, основними етапами будівництва ВОЛЗ є:

- Розробка проекту. Розпочинається з обстеження об'єкта, на якому буде прокладатись волоконно-оптична мережа. При цьому, необхідно врахувати особливості всіх приміщень, фактичних умов експлуатації мережі та інших факторів. Проводиться розрахунок навантаження на мережу, заміряється довжина волокна та обирається оптимальний спосіб прокладки.
- Монтаж кабельної мережі. Оптичні кабелі в цілому мають високий рівень захисту від механічних впливів, тому прокладаються багатьма способами: в ґрунті, в пластикових трубах, в підвісних системах. Враховуючи спосіб монтажу ВОЛЗ обирається захисна облонка. Вона виготовляється з скловолокна, кевларових та сталевих ниток.

Вагомим фактором при будівництві також є основа кабелю. ВОЛЗ може містити металеві компоненти, гідрофобні сполуки, що захищають від вологи, броня зі сталеві стрічки або діелектричного сталеві стрижня. Залежно від складової частини волоконно-оптичного кабелю використовують два способи монтажу: зварювання або механічне з'єднання

Монтаж кабелю шляхом зварювання здійснюється за допомогою спеціального апарату для зварювання. За його допомогою волокна кабелю розплавляються, що забезпечує їх міцне з'єднання.

Процес зварювання розбивається на наступні етапи:

1. Зняття ізоляції. Для цього використовують спеціальний пристрій - стріппер, який призначений для видалення ізоляції з проводів та кабелів.

2. Підготовка до зварювання. По-перше - знежирення кабелю розчином дегідрованого спирту та у подальшому - встановлення на торець кабелю термозбіжної гільзи.

3. Безпосередньо зварювання. На цьому етапі - волокна точно підганяють один до одного і зварюють. Після, місце з'єднання прогрівають для зниження механічної напруги.

4. Захист місця зварювання. Термозбіжна гільза зсувається на місце зварювання, покривається спеціальною муфтою і оптичним волокном.

Механічне з'єднання. На відміну від зварювання, механічне з'єднання використовується при ліквідації наслідків розриву кабелю. Цей процес відрізняється більшою швидкістю, але він не забезпечує такої ж високої якості з'єднання кабелю.

- Тестування мережі;
- Запуско-налагоджувані роботи;
- Пошук та усунення можливих несправностей та сервіс волоконно-оптичних ліній зв'язку.

Будь-яке будівництво розпочинається з проектування системи. Кожна будівельна організація в рамках своїх попередніх досліджень роблять оцінку умов місцевості, де буде проводитися будівництво ВОЛЗ, особливостей її рельєфу, наявності на трасі природних або штучних перешкод. До перешкод можуть належати: автомобільні і залізничні магістралі, підземні комунікації та каналізації, наземна інфраструктура, тунелі, газопроводи, наявність водних перешкод, промислових споруд, мостів, та ін. Для місцевості також визначається тип ґрунту, наявність залягання твердих скелястих порід, глибина пролягання ґрунтових вод та їх кількість.

Також основним моментом проектування мережі є вибір топології та технологія її прокладки. Можливе комбінування декількох технологій на одну мережу:

- Прокладка ВОЛЗ в ґрунт;
- Прокладка мережі в ґрунт методом задування волоконно-оптичних кабелів в пластиковий трубопровід;
- Прокладка кабелів в каналах кабельної каналізації;

- Монтаж кабелю підвісом на опорах (мережі електропередач, та ін.);
- Прокладка кабелю в будинках;
- Прокладка кабелю по водопроводах, газопроводах та ін.

Оптичні кабелі мають унікальну властивість - вони абсолютно інертні до присутності інших кабелів, в тому числі традиційних металевих, без виникнення замикань і будь-якої іншої шкоди. Вказане дозволяє при монтажі таких систем використовувати вже наявні будь-які мережі.

Відповідно до обраної технології прокладки мереж кабельного зв'язку підбирається необхідний комплекс обладнання і відбувається замовлення матеріалів. Для забезпечення безпеки вказаної операції, придбання обладнання та матеріалів повинно відбуватися тільки у перевірених та офіційних організаціях. Використання б/у матеріалів при будівництві мережі зв'язку заборонено.

З кожним днем популярність кабельних мереж передачі даних на основі волоконно-оптичного волокна зростає. Технологія ВОЛЗ дозволяє прокладати мережі зв'язку як і на великі, так і на невеликі відстані.

Для роботи оптоволоконних систем необхідно джерело випромінювання, яке може бути різним за своїм типом: світлодіоди, звичайні лазери і лазери поверхневого випромінювання з вертикальним резонатором (Vertical Cavity Surface-Emitting Laser - VCSEL). Існує декілька варіантів вищенаведених пристроїв: лазери з резонатором Фабрі-Перо і розподіленим зворотнім зв'язком, також світлодіоди поверхневого та торцевого випромінювання. Додатково для посилення оптичних сигналів широко використовуються підсилювачі, в тому числі напівпровідники (Semiconductor Optical Amplifier - SOA) та більш поширені підсилювачі на основі збагачених ербієм волокон (Erbium-Doped Fiber Amplifier - EDFA).

Джерела випромінювання, для зручності, поділяються на наступні типи:

- Від 632 до 670 (видимий червоний). Застосовується з полімерними волокнами і в оптоволоконних трасувальниках;

- 850 (інфрачервоний). Застосовується у багатомодових додатках, світлодіодах, лазерах та лазерах VCSEL;
- 980 (інфрачервоний);
- 1300 (інфрачервоний). Застосовується у багатомодових додатках;
- 1310 (інфрачервоний). Застосовується в одномодових додатках та у напівпровідникових оптичних підсилювачах;
- 1480 (інфрачервоний). Застосовується у лазерах накачування для волоконних підсилювачів, збагачених ербієм;
- 1550 (інфрачервоний). Застосовується в одномодових додатках, волоконних підсилювачах, допійованих ербієм та у системах кабельного телебачення;
- +1625 (інфрачервоний). Застосовується в одномодових додатках.

При проходженні сигналу по оптичному кабелю відбувається зниження рівня потужності сигналу, крім того, внаслідок дисперсії сигнал виходить спотвореним на приймальному кінці. Тому сигнал необхідно посилювати або регенерувати в процесі передачі по кабелю.

Основними параметрами оптичного кабелю є:

- Числова апертура, яка характеризує ефективність введення (виведення) світлової енергії в оптичне волокно та процеси її поширення в оптичному кабелі;
- Згасання, що визначає дальність передачі по оптичному кабелю та його ефективність;
- Дисперсія, яка характеризує поширення імпульсів та пропускну здатність оптичного кабелю.

РОЗДІЛ III. РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ

3.1 Рекомендації до апаратної частини. Технології пасивних оптичних мереж доступу

Надання користувачу всього обсягу комунікаційних послуг лише з використанням одного оптичного волокна у повній мірі дозволяє технологія PON (Passive Optical Network). Остання забезпечує найбільш широкі можливості для використання оптичного волокна. Так, при трансляції телевізійного сигналу на окремо виділеній оптичній піднесучій 1550 нм, залишається можливість використання IP-каналу для передачі Інтернет-трафіка та голосу.

Саме пасивні оптичні мережі дозволяють створювати розгалужені мережі на пасивних оптичних розгалужувачах (ОР) без застосування активних компонентів (Рис. 3.1 - Побудова оптичних мереж доступу на базі технологій PON). При цьому, при побудові мережі - «зірка» та «променевий» застосовується один ОР, на відміну від «дерева» для якого характерно кілька ОР.

Використання одного оптичного волокна для передачі і прийому даних здійснюється за різними довжинами хвиль. Так, у прямому напрямку (від станції до абонента) застосовують хвилі 1490 нм, а від абонента до станції – 1310 нм. Для передачі телевізійного сигналу застосовують хвилі з довжиною 1550 нм. На станції встановлюється оптичний мультиплексор WDM для об'єднання відеосигналу (1550 нм) та цифрового сигналу прямого (1490 нм) і зворотного (1310 нм) напрямів передавання.

Різниця у базовому протоколі передавання обумовлює існування кількох видів технологій PON. Найбільш розповсюджені та використовуються дві технології: GPON (Gigabit-capable PON, за Рекомендацією ITU-T G.984) та GEPON (Gigabit Ethernet PON, за стандартом IEEE 802.3ah).

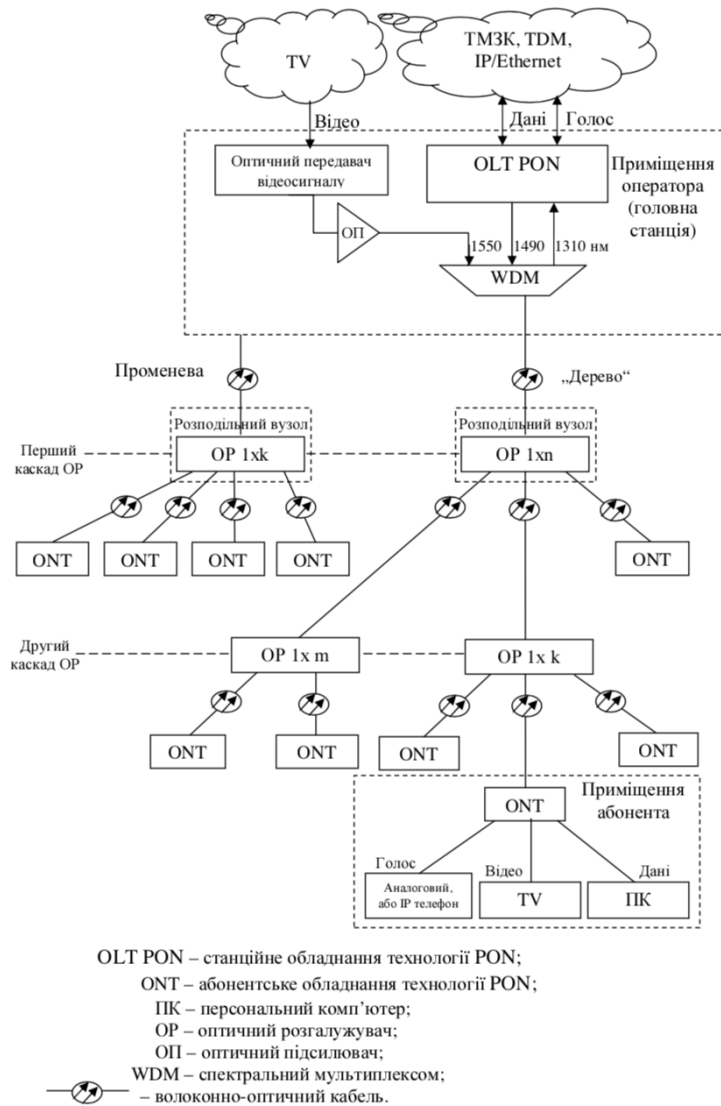


Рисунок 3.1 - Побудова оптичних мереж доступу на базі технологій PON

Кожна з технологій GPON та GEPON має свої особливості, які визначають вибір кожної, виходячі з вихідних даних, що задані на проектування. Основні відмінності технологій GPON та GEPON полягають у:

- GEPON найбільш доцільна при IP-трафіку, тому взаємодія з іншими технологіями (в першу чергу при передачі TDM-трафіка) викликає певні труднощі;
- GEPON визначає відносно просте і недороге управління, враховуючи передачу вихідні Ethernet-пакетів;
- GPON притаманна складна систему Ethernet/GEM/GTC інкапсуляції, що порівняльно ускладнює управління;

- GPON має можливість створення більш потужної та розгалуженої мережі порівняно з GEPON з огляду на більшу швидкість передавання.

Таким чином, GEPON може повністю покрити потребу у малій та середній мережі, що використовує IP-трафік та IPTV при цьому мінімізуючи витрати. Значні за обсягами мережі потребують використання технології GPON.

У тому випадку, коли обсяг ONT перевищує кілька тисяч, переваги перед активними мережами має технологія PON. Переваги останньої виявляються найбільш сильно коли кількість терміналів значна, навпаки - будуть мати місце витрати, пов'язані з капітальними витратами центрального вузла і відсутності економії на пасивній інфраструктурі та зниженні експлуатаційних витрат.

Найбільш ефективно технології PON застосовуються:

- При відсутності активних елементів у мережі та спільній експлуатації ресурсів (варіант FTTH). При цьому, завдяки використанню оптичних терміналів ONT, в яких інтегровані інтерфейси: 10/100/1000 Ethernet, POTS-FXS, RF-Video (кількість інтерфейсів Ethernet та POTS коливається від одного до чотирьох) зменшуються операційні витрати на експлуатацію, обслуговування, енергопостачання тощо;
- Групові оптичні блоки ONU з абонентськими інтерфейсами: 10/100/1000 Ethernet, POTS-FXS, RF-Video, VDSL2 та E1 (кількість інтерфейсів Ethernet, VDSL2 та POTS може доходити до 24) застосовуються як для приватних (наприклад - будинок) так і для бізнес абонентів (варіант FTTB) як великого (BUSINESS), так і малого бізнесу (SOHO);
- При малій кількості абонентів інтерфейси VDSL2 у ONU дозволяють використовувати PON у варіанті доступу FTTC без задіяння іншого устаткування.

3.2 Рекомендації до апаратної частини. Вибір типу волоконно-оптичного кабелю

Для створення PON використовуються кабелі з оптичним волокном типу G.652 або аналогічні, що передбачено вимогами ITU-T G.983.

Під час проектування та будівництва PON застосовуються різні види кабелів, що, крім іншого, пов'язано з різними умовами їх прокладання (всередині будівель, розташування на опорах, кабельні шахти та каналізації) та призначення (магістральні, розподільні, абонентські).

Умови прокладання кабелю (в ґрунт, в кабельну каналізацію, на опорах, у внутрішніх каналах і стояках будівлі тощо), а також потреба у кількості волокон визначають вид кабелю, що застосовується.

Для правильного вибору типів волоконно-оптичного кабелю (ВОК) для мереж доступу та кількість оптичних волокон у них, спочатку потрібно визначитися на яких ділянках (магістральних, розподільних, абонентських тощо) ці кабелі будуть використовуватися.

Підвищені вимоги висуваються насамперед до магістральних ділянок, які є найбільш довгими та які повинні забезпечувати підвищену надійність оскільки від їх працездатності залежить робота всієї мережі. Тому умови їх прокладання і кабелі, що застосовуються на цих ділянках, повинні забезпечувати максимальну надійність. Тут не рекомендується економити на вартості ВОК, витратах на монтаж і прокладання. Тим більше, що довжина магістралей зазвичай менше сумарної довжини решти ділянок (розподільних і абонентських). Для забезпечення перспективного розвитку мереж, під час проектування магістральних кабелів закладається додатковий запас волокон. Запас, залежно від необхідного числа волокон, може становити 20-50%. Це не вплине суттєво на загальну вартість ВОК, але напевно зніме деякі проблеми у майбутньому.

На розподільних ділянках можна використовувати менш дорогі кабелі. Для цих кабелів характерне прокладання в найрізноманітніших умовах, які і визначають їх конструкцію. Вони мають меншу довжину та їх простіше замінити при пошкодженні. Але це не означає, що треба нехтувати надійністю

конструкції. При виборі таких ВОК зазвичай виходять з компромісу між ціною і якістю. Найчастіше в них присутній запас волокон, але невеликий (зазвичай 10-20%), тому що при розвитку мережі іноді простіше прокласти новий кабель.

Кабелі абонентських ділянок мають найменшу довжину, але найбільшу кількість ділянок. Але це не означає, що потрібно шукати найдешевші конструкції. По-перше, абонентські ВОК зазвичай проходять всередині будівель, де можуть пошкоджуватися гризунами, й усередині приміщень, де їх часто пошкоджують самі користувачі. Тому, залежно від умов, ВОК повинні мати необхідні елементи для захисту волокон. По-друге, абонентські кабелі, що проходять усередині будинків, обов'язково повинні мати зовнішню оболонку, що не поширює горіння, оскільки кабелі часто проходять через кілька приміщень. Запас по волокнах на цій ділянці в кабелях зазвичай не закладають, тому що легше прокласти новий маловолоконний кабель.

У з'єднувальних кабелях і шнурах (патч-корди, пігтейли) для міжстоякових та міжблочних перемикань зазвичай використовується одне або два волокна з індивідуальним захистом від вигинів при вводах, випадкових ударів, ривків, стиснення, впливу сухого тепла та інших факторів. В якості зовнішніх оболонок зазвичай використовують недорогі матеріали, які не підтримують горіння.

Таким чином, тип оптичного волокна, кількість волокон у кабелі, конструкція кабелю на кожній ділянці має визначатися конкретним проектом мережі.

3.3 Рекомендації до апаратної частини. Вибір роз'ємних з'єднувачів

На всьому сегменті мережі PON необхідно використовувати однотипні роз'ємні з'єднувачі – конектори, це спрощує комплектацію об'єктів та підготовку обслуговуючого персоналу, скорочує асортимент запасних комплектів.

Металеві конектори зазнають впливу корозії, більш дорогі та менш технологічні через підвищені габарити. Слід віддати перевагу конекторам з пластиковими роз'ємами SC.

Серед варіантів поліровки контактів роз'ємних з'єднувачів слід віддати перевагу конекторам з кутовим фізичним контактом APC (Angled Physical Contact). Вони більш дорогі, але забезпечують мінімальний рівень зворотних втрат за рахунок виведення з волокна відбитої потужності, що під надкритичними кутами припадає на поріг між серцевиною та оболонкою, це запобігає передчасному виходу з ладу дорогих станційних лазерів. Також APC має широкі вікна прозорості, що може знадобитися у майбутньому при переході на PON-WDM.

Усі зварювальні та механічні з'єднання на мережі повинні бути виконані також під кутове полірування, інакше сенс застосування дорогих конекторів SC/APC буде майже повністю втрачено.

У деяких випадках, при вимушеній економії місць під розміщення великих кросових масивів на вузлі зв'язку у приміщенні головної станції припускається застосування з'єднувачів типу LC/UPC. Застосування з'єднувачів типу LC/APC для патч-панелей ОРШ усередині будівлі припускається лише в окремих випадках, коли власником будівлі висуваються жорсткі вимоги до мінімальних габаритів ОРШ та де ОРШ розташовується у легкодоступному місці зі зручною організацією робіт. У ОРШ вуличного виконання застосування ніяких з'єднувачів крім типу SC не допускається.

3.4 Рекомендації до апаратної частини. Розрахунок оптичного бюджету лінії PON та вибір класу активного обладнання

Розрахунки згасання оптичного сигналу виконуються для оптичної лінії від точки підключення волокна до активного обладнання головної станції до найвіддаленішого абонента, якщо у сегменті мережі застосовуються тільки симетричні оптичні розгалужувачі або для всіх абонентів, якщо будується

збалансована мережа із застосуванням несиметричних ОР. У мережі PON джерелом втрат є:

- Згасання в оптичному волокні – залежить від довжини ОВ та коефіцієнта згасання на певній довжині хвилі (для PON розрахунок згасання);
- Повинен проводитися на довжині хвилі з максимальним коефіцієнтом згасання);
- Втрати на зварних з'єднаннях – залежать від втрат у кожному з'єднанні та їх кількості;
- Втрати на роз'ємних з'єднаннях – залежать від втрат у кожному конекторі та їх кількості;
- Втрати в оптичних розгалужувачах – залежать від типу ОР, кількості вихідних полюсів та коефіцієнта розгалуження потужності (для ОР з нерівномірним коефіцієнтом розгалуження);
- Штрафні втрати – пов'язані з нерівностями, що виникають під час прокладки кабелів.

Енергетичним бюджетом згасання є сукупність всіх втрат на ділянка кабельної мережі. Враховуючи те, що оптичне волокно підвержено старінню, а також під час його використання в кабельних мережах виникає потреба у проведенні робіт з організації додаткових стиків та вставок, ці дані також повинні братись до уваги. Так, доцільно передбачити запас бюджету лінії 1-2 дБ після підключення від OLT до ONT.

Бюджет втрат для технології GPON базується на Рекомендації ITU G.984.2 та залежить від класу активного обладнання, що використовується при будівництві мережі, відмінність обладнання цих класів полягає у потужності передавачів та чутливості приймачів. Так, згідно з Рекомендацією G.984.2 повні втрати в мережі PON у залежності від класу не повинні перевищувати:

- 21 дБ для класу А;
- 26 дБ для класу В;
- 31 дБ для класу С.

Більшість обладнання GPON, що зараз виробляється, належить до класу В+ за якого оптичний бюджет лінії складає 28 дБ. Отже, при розрахунку параметрів мережі PON логічно обмежуватися саме цим значенням втрат.

Обмеження бюджету втрат є дуже жорстким, особливо за великих коефіцієнтів ділення ОР, тобто за фіксованої кількості ONT у сегменті PON визначає радіус охоплення мережею.

На рис. 3.2 наведена структура лінії PON, яка дозволяє визначити бюджет втрат. Якщо прийняти значення втрат у WDM-мультиплексорі та на станційному кросі ODF по 1 дБ, а також врахувати запас – 1 дБ, тоді з оптичного бюджету лінії у 28 дБ залишається 25 дБ на всю зовнішню оптичну мережу (ЗОМ). ЗОМ – це оптична мережа доступу за виключенням станційної ділянки – магістральна, розподільна та абонентська ділянки, конентори, оптичні розгалужувачі (в мережі може бути кілька каскадів ОР) та оптичні бокси в ОРШ, зварні з'єднання в оптичних кабельних муфтах.

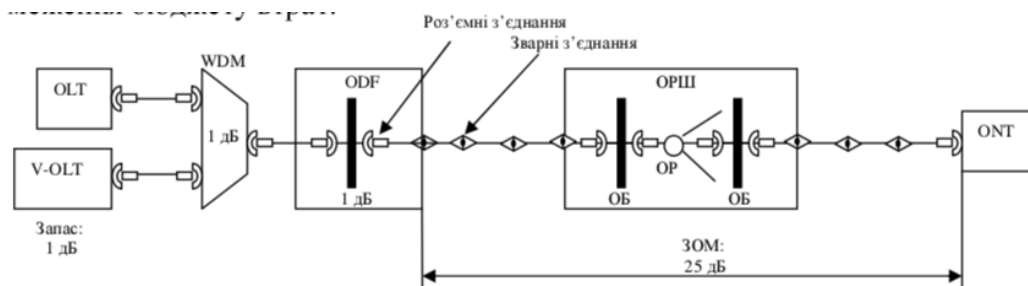


Рис. 3.2 - Структура лінії PON для розрахунку бюджету витрат

У більшості випадків, коли радіус охоплення не перевищує 10 км та групи абонентів сконцентровані в певних зонах, великих проблем у розрахунку оптичного бюджету лінії не виникає, навіть виконуються з коефіцієнтом ділення 1 x 64 умови за бюджетом втрат. Але якщо абоненти розосереджені на великій території (радіус охоплення понад 10 км), тоді виникає питання: яким чином побудувати мережу та яку максимальну кількість абонентів можливо підключити до одного сегмента (гілки, дерева) PON, щоб виконувалася умова з обмеження бюджету втрат.

3.5 Рекомендації до апаратної частини. Розрахунок техніко-економічних показників PON

Капітальні витрати на побудову мережі PON складаються з витрат на активне обладнання (головної станції і абонентів) та пасивне обладнання (лінійної частини оптичної мережі та розміщене у приміщенні головної станції і абонентів).

Для будівництва розглянутого вище сегмента пасивної оптичної мережі потрібно наступне обладнання:

У приміщенні головної станції:

- Платформа OLT;
- Передавач відеосигналу CATV на довжині хвилі 1550 нм;
- Оптичний підсилювач ТВ сигналу з вихідною потужністю +19 дБм;
- Мультиплексор WDM, для об'єднання зустрічних напрямів передачі даних та відеосигналу;
- Оптичний крос (для одного сегмента мережі достатньо малий оптичний крос стійковий – патч-панель, для будівництва кількох сегментів мережі PON потрібно застосовувати оптичний крос великої щільності – ODF);
- Станційні оптичні кабелі (СОК) типу «патчкорд» та «пігтейл» з роз'ємами SC/APC.

В лінійній частині оптичної мережі:

- Лінійні оптичні кабелі (ЛОК) будівельною довжиною 2 км (достатньо використовувати ЛОК з чотирма оптичними волокнами, якщо в цьому напрямку не планується будувати інші сегменти мережі);
- Оптичні муфти (для з'єднання волокон будівельних довжин кабелю);
- Оптичні розгалужувачі з роз'ємними з'єднувачами SC/APC;
- Оптичні розподільні шафи;
- Оптичні бокси 1U (для комутації портів OP);

- Оптичні кабелі типу «пігтейл».

У приміщенні ONU:

- Груповий абонентський оптичний мережний блок ONU (для підключення групи абонентів до послуг зв'язку: телефонії, передачі даних та кабельного телебачення);
- Оптична розподільна шафа;
- Оптичний кабель типу «пігтейл»;
- Щиток живлення;
- Джерело безперебійного живлення (ДБЖ).

Перераховане обладнання зведене до табл. 1.

Таблиця 1 - Кошторис витрат на станційне обладнання та лінійне спорудження

КОШТОРИС ВИТРАТ НА СТАНЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ					
№	Обладнання	Од. виміру	Кількість	Ціна за шт.	Вартість, \$
Приміщення головної станції					
1	Платформа OLT (8 інтерфейсів GPON)	шт.	1	12000	12000
2	Передавач ТВ сигналу (CATV), 3 дБм	шт.	1	6690	6690
3	Оптичний підсилювач, 19 дБм	шт.	1	490	490
4	Мультиплексор WDM	шт.	1	30	30
Приміщення оптичних вузлів					
5	ONU	шт.	18	240	4320
6	Щиток живлення	шт.	18	12	216
7	Джерело безперебійного живлення	шт.	18	390	7020
Всього: \$30766 / 246 128 грн.					
КОШТОРИС ВИТРАТ НА ЛІНІЙНІ СПОРУДЖЕННЯ					
Приміщення головної станції					
1	Оптичний крос (8 гнізд)	шт.	1	20	20
2	СОК типу «патчкорд»	шт.	4	4	16
3	СОК типу «пігтейл»	шт.	1	2	2
Лінійна частина оптичної мережі					
4	ЛОК з чотирма ОВ	км.	52	860	44720
5	Муфти оптичні	шт.	10	50	500

6	Оптичний розгалуджувач FBT 1x3	шт.	1	26	26
7	Оптичний розгалуджувач PLC 1x8	шт.	3	92	276
8	Оптичні розподільні шафи (настінні)	шт.	4	145	580
9	Оптичні бокси 1U (16 гнізд)	шт.	3	20	60
10	СОК типу «пігтейл»	шт.	25	2	50
Приміщення оптичних вузлів					
11	Оптичні розподільні шафи (настінні)	шт.	18	145	2610
12	СОК типу «пігтейл»	шт.	18	2	36
				Всього: \$48896 / 391 168 грн	

3.6 Рекомендації до апаратної частини. Особливості будівництва оптичної мережі абонентського доступу на базі технології PON

Принципи будівництва оптичної мережі широкопasmового абонентського доступу мають схожі риси з будівництвом абонентської мережі на металевому кабелі, особливо для варіанта FTTH. Враховуючи недостатній рівень пропрацьованості нормативної бази, що регламентує питання будівництва абонентської мережі з використанням оптичного кабелю та оптичних розгалужувачів, слід максимально використовувати існуючий доробок будівництва класичної телефонної мережі.

Основними особливостями будівництва оптичної мережі абонентського доступу на базі технології PON є:

- Необхідність акуратного поводження з волокном при роботі;
- Вимоги до професійної підготовки спеціалістів служби експлуатації, щодо питань прокладання та ремонту оптичних кабелів, як на лініях зв'язку, так і у розподільних пристроях;

- Необхідність розробки особливого механізму проведення аварійно-відновлювальних та профілактичних робіт, методики вимірювань, ведення паспортизації та технічного обліку;
- Використання спеціального підходу до застосування та розміщення розподільних пристроїв у житлових будинках;
- Вимоги до наявності особливої методики оптимального розподілу оптичних розгалужувачів та їх розміщення у розподільних пристроях.

Разом з тим, принципи системного підходу при будівництві магістральних та розподільних ділянок оптичної мережі повинні залишатися незмінними та включати облік концентрації абонентів та перспективи розвитку житлових кварталів (масивів, районів), оптимального прив'язування до головної станції, особливостей існуючих трас кабельної каналізації (або ПЛЗ – повітряних ліній зв'язку), застосування різних методів резервування мережі (запас волокон під резерв).

Будівництво станційної та лінійної ділянок виконується на підставі інвестиційних проектів. Абонентська ділянка формується з операційних бюджетів в міру задоволення заявок на підключення (цей процес зазвичай значно розтягнутий у часі).

Найбільш складною та капіталомісткою є лінійна ділянка, що складається зі значної кількості різноманітного пасивного обладнання та потребує проведення значного обсягу будівельно-монтажних робіт, тому дуже важливе застосування найбільш оптимальних методів її будівництва.

3.7 Рекомендації до апаратної частини. Прокладання оптичного кабелю в каналах кабельної каналізації. Монтаж муфт

В умовах міста оптичний кабель (ОК) прокладається в каналах кабельної каналізації.

При затягуванні в канали кабельної каналізації ОК найбільше піддаються впливу механічних навантажень: розтягувальним зусиллям, вигинам, перекручуванню, поперечним стискуванням, вібраціям, внаслідок чого

виникають напруги в конструктивних елементах кабелю, що може в окремих випадках призвести до зміни передатних характеристик кабелю. Тому під час затягування кабелю в канал необхідно контролювати силу тяжіння і в разі необхідності (при випадкових ривках) її обмежувати.

У кабельну каналізацію прокладають кабелі, що не мають зовнішнього броньованого покриття. Загальне число кабелів в одному каналі каналізації не повинно перевищувати трьох, сумарна площа їхнього перетину не повинна перевищувати 20-25 % від площі перетину каналу.

Затягування кабелю у вільні канали здійснюється сталевими тросами діаметром 5-6 мм, що при потребі для попередження пошкодження інших кабелів, які є в наявності, поміщується у захисну оболонку (пластикову тощо).

При прокладанні, приєднання до ОК тросу здійснюється за допомогою спеціального пристрою – захоплювача, виготовленого з гнучкої тefлонової трубки, нейлонової втулки і перехідного кільця – рис. 3.3: 1 – телефонна трубка; 2 – втулка; 3 – оптичний кабель; 4 – кінцева напівмуфта; 5 – армування кабелю; 6 – перехідне кільце; 7 – трос. Армувальні елементи оптичного кабелю кріпляться до перехідного кільця захоплювача. Таким чином, все навантаження при прокладанні в каналізації переходить на ці елементи кабелю, а скляні волокна не зазнають розтягувальних зусиль. Для зменшення тертя і підтримки зусиль тяжіння в межах норми використовуються мастильні матеріали (вазелін). Мастило дозволяє знизити зусилля тяжіння мінімум на 20%.

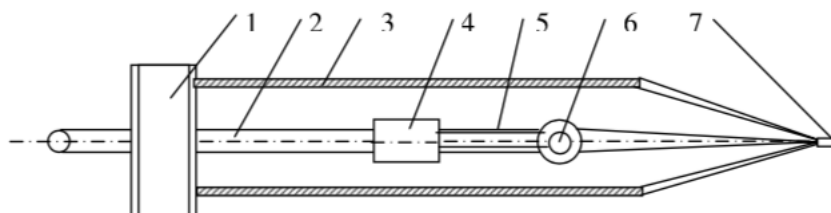


Рис 3.3 - Пристрій для захоплення оптичного кабелю

При прокладанні ОК в кабельній каналізації необхідні пристрої, що полегшують прокладання та виключають його пошкодження, зокрема:

- лебідка ручна тросова з регульованим зусиллям тяжіння, що забезпечує заготовку каналів проволокою (тросами) для затягування ОК;
- пристрій для розмотування кабелю з барабана;
- направляюча труба для вводу кабелю;
- ролики для направлення проволоки (тросу) і запасу ОК.

Характерною особливістю є необхідність забезпечення тяжіння ОК одночасно за його оболонку та його силові елементи. В місцях зміни направлення траси в колодязях встановлюють кабельні блоки. На відносно прямолінійних ділянках траси можна транзитом затягувати кабель довжиною до 1 км, а на трасі зі значною кількістю поворотів будівельну довжину кабелю слід скорочувати до 500 м. При прокладанні ОК великої будівельної довжини зазвичай починають прокладання з середини траси і протягують крізь каналізацію спочатку одну, а згодом іншу половину будівельної довжини. В усіх випадках необхідно суворо дотримуватись допустимого радіуса вигину ОК.

Для безпечного розміщення та захисту ОК в місцях їх з'єднання встановлюються спеціальні пристрої, т.зв. кабельні муфти. Місця з'єднання оптичних волокон кабелю прокладаються всередині таких муфт у спеціальних термоусаджувальних кожухах. Така конструкція кабельної муфти та розміщення оптичних волокон дозволяє гарантовано захистити місця їх з'єднання в найбільш критичних до впливу негативних зовнішніх чинників місцях.

В залежності від конструкції корпусу та того, яким чином розташовані вводи кабелю, муфти можуть бути прохідними та тупиковими. У прохідних муфт отвори для кабелю розташовані з протилежних сторін, у тупикових вони знаходяться з однієї сторони. В залежності від умов встановлення, розрізняються також форми корпусів муфти. Плоскі муфти, наприклад, зручніше кріпити до стін у підвалах, на горищах будинків, у колодязях. Тупикові муфти зручні при підведенні кабелю з одного боку, наприклад, для встановлення на опорах (освітлювальних, контактній мережі транспорту та ін.) шляхом застосування спеціальних скоб або для розміщення на стінах із задіянням

спеціальних кронштейнів. Прохідні муфти більш придатні для прокладання в ґрунт, у кабельні колодязі, а також для повітряного прокладання шляхом їх вивішування на несучому тросі за допомогою спеціальних скоб.

Кабельні вводи в муфти повинні бути надійно герметизовані для уникнення впливу зовнішніх негативних чинників (температурних перепадів, вологи, бруду тощо). Найчастіше застосовується організація введення за допомогою термоусаджуваних трубок. Усадка виконується достатньо швидко і, за правильного виконання всіх операцій, забезпечує надійну герметичність вводів. При цьому, для проведення такої технологічної операції застосовується відповідне обладнання: будівельний (промисловий) фен. При відсутності джерел електроживлення в місті проведення робіт, може бути застосоване інше технологічне обладнання, зокрема паяльник з відкритим полум'ям. Іншим методом, що може бути застосований є герметизація кабелю навколо місця його з'єднання за допомогою спеціальної стрічки. Вказана стрічка після її застосування та затискання ущільнює вільні порожнини та забезпечує достатній рівень герметизації кабельного вузлу. Єдиним застереженням вказаного методу є його більш низька з попередніми вологостійкість та у зв'язку з цим обмеження для застосування в місцях де потенційно існує загроза підтоплення або високого рівня впливу вологи.

Особливою умовою використання того чи іншого типу муфт є її відповідність фізичним розмірам кабелю, що застосовується при будівництві мережі. Так, окремі муфти дозволяють використання через один ввід декількох оптичних кабелів. При цьому, при їх монтажі передбачається проведення їх поділу відповідним розділювачем.

При використанні при будівництві мережі кабелів з металевими елементами, однією з умов є їх заземлення. З цією метою використовуються муфти із вмонтованим пристроями для заземлення.

3.8 Рекомендації до апаратної частини. Огляд і профілактичне обслуговування пасивного обладнання

При огляді і профілактичному обслуговуванні пасивного обладнання мережі PON виконуються наступні роботи: а) огляд стану кабелів і муфт; б) при профілактичному обслуговуванні оптичної розподільної шафи (ОРШ) і ОР – виправка положення ОК, прочищення цоколя і протирання корпусу ОРШ і СОК (усередині і зовні); заміна нумерації ОРШ і СОК.

3.9 Рекомендації до апаратної частини. Вимоги до серверної кімнати

Велике телекомунікаційне та серверне обладнання комп'ютерної мережі розміщується у спеціальному приміщенні – серверній кімнаті. Остання, за своїми характеристиками, повинна забезпечувати його працездатність та можливість обслуговування. Згідно з встановленими правилами, розміри серверної кімнати розраховуються виходячи з того, що на кожні 10 м² площі робочих місць потребує 0,08 м² серверної. Розташування серверної кімнати у приміщенні площею менше 15м² не рекомендоване. При цьому, вказане приміщення обов'язково знаходиться в середині будівлі, не повинно мати вихід на зовнішні стіни або розміщуватись у підвальному приміщенні чи на найверхньому поверсі, що обумовлено підвищеними вимогами до пожежостійкості або протидії імовірному затопленню.

Стіни та перекриття серверної кімнати повинні мати герметизацію та гідроізоляцію, не мати вікон, а двері забезпечувати захист від відкритого вогню щонайменше 45 хв. Конструкція дверей повинна забезпечувати надійну протидію несанкціонованому проникненню до приміщення та, при цьому, забезпечувати легкий монтаж на демонтаж обладнання. Покриття підлоги серверної кімнати текстильними матеріалами заборонено.

Однією з обов'язкових умов забезпечення зручності використання комп'ютерної мережі є наявність необхідної кількості розеток. Так, кожному користувачу ще на етапі проектування потрібно передбачити щонайменше по дві

розетки. Одна з яких призначена для підключення комп'ютера, інша для підключення телефону.

З урахуванням викладеного, для використання таких розеток доцільно мати їх нумерацію. Остання повинна забезпечувати чітку характеристику вказаної розетки щодо її місця знаходження та призначення. Таку нумерацію необхідно наносити якомога ближче до розетки, якщо відсутня можливість її нанесення безпосередньо на розетку. Особливих вимог до форми нумерації не висувається. Водночас, доцільно розглянути такий варіант рекомендованої нумерації, що дозволяє надати кожній розетці свій єдиний ідентифікаційний номер. Так, номер повинен включати: номер поверху та кімнати, визначати тип розетки (напр.: К – комп'ютерна, Т- телефонна) та безпосередньо порядковий номер розетки. Зокрема, 03;25;Т07, де 03 – визначення поверху, 25 – номер приміщення, Т- тип розетки (телефонна), 07 – безпосередньо номер розетки.

3.10 Рекомендації до апаратної частини. Кабельні сегменти

Структурні вузли комп'ютерних мереж з'єднуються за допомогою кабельних сегментів. Особливу увагу на етапі проектування мереж необхідно приділяти максимальній довжині таких сегментів, що зможуть забезпечити працездатність як окремих вузлів так і мережі в цілому. Основні характеристики кабельних сегментів для їх використання наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Характеристики кабельних сегментів

Стандарт	Швидкість передачі даних	Тип кабелю, що використовується	Максимальна довжина сегменту
Ethernet 10Base-2	10 Мбіт/с	Тонкий коаксіальний	185 м.
Ethernet 10Base-5	10 Мбіт/с	Товстий коаксіальний	500 м.
Ethernet 10Base-F	10 Мбіт/с	Волоконно-оптичний	2 км.
Ethernet 10Base-T	10 Мбіт/с	Вита пара	100 м.
Ethernet 10Base-FX	10 Мбіт/с	Волоконно-оптичний	2000 м.
Ethernet 100Base-T	100 Мбіт/с	Вита пара	100 м.
Ethernet 100Base-T2	100 Мбіт/с	UTP 3	100 м.
Ethernet 100Base-T4	100 Мбіт/с	UTPS, STP	100 м.

Ethernet 1000Base-CX	1000 Мбіт/с	STP	25 м.
Ethernet 1000Base-LX	1000 Мбіт/с	Волоконно-оптичний	одномод. 5000 м.; багатомод. 550 м.
Ethernet 1000Base-T	1000 Мбіт/с	UTP 5	100 м.

РОЗДІЛ IV. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1 Рекомендації до програмного забезпечення. Вибір технології та способи під'єднання підмереж

Для кожної підмережі підприємства чи компанії питання вибору технології та способу об'єднання всіх підрозділів в одну мережу, вирішується окремо в залежності від можливостей, призначень та завдань, що вирішуються. Не залежно від вищезгаданого, необхідно завжди враховувати всі можливі наслідки, які пов'язані з вибором певної технології в різних підмережах. Комп'ютерні мережі прийнято ділити на три основні типи:

- LAN (Local Area Network) - локальна мережа, яка територіально розподілена в межах однієї кімнати, офісу, організації або підприємства;
- MAN (Metropolitan Area Network) - міська або регіональна мережа, яка територіально розподілена в межах населеного пункту, регіону тощо;
- WAN (Wide Area Network) - глобальна мережа, що функціонує на значних територіях.

VPN (Virtual Private Network) - віртуальна приватна мережа, що створюється на основі вже діючих мереж, для збільшення рівня безпеки зв'язку між клієнтами, що її використовують. Вказана технологія набула широкого розповсюдження та дозволяє забезпечити безпеку зв'язку між користувачами з використанням діючих відкритих мереж.

VPN класифікують за типом середовища, що використовується:

- Захищені – підмережі на основі відкритих мереж, у т.ч. Інтернет, що підвищують загальну захищеність даних та використовують захищені протоколи, зокрема, такі як: IPsec, SSL, PPTP тощо;
- Довірчі – підмережі, що діють на основі мереж, надійність яких вважається такою, що відповідає потребам. При цьому, застосовують протоколи: Multi-protocol label switching (MPLS) і L2tp (Layer 2 Tunnelling Protocol) тощо.

4.2 Технології каналного рівня

Для надсилання та передачі даних пристроям одного сегменту будь-якої локальної мережі, виявлення і, можливого, виправлення фізичних помилок застосовується каналний рівень (англ. Data Link layer) мережевої моделі OSI.

Для об'єднання кількох вузлів мережі в межах одного сегменту застосовується мережевий комутатор (англ. network switch), який, використовуючи MAC-адреси окремих вузлів мережі, забезпечує їх з'єднання.

Для з'єднання декількох мереж на основі мережевого рівня використовуються маршрутизатори.

VLAN (Virtual LAN) - технологія, що виконує сегментацію мережі і обмеження широкомовного трафіку між VLAN-ми. Переваги використання VLAN:

- Підвищення безпеки мережі;
- Поділ доменів широкомовного трафіку;
- Поділ трафіку за пріоритетами;
- Можливість збільшення кількості вузлів в локальній мережі.

4.3 Маршрутизація в комп'ютерних мережах. Активне мережеве обладнання та його характеристики

Маршрутизація (англ. Routing) – формування шляхів та напрямків передачі інформації між мережами. Забезпечується за допомогою маршрутизатора (роутера), що визначає напрямок передачі даних на основі IP-адреси одержувача інформації. Всі прилади мережі, що приймають участь в передачі інформації одержувачу застосовують IP-адресу останнього для своєї коректної роботи. Для забезпечення коректного виконання завдань роутеру повинні бути відомі шляхи до віддалених мереж.

Типи маршрутизації:

- Статична – керування здійснюється адміністратором вручну;

- Динамічна – автоматичне керування за протоколами - RIP, OSPF, EIGRP, IS-IS, BGP, HSRP, ін., які отримують інформацію про топологію і стан каналів зв'язків від решти мережевих маршрутизаторів.

У випадку першого типу маршрутизації адміністратору необхідно самостійно визначати та керувати маршрутами з урахуванням завдань, що вирішуються. При цьому, в залежності від обсягу мережі та при її збільшенні, така діяльність буде вимагати від адміністратора значних зусиль та затрат часу для обслуговування таблиці. Водночас, для забезпечення стійкості функціонування мереж та мінімізації апаратних ресурсів, у значних за обсягом мережах часто-густо застосовуються статичні маршрути спільно з динамічною маршрутизацією.

За другим типом маршрутизації – дані про маршрути генеруються та змінюються автоматично за протоколами в залежності від змін у мережі, що визначають топологію останньої.

Мережевий комутатор - пристрій, що дозволяє забезпечити зв'язок в окремому сегменті мережі між різними приладами. Комутатори поділяються на керовані й некеровані (найпростіші).

Маршрутизатор, або роутер - електронний пристрій, що використовується для поєднання декількох мереж та організації коректного обміну даними між користувачами.

В таблицях 3 і 4 наведені основні характеристики активного мережевого обладнання (маршрутизатора і комутатора), використаного в даній курсовій роботі.

Таблиця 3 - Характеристика маршрутизатора Cisco 2960-24TT

ХАРАКТЕРИСТИКА КОМУТАТОРА CISCO 2960-24TT	
Модель	Cisco WS-C2960-24TT-L
RAM	64 МБ
Флеш пам'ять	32 МБ
Кількість портів	17-26

Egress buffers	2 МБ
----------------	------

Таблиця 4 - Характеристика комутатора Cisco 2911

ХАРАКТЕРИСТИКИ МАРШРУТИЗАТОРА CISCO 2911	
Модель	CISCO2911/K9
RAM	Встановлено 512 МБ. Можливе розширення до 2 ГБ.
Флеш пам'ять	Встановлено 256 МБ. Можливе розширення до 4 ГБ.
Протокол передачі даних	Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet.
Протоколи маршрутизації	BGP, GRE, OSPF, DVMRP, EIGRP, IS-IS, IGMPv3, PIM-SM, PIM-SSM.
ОС	Базова Cisco IOS IP Base
Інтерфейси	<ul style="list-style-type: none"> - 3 порти Ethernet 10Base-T / 100Base-TX / 1000Base-T, роз'єм RJ-45; - 1 консольний порт управління, роз'єм RJ-45; - 1 послідовний допоміжний порт, роз'єм RJ-45; - 2 порти USB 4-пін USB тип А.

4.4 Довідкові матеріали

Пасивні компоненти мереж доступу

Пасивними називають пристрої, які для свого функціонування не потребують енергії живлення. До них відносять оптичні волокна й кабелі, оптичні розгалужувачі, оптичні з'єднувачі, спектральні мультиплексори та ін.

Оптичні волокна

В оптичних мережах доступу використовуються оптичні кабелі (ОК) з одномодовими (ОМ) ОВ.

Оптичні розгалужувачі

Розгалужувачі (splitters) і відгалужувачі (couplers) застосовуються в багатьох випадках – у мережах КТБ, у ЛОМ, у системах моніторингу й у пасивних оптичних мережах (PON) доступу. В рекомендації ITU-T G.671 викладені вимоги до параметрів оптичних розгалужувачів незалежно від області їхнього застосування.

Оптичний розгалужувач – це пасивний оптичний багатополіусник, що розподіляє потужність вхідного випромінювання на кілька вихідних потоків (об'єднуючий потужності кількох потоків при зміні напрямку передачі світла на зворотне). У загальному випадку в розгалужувачі може бути M вхідних і N вихідних портів. В оптичних мережах доступу найбільш часто використовують розгалужувачі типу $1 \times N$ (з одним вхідним і N вихідними портами). Розгалужувачі $2 \times N$ застосовуються у системах з резервуванням волокон. Відгалужувачем звичайно називають пристрій, в якому вихідна потужність розподіляється не обов'язково в рівній пропорції між вихідними портами.

Оптичні з'єднувачі












Оптичний з'єднувач – це пасивний пристрій, призначений для з'єднання різних компонентів волоконно-оптичного лінійного тракту. Характерними прикладами є з'єднання: 1) джерела випромінювання з волокном (ДВ-ОВ); 2) волокна із приймачем випромінювання (ОВ-ПВ); 3) волокна з волокном (ОВ-ОВ). Втрати в з'єднувачах ДВ-ОВ і ОВ-ПВ враховує виготовлювач приймально-передавального обладнання, тому вони не розглядаються (і не враховуються) при проектуванні.

Розрізняють нероз'ємні та роз'ємні з'єднувачі ОВ. Нероз'ємні з'єднувачі установлюють у місцях постійного монтажу оптичних кабельних систем, наприклад, при з'єднанні будівельних довжин оптичного кабелю. Роз'ємні з'єднувачі допускають багаторазове з'єднання/роз'єднання компонентів. Їх звичайно застосовують на станціях – в оптичних кросах. Проміжне положення

займають з'єднувачі типу механічний «сплайс», що застосовується для тимчасових кабельних вставок.

З'єднувачі типу ОВ-ОВ мають симетричну конструкцію й складаються із трьох елементів – дві однакових вилки й одну розетку-втулку (coupling), Головним елементом з'єднувача є наконечник (ferrule), по осі якого встановлено і зафіксовано (за допомогою клею) ОВ. Розетка є елементом, що центрує. Це трубка з поздовжнім розрізом. В неї із двох боків вставляються наконечники, трубка їх щільно охоплює, забезпечує їх співвісність і мінімальний зазор між торцями. Зовнішній вигляд і основні параметри різних оптичних з'єднувачів наведені в табл. 5.

Таблиця 5 - Зовнішній вигляд та параметри різних оптичних з'єднувачів

Зовнішній вигляд (вилка) і основні параметри різних оптичних з'єднувачів					
Зовнішній вигляд	Стандарт	Внесені втрати, дБ	Повторюваність втрат, дБ	Тип ОВ	Область застосування
	Biconic	0,60...1,0	0,20	БМ, ОМ	Телекомунікації
	D4	0,20...0,5	0,20	БМ, ОМ	
	EC/RACE	0,10...0,30	0,10	ОМ	Високошвидкісна передача даних
	ESCON	0,20...0,70	0,20	БМ	Оптичні мережі
	FC	0,50...1,00	0,20	БМ,	Передача даних, телекомунікації
	FDDI	0,20...0,70	0,20	БМ	Оптичні мережі
	LC	0,15 (ОМ) 0,10 (БМ)	0,20	БМ, ОМ	Оптичні кроси зі значною кількістю з'єднувачів
	MT Array	0,30...1,00	0,25	БМ, ОМ	
	SC	0,20...0,45	0,10	БМ, ОМ	Телекомунікації
	SC Duplex	0,20...0,45	0,10	БМ, ОМ	Передача даних
	ST	0,40 ¹⁾ (ОМ) 0,50 ¹⁾ (БМ)	0,40 ¹⁾ (ОМ) 0,20 ¹⁾ (БМ)	БМ, ОМ	Будинкова мережа

Примітка: Подані типові значення; ОМ і БМ – одномодове і багатомодове ОВ відповідно.

ВИСНОВОК

Однією з провідних сфер економічної діяльності України є сільськогосподарська галузь, яка залишається однією з найбільш інвестиційно привабливих сфер економіки. Рушійну силу вказаної галузі становлять агропромислові підприємства, що для збільшення економічної ефективності використовують та впроваджують сучасні інформаційні технології. В результаті проведеної роботи здійснено розрахунки побудови волоконно-оптичної мережі агропідприємства. Підібрано та обґрунтовано вибір певного мережевого обладнання, розрахунок його кошторису, надана інформація щодо відмінностей оптичних мереж доступу на базі технологій GPON та GEPON. Зі станційного обладнання було обрано: платформа OLT (8 інтерфейсів GPON); передавач ТВ сигналу (CATV), 3 дБм; оптичний підсилювач, 19 дБм; мультиплексор WDM. З лінійного спорудження в процесі порівняння було обрано наступне: оптичний крос (8 гнізд); СОК типу «патчкорд»; СОК типу «пігтейл»; ЛОК з чотирма ОВ; муфти оптичні; оптичний розгалужувач FBT 1x3; оптичний розгалужувач PLC 1x8; настінні оптичні розподільні шафи; оптичні бокси 1U (16 гнізд). На підставі проведеної розробки визначено основні шляхи та методи впровадження волоконно-оптичних мереж. Визначено рекомендації до апаратної, програмної частин та будівництва вказаних мереж. Отримані в ході роботи результати дозволяють використовувати їх в практичній діяльності під час прокладання мереж агропідприємства. Таким чином завдання вирішені в повному обсязі. Мета роботи щодо створення волоконно-оптичних мереж досягнута.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Фриман Р.Л. «Волоконно-оптические системы связи» / Перевод с англ. - Под ред. Н. Н. Слепова. - М.: Техносфера, 2003. - 590 с.
2. Стандарт ANSI/EIA/TIA-942 «Вимоги щодо заземлення і електричних з'єднань телекомунікаційних систем комерційних будівель» і ПУЕ:2011
3. В.В.Хиленко. «Методи підвищення показників якості системи управління телекомунікаційними мережами»/ В. В. Хиленко,Л. Н. Беркман,Г. Ф. Колченко, О. Г. Варфоломеева – К.: Норіта-плюс, 2007.
4. Стандарти IEEE
5. Рекомендації ITU
6. https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспроводные_технологии [Електронний ресурс]
7. Технологія FTTH. <http://mirntc.ru/ftth> [Електронний ресурс]
8. Гауер Дж. Оптические системы связи: пер.с англ. – М.: Радио и связь. 1989.- 504с., ил.
9. http://en.wikipedia.org/wiki/Passive_optical_network. [Електронний ресурс]
10. GPON — The Next Big Thing in Optical Access Networks. www.flexlight-networks.com, Sep. 2002 p.1-16.
11. КНД-45-141-99 «Керівництво щодо будівництва лінійних споруд волоконно-оптичних ліній зв'язку».
12. Технология PON – эффективная сеть доступа // CONNECT | No 7, 2007.