

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА
РОБОТА

на тему:

«EPON технологія для забезпечення доступу до
мережі інтернет в с. Біловоди Роменського району»

Завідувач

випускаючої кафедри

Довбиш А.С.

Керівник роботи

Великодний Д.В.

Студент гр. ІКмз-92с

Курочка А.В.

СУМИ 2021

Сумський державний університет
(назва вузу)

Факультет ЕЛІТ Кафедра Комп'ютерних наук
Спеціальність «Інформатика»

Затверджую:
зав.кафедрою

“ ”

20__р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТОВІ

Курочці Андрію Валерійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) EPON технологія для забезпечення доступу до мережі інтернет в с.Біловоди Роменського району

затверджую наказом по інституту від “ ” 20__р.

№ _____

2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи)

3. Вхідні данні до проекту (роботи)

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)

1) Огляд існуючих рішень. Постановка задачі. 2) Принципи, топологія та стандарти технології PON. Архітектура та активно-пасивні компоненти мережі PON. 3) Планування, проектування та будівництво мережі EPON на прикладі конкретного населеного пункту. Методика розрахунку оптичного бюджету та налаштування робочої конфігурації OLT та ONT.

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

6. Консультанти до проекту (роботи), із значенням розділів проекту, що стосується їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

Керівник _____

Завдання прийняв до виконання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання проекту (роботи)	Примітка
1	Огляд існуючих рішень. Постановка задачі	14.12-20.12.20.	виконано
2	Принципи, топологія та стандарти технології PON. Архітектура та активно-пасивні компоненти мережі PON	21.12-31.12.20.	виконано
3	Планування, проектування та будівництво мережі EPON на прикладі конкретного населеного пункту. Методика розрахунку оптичного бюджету та налаштування робочої конфігурації OLT та ONT	01.01-15.01.21.	виконано
4	Оформлення пояснювальної записки	15.01-18.01.21.	виконано

Студент – дипломник _____

Керівник проекту _____

РЕФЕРАТ

Записка: 86 стор., 17 рис., 10 табл., 1 додаток, 20 джерел.

Об'єкт дослідження – технологія EPON та основні елементи структури пасивної оптичної мережі.

Предмет дослідження – особливості будівництва EPON мережі та налаштування конфігурації активного станційного та абонентського обладнання.

Мета роботи – планування, проектування та будівництво мережі EPON на прикладі конкретного населеного пункту. Методика розрахунку оптичного бюджету та налаштування робочої конфігурації OLT та ONT.

Методи дослідження – моделювання діючої EPON мережі та порівняння з іншими PON технологіями. Визначення оптичного бюджету математичним та програмним способом за допомогою Abills.

Результати – визначено топологію EPON мережі, спроектовано та реалізовано будівництво ВОЛЗ на прикладі с.Біловоди Роменського району. Встановлено та налаштовано робочу конфігурацію як станційного обладнання, так і абонентського. Визначено оптимальний рівень оптичного сигналу в мережі та проведено необхідні розрахунки оптичного бюджету.

ТЕХНОЛОГІЯ PON, ОПТИЧНИЙ КАБЕЛЬ, ЛІНІЇ ВОЛЗ,
АКТИВНО-ПАСИВНЕ ОБЛАДНАННЯ EPON,
ОПТИЧНИЙ БЮДЖЕТ, ABILLS

ЗМІСТ

ВСТУП	2
1 ПОНЯТТЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ ТА МОЖЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ PON	3
1.1 ВИНИКНЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ PON	3
1.2 ТОПОЛОГІЇ МЕРЕЖ PON	4
1.3 ПРИНЦИП ПОБУДОВИ МЕРЕЖІ PON	8
1.4 СТАНДАРТИ PON	12
1.5 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	17
2 АРХІТЕКТУРА ТА ОСНОВНІ КОМПОНЕНТИ МЕРЕЖІ PON. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ОПТИЧНОГО БЮДЖЕТУ	18
2.1 АРХІТЕКТУРА МЕРЕЖ PON	18
2.2. АКТИВНЕ ОБЛАДНАННЯ МЕРЕЖІ PON	21
2.3. ОСНОВНІ ПАСИВНІ КОМПОНЕНТИ МЕРЕЖІ PON	24
2.3.1 ОПТИЧНІ КАБЕЛІ І МУФТИ ДЛЯ PON	24
2.3.2 ОПТИЧНІ З'ЄДНУВАЛЬНІ ШНУРИ ДЛЯ PON	29
2.3.3 ОПТИЧНІ РОЗГАЛУЖУВАЧІ (ДІЛЬНИКИ) ТА ВІДГАЛУЖУВАЧІ	31
2.4 МЕТОДИКА ПЛАНУВАННЯ ТА РОЗРАХУНКУ БЮДЖЕТУ ОПТИЧНОЇ ПОТУЖНОСТІ	34
3 ВИКОРИСТАННЯ EPON ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТУПУ ДО МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ	45
3.1 КОРОТКИЙ ОПИС СУБ'ЄКТА БУДІВНИЦТВА EPON МЕРЕЖІ	45
3.2 ЕТАПИ ПЛАНУВАННЯ, ПРОЕКТУВАННЯ ТА БУДІВНИЦТВО МЕРЕЖІ EPON	45
3.3 НАЛАШТУВАННЯ РОБОЧОЇ КОНФІГУРАЦІЇ VDCOM P3310C ТА FOXGATE ONU 1001 MZ	60
3.4 ФОРМУВАННЯ ТОПОЛОГІЇ EPON МЕРЕЖІ В С. БІЛОВДИ. РОЗРАХУНОК ОПТИЧНОГО БЮДЖЕТУ	67
ВИСНОВКИ	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ТА ПОСИЛАНЬ	84
ДОДАТКИ	

ВСТУП

За останні два десятиліття телекомунікаційні мережі піддавались все новим та новим трансформаціям. В минулому, широко використовувані ADSL-технології, змінювались на Ethernet-технології, де у будівництві мереж широко використовувались мідні кабелі (звита пара). Ще одним із напрямків розвитку було використання мереж кабельного телебачення, використовуючи технології подачі інтернету через слейви HOME CNA та відомий всім на весь світ DOCSIS. Та з часом з'явилися технології з використанням радіоресурсу (WIMAX), що дало можливість передавати інформацію далеко за межі міст. Але всі ці технології не задовільняли вимог передачі інформації великими об'ємами на великі відстані, а про сучасні мультисервісні послуги, такі як відеозв'язок, передача мови та IPTV, взагалі не було мови. Лише з появою опто-волоконного кабелю стало можливим втілити всі мрії з передачі великих об'ємів інформації.

Актуальність теми даної роботи полягає у ефективному впровадженні оптоволоконних технологій та забезпеченні подачі інтернету у віддалені райони сільської місцевості. Оптичні технології забезпечують надання широкопasmового доступу всім абонентам існуючих та перспективних послуг зв'язку. Саме розбудова волоконно-оптичної інфраструктури є дуже актуальним завданням багатьох провайдерів.

1 ПОНЯТТЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ ТА МОЖЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ PON

1.1 Виникнення технології PON

PON (Passive Optical Network), заснована на дерево-подібній архітектурі волоконного кабелю з пасивними оптичними гілками на вузлах, може бути найбільш економічно ефективною і здатною забезпечити широкосмугову передачу в різні додатки. Сама архітектура PON є ефективною для збільшення як центральних мережевих вузлів, так і пропускної спроможності, відповідно до поточних та майбутніх потреб абонентів [1].

В умовах сучасності проектування та будівництво мереж доступу здійснюється за трьома основними напрямками, а саме:

- Мережі, що побудовані на основі мідних пар телефонів і апаратної технології xDSL;
- бездротові мережі;
- волоконно-оптичні мережі.

Прокладання оптичного кабелю (надалі – ОК) є дуже радикальним підходом. До недавнього часу він вважався надзвичайно дорогим. Однак такий підхід зараз став актуальним через значне зниження ціни на оптичні компоненти. Сьогодні стало вигідно будувати мережу доступу ОК як в оновленні старих, так і в будівництві нових мереж доступу («останні милі»). При цьому існує безліч варіантів вибору технології волоконно-оптичного доступу. Застарілі технології на основі медіаконверторів (оптичних модемів), оптичних Ethernet та Micro SDH дуже рідко використовуються, у той час як активного розповсюдження набирають мережі, з використанням пасивно-оптичних технологій PON [2, 4].

В основі технології PON покладено обмін інформацією між OLT та ONT. OLT (Optical Line Terminal) - це мережевий пристрій, що

встановлюється в центральнову вузлі. Принцип його роботи полягає у тому, що він приймає з мережі дані та генерує вихідний потік до абонентських вузлів за допомогою SNI (service node interfaces). Абонентський вузол ONT (optical network terminal) має як абонентські налаштування, так і налаштування для підключення до мережі PON, а передача даних здійснюється на довжині хвилі 1310 нм, відповідно прийом - на довжині хвилі 1550 нм. Абонентський ONT приймає дані з центрального OLT, опрацьовує їх і надсилає абонентам через інтерфейси підписки UNI (user network interfaces). Оптичний розгалужувач є пасивним оптичним багатополярним, який розподіляє потік оптичного випромінювання в одному напрямку і поєднує в собі кілька потоків у зворотному напрямку. Взагалі, у розгалужувача можуть бути M вхідних та N вихідних портів. Мережі PON найчастіше використовують гілки $1 \times N$ з одним вхідним портом. Гілки $2 \times N$ можна використовувати в системі з резервуванням по волокну.

Існує чотири основні топології оптичних мереж доступу:

- «крапка-крапка»;
- «кільце»;
- «дерево з активними вузлами»;
- "дерево з пасивними вузлами".

1.2 Топології мереж PON

Топологія «Точка-Точка». Узагальнена структура мережі, побудована на топології P2P зображена на рисунку 1.1.

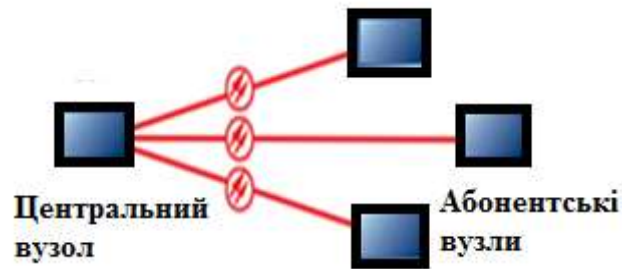


Рисунок 1.1 - Топологія «точка-точка» (P2P)

Топологія P2P не накладає обмежень на мережеві технології, що використовуються. Дана топологія може використовуватись у будь-якому мережевому стандарті, а також для нестандартних рішень – використання медіаконверторів. Що стосується передачі даних та, відповідно, їх убезпечення, то P2P є максимально безпечною, тому що в даному випадку ОК прокладаються від центрального вузла або вузлової станції до абонента напряду. Такий спосіб є дуже дорогим та використовується тільки для крупних абонентів [3, 6].

Топологія «Кільце». Структура мережі показана на рисунку 1.2:

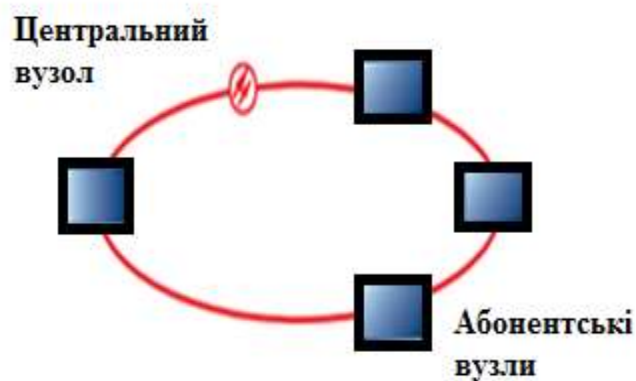


Рисунок 1.2 - Топологія "кільце"

Кільцева топологія на базі SDH зарекомендувала себе в основних телекомунікаційних мережах. Однак не все так добре в даній мережі доступу. І ось у чому річ: під час проектування мережі з використанням

топології «кільце», ми можемо розмістити вузлові точки відповідно до структури місцевості, але точно спрогнозувати, де і в якій кількості у нас з'являться абоненти ми не можемо. Клієнти можуть з'являтися в мережі нерівномірно, і тому в деяких мережевих вузлах їх може бути мало, а в деяких випадках можуть виникати розгалуження (дерева), а це вже призведе до гібридної топології. В даному випадку абонентів буде можливо підключати до мережі лише через злом кільця та додаванням окремих сегментів мережі, а це може привести до об'єднання кілець через один і той самий кабель, в наслідок чого виникають так звані «петлі». Виникнення петлі є негативним явищем та суттєво знижує надійність самої мережі. Отже, головною перевагою даної топології є висока працездатність мережі та мінімальна можливість виникнення обхідних шляхів [3, 6].

Топологія «дерево з активними вузлами» показана на рисунку 1.3:



Рисунок 1.3 - Топологія "дерево з активними вузлами"

Дана топологія є волоконно-ефективним рішенням, яке досить добре використовується стандартом Ethernet з всіма його технічними можливостями використання повного діапазону швидкостей, а саме передача даних здійснюється від центрального комутатора до абонента на швидкостях 10 Мбіт/с, 100 Мбіт/с, 1000 Мбіт/с. При використанні даної топології в мережі повинні бути відгалуження з кінцевим активним

обладнанням – комутатором або маршрутизатором. Побудова такого типу мереж не є досить дорогою і це є перевагою, але є і один недолік – кінцева активне обладнання, як правило, вимагає живлення, а це може спричинити певні складнощі [3, 6].

Топологія «дерево з пасивним оптичним розгалуженням PON (P2MP). Дану топологію показана на рисунку 1.4:



Рисунок 1.4 - Топологія "дерево з пасивним оптичним розгалуженням PON"

Використання топології "точка-до-мультипоінт" є основою технології PON. З одного порта OLT з використанням SFP можна підключити багато абонентів, що розміщені один від одного на різних відстанях та об'єднані мережею деревоподібного типу. Цю мережу можливо побудувати лише з використанням пасивних оптичних розгалужувачів, що не потребують живлення та дорогого обслуговування [3, 6].

Отже, технологія PON дозволяє економити на використанні кабелю, так як від центрального комутатора до абонентського розгалужувача використовується тільки одне волокно. На даний момент в PON на одне волокно ми можемо підключити до 128 абонентів. Конфігурація PON з розгалужувачем в центральному вузлі та в безпосередній близькості від центрального вузла більш економічна, ніж топологія «точка-точка» мережі, хоча зниження довжини оптичного волокна практично відсутнє.

Основними перевагами архітектури PON є наступні:

- відсутність проміжного активного обладнання;
- мінімальне використання оптичних передавачів в центральному вузлі;
- економія оптичних волокон;
- полегшений процес підключення нових абонентів;
- зручність в обслуговуванні абонентів

За допомогою деревоподібної топології P2MP максимально ефективно розміщуються оптичні розгалужувачі в мережі, що дає можливість оптимально використовувати ресурс при підключенні абонентів, прокладанні кабелів. Недоліком можна вважати підвищену складність технології PON, а також відсутність в топології «дерево» резервування волокон.

1.3 Принцип побудови мережі PON

Основна ідея архітектури PON – це використання єдиного приймального модуля в центральному вузлі OLT з метою передачі даних на будь-які абонентські термінали ONT та отримання зворотної інформації. Реалізація даного принципу зображена на рисунку 1.5 [6, 7, 15].

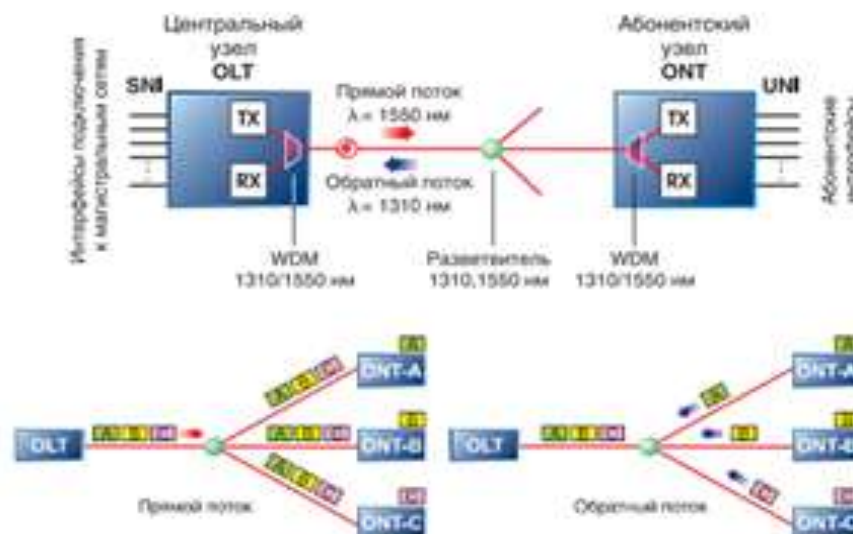


Рисунок 1.5 - Ключові елементи архітектури PON та принцип дії

Кількість абонентських терміналів ONT, що підключені до центрального OLT, може бути такою ж великою, як і бюджет потужності, а, також, максимальна швидкість приймального обладнання.

Довжина хвилі 1550 нм зазвичай використовується для передачі потоку даних від центрального OLT до абонентського ONT, а саме низхідного потоку.

Навпаки, потоки даних з різних абонентських вузлів до центрального вузла, разом утворюють зворотний або висхідний потік, та передаються з довжиною хвилі 1310 нм. Як OLT, так і ONT вбудовані в мультиплекси WDM, які розділяють потік даних на вихідні та вхідні.

Прямий потік є широкосмуговим та здійснюється за допомогою оптичних сигналів. Будь-який абонентський термінал ONT визначає адресні поля та виокремлює із загального потоку інформацію, що призначена лише йому (рис. 5). Отже, це є не що інше як - розподілений демультимплексор.

Всі абонентські термінали ONT здійснюють передачу даних на одній і тій же довжині хвилі, що використовується концепцією TDMA (time division multiple access). З метою недопущення можливості перетину сигналів з різних ONT, кожен з них встановлює власний індивідуальний графік передачі даних з урахуванням коригування затримки, пов'язаної з видаленням цього ONT з центрального вузла OLT. Це завдання вирішується за допомогою протоколу TDMA MAC [3, 5].

Взаємодія з OLT та ONT. Взаємодія абонентського вузла з центральним починається з підключення, після чого здійснюється передача даних. Все це робиться відповідно до протоколу TDMA MAC. У процесі встановлення зв'язку запущена процедура ранжування (ranging), яка включає в себе ранжування за відстанню, ранжування за потужністю та синхронізацію.

Ранжування за відстанню (distance ranging). Діапазон відстані - визначення часових затримок, пов'язаних з видаленням ONT з OLT -

виконується на етапі реєстрації вузлів абонента і необхідний для забезпечення транспортування даних і створення єдиної синхронізації в зворотному потоці.

По-перше, адміністратор мережі вкладає в OLT дані реєстру про новий ONT, його серійний номер, параметри послуг, що надаються абоненту. Після цього, після фізичного підключення до мережі PON цього абонентського вузла та підключення живлення, центральний вузол починає процес ранжування. Ранжування з ONT, який зареєстрований в реєстрі OLT, відбувається кожного разу, коли на підключається ONT. Коли живлення вимкнута або ввімкнута на OLT, ранжування розпочинається з усіма ONT. OLT, відправляючи сигнал на ONT, очікує відповідь від нього і на підставі цього обчислює час затримки на подвійному пробігу RTT (round trip time), потім в прямому потоці передає на ONT обчислюване значення. Абонентський вузол ONT робить відповідну затримку, яка передуює початку відправки кадру в зворотному потоці, компенсуючи затримку розподілу оптичного сигналу волокном від ONT до OLT. З огляду на те, що відстані OLT-ONT можуть сильно відрізнятися (стандарт G.983.1 визначає дальність 0-20 км), ми оцінюємо можливі варіації затримки. Якщо взяти до уваги той факт, що швидкість світлового потоку у волокні дорівнює $2/10^5$ км/с, то і збільшення дистанції від центрального OLT до абонентського ONT лише на 1 км призведе до збільшення інтервалу часу затримки на подвійному пробігу в 10 мкс. А на відстань 20 км RTT буде 0,2 мс. По суті, це мінімальний теоретичний час, необхідний для того, щоб OLT виконав ранжування з одним ONT.

Ранжування за відстанню більшої кількості абонентських вузлів відбувається послідовно і вимагає пропорційного збільшення загального часу ранжування. За цей час немає передачі даних у зворотному потоці. Після завершення ранжування на відстані, OLT, виходячи з встановлених послуг для кожного ONT і використовуючи протокол MAC,

вирішує, якому абонентському вузлу передавати послугу в кожному конкретному проміжку часу. Відзначимо, що загальна затримка відправки кадру у зворотній бік відбувається не тільки заключним часом розподілу сигналу на волокно, але і елементами електроніки OLT, ONT. Затримка з боку останнього може відчувати незначний дрейф, наприклад, через коливання температури обладнання. Тому на етапі передачі даних OLT інформує ONT про невелике коригування затримки зворотного потоку – мікро-ранжування (micro ranging). В результаті точність, з якою стабілізуються відправлені кадри з різних OLT, становить 2-3 біти.

Ініціалізація мережі PON базується на трьох процедурах: визначення відстаней від OLT до різних ONT (діапазон відстані), синхронізація всіх ONT (годинник один від одного) і визначення інтенсивності оптичних сигналів від різних ONT (діапазон потужності) на OLT [3, 5].

Ранжування потужності (power ranging) - це зміна порогу для дискримінації фотоприймача з метою підвищення чутливості фотоприймача або уникнення його небажаного насичення.

Оскільки ONT віддалені на різних дистанціях від OLT, втрати оптичних сигналів при поширенні по дереву PON будуть різними. Це може призвести до порушення функціонування фотоприймачів через перевантаження або слабкий сигнал.

Є два виходи з цієї ситуації: або налаштувати потужність передавачів ONT, або налаштувати поріг спрацювання на фотоприймачі OLT. Другий варіант був обраний як більш надійний і простий у використанні.

Поріг спрацювання фотоприймача OLT регулюється щоразу, коли ви отримуєте новий пакет зі зворотного потоку по преамбулі на основі вимірювання інтегральної потужності в преамбулі пакету.

Регулювання потужності також необхідне на всіх ONT. Воно відбувається аналогічним чином, але лише один раз, перш ніж синхронізувати приймач для роботи з синхронним потоком з OLT. Потім

безперервно розраховується інтегральна потужність ONT, а поріг дискримінації фотоприймача плавно регулюється [3, 5].

Синхронізація, ранжування по фазі (phase ranging), необхідна як для прямого, так і для зворотного потоку.

Абонентські вузли ONT синхронізуються на початку їх ініціалізації, а потім постійно синхронізуються, підлаштовуючись під безперервний трафік TDM від OLT і виконуючи, як прийнято його називати, синхронізований прийом даних. Навпаки, центр OLT синхронізується щоразу на преамбулі щойно прийдешого пакета. Знань, розрахованих на стадії ранжування за відстанню часової затримки з боку ONT, яка надіслала цей пакет, недостатньо – потрібна велика точність [3].

Кожен стандарт PON має свій власний метод синхронізації.

1.4 Стандарти PON

APON. В середині 90-х років виникла технологія APON [2, 10], в основі якої був реалізований принцип передачі інформації з використанням службових протоколів ATM (ATM, англ. Asynchronous Transfer Mode - асинхронний спосіб передачі даних, - високопродуктивна мережева технологія комутації та мультиплексування, заснована на передачі даних у вигляді осередків (cell) фіксованого розміру (53 байта), з яких 5 байтів використовується під заголовок. На відміну від синхронного способу передачі даних (STM - англ. Synchronous Transfer Mode), ATM краще пристосований для надання послуг передачі даних в яких сильно різняться бітрейт, або, швидкість проходження бітів інформації). Складається така ситуація, що передача даних прямого та зворотного потоку (режим симетрії) відбувається на швидкості 155 Мбіт/сек, а асиметричний режим передбачає швидкість у прямому потоці 622 Мбіт/сек та у зворотному напрямку зі швидкістю 155 Мбіт/сек. В ситуації, коли багато різних абонентських ONT передають інформацію на OLT, може відбутись накладення даних. Для того,

щоб цього не відбулось OLT надсилає певні службові команди ONT з дозволом на передачу. В даний час технологія APON практично не використовується [3, 7].

BPON. Технологія BPON є наступником попередньої APON. Головною відмінністю є можливість передачі різних типів інформації – голосових повідомлень, відео та цифрових даних). Цей процес відбувається аналогічно і попередній технології, лише передача даних здійснюється у симетричному режимі на швидкості 622 Мбіт/сек, а у асиметричному – 1244 Мбіт/сек.

Також дана технологія передбачає розподіл смуги на динамічному рівні між окремими абонентами. З появою технології GPON, BPON практично не використовується через свою економічну недоцільність [3, 7].

GPON. Технологію GPON (Gigabit PON) слід розглядати як органічний розвиток технології APON/BPON [2]. У жовтні 2003 року було затверджено стандарт GPON ITU-T Rec.984.3, який впроваджує процес передачі кадрів на швидкостях до 2,5 Гбіт/сек. Технологія GPON в наш час дуже широко використовується провайдерами, як великими, так і малими, оскільки, саме вона є економічно вигідна. Її особливостями є:

- можливість підключення від 64 до 128 абонентів на одне волокно на відстані до 20 км;
- використання протоколу SDH (GFP);
- передача даних зі швидкістю 1244 Мбіт/сек в симетричному режимі, та асиметричному – 1244 Мбіт/сек і 2488 Мбіт/сек відповідно;
- підтримує як трафік АТМ, так і ІР, передає мову та відео;
- мережа працює в синхронному режимі з постійною тривалістю кадру.
- лінійний код NRZ та скремблювання забезпечують високу ефективність смуги пропускання.

Технологія GPON забезпечує істотну економію оптичних волокон за рахунок деревовидної архітектури мережі. Крім того, використання

технології забезпечує високу надійність, завдяки пасивним елементам розгалужень. У дереві PON можна використовувати обладнання з однаковою і різною швидкістю передачі прямого і зворотного потоків.

До недоліків GPON слід віднести складність багаторівневої системи та управління. Це більш дороге рішення, ніж EPON, при порівнянних швидкостях передачі [3, 7].

EPON. В 2000 році з'являється новий стандарт та нова технологія EPON [13]. Технологія EPON являє собою технологію побудови пасивних оптичних мереж на базі стандарту Ethernet, за якою закріпилася назва (Ethernet Passive Optical Networks). Головна особливість технології EPON (порівняно з APON/BPON) в тому, що всередині дерева EPON передаються кадри Ethernet без фрагментації (розбиття на клітинки або фрейми). Архітектура EPON спрямована на вирішення завдання організації оптоволоконного каналу безпосередньо до користувача (волокно в будинок, квартиру, офіс). Дана технологія максимально оптимізована під протокол IP і є, по всій видимості, найкращим рішенням у разі організації недорогого широкопasmового транспорту для доступу в Internet.

Тобто, дана технологія має таку важливу властивість, як відсутність фрагментації кадру Ethernet. Це веде до збільшення пропускної здатності каналу. Зроблені фахівцями оцінки втрат смуги пропускання при проходженні через мережу виявилися близько 13%. Швидкість передачі даних в мережі EPON становить величину порядку 1.2 Гбіт/с.

Якщо оператор приймає рішення будувати пасивну оптичну мережу на базі протоколу IP, то технологія EPON найбільш оптимальна для вирішення завдання «останньої милі». Звичайно, можна передавати дані за стандартом Ethernet і за допомогою інших технологій (наприклад, використовуючи сучасні медіаконвертери і комутатори Ethernet), але тоді в мережі на ділянці операторкористувач з'являється активне обладнання і виникають всі пов'язані з цим обмеження. Забезпечення більш широкої

смуги передачі вимагає застосування більш складних, а, отже, і більш дорогих пристроїв. При переході до протоколу IP EPON можна вважати найбільш прогресивною технологією на даний момент.

Можна виділити наступні позитивні якості технології EPON:

- по каналу передаються вихідні Ethernet пакети;
- забезпечується просте і недороге управління;
- є певна перевага при Ethernet комутації, а саме - повна сумісність з протоколом IP, підтримка функцій TLS, Broadcast, Multicast, підтримка IGMP, краще організована підтримка IPTV, особливо при масштабних інсталяціях.

Таким чином, EPON об'єднує недороге обладнання Ethernet і волоконно-оптичну інфраструктуру, що важливо для побудови телекомунікаційних мереж. Мережі типу EPON, передбачають передачу даних зі швидкістю прямого та зворотного потоків до 1 Гбіт/сек, з можливістю підключення до 64 абонентів на одне волокно. Передача даних у прямому потоці відбувається на довжині хвилі 1490 нм, зворотній потік використовує 1310 нм. 1550 нм використовується для відео-додатків. Для того щоб між сигналами різного типу не було конфліктів, в GEPON використовується протокол MPCP (Multi-Point Control Protocol) – спеціальний протокол управління великою кількістю вузлів [3, 7, 9].

Отже, технологія **GEPON** [], використовує спеціальні функції підтримки TDM, синхронізації даних та захисних перемикань, і саме це робить її найекономічнішою з усього сімейства PON. Особливо це стосується середніх та малих операторів, які у своїй діяльності використовують IP-трафік та IPTV. Також дана технологія постійно вдосконалюється і вже сьогодні тестується новий тип - 10GEPON (за аналогією з 10Gb Ethernet).

В таблиці 1.1 наведемо порівняльні характеристики основних технологій побудови мережі PON.

Таблиця 1.1 Порівняльний аналіз основних стандартів мережі PON

Характеристики	Технології		
	APON/BPON	EPON	GPON
Стандарт	ITU-T G.983	IEEE 802.3	ITU-T G.984
Дата прийняття стандарту	Жовтень 1998	Липень 2004	Жовтень 2003
Максимальна швидкість спадного потоку даних	622 Мбіт/с	1,2 Гбіт/с	2,4 Гбіт/с
Максимальна швидкість висхідного потоку даних	155/622 Мбіт/с	1,2 Гбіт/с	1,2 Гбіт/с
Довжина хвилі спадних даних	1490 нм та	1550 нм	1490 нм та
	1550 нм		1550 нм
Довжина хвилі висхідних даних		1310 нм	
Максимальний радіус мережі	20 км		60 км
Максимальна кількість ОР	32	64	128
Тип даних	ATM	Ethernet	ATM, Ethernet
Середня пропускна здатність абонента	20 Мбіт/с	60 Мбіт/с	40 Мбіт/с
Можливість IP-фрагментації	Забезпечено	Немає	Забезпечено
Захист даних (шифрування)	Відкритими	Немає	Відкритими
	ключами		ключами
Порівняльна вартість обладнання	Низька	Середня	Вище
			середньої

Нижче на рисунку 1.6 наведено приклад побудови мережі PON [8, 10, 11].

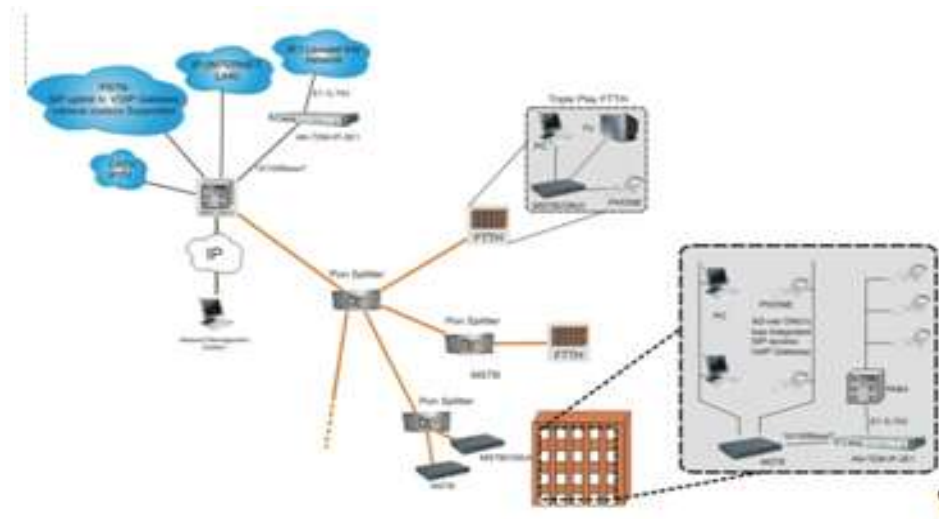


Рисунок 1.6 – Приклад побудови мережі PON

1.5 Постановка задачі

В сучасних умовах стрімкого розвитку телекомунікаційних технологій багато провайдерів мають можливість розширити свої мережі далеко за межами міст. Аналіз можливостей PON технології, показує, що це є найефективніший спосіб розвивати свої телекомунікаційні мережі та нарощувати клієнтську базу. Але для цього потрібно чітко визначити потужність мережі, її топографію та структурну складову.

Враховуючи актуальність проблеми, в ході даної магістерської роботи необхідно:

1. Порівняти технології PON, визначити оптимальну топологію мережі та її архітектуру.
2. Визначити необхідне активно-пасивне обладнання для будівництва PON мережі.
3. Провести розрахунки оптичного бюджету, необхідного для підключення максимальної кількості абонентів.

На основі даних розрахунків буде створено алгоритм дій в організації та будівництві оптичної мережі з використанням технології PON, що дасть можливість ефективно оцінювати будь-який проект майбутнього будівництва.

2 АРХІТЕКТУРА ТА ОСНОВНІ КОМПОНЕНТИ МЕРЕЖІ PON. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ОПТИЧНОГО БЮДЖЕТУ

2.1 Архітектура мереж PON

Найголовніше завдання, яке постає перед сучасними телекомунікаційними мережами доступу до мережі інтернет – це проблема «останньої милі», тобто надання максимально ширшої смуги пропускання як індивідуальним, так і корпоративним абонентам при мінімальних витратах.

Суть технології PON полягає у тому, що між модулем центрального вузла OLT (Optical line terminal) і абонентськими вузлами ONT (Optical network terminal) створюється пасивна оптична мережа, що має в основному широке розгалуження у формі дерева. Розгалуження мережі відбувається за допомогою розгалужувачів (дільників) – це компактні пристрої, для яких не потрібне живлення та постійне обслуговування. З одного центрального вузла (OLT) можна відключити дуже велику кількість абонентів. Кількість абонентів визначається, виходячи з бюджету оптичної потужності та швидкості передачі приймально-передавальної апаратури. На рисунку 2.1 зображено приклад архітектури PON мережі [3, 5, 6].

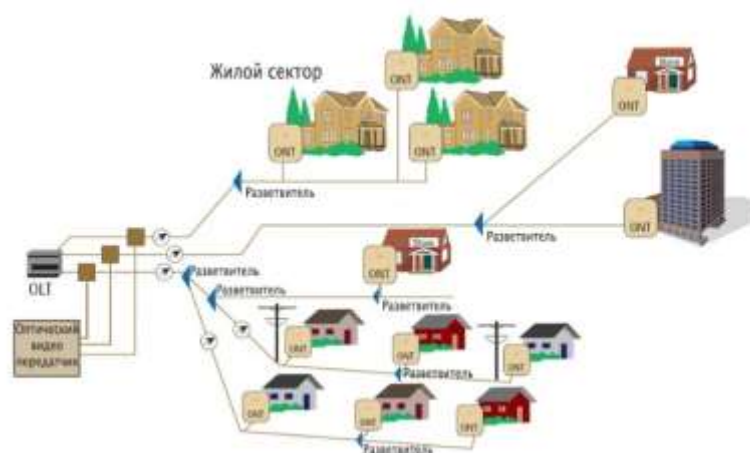


Рисунок 2.1 - Приклад архітектури PON мережі

При передачі даних через прямий і зворотній канали, використовується лише одне оптичне волокно, смуга пропускання якого динамічно розподіляється між абонентами. Низхідний потік (downstream) направляється від центрального вузла до абонентів, і проходить на довжині хвилі 1490 нм і 1550 нм для відео. Висхідні потоки (upstream), що проходять від абонентів до центрального вузла, йдуть на довжині хвилі 1310 нм з використанням протоколу множинного доступу з тимчасовим поділом (TDMA).

Для побудови мережі PON використовується топологія «точка - многоточка», а сама мережа має структуру у формі дерева. Кожна ділянка волоконно-оптичного сегменту має підключення до одного приймального передавача в центральному вузлі (на відміну від топології «точка - точка», що також дає значну економію у вартості обладнання. Один волоконно-оптичний сегмент мережі PON може охоплювати до 64 абонентських вузлів в радіусі до 20 км для технологій EPON і до 128 вузлів в радіусі до 60 км для технології GPON. Кожен абонентський вузол розрахований на звичайний житловий будинок або офісний будинок і в свою чергу може охоплювати сотні абонентів. Всі абонентські вузли є термінальними, а це означає, що якщо в одного абонента дане обладнання вийде з строю, то це ніяк не вплине на роботу обладнання в інших абонентів.

Центральний вузол PON може мати мережеві інтерфейси як ATM, SDH (STM-1), так і Gigabit Ethernet для підключення до магістральних мереж. Абонентські термінали можуть надавати сервісні інтерфейси 10 / 100Base-TX, FXS (2, 4, 8 і 16 портів для підключення аналогових ТА), E1, цифрове відео, ATM (E3, DS3, STM-1c).

На сьогоднішній день провайдери вибирають між GEPON і GPON. Обидві технології відрізняються високою швидкістю. Але якщо у випадку з GEPON дані передаються без особливих змін, то в технології GPON цей процес проходить складніше, враховуючи подвійну "упаковку" по кадрам

GEM і GTC. Ще одна відмінність це те, що в GPON застосовуються АТМ «ячейки», а в GEPON їх немає.

Швидкість, яка підтримується в GPON, - 2.5 Гбіт/сек. За допомогою такої швидкості можна ефективно передавати TDMA-трафік, також є й інші переваги. Але вартість обладнання перекреслює все - вона набагато вище, ніж у випадку з GEPON. Такий тип мережі дозволяє собі дуже невеликий список провайдерів, які обслуговують великих клієнтів або в разі побудови величезних розгалужених мереж.

Більшість провайдерів вибирають GEPON. І цьому є причини:

- пропускна спроможність мережі GEPON 1 Гігабіт, що відповідає сучасним стандартам;
- GEPON-обладнання дешевше, ніж обладнання GPON, і до того ж легше в налаштуванні;
- технологія GEPON лише вполовину поступається GPON за кількістю абонентів, що підключаються на один порт OLT (64), до 20 км.

На даний момент вже є і технологія 10GEPON, по якій обіцяна швидкість в 10 гігабіт, проте розробки цієї технології ще не завершені [6, 7, 10]. На рисунку 2.2 зображено схожі та відмінні характеристики PON технологій.

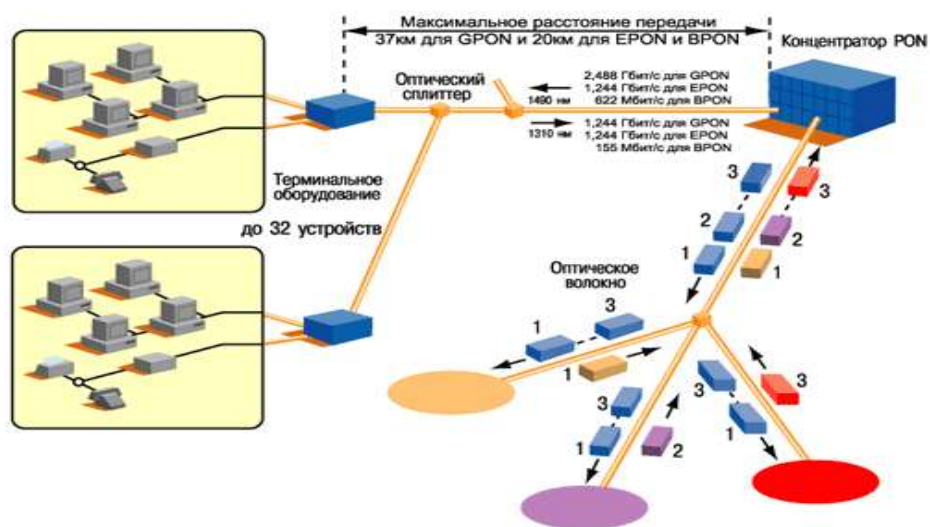


Рисунок 2.2 - Порівняння технологій BPON, EPON, GPON

2.2. Активне обладнання мережі PON

До активного обладнання відносяться центральні станційні блоки (OLT) та абонентські термінали (ONT). Для прикладу можна навести обладнання компанії UTSTARCOM - одного з провідних американських розробників PON-обладнання. На рисунку 2.3 зображено станційне обладнання OLT та абонентське. В даному випадку, як OLT можливе використання одного з двох кінцевих комплектів BBS4000 + або BBS1000+, які відрізняються кількістю абонентів, що підключаються і деякими функціональними особливостями [12].



Рисунок 2.3 - GPON концентратори UTSTARCOM BBS 4000 +
та BBS 1000

Щодо моделі BBS4000+ можна сказати наступне: вона включає в себе 3 основних типи функціональних блоків:

- блоки GEM04 організовують до 4 каналів Gigabit Ethernet з зовнішньою мережею IP;
- у блоці оптичних приймально-передавачів використовуються змінні SFP модулі, типи яких залежать від довжини ділянки при використанні стандартних одномодових волокон (10 км, 20 км і т.д.).
- блоки EPM04 призначені для з'єднання OLT з абонентськими терміналами мережі на швидкості 1 Гбіт / с. Кожен EPM04 забезпечує підключення до 4 ліній GPON через SFP модулі. Прямий канал працює на довжині хвилі 1490 нм, зворотний - 1310 нм. Дальність передачі до 20 км для 32 підключень і 10 км для 64 підключень. Якщо в концентратор встановити всі

11 блоків EPM04, то BBS 4000 дозволить максимально підключити до 1408 ONU.

На рисунку 2.4 наводиться приклад графічного зображення функціональної схеми UTSTARCOM BBS 4000+ [12].

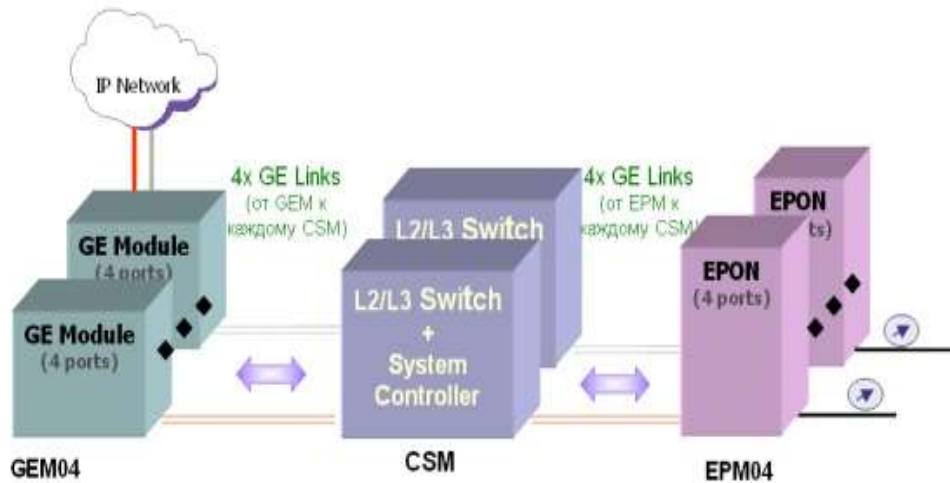


Рисунок 2.4 - Графічне зображення функціональної схеми UTSTARCOM BBS 4000+

При передачі сигналу на відстань до 20 км використовується одномодовий лазер Fabri-Perro і фотоприймач на p-in діод. Якщо дальність складає 20 км і більше, то застосовують вузькосмуговий одномодовий потужний лазер DFB (з розподіленим зворотнім зв'язком) і APD (лавинний фотодіод) в фотоприймальний вузлі. Динамічний діапазон у цьому випадку не менше 29 дБ.

Також наявність універсальних слотів дозволяє гнучко оснащувати і нарощувати продуктивність комутатора необхідними портами, наприклад GEthernet або EPON. Два слота концентратора призначені для встановлення центральних сервісних блоків (CSM). Кожен такий блок містить комутатор / маршрутизатор 2, 3 рівня продуктивністю до 48 Гбіт / с.

За допомогою системного контролера можна підключитися до системи управління OLT. Це можна зробити локально - через порт RS232 (RJ-45) або дистанційно - через зовнішню мережу IP і блок GEM04. Дана система управління дає змогу провести тарифікацію трафіку, провести

налаштування класів обслуговування груп користувачів, організувати динамічний розподіл смуги пропускання (DBA) та обмежити вихідний потік смуги пропускання та інших функцій.

Даний концентратор оснащений двома блоками живлення по 48 В, температурний режим балансується за допомогою трьома блоками вентиляції. Всі модулі мають функцію термінової заміни. Корпус концентратора виконаний з металу висотою 9U.

Концентратор BBS4000+ є досить ефективним пристроєм при установці в мережах великої або середньої місткості з перспективами розширення.

Іншим прикладом є одно-юнітовий (1U) концентратор BBS 1000+. Принцип роботи його аналогічний BBS4000 +, однак комплектація більш бюджетна. Даний пристрій має слот для модуля GSM (4 оптичних портів Gigabit Ethernet для виходу на IP-мережу та порти управління), 2 слота для двох 4-портових модулів EPON, 1 слот для модуля вентиляції і 2 слота для модулів живлення 48 В постійного і 220 В змінного струмів.

Дальність передачі сигналу можлива до 20 км для 32 підключень і 10 км - для 64 підключень на порту. OLT може обслуговувати до 512 абонентських пристроїв ONU. Отже, BBS1000 + є оптимальним пристроєм для побудови невеликих і середніх оптичних мереж PON [12].

Щодо абонентських терміналів, то компанія пропонує наступні варіанти:

- UTSTARCOM ONU 101i;
- UTSTARCOM ONU 404i;
- UTSTARCOM ONU 804i;
- UTSTARCOM ONU 1001i;
- UTSTARCOM ONU 2004i

Всі термінали повністю сумісні зі станційним обладнанням BBS 4000+ і BBS 1000+ кількістю і типами призначених для користувача портів.

На рисунку 2.5 зображені деякі абонентські термінали [12].



Рисунок 2.5 - Абонентські термінали UTSTARCOM ONU 1001i та ONU 101i

Всі ONU обладнані лінійними портами 1310 нм (на передачу) та 1490 нм (на прийом) з динамічним діапазоном до 29 дБ. Призначені для користувача порти RJ-45 (10/100 BASE-T або 10/100/1000 BASE-T) і концентратор 2 рівня дають змогу успішно використовувати такі термінали не тільки вдома, але і для діяльності невеликого офісу. Також є радіочастотний порт типу «F», який забезпечує можливість виведення відеосигналу кабельного ТБ, що передається від станції на виділеній довжині хвилі 1550 нм [12].

2.3. Основні пасивні компоненти мережі PON

2.3.1 Оптичні кабелі і муфти для PON

Відповідно до вимог Рекомендації ITU-T G.983, при будівництві PON мережі потрібно використовувати кабелі з одномодовими оптичними волокнами типу G.652 або сумісні з ними (наприклад, G.657A). Оскільки технологія PON передбачає використання оптичних кабелів, що прокладаються на магістральних, розподільних та абонентських ділянках) і в різних умовах (в каналізації, підвіска на опорах, в будівлях абонентів), то і конструкції кабелів для тієї чи іншої мережі можуть досить сильно відрізнитись [12].

В першу чергу, конструкції кабелів визначаються умовами застосування кабелю, тобто прокладка в ґрунт, підвіска на опорах, прокладка в кабельну каналізацію, прокладка у внутрішніх каналах і стояках будівлі і т.п., а також необхідною кількістю волокон. Приклад кабелю у розрізі показано на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 - Структура оптичного кабелю ОКТ-Д (1,0)П-4Е1, 4 волокна

Потрібно відзначити, що при числі волокон в діапазоні від 4 до 12- 24 економічно доцільне буде використовувати кабель з однотрубчатим сердечником (типу UT), а при більшій кількості волокон - з модульними сердечниками (типу LT). Що стосується прокладання кабелю під землею, то принципово важливо мати захист як від гризунів, так і від попадання вологи, а також від розтягуючих зусиль ґрунту, випадкових механічних пошкоджень та інших факторів. При підвішуванні оптичних кабелів на опорах, є дуже важливим фактором стійкість до розтягування кабелю. Як правило, це можна вирішити використанням тросу або інших силових елементів. Неабиякий вплив має і перепад температур: вирішення проблеми - забезпечення в основному спеціальним матеріалом і конструкцією зовнішньої оболонки [12].

Нижче в таблиці 2.1 вказані чинники, які впливають на оптичні кабелі,

прокладені в різних умовах і конструктивні методи захисту від них.

Таблиця 2.1. Чинники, які впливають на характеристики оптичних кабелів

Умови прокладання	Основні впливаючі фактори	Конструктивні методи захисту
Безпосередньо в ґрунт	атаки гризунів	броня
	розтяжне зусилля	Поздовжні силові елементи
	випадкові удари	броня
	проникнення вологи	Вологозахисний бар'єр, гідрофобний заповнювач
	роздавлююче зусилля	Конструкція сердечника, броня
У кабельній каналізації	проникнення вологи	Вологозахисний бар'єр, гідрофобний заповнювач
	розтяжне зусилля	Поздовжні силові елементи
	скручування	зовнішня оболонка
	атаки гризунів	Броня, прокладка в захисних трубках
Підвіска на опорах	розтяжне зусилля	Поздовжні силові елементи
	перепади температур	оболонки
	проникнення вологи	Вологозахисний бар'єр, гідрофобний заповнювач
	випадкові удари	Броня, оболонки, арамідні нитки
	ультрафіолетове опромінення	зовнішня оболонка

Кабельні вводи в будинок	займання	Оболонка з LSZH або PVC
	атаки гризунів	броня
	проникнення вологи	вологозахисний бар'єр
	розтяжне зусилля	Поздовжні силові елементи
усередині приміщень	займання	Оболонка з LSZH або PVC
	Вигин з малим радіусом	оболонки
	розтяжне зусилля	арамідні нитки
	випадкові удари	Оболонки, арамідні нитки
	роздавлююче зусилля	Оболонки, арамідні нитки

При з'єднанні кінців кабелю між собою або в місцях розгалуження кабельних ліній обов'язково встановлюються кабельні муфти або бокси. Основне завдання муфт - розмістити і захистити з'єднання оптичних волокон. Конструкція муфти містять сплайс-касети, в яких вкладаються зварні з'єднання в захисних термоусаджуваних гільзах та дільники. В середині касети укладається запас оптичних волокон. Корпус муфти повинен захищати волокна і зростки від проникнення вологи, механічних і кліматичних впливів. На рисунку 2.7 наведено приклад оптичної муфти [12].

Відповідно до абонентських введів та магістральних вузлів, розрізняють прохідні муфти (кабельні вводи зроблені з протилежних сторін) і тупикові (вводи з одного боку). Конструкція корпусу муфти може бути плоскою або круглою. Вибір типу корпусу муфти багато в чому

визначається умовами її установки. Плоскі муфти, наприклад, зручніше кріпити до стін в підвалах, на горищах будинків, у колодязях.



Рисунок 2.7 - Муфта оптична Crosver FOSS-S206

Тупикові муфти використовуються при підводі кабелю з одного боку, наприклад, для установки на опорах освітлення. Така муфта може кріпитись або за допомогою металеввої скоби, або з використанням кронштейна. Прохідні муфти використовуються для прокладки кабелю в ґрунт, в колодязях кабельної каналізації, а також для повітряних кабелів при підвісці на несучому тросі з використанням спеціальних натяжних або підвісів.

Після заведення кабелю в муфту та вкладання всіх необхідних компонентів в касету, необхідно загерметизувати її з використанням лампи чи фену та термоусаджуваних трубок. Така усадка проводиться досить швидко і забезпечує надійну герметичність вводів. Є ще один спосіб герметизації - використання спеціальної стрічки, яка намотується на зовнішню оболонку кабелю в місці його введення в муфту.

На рисунку 2.8 зображено приклад конструкцій різних типів муфт. Після затискання накидної гайки, на вступній втулці м'яка стрічка заповнює весь вільний простір в місці введення кабелю і надійно його герметизує. Даний спосіб не вимагає термообробки кабелю, але тут важливо робити все досить акуратно та ретельно. Крім того, муфти з такими уведеннями не бажано використовувати в місцях постійного впливу вологи [12].



Рисунок 2.8 - Пример конструкции муфт с герметизацией вводов термофиксирующими трубками та за допомогою герметизуючої стрічки

При виборі муфти необхідно враховувати скільки буде заведено кабелів, який буде їх діаметр та чи дасть місце в цій муфті місця в касетах для вкладання волокон та дільників. Деякі конструкції муфт допускають введення в один великий порт двох оптичних кабелів невеликих діаметрів з поділом їх при термоусадці металевою кліпсою з термоклеєвою вставкою. При вводах в муфту кабелів з металевими елементами, вони повинні з'єднуватися між собою, а при необхідності - ще й заземлюватися. Для цього всередині муфти знаходиться заземлювальна шина з гвинтовим кріпленням для металевих силових елементів.

2.3.2 Оптичні з'єднувальні шнури для PON

Оптичні шнури або пачкорди є важливим елементом PON. Вони використовуються у великій кількості на станціях, де відбуваються різні операції по перекомутації, або ж у клієнта вдома при підключенню абонентського терманалу. Від параметрів таких пачкордів багато в чому залежить якісна робота всієї мережі та обладнання.

При з'єднанні оптичними портами обладнання використовуються з'єднувальні шнури пачкорди), які окінцьовані з двох сторін спеціальними оптичними конекторами діаметром 3 мм.

Для підключення оптичних кабелів до кінцевого або розподільного обладнання застосовуються шнури з одним коннектором і одним вільним волокном (пігтейли). У них використовуються волокна в щільному покритті діаметром 0,9 мм без зовнішньої оболонки.

Дуже широко використовуються з'єднувальні шнури марки Cor-X. Вони мають великі різноманітні конструкції та різні типи конекторів (FC, SC, LC та інші), хоча в мережах PON частіше використовуються конектори типу SC. Коннектори мають два типи полірування торців - звичайний сферичний фізичний контакт (PC, UPC) або кутовий фізичний контакт (APC). Роз'єми з коннекторами типу APC мають значно менші втрати на відображення за рахунок висвітлювання відбитої потужності, яка падає на межу розділу серцевини / оболонка під кутом більше критичного. Це дуже важливо для мереж, в яких оптичний передавач чутливий до високого рівня відбитої потужності. В інших мережах PON, де паралельно організовано трансляцію кабельного телебачення, в усіх місцях з'єднань повинні використовуватись тільки коннектори типу APC, корпус яких маркується зеленим кольором. В якості зовнішніх оболонок в пасивне застосовуються матеріали. Приклади вищезгаданих патчкордів зображено на рисунку 2.9 [12, 20].



Рисунок 2.9 - Приклад патч-кордів FC, SC, APC

Волоконно-оптична вимірвальне обладнання має в оптичних портах коннектори з поліруванням типу PC. Тому при тестуванні пасивних оптичних мереж потрібно використовувати комбіновані пасивні роз'єми, у яких один з конекторів має полірування типу PC, а другий – APC. Саме це зображено на рисунку 2.10 [12, 20].

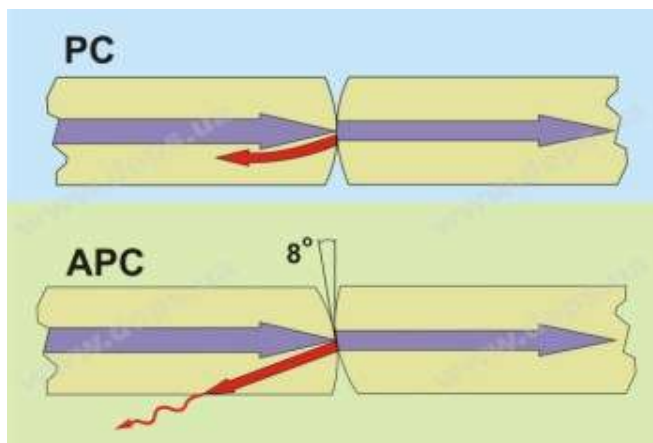


Рисунок 2.10 - Приклад комбінованого пасивного з'єднання типу PC та APC.

Слід зауважити, що при великій щільності портів і обмеженому просторі для укладання оптичних шнурів у кроссовому або розподільчому обладнанні пачкорди або пігтейли можуть бути укладені з радіусом вигину менше допустимих 30 мм. У таких місцях може виникнути критичний вигин волокон і можуть виникнути додаткові втрати в кілька дБ. Для використання в таких умовах рекомендується використовувати шнури марки Cor-X Flex з волокнами, що мають зменшені втрати на вигинах (типу G.657). У таких шнурах, навіть при вигинах з радіусом 15-20 мм, що вносяться втрати будуть незначними (кілька десятих дБ).

2.3.3 Оптичні розгалужувачі (дільники) та відгалужувачі

Оптичний спліттер (розгалужувач) призначений для розподілу оптичних сигналів при будівництві пасивних оптичних мереж (PON) та в системі кабельного телебачення (CATV). За допомогою спліттерів оптичний сигнал від єдиного передавача прямого каналу можна направити

на кілька оптичних приймачів. Те, яким буде їх кількість, залежить безпосередньо від показника потужності передавача. На рисунку 2.11 зображено один з оптичних розгалужувачів [12, 20].



Рисунок 2.11- Оптичний розгалужувач x3, SM, 1310/1550 нм, 0,9 мм,
SC/APC

Сплітер відноситься до багатополюсних пристроїв, тобто подається вхідний оптичний сигнал, який потім розділяється на декілька серед його вихідних полюсів. Головні характеристики розподілу потужності - це коефіцієнт спрямованості, коефіцієнт відгалуження та рівень внесених втрат.

Головні вимоги до параметрів спліттерів:

- високий коефіцієнт спрямованості;
- невеликі втрати внесення;
- мінімальні похибки від встановленого коефіцієнта відгалуження;
- широкополостність пристроя;
- збереження модового складу випромінювання.

Якщо розглядати мережі кабельного телебачення, то тут застосування знаходять два типи разветвителей: дільник і відгалуджувач.

Дільник являє собою X-тип розгалуджувача. Це оптичний багатополюсник пасивного типу. Оптичний сигнал, який подається на вхід, в певних пропорціях розподіляється серед його вихідних портів. Як правило, розподіл відбувається рівними частинами, однак на замовлення

можна виготовити пристрої з іншими необхідними параметрами. Так, на рисунку 2.12 [12, 20], зображено спліттер оптичний 1x2, який має співвідношення розгалуження на виходах 50/50, але можна виготовити і 25/75.



Рисунок 2.12 – Оптичний дільник Coupler PLC-1×2-split-0-SC/UPC-0.9mm

Відгалужувач - це розгалужувач Y-виду. вихідна потужність при цьому розподіляється між виходами нерівномірно. Основна частина потужності надходить в магістральний канал, а мала її частина надходить на відгалуження.

Відгалужувач - це похідний елемент від розгалуджувача X-типу, вироблений шляхом укорочення волокна одного з портів на вході. Щоб мінімізувати відбиття сигналу, кінець повинен бути оплавлені належним чином. За допомогою розгалуджувача Y-типу виробляють відгалуження певної частини потужності оптичного потоку. У кабельних мережах найбільшого поширення набули відгалуджувачі, що мають два виходи. Існує два методи виробництва оптичних разветвителей: планарний і сплавний.

- Планарний метод – в його основі лягає дія планарних хвилеводів. Самі хвилеводи виготовляються шару ніобата літію, який в свою чергу вирощений на монокристалі кремнію. На наступному етапі хвилеводи покривають відбиваючим покриттям. Кожен з таких хвилеводів розділяє сигнал на дві частини. Щоб збільшити кількість виходів,

робляють послідовне стикування хвилеводів. Звідси стає зрозуміло, чому кількість виходів в планарних спліттерах завжди збільшується вдвічі [12];

- Сплавний метод - завдяки цьому методу виробляються сплавні оптичні розгалужувачі. Принципом виготовлення являється зварювання двох волокон без оболонки один з одним, при дотриманні певної температури [12].

Сплавні розгалужувачі розділяються в свою чергу на дві категорії:

Рівномірні сплавні подільники. На виході даних пристроїв потужність сигналу розподіляється на рівні частини. Якщо відбувається поділ на два канали, величина потужності сигналу на вході буде вдвічі більше, ніж двох сигналів при виході.

Нерівномірні сплавні оптичні подільники. При цьому показники потужності сигналу при виході знаходяться в певних пропорціях один до одного. Наприклад, 20/30/30/20. Це відбувається за рахунок більшого або меншого проникнення одного волокна в інше. Вартість спліттера, як і вартість оптичного кабелю (а також патч-корда, ціна на який залежить від моделі і властивостей) коливається в залежності від його характеристик і виробника.

2.4 Методика планування та розрахунку бюджету оптичної потужності

Найвідповідальнішим завданням проектування мережі PON є розрахунок бюджету втрат і визначення оптимальних коефіцієнтів розподілу всіх розгалужувачів. Алгоритм розрахунку виглядає наступним чином:

- розрахунок сумарних втрат для кожної гілки без урахування втрат в розгалужувачах;
- почергове визначення коефіцієнтів розподілу кожного розгалужувача, починаючи з найбільш віддалених;

- розрахунок бюджету втрат для кожного абонентського терміналу ONT з урахуванням втрат у всіх елементах ланцюга, порівняння його з динамічним діапазоном системи [15].

Оскільки зазвичай абоненти перебувають на різній відстані від головної станції, то, при рівномірному розподілі потужності в кожному розгалужувачі, потужність на вході кожного ONU буде різною. Підбір параметрів розгалужувачів пов'язаний з необхідністю отримання на вході кожного абонентського терміналу мережі приблизно однакового рівня оптичної потужності, тобто побудувати так звану збалансовану мережу. Це принципово важливо з двох причин. По-перше, для подальшого розвитку мережі важливо мати приблизно рівномірний запас по загасанню в кожній гілці «дерева» PON. По-друге, якщо мережа не збалансована, то на станційний термінал OLT від різних ONU будуть приходити в загальному потоці сигнали, сильно відрізняються за рівнем. Система детектування не в змозі відпрацьовувати значні перепади (більше 10-15 дБ) сигналів. Нижче наведено приклади незбалансованої мережі (рисунок 2.13) та збалансованої (рисунок 2.14) [16].

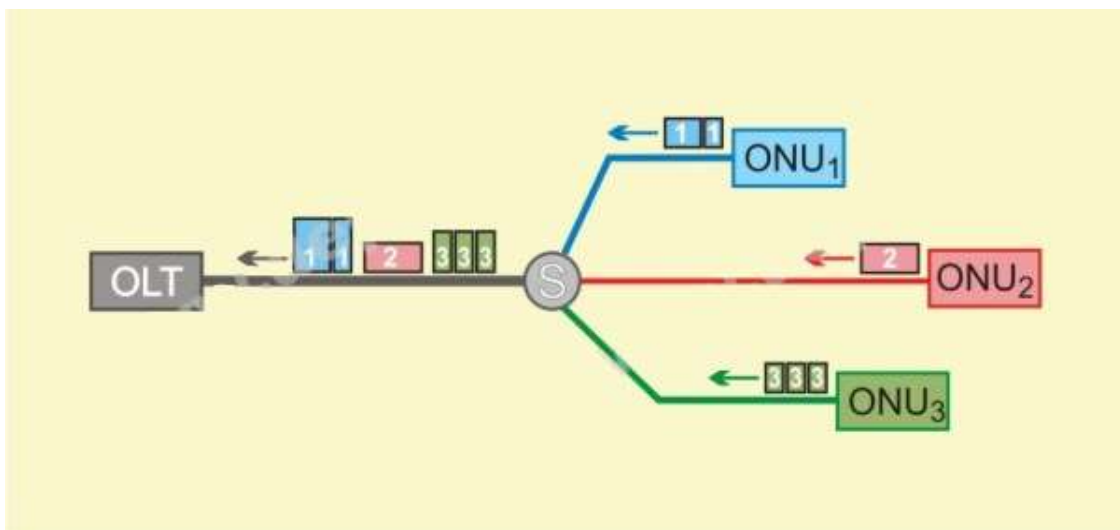


Рисунок 2.13 - Приклад незбалансованої мережі PON

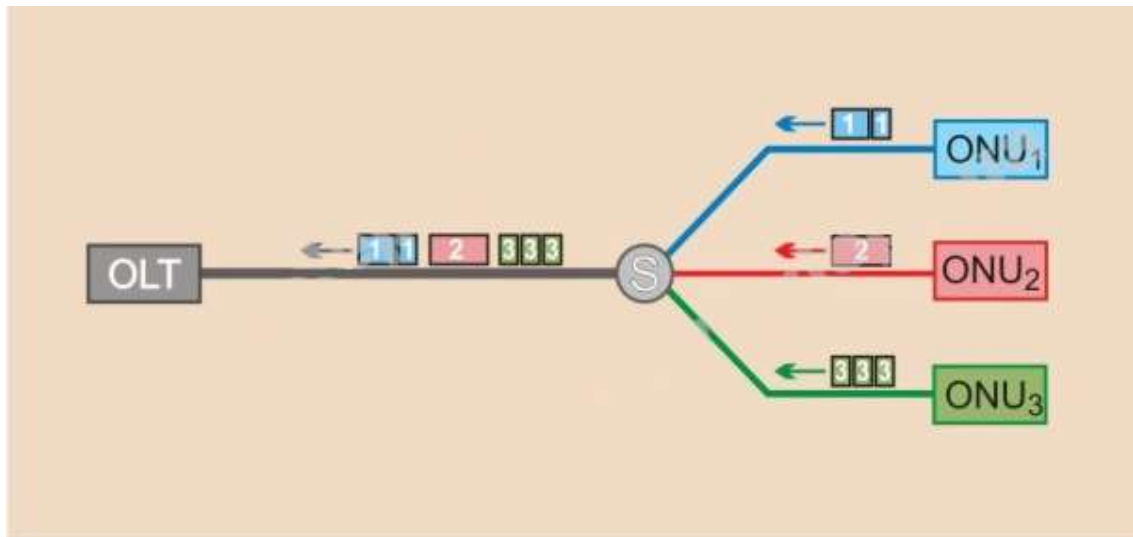


Рисунок 2.14 - Приклад збалансованої мережі PON

Кожен з розгалужувачів при розподілі потоку мають втрати у дБ. Ці дані наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 Внесені втрати при використанні сплітерів

Коефіцієнт розподілу, %	50/50	45/55	40/60	35/65	30/70	25/75	20/80	15/85	10/90	5/95
Оціночні вносяться втрати, дБ	3,7 / 3,7	4,2 / 3,2	4,8 / 2,8	5,4 / 2,4	6,2 / 2,0	7,1 / 1,6	8,2 / 1,3	9,7 / 1,0	11,7 / 0,7	15,2 / 0,5
Різниця внесених втрат між вихідними портами, дБ	0	1,0	2,0	3,0	4,2	5,5	6,9	8,7	11,0	14,7

При виборі коефіцієнтів ділення розгалужувачів необхідно знати, які втрати будуть вноситися в ланцюг при тому чи іншому коефіцієнті розподілу. Для приблизного визначення внесених втрат двовіконну (1310 нм і 1550 нм) розгалужувачів типу 1x2 скористаємося довідковою таблицею №2. У таблицях наведені максимальні значення внесених втрат, які вищі за

реальні на кілька десятків дБ. При необхідності визначення внесених втрат розгалужувачами з великою кількістю вихідних портів або використання при інших коефіцієнтах розподілу, можна скористатися оціночною формулою:

$$A_i = 10 \lg \left(\frac{100\%}{D\%} \right) + \log_2(N-1) \cdot 0,4 + 0,2 + 1,5 \cdot \lg \left(\frac{100\%}{D\%} \right), \text{ дБ} \quad (1)$$

де $D\%$ - відсоток потужності, виведеної в даний порт, %;

N - кількість вихідних портів;

i - номер вихідного порту.

Розрахунок оптичного бюджету GPON - невід'ємна складова при розробці схеми та проектування мережі GPON. Давайте розглянемо алгоритм і приклад розрахунку на базі обладнання GPON [16].

Структурна схема лінійної частини оптичної мережі GPON при багатоквартирній забудові представлена на рисунку 2.15, а при котеджній забудові - на рисунку 2.16 [16].

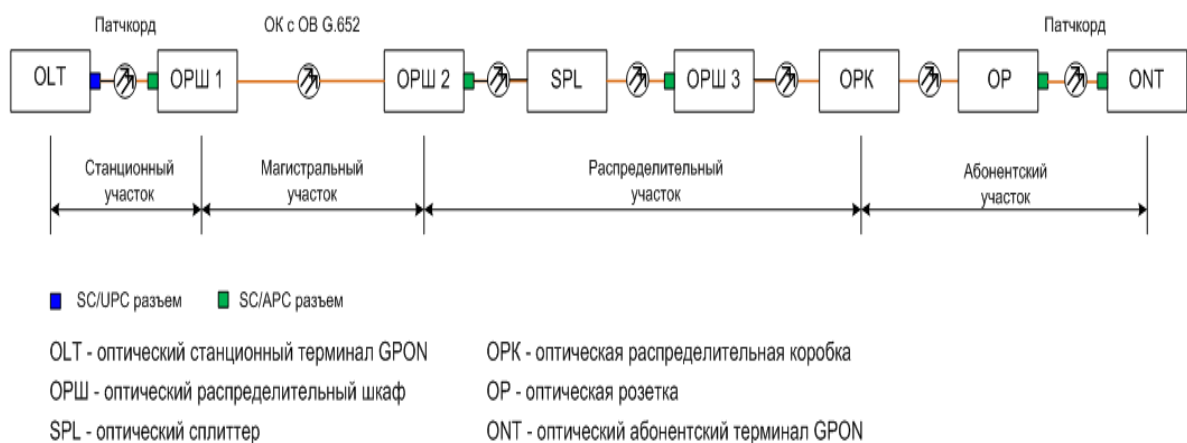


Рисунок 2.15 - Структурна схема лінійної частини мережі GPON при багатоквартирній забудові

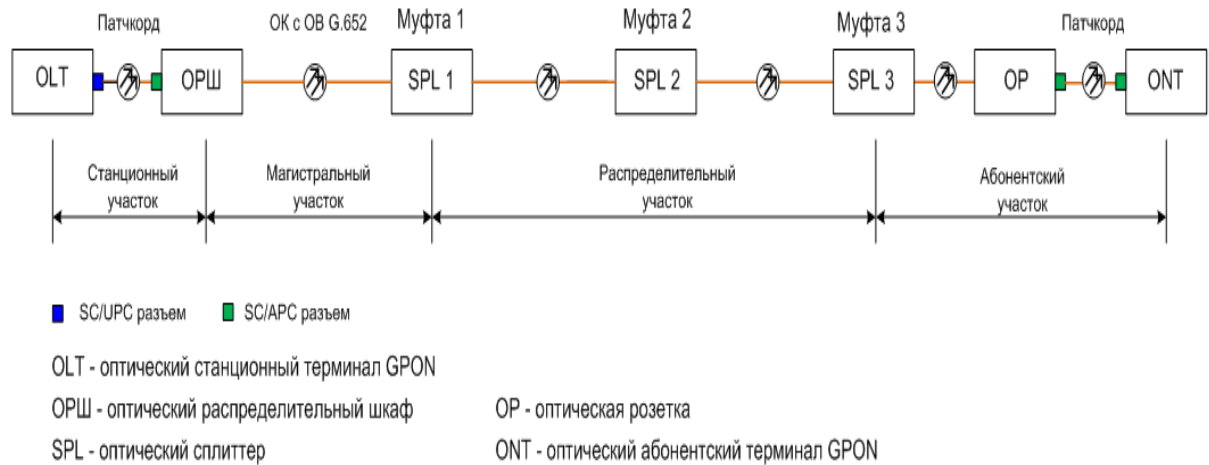


Рисунок 2.16 - Структурна схема лінійної частини мережі GPON при котеджній забудові

Лінійна частина GPON мережі складається з чотирьох основних ділянок:

- станційний - оптична лінія зв'язку від OLT до станційного оптичного розподільної шафи (орш або ODF - Optical Distribution Frame);
- магістральний - лінійний ділянку від станційного орш до орш на об'єкті або муфти магістрального ділянки;
- розподільний - лінійний ділянку від орш на об'єкті або муфти магістрального ділянки до оптичної розподільчої коробки (ОРК) або найближчої до користувача муфти;
- абонентський - лінійний ділянку від ОРК або найближчої до абонента муфти до абонентського терміналу ONT.

Розглянемо структуру мережі PON при багатоквартирній забудові.

Станційна ділянка. В оптичний лінійний термінал GPON OLT, встановлюються SFP GPON модулі з роз'ємами SC / UPC. Для зменшення зворотніх відображень в оптичній лінії зв'язку, які можуть привести до виникнення нелінійних ефектів, в мережах GPON використовуються конектори SC / APC. Магістральний оптичний кабель заводиться в оптичну розподільчу шафу (OPШ 1), в якій оптичні волокна даного кабелю за

допомогою пігтейлів розводяться на панелі з роз'ємами SC / APC. Порти GPON OLT підключаються до роз'ємів ОРШ 1 за допомогою оптичних патчкордів SC / UPC-SC / APC.

Магістральна ділянка. На магістральній ділянці відсутні роз'ємні з'єднувачі, в залежності від довжини цієї ділянки можуть використовуватися нероз'ємні з'єднання у вигляді зварювання оптичного волокна або механічних з'єднувачів.

Розподільча ділянка. Магістральна ділянка закінчується на об'єкті в ОРШ 2, в якому на панелі з оптичними роз'ємами за допомогою пігтейлів виведені оптичні волокна магістрального кабелю. З іншого боку до даних роз'ємів підключаються сплітери. Вихідні порти сплітерів підключаться до оптичних роз'ємів ОРШ 3, до яких з іншого боку за допомогою пігтейлів підключені некритичні до малих радіусів вигину оптичні волокна вертикального розподільного кабелю (G.657A). Конструктивно ОРШ 2 і ОРШ 3 можуть бути виконані у вигляді одного ОРШ з окремими розподільними панелями і місцем для розміщення сплітерів. Виділення волокон на поверхах виконується в оптичних розподільчих коробках (ОРК), в яких з'єднуються волокна розподільного і drop-кабелю. Останній також містить оптичне волокно G [16].

Абонентська ділянка. У квартирі клієнта встановлюється оптична розетка з коннектором SC / APC, до якого через пігтейл підключається drop-кабель. Абонентський термінал клієнта ONT підключається до оптичної розетки за допомогою оптичного патчкорду SC / APC-SC / APC.

Методика розрахунку оптичної лінії зв'язку при будівництві GPON мережі передбачає наступні етапи:

- Необхідно виконати планування конфігурації GPON дерева з урахуванням обраного коефіцієнта ділення (сплітування). Планування конфігурації передбачає виділення груп користувачів і розподіл сплітерів. Після розподілу сплітерів вибирається оптичний кабель для магістрального,

розподільного та абонентського ділянок з урахуванням необхідної кількості оптичних волокон. Необхідно передбачити надмірність по оптичних волокнах з урахуванням подальшого розширення GPON мережі.

- Після планування конфігурації GPON дерева необхідно виконати розрахунок бюджету оптичної лінії зв'язку. Цільовим критерієм при розрахунку GPON дерева є виконання наступної умови:

$$\Delta P > \alpha_{\max},$$

де ΔP , дБ - оптичний бюджет лінії;

α_{\max} , дБ - максимально можливе затухання в GPON дереві - затухання оптичної лінії зв'язку на ділянці від передавача до самого віддаленого приймача.

Якщо умова виконується, то лінія спроектована коректно і може використовуватися в комерційній експлуатації. В іншому випадку необхідно змінити структуру мережі GPON і виконати повторний розрахунок лінії таким чином, щоб умова виконувалася.

Оптичний бюджет лінії визначається наступним чином:

$$\Delta P = T_x - (- R_x),$$

де ΔP , дБ - оптичний бюджет лінії;

T_x , дБм - рівень потужності передавача;

R_x , дБм - чутливість приймача.

Максимально можливе загасання в GPON дереві визначається для найдовшого ділянки від ONT до OLT (для uplink потоку) за такою формулою:

$$\alpha_{\max} = \sum_{i=1}^N \alpha_{PCi} + \sum_{j=1}^M \alpha_{HPCj} + \sum_{k=1}^P \beta_k + \sum_{l=1}^Q l_k \cdot k_{\lambda} + \xi,$$

де α_{PCi} , дБ - втрати на роз'ємному з'єднанні (коннекторах);

α_{HPCi} , дБ - втрати на нероз'ємному з'єднанні (зварювання ОВ, механічні з'єднувачі);

β , дБ - вносяться оптичним сплітером втрати;

l , км - довжина оптичної лінії зв'язку;

кЛ.дБ / км - коефіцієнт загасання оптичного волокна на довжині хвилі λ ; ξ ,

дБ - експлуатаційний запас [16].

Довідкові дані, які використовуються при розрахунку оптичного бюджету, представлені в таблицях 2.3 – 2.5.

Таблиця 2.3 - Загальні дані

№	Параметр	Значення
1	Втрати на рознімних з'єднаннях (коннекторах)	0.15 - 0.3 дБ
2	Втрати на нероз'ємних з'єднаннях (зварні)	0.05 - 0.07 дБ
3	Коефіцієнт затування одномодового оптичного волокна SMF (G.652) на довжині хвилі $\lambda = 1310$ нм	0.34 - 0.4 дБ / км
4	Коефіцієнт затування одномодового оптичного волокна SMF (G.652) на довжині хвилі $\lambda = 1490$ нм	0.22 - 0.27 дБ / км
5	Експлуатаційний запас *	3 дБ

* Примітки: експлуатаційний запас обумовлений деградацією джерела оптичного випромінювання в процесі експлуатації з часом.

Таблиця 2.4 - Внесені оптичними сплітерами втрати

№	оптичний спліттер	Внесені втрати, дБ
1	1x2	3,2
2	1x4	7,6
3	1x8	11,0
4	1x16	14,2
5	1x32	17,0
6	1x64	21,0

Таблиця 2.5 - Характеристики обладнання Eltex GPON

Найменування	Tx Power, дБм	Rx Sensitivity, дБм
OLT SFP Class B +	+1.5 .. + 5	-8 ..- 28
OLT SFP Class C +	+3 .. + 7	-12 ..- 32
OLT SFP Class C + HP	+7 .. + 10	-12 ..- 34
ONT Class A +	-2 .. + 3	-3 ..- 23
ONT Class B +	+0.5 .. + 5	-8 ..- 28

Оптичні трансивери OLT SFP використовуються в такому обладнанні Eltex GPON і Eltex Turbo GePON: LTE-2X, LTE-8X, LTP-4X, LTP-8X, MA4000-PX.

Приклад розрахунку оптичного бюджету GPON мережі на базі обладнання EltexGPON:

Вихідні дані для розрахунку:

- об'єкт будівництва мережі: багатоквартирних забудова;
- максимальна відстань від OLT до ONT в дереві PON - 8 км;
- коефіцієнт розподілу (спліттированія): 1x64;
- в OLT будуть використовуватися SFP B + PON модулі;
- ONT будуть використовуватися з оптичними трансиверами класу B +;
- на магістральній ділянці закласти оптичний кабель з оптичними волокнами SMF (стандарт G.652);
- на розподільному ділянці закласти кабель, не критичний до вигинів (стандарт G.657A);

на абонентському ділянці від ОРК до ОР залежить drop-кабель (стандарт G.657A). [16,17]

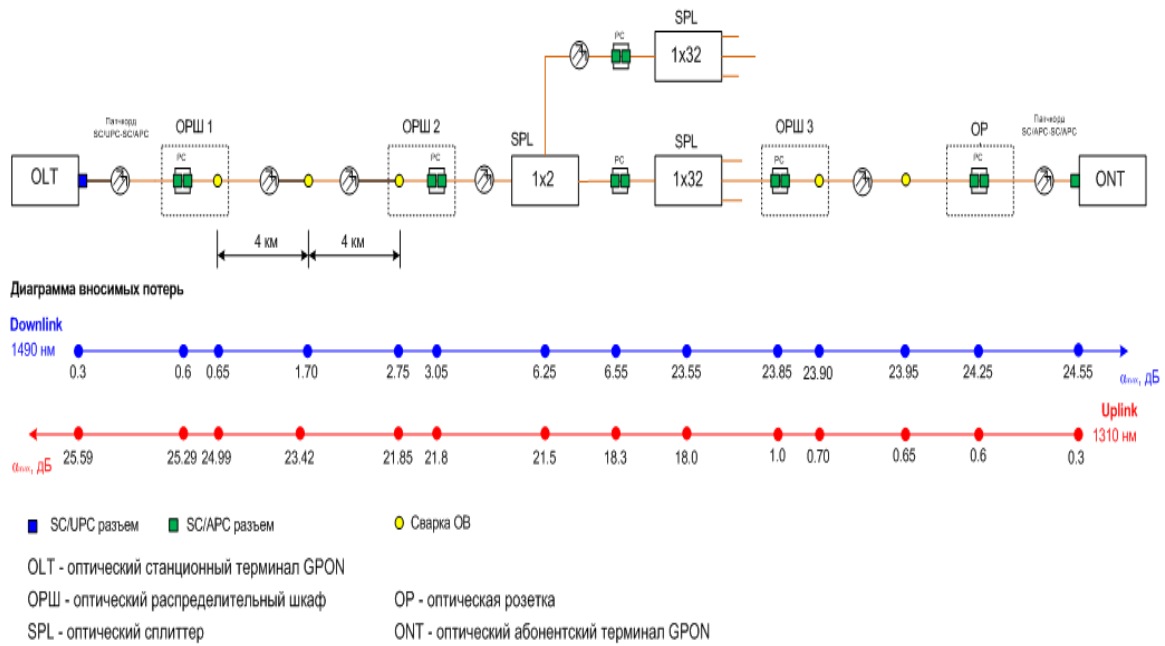


Рисунок 2.17 - Конфігурація мережі PON

Конфігурація мережі представлена на рисунку 2.17. Оскільки довжина магістрального ділянки значно більше сумарної довжини станційного, розподільного та абонентського ділянок, то в розрахунках довжинами останніх можна знехтувати. За умовою завдання максимальна відстань від OLT до ONT в дереві GPON - 8 км, приймемо дану відстань за довжину магістральної ділянки. Оскільки будівельна довжина оптичного кабелю становить 4-6 км, на магістральній ділянці буде потрібно зварене з'єднання. На виході магістральної ділянки оптичні волокна кабелю за допомогою пігтейлів розводяться на оптичному кросі (ОПШ 2). За умовою завдання коефіцієнт сплітування - 1х64, тому виберемо оптичні сплітери 1х2 і 1х32. Вхідний порт сплітера 1х2 підключається до магістрального кросу ОПШ 2, а один з вихідних портів даного сплітера підключається до вхідного порту сплітера 1х32. Вихідні порти сплітера 1х32 підключаються до оптичних роз'ємів ОПШ 3, на які з іншого боку за допомогою пігтейлів виведені оптичні волокна вертикального розподільного кабелю. Вертикальний кабель прокладається по стояку багатоповерхового будинку, де виконується підключення абонентів за допомогою drop-кабелю.

Оскільки погонне затування оптичного волокна на довжині хвилі 1310 нм (0.38 дБ / км) більше, ніж на довжині хвилі 1490 нм (0.25 дБ / км), максимально можливе затування в оптичному волокні матиме місце для uplink потоку (від ONT до OLT). Розрахунок затування в лінії для обох потоків представлений на малюнку 3. Таким чином, маємо максимально можливе затування в лінії 25.59 дБ, з урахуванням експлуатаційного запасу 3 дБ маємо 28.59 дБ.

Визначимо оптичний бюджет лінії:

маємо: $29.5 \text{ дБ} > 28.59 \text{ дБ}$, $\Delta P > 0 \text{ мах}$.

Отже, структура мережі GPON побудована коректно.

3 ВИКОРИСТАННЯ EPON ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТУПУ ДО МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ

3.1 Короткий опис суб'єкта будівництва EPON мережі

Товариство з обмеженою відповідальністю «Телемережі «ЮСАНА» було засноване восени 2009 року та є регіональним провайдером, що надає послуги доступу до інтернет-мережі як юридичним, так і фізичним особам. З моменту створення товариства, основним напрямком було будівництво Ethernet мережі в м. Ромни та створювалась оптоволоконна мережа з використанням оптичних приймачів (медіа-конверторів). Також, в сільських населених пунктах розвивалась Wi-Fi мережа з використанням технології WiMAX.

Враховуючи всі переваги технологій GPON та EPON, керівництвом ТОВ «Телемережі «ЮСАНА» у 2012 році було прийнято рішення модернізувати свою телекомунікаційну мережу, з урахуванням всіх правил та стандартів будівництва мережі PON. В основу капітального оновлення мережі було покладено – будівництво нової оптоволоконної мережі за технологією GPON. Дане будівництво охоплювало майже всю територію міста Ромни та деяких приміських районів, таких як с. Плавинище та с. Овлаші. Саме це і стало початком створення великої інтернет-мережі «ІДЕАЛ». Станом на сьогоднішній день ТОВ «Телемережі «ЮСАНА» обслуговує клієнтів Роменського та Недригайлівського районів, має 2 офіси в м. Ромни та один в смт Недригайлів, та обслуговує більше 7 тис. абонентів в 45 населених пунктах.

3.2 Етапи планування, проектування та будівництво мережі EPON Планування мережі EPON.

В серпні 2019 року до ТОВ «Телемережі «ЮСАНА» було звернення голови Біловідської сільської ради від імені громади, з проханням підключити село до мережі високошвидкісного інтернету та надав списки

всіх бажаючих жителів. Керівництвом було прийняте дане звернення та розпочато роботи по підготовці проекту – готувались листи-звернення та погодження до відповідних інстанцій. Необхідно було погодити земельні роботи, отримати погодження в АТ «Сумиобленерго», ПАТ «Сумигаз», ПАТ «Укртелеком», ТОВ «АТРАКОМ». Оскільки будівництво оптоволоконних мереж здійснюється шляхом сумісної підвіски на опорах ЛЕП 10 кВ та 0,4 кВ, які належать АТ «Сумиобленерго», необхідно було отримати ТУ на використання ліній електричного зв'язку. Також, було встановлено 4 опори для можливості з'єднання магістральної лінії та подачі оптичного сигналу в с. Біловоди.

Біловоди — це село, що знаходиться в Роменському районі Сумської області. Населення становить 1011 осіб. Є адміністративним центром Біловодської сільської ради. Село Біловод розташоване на відстані 1.5 км від села Бобрик та 12 км від міста Ромни. Поруч автомобільний шлях Т 1907. Залізниця станція Біловоди за 1,5 км.

На території села є наступні об'єкти адміністративної та соціальної інфраструктури: сільська рада, центр надання першої медичної допомоги, дитячий навчальний заклад, бібліотека, школа, музична школа, поштове відділення зв'язку, продуктові та господарські магазини. Також неподалік знаходяться такі організації, як Біловодський елеватор ТОВ «КЕРНЕЛ», Біловодський підрозділ ТОВ «Агрохімтрейд», НПК УКРАГРО, ТОВ «Гарант-2005». Питання інтернету в цих організаціях має дуже гостру необхідність.

На рисунку 3.1 показана картосхему села Біловоди:



Рисунок 3.1 - Картографічне зображення с. Біліводи

Розглянемо розташування абонентів у розрізі кожної окремої вулиці. Всього в селі 10 вулиць та 2 провулки. Кількість абонентів, що бажають підключити інтернет становить 136 чоловік, кількість будинків, куди буде подаватись інтернет – 79 (таблиця 3.1):

Таблиця 3.1 Перелік вулиць та майбутніх абонентів

№	Назва вулиці	Кількість будинків	Кількість користувачів
1	1 пр Молодіжної	1	1
2	2 пр Молодіжної	2	20
3	Іванопавлівська	7	7
4	Біловодська	4	4
5	Берегова	15	15
6	Загребельна	1	1
7	Марківська	3	3
8	Миру (Щорса)	13	52
9	Молодіжна	13	13
10	Потебні	10	10
11	Пушкіна	6	6
12	Суворова	4	4
	ВСЬОГО:	79	136

Реалізувати проект побудови магістралі планується протягом 15 календарних днів, підключення абонентів – ще 10-15 днів.

Проектування мережі EPON.

Відповідно до розробленого проекту, ТОВ «Телемережі «ЮСАНА» буде прокладати ділянки магістралі ВОЛЗ волоконно-оптичним кабелем (далі ВОК) типу ОКТ-Д(1,0)П-4Е1-0,36Ф3,5/0,22Н18-4 виробництва ПАТ «Одесакабель» [19]. Використання даного типу кабелю є найефективнішим у будівництві магістралей. Серцевина даного кабелю складається з одномодових оптичних волокон, розташовується в центральному модулі, весь простір, що все залишився, якого заповнений гідрофобним заповнювачем. Додаткову міцність несучої конструкції оптоволоконного кабелю забезпечує пара склопластикових прутків. Зовнішня оболонка кабелю виготовляється з поліетилену високої щільності - вона надійна, довговічна і легко знімається. Завдяки цьому, кабель можна використовувати практично в будь-яких кліматичних зонах нашого регіону, не побоюючись порушення його цілісності в процесі експлуатації.

Діаметр всієї конструкції разом з оболонкою становить $5,4 \pm 0,5$ мм, вага одного кілометра кабелю не перевищує 26 кг, а максимальна відстань між опорами може досягати 80 метрів, що робить оптоволоконний кабель ОКТ-Д ідеальним рішенням для побудови телекомунікаційних мереж високої щільності в міських умовах. Кабель типу ОКТ-Д, основні характеристики якого наведені в таблиці 3.2, призначений для підвіски і експлуатації на опорах повітряних ліній зв'язку, міського електротранспорту та повітряних лініях електропередачі в умовах впливу навантажень від вітру, ожеледі, температури і їх комбінацій.

Таблиця 3.2 Основні техніко-експлуатаційні характеристики кабелю

Передавальні		
Коефіцієнт загасання на опорних довжинах хвиль, дБ/км:		1310 нм / 1550 нм
Коеф-т хроматичної дисперсії на опорних довжинах хвиль, пс/(нм км): 1310 нм /1550 нм		0,36/0,22
		3,5/19
Геометричні		
Номінальний діаметр кабелю, мм		5,4 ± 0,5
Номінальна маса, кг/км		26
Механічні і кліматичні		
Мінімальний радіус вигину, мм		20 діаметрів кабелю
Допустиме роздавлююче зусилля, не більше, Н/100 мм		1000
Діапазон робочих температур, °С		-40°С-+60°С
Діапазон температури зберігання, °С		-40°С-+60°С
Діапазон температури монтажу, °С		-10°С-+60°С
Допустиме розтягуюче зусилля, кН		1,2
Максимальна довжина прольоту, м		80
Тяжіння кабелю при максимальному навантаженні, кН		1,2
Провис кабелю при максимальному навантаженні,%		3,5

Розміщення (підвішування) волоконно-оптичного кабелю (ВОК) телекомунікаційної мережі ТОВ «Телемережі «Юсана» буде здійснюватись на існуючих опорах ПЛ-0,4 кВ філії «Роменський РЕМ» ПАТ «Сумиобленерго» відповідно до технічних умов та рекомендацій заводу-виробника оптичного кабелю використовується лінійна арматура Sicame. На рисунку 3.2 зображено схему електричних магістралей з нанесеними пронумерованими опорами ЛЕП -0,4 кВ, ЛЕП-10 кВ.

Місце розташування на опорі ПЛ-0,4 кВ вибирається виходячи з умов:

а) місце кріплення волоконно-оптичного кабелю на опорах ПЛ, слід передбачити так, щоб відстань від ВОК до фазних неізолюваних проводів або СІП на опорах і в прогонах ПЛ-0,4 кВ – була не менше ніж 0,4 м, згідно п.2.4.81 ПУЕ 2017 (Правил улаштування електроустановок);

б) взаємне розташування ВОК і фазних проводів, повинно забезпечувати відстань між ними в будь-якій точці прольоту було не менше допустимого при їх відхиленні вітром і/або при відхиленні вітром при ожеледі (з урахуванням відхилень підвісних ізоляторів).



Рисунок 3.2 – Схема електричних магістралей з опорами ЛЕП -0,4 кВ та ЛЕП-10 кВ.

Проектовані ВОК на ПЛ-0,4 кВ слід підвішувати на опорі нижче фазних проводів. Відстань по вертикалі між ВОК і неізольованими проводами на опорах ПЛ-0,4 кВ повинно бути не менше 0,4 м, відстань по вертикалі між ВОК і ізольованими проводами ПЛ-0,4 кВ (СІП) не нормується, по горизонталі повинна бути не менше 0,3 м.

Відстані по вертикалі від ВОК, підвішеного нижче рівня проводів, при найбільшій розрахунковій стрілі провисання має бути (нормальний режим) на ПЛ в населеній місцевості - не менше 5,0 м, в незаселеній місцевості і до поверхні непроїжджою частини вулиць - не менше 4,0 м.

Відстані по горизонталі від ВОК, підвісних нижче проводів ПЛ, при найбільшому їх відхиленні до найближчих частин виробничих, складських,

адміністративно-побутових і громадських будівель і споруд, лісових насаджень, крон дерев повинні бути не менше передбачених гл. 2.4 ПУЕ для неізолюваних проводів ПЛ-0,4 кВ.

Проектом передбачається використання, для прокладання нових ділянок телекомунікаційної мережі ТОВ «Телемережі «Юсана», ВОК типу ОКТ-Д(1,0)П-4Е1-0,36Ф3,5/0,22Н18-4. В проекті приймається нормативне тяжіння кабелю $T_{\max}=1,2$ кН (відповідно до даних заводу-виробника). Приймаємо використання опор ПЛ-0,4 кВ на базі опори СВ95-2 (висота підвісу ВОК до $h_{\text{оп}}=6,5$ м).

Етапи будівництва мережі EPON.

Першим етапом будівництва мережі EPON є розбудова ВОЛЗ з використанням оптоволоконного кабелю. Монтаж кабелю на опору буде проводитись наступним чином: за допомогою бандажної стрічки Crosver BTS-20x07 та скрепи Crosver BCS-20-G на опорі буде встановлено кронштейн. Фіксація кабелю відбуватиметься за допомогою двох натяжних зажимів анкерного типу НЗ (рисунок 3.3) [20].

Для того, щоб розрахувати, яку кількість оптоволоконного кабелю необхідно замовити для будівництва, потрібно розрахувати протяжність всіх вулиць та провулків, де буде побудована магістраль.

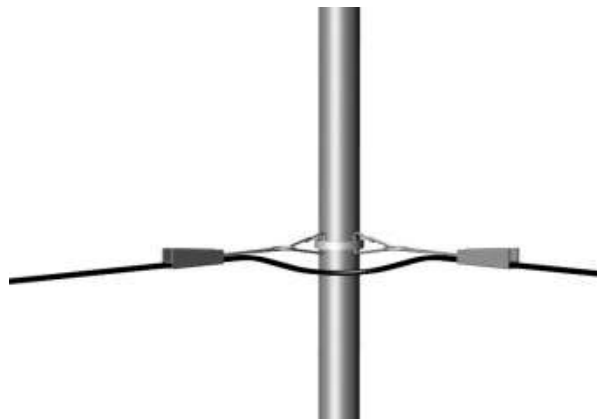


Рисунок 3.3 - Приклад монтажу кабелю з використанням анкерного натяжного НЗ.

При розрахунках потрібно врахувати запаси кабелю, які необхідні для встановлення оптичних муфт. Як правило муфти встановлюються через кожні 250-350 м, а іноді і 500 м. Це залежить від відстані між опорами, від розміщення абонентів один від одного та від абонентської муфти. Запас кабелю у таких випадках потрібно робити на кожну муфту не менше ніж 20-25 м. Протяжність магістралі в с. Біловоди буде становити 8,5 км.

З'єднання (зварювання) волоконно-оптичних кабелів при монтажі ВОЛЗ - складний і відповідальний етап, в процесі якого використовуються оптичні муфти. Отже, наступний етап - розрахунок кількості оптичних муфт, які потрібно буде встановити при будівництві магістралі. На рисунку 3.4 зображено проект розміщення кабельної магістралі та муфт:



Рисунок 3.4 - Схема побудови кабельної магістралі та розміщення муфт

Основне призначення оптичної муфти - захист з'єднань (зростків) оптичного кабелю від зовнішнього агресивного середовища і можливих механічних пошкоджень з можливістю проводити їх обслуговування та відновлення.

В нашому випадку муфти будуть встановлюватись в різних місцях і з різним застосуванням: це будуть абонентські проміжні і тупикові муфти, а також магістральні з'єднувальні. Відповідно до кількості нанесених на карту майбутніх абонентів, необхідно встановити 38 муфт Crosver FOSSC-S 206, які мають одну касету для встановлення дільників та можливістю фіксації до 10 кабелів.

Також, одним з найважливіших етапів у будівництві є розрахунок оптичної магістральної та абонентських потужностей. Щоб правильно розподілити оптичну потужність у будівництві EPON мережі використовуються розгалужувачі або дільники. В процесі будівництва нашої магістралі будуть використовуватись планарні дільники типу PLC виробника COR-X [20]:

- Coupler PLC-1×2-split-0-SC/UPC-0.9mm – 5 шт;
- Coupler PLC-1×4-split-0-SC/UPC-0.9mm – 18 шт;
- Coupler PLC-1×8-split-0-SC/UPC-0.9mm – 3 шт;
- Coupler PLC-1×16-split-0-SC/UPC-0.9mm – 1 шт;
- Coupler SC-1x2-1310/1550-5/95-0-SC/UPC-0.9mm – 1 шт;
- Coupler SC-1x2-1310/1550-10/90-0-SC/UPC-0.9mm – 5 шт;
- Coupler SC-1x2-1310/1550-15/85-0-SC/UPC-0.9mm – 3 шт;
- Coupler SC-1x2-1310/1550-20/80-0-SC/UPC-0.9mm – 1 шт;
- Coupler SC-1x2-1310/1550-25/75-0-SC/UPC-0.9mm – 2 шт;
- Coupler SC-1x2-1310/1550-30/70-0-SC/UPC-0.9mm – 1 шт;
- Coupler SC-1x2-1310/1550-35/65-0-SC/UPC-0.9mm – 1 шт.

Заведення кабелю в муфту, зачищення тригером, знежирення та зварювання волокон спеціальним зварювальним апаратом, а також встановлення одного або декількох дільників є досить складним та послідовним процесом.

На рисунку 3.5 показано процес зварювання оптоволоконного кабелю, встановлення дільника та укладання волокон в муфту [6].



Рисунок 3.5 – Приклад укладення волокон та встановлення дільника в муфту Crosver FOSS-S – 112/124

Одним з найголовніших етапів будівництва мережі EPON є монтаж, тестування та запуск станційного обладнання. Станційне обладнання в ході будівництва буде встановлено в приміщенні Біловідської сільської ради, технічному приміщенні з обмеженим доступом третіх осіб. Для подачі інтернету населенню с. Біловоди, буде встановлено мережевий EPON-концентратор BDCOM 3310 C. Монтаж буде проводитись відповідно до правил встановлення мережевого обладнання [20].

Отже, чому саме BDCOM P3310C (рисунок 3.6) було обрано як станційне обладнання [20].



Рисунок 3.6 - EPON-концентратор BDCOM 3310C

Приводжу короткий опис даного OLT та його характеристики. BDCOM P3310C є OLT-обладнанням з чотирма PON-портами (один зовнішній 10/100/1000 + один консольний порт + чотири стаціонарних PON (крім OLT SFP-модуль) + два оптичних гігабітний SFP + два комбо гігабітних + два електро гігабітних, наявність джерела живлення зі змінним струмом 90-264 В, 19-дюймовий корпус для виконання монтажу в стійку і джерело енергоживлення).

BDCOM P3310 відповідно до 802.3ah, підтримка STC2.0 / 2.1, стандарт інтеркомунікації КНР YD / T 1475-2006, автовизначення і взаємодія з ONU-обладнанням інших виробників. Концентратор BDCOM P3310C OLT може підтримувати симетрично вхідну і вихідну швидкість PON-передачі на 1,25 Гбіт / с, ефектно застосовуючи здатність пропускання і служби інтернет, надаючи можливість отримання надійного сервісу клієнтам. Дане обладнання має зв'язковий коефіцієнт - 1:64, тобто на один порт можна підключити до 64 абонентів. Наявність підтримки різних гібридних ONU-мереж, істотно знижуює транспортні витрати. BDCOM P3310C має потужну функціональність і підтримку QoS, BDA, SLA.

BDCOM P3310 являє собою серію мережевих оптичних, здатних конкурувати на ринку, обладнань. Пристрій здатний підтримувати до чотирьох EPON-мереж, що надає такі переваги:

Системний потенціал: BDCOM P3310 з модулем карт PON одночасно має підтримку від однієї до чотирьох систем, до 256 ONI обладнань зі зв'язковим коефіцієнтом 1/64;

Габарити обладнання: пристрій 1U розташовується на невеликих просторах, з невеликим споживанням потужності, зменшуючи витрати на користування;

Передбачається харчування обладнання з 2-ся джерелами; EPON: P3310 має підтримку 802.3ah і зв'язковий галузевий стандарт КНР (YD / T 1475-2006);

Інтерфейс виходу: продуманий дизайн підтримує різні MAN-групи інтерфейсів. Електричний або оптичний порт вибирається при дотриманні умов мережі;

Захист шин волоконного світловода: BDCOM P3310 здатний відключати автоматично з'єднання при порушеннях робіт оптоволоконного кабелю.

Технічні характеристики наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 Основні технічні характеристики OLT BDCOM 3310C

Ємність системи	Макс. коефіцієнт ділення 1:64
	Пропускна здатність «backplane» 32 Гбіт / с
інтерфейси	6 портів GE (2 RJ45, 2 COMBO, 2 SFP)
	4 фіксованих порту EPON
інтерфейс PON	Симетрична швидкість передачі downlink / uplink 1 Гбіт / с
	Середня оптична потужність порту PON: +2 дБм - +7 дБм
	Чутливість порту PON: -30 дБм
	Безпека: механізм аутентифікації ONU
стандарти	IEEE 802.3ah
	IEEE 802.1D, Spanning Tree
	IEEE 802.1Q, VLAN
	IEEE 802.1w, RSTP
QoS	Управління потоком методом зворотного тиску (half duplex)
	Управління потоком IEEE 802.3x (full duplex)
	IEEE 802.1p, CoS
	WR, SP і FIFO
	Обмеження швидкості прийому / передачі на основі ONU
	Підтримка DBA і SLA
Віртуальні локальні мережі (VLAN)	VLAN на основі порту
	IEEE802.1Q VLAN
Багатоадресна розсилка (multicast)	IGMP v1 / v2
	IGMP Snooping
надійність	Виявлення односпрямованого з'єднання (UDLD)
	Гаряча заміна оптичних модулів EPON
мережева безпека	Обмеження кількості користувачів на кожному

	порту
	ізоляція портів
	контроль штормів
	Списки управління доступом (ACL)
	Шифрування даних, що передаються на інтерфейсі PON
управління	Різні режими управління: CLI, Web, SNMP, TELNET
	Оновлення програмного забезпечення через TFTP і FTP
	Англійська та китайський інтерфейс командного рядка
	режим налагодження
Фізичні характеристики	Розміри мм (Ш × Г × В): 442 × 315 × 44
	Установка: стандартна стійка 19 "
	Маса: 2 кг
Довкілля	Робочі умови: 0°C - 55°C; 10%- 85% без конденсації
	Умови зберігання: -40°C - 80°C; 5%- 95% без конденсації
Електроживлення	Вхідна напруга: ~ 100 - 240 В
	Частота: 47 - 63 Гц
	Підтримка двох БП
	Вхідний струм: 1 А / 230 В
	Потужність: до 48 Вт

Комплектується OLT BDCOM 3310C SFP-модулями. Найчастіше використовуються SFP типу С+ та С++. Використання того чи іншого класу SFP модулів залежить від дальності розміщення абонентів та від кількості встановлених муфт з дільниками, а також кількості використаних механічних з'єднувачів – пігтейлів.

Найчастіше в роботі ми використовуємо SFP- модуль FoxGate 1,25 Gbps, 1490 nm Tx / 1310 nm Rx, SC, SFP, 20 km. Це є SFP GEAPON трансивер для встановлення в оптичний лінійний термінал. Трансивер забезпечує двосторонню передачу даних з симетричною швидкістю 1,25 Гбіт /сек по одному оптичному волокну в пасивній оптичній мережі (PON) на відстань до 20 км. Основні особливості:

- Трансивер відповідає стандарту IEEE 802.3ah-2004.
- Довжини хвиль: передача 1490 нм, прийом 1310 нм
- Вихідна потужність до +7 дБ
- Тип оптичного роз'єму: SC

Останнім етапом у будівництві є безпосередньо підключення абонентів до мережі EPON. В нашому випадку підключення буде здійснюватись оптоволоконним кабелем Одесакабель ОКТ-Д 1Е-1,0 кН з максимальним навантаженням до 50 метрів у прогоні між опорами [19]. Монтаж кабелю на опори буде проводитись за допомогою кронштейну та анкерних натяжних Н-3. Заведення кабелю в будинок чи квартиру відбувається шляхом пробою отвору в стіні або через дах.

При монтажі кабелю обов'язково потрібно залишати запаси для зварювання у муфті та підключення абонентського терміналу ONU. Для монтажу кабелю в муфту потрібно залишати від точки кріплення на опорі до землі та в сторону 5-6 метрів для зручності, а зі сторони абонента кабель потрібно залишати в кій кількості, скільки необхідно для нормального монтажу на встановлення ONU. На рисунку 3.7 зображено приклад монтажу оптоволоконного кабелю від муфти до будинку абонента [12].

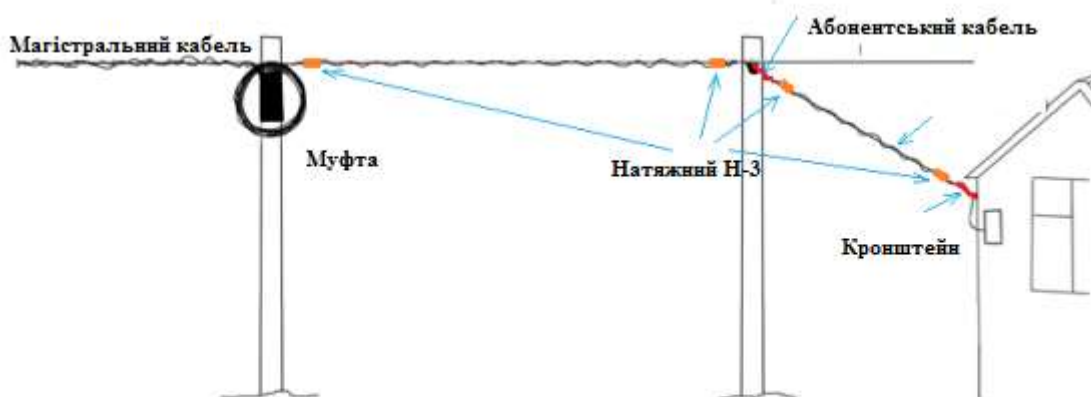


Рисунок 3.7 - Приклад монтажу оптоволоконного кабелю від муфти до будинку абонента

Після того, як в муфті зроблено роботу з подачі сигналу до абонента, необхідно зі сторони останнього приварити до кабелю оптичний пачкорд та налаштувати абонентський приймач сигналу – ONU ONT. Перед включенням та налаштуванням терміналу необхідно заміряти вхідний оптичний сигнал. З врахуванням вимог та правил будівництва мереж EPON, він не повинен бути більший за 28 дБ. Якщо сигнал у нормі, то переходимо до налаштування ONU та за бажанням абонента Wi-Fi роутера.

В с. Біловоди ми будемо встановлювати абонентам ONT від виробника FoxGate, який зарекомендував себе досить з позитивної сторони [20].



Рисунок 3.8 – Абонентський GEPON термінал FoxGate ONU 1001 mZ

На рисунку 3.8 зображено FoxGate ONU 1001 mZ – це є гігабітний абонентський термінал технології GEPON на чіпсеті ZTE™, розроблений для застосування в рішеннях FTTH / FTTO і є продовженням лінійки терміналів 1001wz і повністю ідентичний по функціоналу і продуктивності, однак має більш компактний корпус, який гармонійно впишеться в будь-який інтер'єр або може бути розміщений в обмеженому просторі комутаційного ящика.

Даний термінал має відповідність стандартам IEEE802.3ah і STS 2.1 дозволяє використовувати дане обладнання в мережах, побудованих із застосуванням обладнання GEPON різних світових виробників.

FoxGate ONU 1001 mZ протестований на сумісність і може працювати в мережі GEAPON під керуванням OLT BDCOM P3310, забезпечуючи базову функціональність так само завдяки компактному розміру може бути розміщений в комутаційному ящику з обмеженим простором. Основні характеристики показано у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 Основні характеристики FoxGate ONU 1001 mZ

стандарти	IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3ah, IEEE 802.1d, IEEE 802.1q, IEEE 802.1w
інтерфейси	1 інтерфейс EPON, SC / UPC
	1 інтерфейс Ethernet 10/100 / 1000Base-T, RJ-45
VLAN	64 VLAN (1 ~ 4094), Port based VLAN, IEEE 802.1Q VLAN, CTC2.1 / VLAN
Multicast	IGMP-snooping, CTC defined dynamic multicast, MLD-Snooping
надійність	Loop detect, Dying-Gasp
Безпека	Limitation to the number of MAC addresses on the port, Port protection, Port storm control
Габаритні розміри, мм	78mm × 78mm × 25mm
Робоча температура, °C	0 -45
Температура зберігання, °C	-40 -80
Робоча вологість,%	10% - 85%, без утворення конденсату
Вологість зберігання,%	5% - 95%, без утворення конденсату
Зовнішній блок живлення	DC 12V / 0.5A
споживана потужність	≤3W

Отже, ми розглянули всі етапи будівництва мережі EPON від монтажу кабелю на опори ЛЕП та монтажу муфт з встановленням дільників, до запуску станційного обладнання, подачі оптичного сигналу та встановлення і налаштування абонентського обладнання.

3.3 Налаштування робочої конфігурації BDCOM P3310C та FoxGate ONU 1001 mZ

Для того, щоб налаштувати OLT BDCOM P3310C потрібно підключити кабель в COM-порт комп'ютера та Console порт на

оптичному терміналі. Далі відкриваємо програму Putty та підключаємося до COM порта на швидкості 9600. Наступний етап, потрібно зайти в консоль та ввести логін: **admin**, пароль: **admin** [18].

Після підключення переходимо в режим налаштування OLT, для цього потрібно по черзі ввести наступні команди:

```
enable
config
```

Щоб переглянути поточну збережену і активну конфігурацію вводимо команди:

```
show configuration
show running-config
```

Приступаємо до налаштування.

- 1) Вилучаємо стандартний vlan 1 і додаємо vlan управління (станційний 1000), vlan 1001 (клієнтський):
- 2) Визначаємо IP адресу оптичного терміналу: 10.10.0.3

Шлюз по замовчуванню 10.10.0.1. Ці налаштування можуть бути іншими

```
no interface vlan 1
vlan 1000,1001
exit
interface vlan 1000
description core
ip address 10.10.0.3 255.255.255.0
exit
ip default-gateway 10.10.0.1
```

П'ятий COMBO-порт налаштовуємо як вхідний (1000 – vlan управління, 1001 – клієнтський):

```
interface gigaEthernet 0/5
description UPLINK
```

```

no shutdown
switchport trunk vlan-allowed 1000
switchport trunk vlan-allowed add 1001
switchport trunk vlan-untagged none
switchport mode trunk
exit

```

Вибираємо COMBO-порт, щоб можна було включити вхідний лінк по мідному порту або через SFP роз'єм.

3) Потрібно написати шаблон для ONU ONT (надалі вони самі будуть реєструватися, потрібно буде тільки дописувати опис і зберігати config):

```

epon onu-config-template user1
cmd-sequence 001 epon onu port 1 ctc vlan mode tag 1001
cmd-sequence 002 epon onu port 1 ctc loopback detect
cmd-sequence 003 epon onu port 2 ctc vlan mode tag 1001
cmd-sequence 004 epon onu port 2 ctc loopback detect
cmd-sequence 005 epon onu port 3 ctc vlan mode tag 1001
cmd-sequence 006 epon onu port 3 ctc loopback detect
cmd-sequence 007 epon onu port 4 ctc vlan mode tag 1001
cmd-sequence 008 epon onu port 4 ctc loopback detect
cmd-sequence 009 loopback-detection recovery-time 7200
exit

```

Налаштовуємо EPON порти:

```

interface EPON0/1
no shutdown
description ixnfo
switchport trunk vlan-untagged none
switchport trunk vlan-allowed 1001
switchport mode trunk
epon pre-config-template user1 binded-onu-llid 1-64
filter dhcp
switchport protected 1

interface EPON0/2
no shutdown

```

```

description ixnfo
switchport trunk vlan-untagged none
switchport trunk vlan-allowed 1001
switchport mode trunk
epon pre-config-template user1 binded-onu-llid 1-64
filter dhcp
switchport protected 2

interface EPON0/3
no shutdown
description ixnfo
switchport trunk vlan-untagged none
switchport trunk vlan-allowed 1001
switchport mode trunk
epon pre-config-template user1 binded-onu-llid 1-64
filter dhcp
switchport protected 3

interface EPON0/4
no shutdown
description ixnfo
switchport trunk vlan-untagged none
switchport trunk vlan-allowed 1001
switchport mode trunk
epon pre-config-template user1 binded-onu-llid 1-64
filter dhcp
switchport protected 4

```

Добавляємо роль адміністратора і пароль (замість слова **ТЕХТ** вводимо **пароль**):

```

aaa authentication login default local
aaa authentication enable default none
aaa authorization exec default local
username admin password 0 ТЕХТ
enable password 0 ТЕХТ
service password-encryption

```

Вказуємо, з яких IP-адрес буде дозволено підключення для

адміністратора

```
ip access-list standard MANAGEMENT
permit 10.10.0.1 255.255.255.255
exit
ip telnet access-class MANAGEMENT
```

Встановлюємо часовий пояс і дані NTP-сервера, з яким буде синхронізуватись час (на нових прошивках замість sntp потрібно писати ntp):

```
time-zone Kyiv +2
sntp server 10.10.0.1
sntp query-interval 3600
```

Налаштовуємо SNMP для збору статистичних даних:

```
snmp-server location test
snmp-server contact test
snmp-server community public ro MANAGEMENT
```

Далі налаштовуємо назву пристрою, а саме замість тексту **olt_3** вводимо назву свого пристрою – в нашому випадку це буде OLT BDCOM_3310C_Belovod) і довжину консольного рядка:

```
hostname olt_3
terminal width 256
terminal length 256
```

Відключаємо HTTP (за бажанням)

```
no ip http server
```

Або налаштовуємо з доступом по IP з раніше створеного access-list

```
ip http server
```

```
ip http access-class MANAGEMENT
```

Вказуємо період в секундах, через який повинен включатися порт після стану `error-disable`:

```
error-disable-recovery 10800
```

Зберігаємо налаштування:

```
write
```

На нових прошивках зберігаємо так:

```
write all
```

На цьому основні налаштування завершені.

Додаткові налаштування: вибираємо потрібну ONU і додаємо опис:

```
interface EPON0/1:1
description TEXT
```

Якщо є бажання, то можна замість telnet використовувати SSH, який включається наступною командою:

```
ip sshd enable
```

Якщо будь-яка ONT ONU флудить, наприклад EPON12/2:36, то можна відключити на ній ethernet порт, але потрібно розуміти, що при виникненні «петлі» це не допоможе.

```
interface EPON0/2:28
epon onu port 1 ctc shutdown
```

При «петлі» можна додати ONU в чорний список і видалити з порта, після цього ONU не зможе автоматично зареєструватися, а в LOG-файлі будуть

записи «reject»:

```
interface EPON0/2
epon onu-blacklist mac e067.b37d.d3d3
no epon bind-onu mac e067.b37d.d3d3
```

Дозволити на ONU тільки два MAC адреси можна так:

```
interface EPON0/2:2
switchport port-security dynamic maximum 2
switchport port-security mode dynamic
```

Переглянути версії прошивки, MTU, списку адміністраторів можна так:

```
show version
show system mtu
show local-users
```

Скидання до заводських налаштувань, можна зробити за наступною командою:

```
delete startup-config
reboot
```

Зареєструвати ONT на BDCOM досить просто, оскільки, це відбувається в автоматичному режимі зразу після вввімкнення ONU в мережу EPON. Для перегляду інформації про ONU використовуються наступні команди.

Підключаємось до OLT та переходимо в режим конфігурації:

```
enable
config
```

Переглянути список ONU можна за допомогою команди

```
show epon onu-information
show epon active-onu
show epon inactive-onu
```

Щоб переглянути MAC-адреси на порту або ONU потрідно ввести:

```
show mac address-table interface EPON0/1
```

```
show mac address-table interface EPON0/1:5
show mac address-table brief
```

Перегляд оптичної потужності всіх ONU на першому порту та конкретної:

```
show epon optical-transceiver-diagnosis interface EPON 0/1
show epon interface ePON 0/1:4 onu ctc optical-transceiver-diagnosis
```

Перегляд моделей та версій прошивки ONU:

```
show epon onu-software-version
show epon onu-software-version interface EPON 0/1
```

Перегляд опису та статусу інтерфейсу:

```
show interface brief
```

Статус ethernet порта ONU та перегляд статистики

```
show epon interface ePON 0/1:1 onu port 1 state
show epon interface ePON 0/1:1 onu port 1 statistics
show epon interface ePON 0/1:1 onu mac address-table
```

Також є можливість переглянути в збереженій та активній конфігурації OLT які ONU є зареєстровані

```
show configuration
show running-config
```

Приклад перезавантаження ONU:

```
epon reboot onu interface ePON 0/1:1
```

3.4 Формування топології EPON мережі в с. Біловоди. Розрахунок оптичного бюджету

Топологія EPON мережі в с. Біловоди має «деревовидну» структуру з розгалуженнями на чотири сторони.

Перша лінія є найдовшою – відстань від OLT до найдалшого абонента становить 3,8 км і простягається по вул. Молодіжна, частина вул. Суворова та вул. Іванопавлівська.

Друга лінія проходить по вул. Молодіжна, вул. Берегова та вул. Потебні (2,2 км).

Третя лінія – простягається по вул. Миру, Пушкіна та частина вул. Берегова (1,1 км).

Четверта – розгалужується в центрі села по вул. Молодіжна та 2-х провулках Молодіжної, загальна протяжність не перевищує 0,7 км.

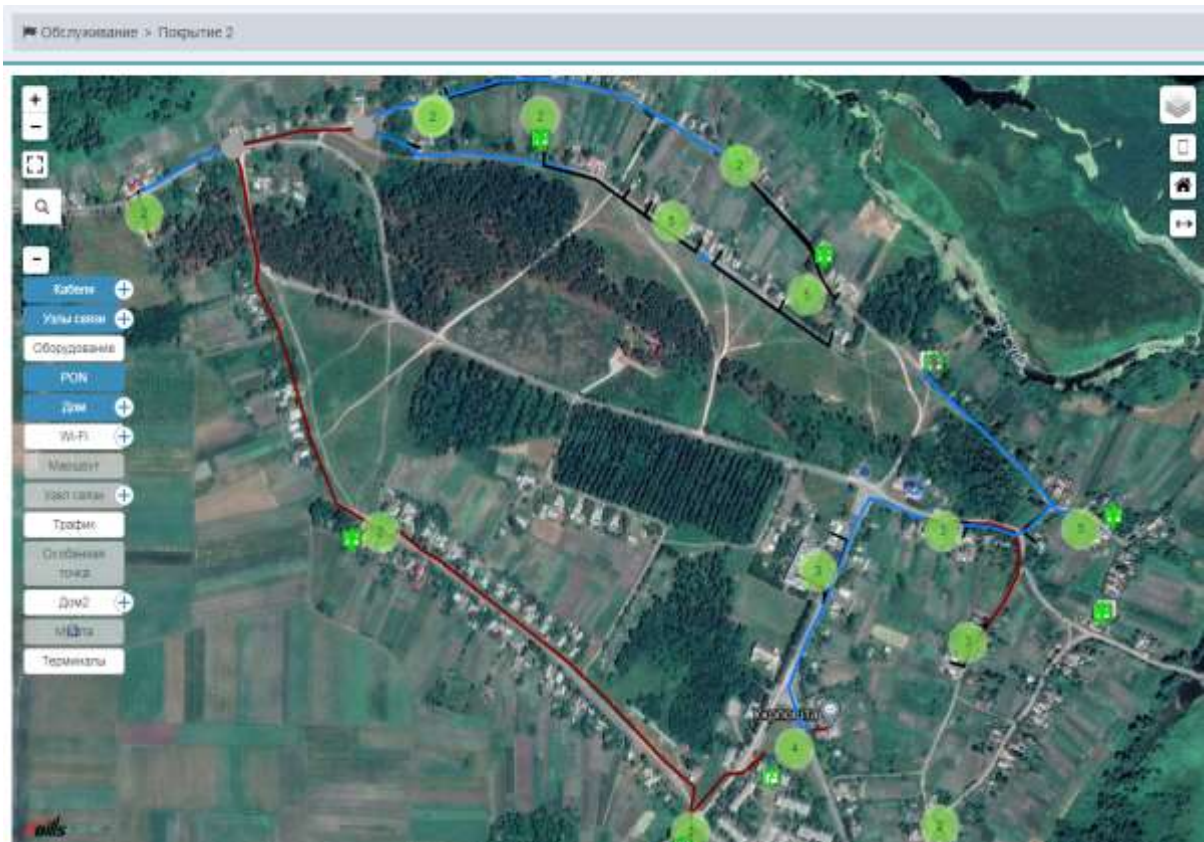


Рисунок 3.9 - Фрагмент побудованої магістралі з муфтами та абонентськими вводами

На рисунку 3.9 зображено фрагмент побудованої магістралі з муфтами та абонентськими вводами. Сірі точки – це оптичні муфти. В муфтах встановлюються ділянки. Зеленими точками позначено активних абонентів.

OLT - це вузлова точка, з якої буде побудована вся мережа. Рівень сигналу, який дає OLT-коммутатор в нашому випадку +7 дБ. Прихід сигналу на вузловий комутатор буде виконано з с. Бобрик з магістрального свіча (приблизна відстань 3,5 км) за допомогою пари SFP-модулів 1310 /1550 нм дальністю 10 км. OLT BDCOM 3310C має 4 порта з можливістю підключення на кожен до 64 абонентів, отже в с. Біловоди ми зможемо

підключити до 256 абонентів. Кількість бажаючих не більше 140 чоловік, запас потужності в мережі буде достатній. В перспективі можна буде підключити абонентів з найближчих с. Попівка та с. Москалівка.

Як ми вже знаємо, розрахувати бюджет оптичного сигналу при будівництві EPON дерева, можна за допомогою наступної формули [14, 16, 17]:

$$P = F + C + S1 + Sp,$$

де:

P - бюджет потужності (максимальні оптичні втрати в ODN);

F - затування ОВ в залежності від довжини кабелю (в кілометрах);

C - затування сигналу в оптичних коннекторах;

S1 - затування сигналу в з'єднаннях волокна;

Sp - затування сигналу в дільниках (сплітерах).

Але бюджет можна розрахувати не тільки вручну за допомогою формули, але й за допомогою спеціальних програм. Ми будемо використовувати для автоматичного розрахунку ABILLS, програму, яку ТОВ «Телемержі «ЮСАНА» використовує в якості білінгової системи, де відбувається контроль трафіку та всіх послуг абонентам.

Але перш за все, прошу ознайомитись з схемою розміщення муфт та підключення абонентів в с. Біловоди, що зображена на рисунку 3.10.

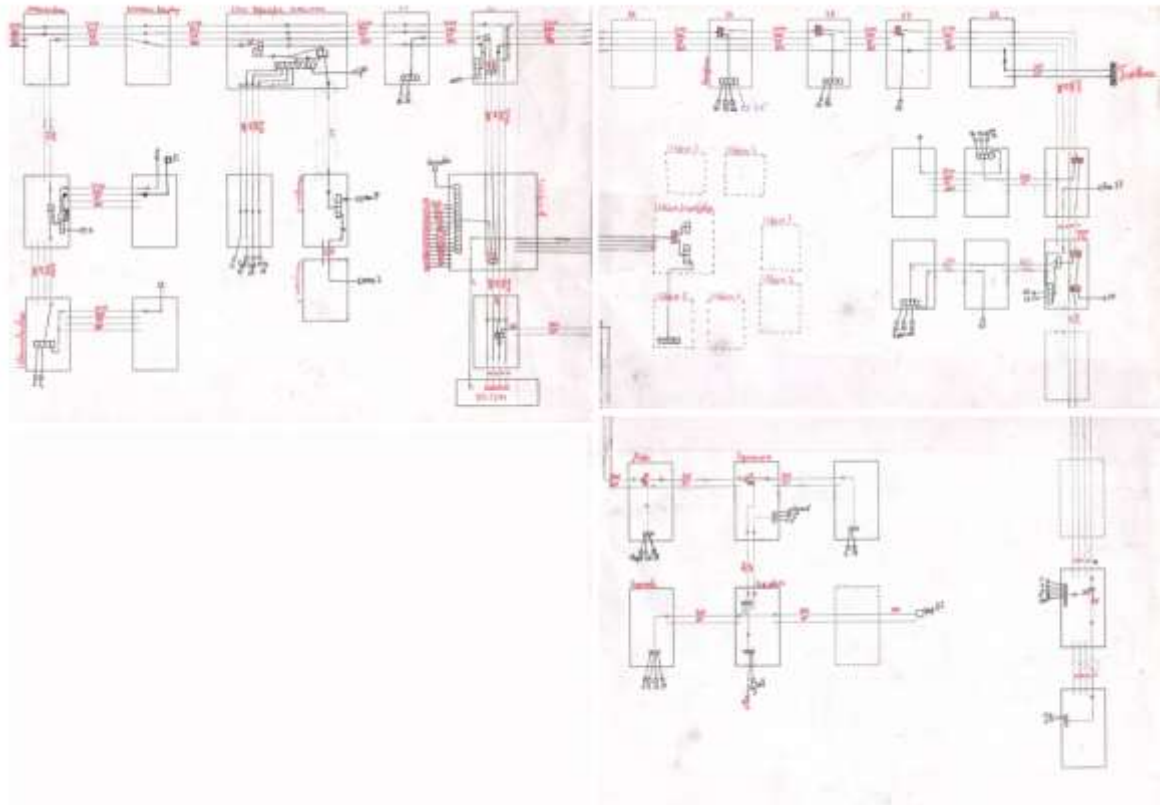


Рисунок 3.10 – Схема розміщення муфт та підключення абонентів

Всі подальші розрахунки будуть проводитись на основі даної схеми.

Розрахунок оптичного бюджету першої гілки - вул. Молодіжна, частина вул. Суворова та вул. Іванопавлівська.

З OLT виходить потужність +7, сигнал проходить через муфти 1-7 де є зварювання 10 шт. В муфті 5 ставимо дільник 25/75, 25 відсотків потужності розділяємо дільником $\frac{1}{2}$ та відправляємо сигнал на муфту 6, де встановлюємо дільник $\frac{1}{4}$. Решту 75% відправляємо в муфту 11 (через 10-11). В муфті 11 розділяємо потужність на дільником $\frac{1}{2}$ та в муфтах 11 і 12 встановлюємо дільники $\frac{1}{4}$. Муфти 14, 13, 12, 11, 8, 7, 6, 5 мають абонентські підключення. Також прийmemo до уваги абонентське підключення, на яке буде максимально витрачено 1 дБ.

$$P1 = +7 - 1,8 \cdot 0,24 - 0,5 - 0,25 - 7,1 = -1,28 \text{ дБ (25 \%)}$$

$$P1 = +7 - 1,8 \cdot 0,24 - 0,5 - 0,25 - 1,6 = +4,22 \text{ дБ (75\%)}$$

$$P2 = -1,28 - 0,05 - 3,7 = -5,03 \text{ дБ - рівень в муфті 5 після дільника } \frac{1}{2}$$

$$P3 = -5,03 - 0,05 \cdot 2 - 7,4 = -12,53 \text{ дБ - рівень на абон/дільнику в муфті 6}$$

$P_4 = -5,03 - 0,05 - 10,7 = -15,78$ дБ – рівень на абон/дільнику в муфті 5

$P_5 = +4,22 - 1,5*0,24 - 4*0,05 - 3,7 = -0,04$ дБ - рівень в муфті 11 після дільника $\frac{1}{2}$

$P_6 = -0,04 - 0,05 - 7,4 = -7,5$ дБ – рівень на абон/дільнику в муфті 11

$P_7 = -0,04 - 0,5*0,24 - 0,05*2 - 7,4 = -7,6$ дБ - рівень на абон/дільнику в муфті 13

Отже, на першій лінії абонентська потужність по розрахунках становить:

в муфтах 5, 8 = $-15,78$ дБ - 1 дБ = $-16,78$ дБ

В програмах Калькулятор та ABILS розрахунок наступний:

The image shows two software windows. The left window, titled 'Калькулятор', contains input fields for various parameters and a grid of buttons labeled 'Сигнал: -17.55'. The right window, titled 'Оборудование', displays ONU information including 'версия 03.5', 'Логин: gordinska12', 'Описание: Belovod Suvorova 12', 'Расстояние: 1.211 km', and 'Mac/Serial: e0.67.b3.f9.94.1c'. It also shows signal levels: 'Уровень сигнала: ONU_RX_POWER: -17.1' and 'ONU_TX_POWER: 1.7'.

в муфтах 6, 7 = $-12,53$ дБ - 1 дБ = $-13,53$ дБ.

В програмах Калькулятор та ABILS розрахунок наступний:

The image shows two software windows. The left window, titled 'Калькулятор', contains input fields and a grid of buttons labeled 'Сигнал: -13.75'. The right window, titled 'Оборудование', displays ONU information including 'версия 012', 'Логин: suvarec3', 'Описание: Belovod Makedchna 3', 'Расстояние: 1.101 km', and 'Mac/Serial: d4.25.cc.0d.63.02'. It also shows signal levels: 'Уровень сигнала: ONU_RX_POWER: -14.2' and 'ONU_TX_POWER: 1.7'.

муфтах 14, 13, 12, 11 = $-7,6$ дБ - 1 дБ = $-8,6$

дБ.

В програмах Калькулятор та ABILS розрахунок наступний:



Розрахунок оптичного бюджету другої гілки - вул. Молодіжна, вул. Потебні та вул. Берегова.

З OLT виходить потужність +7, сигнал проходить через муфти 1-4, 15-26 де є зварювання 20 шт. В муфті 2 ставимо дільник 10/90, 10 відсотків потужності розділяємо дільником 1/16 та підключаємо абонентів. Решту 90% відправляємо в муфту 3. В муфті 3 встановлюємо дільник 10/90 та 10% потужності розділяємо дільником $\frac{1}{2}$. Після дільника $\frac{1}{2}$ в муфті 3 встановлюємо дільник $\frac{1}{4}$, а іншу потужність відправляємо на муфту 4, де встановлюємо дільник $\frac{1}{4}$. Решту 90% відправляємо в напрямку вул. Молодіжна. В муфті 15 розділяємо потужність дільником 15/85, після 15% встановлюємо дільник $\frac{1}{4}$, а решту 85% відправляємо в муфту 16. В муфті 16 розділяємо потужність дільником 10/90%, після 10% встановлюємо дільник $\frac{1}{4}$, а решту 90% відправляємо в муфту 17. В муфті 17 розділяємо потужність дільником 15/85, після 15% підключаємо абонента, але можна встановити дільник $\frac{1}{4}$, а решту 85% відправляємо в муфту 19. В муфті 19 розділяємо потужність дільником 10/90, 10% відправляємо в муфту 20, де встановлюємо дільник $\frac{1}{4}$, а решту 90% відправляємо в муфту 22. В муфті 22 розділяємо потужність дільником 15/85, після 15% встановлюємо дільник $\frac{1}{2}$, з якого в цій же муфті з одного напрямку встановлюємо дільник $\frac{1}{4}$, а з іншого напрямку відправляємо потужність в муфту 24, де встановлюємо дільник $\frac{1}{4}$. Решту 85% в муфті 22 розділяємо дільником 5/95, 5% робимо

абонентський відвід, а решту 95% відправляємо в муфту 25. В муфті 25 потужність розділяємо дільником 35/65, після 35% встановлюємо дільник 1/8, а решту 65% відправляємо в муфту 26, де встановлюємо дільник 1/4.

$$P8 = +7 - 0,5 - 0,05*2 - 11,7 = - 5,3 \text{ дБ (10 \%)} - \text{з дільника 10/90 в муфті 2}$$

$$P9 = - 5,3 - 0,05 - 13,8 = - 19,15 \text{ дБ} - \text{з дільника 1/16 в муфті 2}$$

$$P10 = +7 - 0,5 - 0,5*2 - 0,7 = + 5,7 - \text{сигнал в муфті 2 з дільника 90\%}$$

$$P11 = + 5,7 - 0,5*2 - 11,7 = - 6,1 \text{ дБ} - \text{сигнал з дільника 10/90\% відгалуження 10\% в муфті 3}$$

$$P12 = + 5,7 - 0,5*2 - 0,7 = + 4,9 \text{ дБ} - \text{з дільника 10/90 відгалуження 90\% в муфті 3}$$

$$P13 = - 6,1 - 0,05 - 3,7 = -9,85 \text{ дБ} - \text{з дільника } \frac{1}{2} \text{ в муфті 3}$$

$$P14 = - 9,85 - 0,05 - 7,4 = -17,3 \text{ дБ} - \text{з дільника } \frac{1}{4} \text{ після дільника } \frac{1}{2} \text{ в муфтах 3 та 4}$$

$$P15 = + 4,9 - 0,05*2 - 9,7 = - 4,9 \text{ дБ} - \text{сигнал в муфті 15 встановлено дільник 15/85, відгалуження 15\%}$$

$$P16 = - 4,9 - 0,05 - 7,4 = -12,35 \text{ дБ} - \text{сигнал після дільника } \frac{1}{4} \text{ в муфті 15}$$

$$P17 = + 4,9 - 0,05*2 - 1,0 = + 3,8 \text{ дБ} - \text{сигнал в муфті 15 після розгалуження 90\%}$$

$$P18 = +3,8 - 0,05*2 - 11,7 = - 8,0 \text{ дБ} - \text{в муфті 16 ставимо дільник 10/90, сигнал з розгалуження 10\%}$$

$$P19 = -8,0 - 0,05 - 7,4 = 15,45 \text{ дБ} - \text{сигнал в муфті 16, після дільника } \frac{1}{4}$$

$$P20 = +3,8 - 0,05 - 0,7 = +3,05 \text{ дБ} - \text{сигнал в муфті 16, після розгалуження 90\%}$$

$$P21 = +3,05 - 0,05 - 9,7 = -6,7 \text{ дБ} - \text{сигнал в муфті 17 після встановлення дільника 15/85, після розгалуження 15\%}$$

$$P22 = +3,05 - 0,05 - 1,0 = +2,0 \text{ дБ} - \text{сигнал в муфті 17 після розгалуження 90\%}$$

$$P23 = +2,0 - 0,05*2 - 11,7 = -9,8 \text{ дБ} - \text{встановлено дільник 10/90 в муфті 19, сигнал з розгалуження 10\% відправляємо в муфту 20}$$

$P_{24} = -9,8 - 0,05 * 2 - 7,4 = -17,3$ дБ – сигнал в муфті 20, після встановлення дільника $\frac{1}{4}$

$P_{25} = +2,0 - 0,05 * 2 - 0,7 = +1,2$ дБ – сигнал після розгалуження 90% в муфті 20

$P_{26} = +1,2 - 0,05 * 2 - 9,7 = -8,6$ дБ - сигнал в муфті 22 після встановлення дільника 15/85, розгалуження 15%

$P_{27} = -8,6 - 0,05 * 2 - 3,7 = -12,4$ дБ – сигнал після встановлення дільника $\frac{1}{2}$ в муфті 22

$P_{28} = -12,4 - 0,5 - 7,4 = -19,85$ дБ – сигнал після дільника $\frac{1}{4}$ встановлених в муфті 22 та 24

$P_{29} = +1,2 - 0,05 - 1,0 = +0,15$ дБ – сигнал після розгалуження 85% в муфті 22

$P_{30} = +0,15 - 0,05 - 15,2 = -15,1$ дБ – сигнал після встановлення дільника 5/95, відгалуження 5%

$P_{31} = +0,15 - 0,05 * 2 - 0,5 = -0,45$ дБ – сигнал в муфті 22 після встановлення дільника 5/95, відгалуження 95%.

$P_{32} = -0,45 - 0,05 * 2 - 5,4 = -5,95$ дБ – в муфті 25 встановлено дільник 35/65, сигнал після розгалуження 35%

$P_{32} = -5,95 - 0,05 - 10,7 = -16,7$ дБ – сигнал в муфті 25 після встановлення дільника $\frac{1}{8}$

$P_{33} = -0,45 - 0,05 * 2 - 2,4 = -2,95$ дБ – сигнал в муфті 25 після розгалуження 65%

$P_{34} = -2,95 - 0,05 - 7,4 = -10,4$ дБ – сигнал у муфті 26 після встановлення дільника $\frac{1}{4}$

Отже, на другій лінії абонентська потужність по розрахунках становить:

в муфті 2 = - 19,15 дБ;

В програмах Калькулятор та ABILS розрахунок наступний:

Калькулятор

Тип:

Длина опт. кабеля, км:

Кол-во мкм. соедин. шт.:

Слабитель 10/90:

Слабитель 10/90:

Делитель 1/16:

Сигнал: -20.50

Ослабитель 1/4, Ослабитель 1/8, Ослабитель 1/16, Ослабитель 1/32, Ослабитель 1/64, Ослабитель 1/128

Ослабитель 3/64, Ослабитель 4/64, Ослабитель 8/64

Делитель 1/2, Делитель 1/3, Делитель 1/4, Делитель 1/5, Делитель 1/6, Делитель 1/7, Делитель 1/8, Делитель 1/9, Делитель 1/10, Делитель 1/12, Делитель 1/15

Делитель 1/24, Делитель 1/30, Делитель 1/40, Делитель 1/60

Помощь

Оборудование

ONU: epon 0/2:3 (13)

Логин: belovod1

Описание: Setsovet Shorsa 10a

Расстояние: 0.403 km

Mac/Serial: 20:57:af:20:df:ab

Порты:

Уровень сигнала: ONU_RX_POWER: -19.3, ONU_TX_POWER: 2.2

в муфті 3,4 = -17,3 дБ;

В програмах Калькулятор та ABILS розрахунок наступний:

Калькулятор

Тип:

Длина опт. кабеля, км:

Кол-во мкм. соедин. шт.:

Слабитель 10/90:

Слабитель 10/90:

Делитель 1/3:

Делитель 1/4:

Сигнал: -15.50

Ослабитель 1/4, Ослабитель 1/8, Ослабитель 1/16, Ослабитель 1/32, Ослабитель 1/64, Ослабитель 1/128

Ослабитель 3/64, Ослабитель 4/64, Ослабитель 8/64

Делитель 1/2, Делитель 1/3, Делитель 1/4, Делитель 1/5, Делитель 1/6, Делитель 1/7, Делитель 1/8, Делитель 1/9, Делитель 1/10, Делитель 1/12, Делитель 1/15

Делитель 1/24, Делитель 1/30, Делитель 1/40, Делитель 1/60

Помощь

Оборудование

ONU: epon 0/2:12 (22)

Логин: kolisnuk33

Описание: Molodijna 30

Расстояние: 0.494 km

Mac/Serial: 20:57:af:20:e2:03

Порты:

Уровень сигнала: ONU_RX_POWER: -16.4, ONU_TX_POWER: 2.1

в муфті 15 = -12,35 дБ;

В програмах Калькулятор та ABILS розрахунок наступний:

Калькулятор

Тип:

Длина опт. кабеля, км:

Кол-во мкм. соедин. шт.:

Слабитель 10/90:

Слабитель 10/90:

Слабитель 10/90:

Делитель 1/4:

Сигнал: -12.00

Ослабитель 1/4, Ослабитель 1/8, Ослабитель 1/16, Ослабитель 1/32, Ослабитель 1/64, Ослабитель 1/128

Ослабитель 3/64, Ослабитель 4/64, Ослабитель 8/64

Делитель 1/2, Делитель 1/3, Делитель 1/4, Делитель 1/5, Делитель 1/6, Делитель 1/7, Делитель 1/8, Делитель 1/9, Делитель 1/10, Делитель 1/12, Делитель 1/15

Делитель 1/24, Делитель 1/30, Делитель 1/40, Делитель 1/60

Помощь

Оборудование

ONU: epon 0/2:29 (43)

Логин: ivanush

Описание: Molodijna 70

Расстояние: 0.953 km

Mac/Serial: 04:25:cc:03:d3:c8

Порты:

Уровень сигнала: ONU_RX_POWER: -20.6, ONU_TX_POWER: 1.7

в муфті 16 = -15,45 дБ;

В програмах Калькулятор та ABILS розрахунок наступний:

Калькулятор

Тип:

Длина опти кабелю, км:

Коеф-ент. волок, дБ/км:

Слабитель 10/00:

Слабитель 10/80:

Слабитель 10/88:

Слабитель 10/90:

Детектор 1/4:

Сигнал: -14,50

Оборудование

ONU серия 0/2:11 (21)

Логин: sudorenko33

Описание: Molodizna 53

Расстояние: 1.222 km

Mac/Serial: 20:57:af:20:e2:13

Порты:

- Down
 - Up

Уровень сигнала:

ONU_RX_POWER: -14.4

ONU_TX_POWER: 2.2

в муфті 17 = -6,7 дБ;

В програмах Калькулятор та ABILS розрахунок наступний:

Калькулятор

Тип:

Длина опти кабелю, км:

Коеф-ент. волок, дБ/км:

Слабитель 10/00:

Слабитель 10/80:

Слабитель 10/88:

Слабитель 10/90:

Слабитель 10/98:

Сигнал: -6,10

Оборудование

ONU серия 0/2:47 (68)

Логин: syshko56

Описание: Molodizna56

Расстояние: 1.535 km

Mac/Serial: 64:25:cc:09:e6:7c

Порты:

- Down
 - Up

Уровень сигнала:

ONU_RX_POWER: -6.9

ONU_TX_POWER: 1.7

в муфті 20 = -17,3 дБ;

В програмах Калькулятор та ABILS розрахунок наступний:

В

муфті 22,24 = -19,85 дБ;

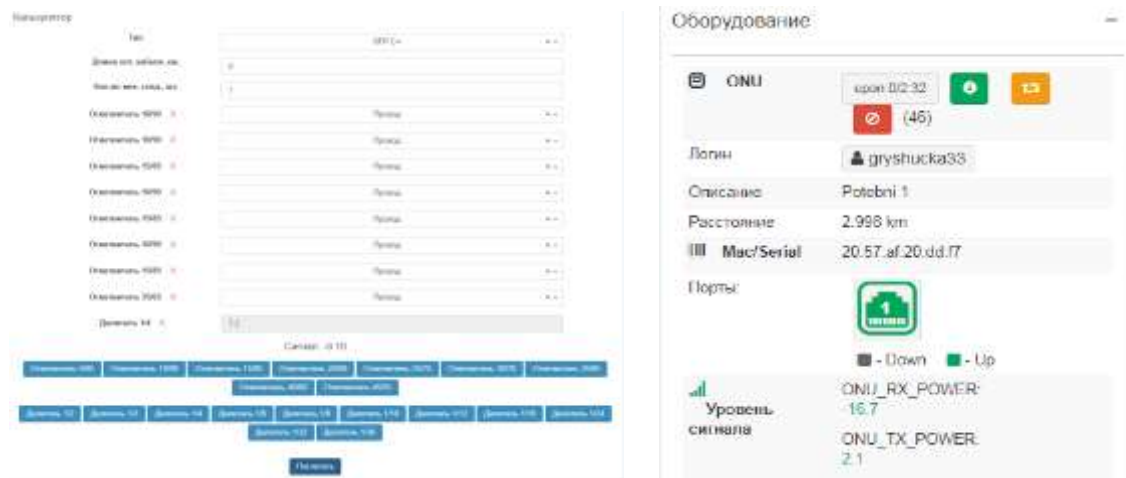
В програмах Калькулятор та ABILS розрахунок наступний:

в муфті 25 = -16,7 дБ

В програмах Калькулятор та ABILS розрахунок наступний:

в муфті 26 = -10,4 дБ

В програмах Калькулятор та ABILS розрахунок наступний:



Розрахунок оптичного бюджету третьої гілки - вул. Миру,
Пушкіна та частина вул. Берегова.

З OLT виходить потужність +7, сигнал проходить через муфти 1-3, 15-18 та 27-31, де є зварювання 10 шт. В муфті 1 ставимо дільник 30/70, 30 відсотків потужності відправляємо в напрямку села Попівка (муфти 2-3, 15-18), а решту 70% відправляємо в муфту 27. В муфті 27 встановлюємо дільник 20/80 та 20 % потужності розділяємо дільником 1/4. Решту 80% відправляємо в напрямку вул. Пушкіна. В муфті 28 встановлюємо дільник 10/90, 10 % відправляємо в муфту 29, де встановлюємо дільник 1/4. Потужність з відгалуження 90% відправляємо в муфту 30, де встановлюємо дільник 1/4. З дільника 1/4 відправляємо рівнозначні потужності в муфти 31, 30 та 28.

$R35 = +7 - 0,5 - 0,05 - 6,2 = + 0,25$ дБ (30 %) – з дільника 30/70 в муфті 1, відправляється в напрямку села Попівка

$R36 = +7 - 0,5 - 0,05 - 2,0 = + 4,45$ – сигнал в муфті 1 з дільника 70%, ввідправляється в муфту 27

$R36 = + 4,45 - 0,05*2 - 8,2 = - 3,85$ дБ – сигнал з дільника 20/80% відгалуження 20% в муфті 27

$P37 = -3,85 - 0,05 - 7,4 = - 11,3$ дБ – після встановлення дільника $\frac{1}{4}$ після 20% в муфті 27

$P38 = -3,85 - 0,05*2 - 1,3 = -5,25$ дБ – потужність з дільника 20/80, відгалуження 80% відправляється в муфту 28

$P39 = -5,25 - 0,05*2 - 11,7 = - 17,05$ дБ – в муфті 28 встановлено дільник 10/90, відгалуження 10% відправлено в муфту 29

$P40 = -17,05 - 0,05*2 - 7,4 = - 24,55$ дБ – рівень сигналу в муфті 29 після встановлення дільника $\frac{1}{4}$

$P41 = -5,25 - 0,05*2 - 0,7 = - 6,05$ дБ – потужність з дільника 10/90, відгалуження 90% в муфті 28

$P42 = - 6,05 - 0,5*2 - 7,4 = - 13,55$ дБ – потужність після встановлення в муфті 30 магістрального дільника $\frac{1}{4}$, рівнозначні потужності відправлено в муфти 31, 30 та 28

$P43 = -13,55$ дБ – абонентська потужність з муфти 30 відправлено клієнту

$P44 = - 13,55 - 0,05*2 - 7,4 = -21,05$ дБ – абонентські потужності після встановлення дільників $\frac{1}{4}$ в муфтах 31, 30 та 28

Отже, на третій лінії абонентська потужність по розрахунках становить:

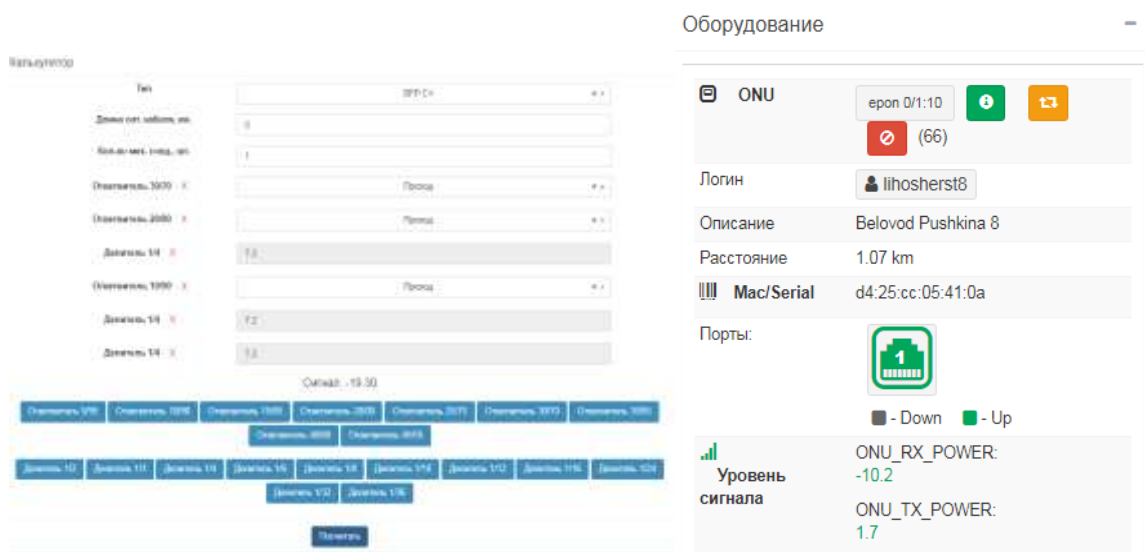
в муфті 27 = - 11,3 дБ;

В програмах Калькулятор та ABILS розрахунок наступний:

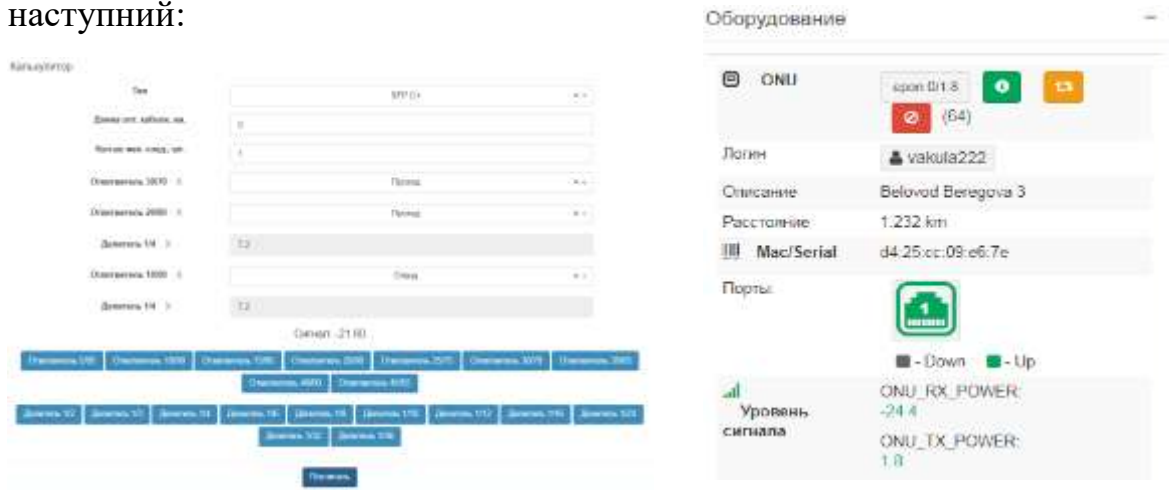
The image shows two screenshots from a software application. The left screenshot, titled 'Калькулятор', displays a calculation interface with several input fields: 'Тип' (Type) set to 'SFP+', 'Длина от. кабеля, км' (Cable length, km) set to '0', 'Количество спл., шт.' (Number of splices, pcs) set to '1', and 'Длина от. 200' (Cable length 200) set to 'Спл.' and 'Спл.'. Below these are buttons for various components like 'Сплечный 1/8', 'Сплечный 3/8', etc., and a 'Результат' (Result) button. The right screenshot, titled 'Оборудование' (Equipment), shows details for an ONU device: 'ONU', 'Служба ДТТ Б' (Service DTT B), 'ИД' (ID) '152', 'Логин' (Login) 'btluk', 'Описание' (Description) 'Miru 16 Shkola', 'Расстояние' (Distance) '11:529 km', and 'Mac/Serial' '98:48:62:2f:72:26'. It also shows a signal level indicator and 'Уровень сигнала' (Signal level) details for 'ONU_RX_POWER' (11) and 'ONU_TX_POWER' (2.1).

в муфті 28, 30, 31 = - 21,05 дБ;

В програмах Калькулятор та ABILS розрахунок наступний:

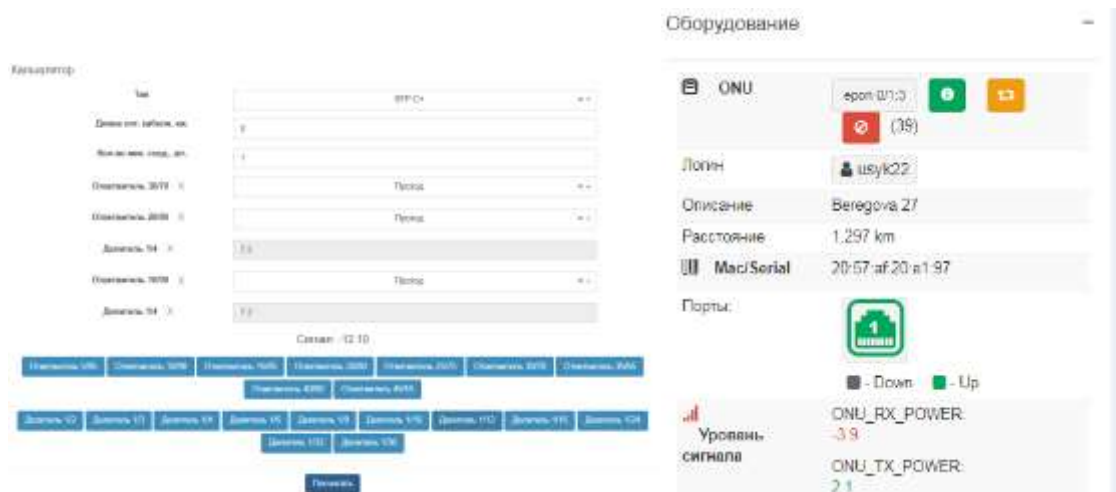


в муфті 29 = - 24,55 дБ; В програмах Калькулятор та ABILS розрахунок наступний:



в муфті 30 = -13,55 дБ

В програмах Калькулятор та ABILS розрахунок наступний:



Розрахунок оптичного бюджету червертої гілки - вул. Молодіжна та 2-х провулках Молодіжної.

З OLT виходить потужність +7, сигнал проходить через муфти 1,2 та 32. В магістральній муфті 32 встановлено дільник 25/75, з якого 25% розділено дільником $\frac{1}{2}$, а 75% розділено дільником $\frac{1}{4}$. На всіх 6-х будинках будуть встановлені дільники $\frac{1}{8}$.

$R45 = +7 - 0,5 - 0,5*2 - 7,1 = - 0,7$ дБ – встановлено дільник 25/75 в муфті 32, потужність з відгалуження 25%

$R46 = -0,07 - 0,05 - 3,7 = -3,82$ дБ – рівень сигналу після встановлення дільника $\frac{1}{2}$ після розгалуження 25% в муфті 32

$R47 = +7 - 0,5 - 0,05*2 - 1,6 = + 4,8$ дБ – потужність з розгалуження 75% в муфті 32

$R48 = +4,5 - 0,05 - 7,4 = - 2,95$ дБ – сигнал після розгалуження 75%, після дільника $\frac{1}{4}$

$R49 = -2,95 - 0,05*2 - 10,7 = -13,75$ дБ – абонентський рівень сигналу в муфті 33, та майбутніх муфтах 34-36

$R50 = -3,82 - 0,05*2 - 10,7 = -14,62$ дБ – майбутній рівень в муфтах 37 та 38, після встановлення дільників $\frac{1}{8}$

Отже, на четвертій лінії абонентська потужність по розрахунках становить:

в муфтах 33-36 = -13,75 дБ;

Калькулятор

Тип: WFD

Длина оптоволокна, км: 0

Квадратный коэффициент потерь: 1

Средняя температура, °C: Температура

Длина 18: 11,4

Длина 18: 11,4

Сигнал: -19,80

Ослабление, 50% Ослабление, 10% Ослабление, 100% Ослабление, 200% Ослабление, 300% Ослабление, 400% Ослабление, 500%

Ослабление, 600% Ослабление, 700%

Длина, 10 Длина, 11 Длина, 12 Длина, 13 Длина, 14 Длина, 15 Длина, 16 Длина, 17 Длина, 18 Длина, 19 Длина, 20

Длина, 21 Длина, 22 Длина, 23

Посчитать

Оборудование

ONU: 1904-2 (53)

Логин: raifhomenko1966

Описание: MiruSkv3

Расстояние: 0,554 km

MAC/Serial: d4.25.cc.0d.63.2c

Порты:

Down Up

Уровень сигнала: ONU_RX_POWER: -14,7 ONU_TX_POWER: 1,6

в муфтах 37, 38 = - 14,62 дБ;

Калькулятор

Тип: WFD

Длина оптоволокна, км: 0

Квадратный коэффициент потерь: 1

Средняя температура, °C: Температура

Длина 12: 14

Длина 12: 14

Сигнал: -18,80

Ослабление, 50% Ослабление, 10% Ослабление, 100% Ослабление, 200% Ослабление, 300% Ослабление, 400% Ослабление, 500%

Ослабление, 600% Ослабление, 700%

Длина, 10 Длина, 11 Длина, 12 Длина, 13 Длина, 14 Длина, 15 Длина, 16 Длина, 17 Длина, 18 Длина, 19 Длина, 20

Длина, 21 Длина, 22 Длина, 23

Посчитать

Розглянувши всі чотири лінії та провівши всі необхідні розрахунки оптичного бюджету, ми бачимо, що мережа побудована таким чином, що у кожному напрямку є достатній запас потужності для підключення нових абонентів.

ВИСНОВКИ

Розглянувши декілька технологій PON та провівши детальний порівняльний аналіз, можна зробити висновок, що найбільш популярними та використовуваними технологіями в наш час є EPON і GPON. Ці дві технології мають схожі характеристики, але EPON є більш економний при плануванні мережі і використовується при будівництві у невеликих населених пунктах, а GPON використовується при масштабному будівництві мережі з широким її розгалуженням.

Для будівництва EPON мережі на прикладі с. Біловоди мною було чітко сформовано послідовний алгоритм дій. Весь процес розділено на наступні етапи: планування – визначення ділянок будівництва та кількість перспективних абонентів; проектування – процес затвердження топології, отримання технічних умов та визначення елементів майбутньої мережі; будівництво – послідовний перелік дій монтажних робіт по будівництву магістралей, встановлення муфт, дільників та абонентського приєднання, монтаж, налаштування та тестування активного станційного обладнання та ін.

Оскільки, найвідповідальнішим завданням у проектуванні та будівництві мережі EPON є розрахунок бюджету втрат і визначення оптимальних коефіцієнтів розподілу всіх розгалужувачів, мною було проведено детальний аналіз кожної з гілок та певні розрахунки, використовуючи, як звичайний математичний спосіб, так і використано онлайн-програму калькулятор, а також проведено порівняння з фактичними даними по абонентах у білінговій програмі ABILLS.

Отже, саме ця технологія дуже широко використовується з метою покриття оптичними мережами маленьких населених пунктів, оскільки це є найефективнішим та швидким способом надання послуг доступу до мережі інтернету.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ТА ПОСИЛАНЬ

1. Wikipedia, «PON», [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/PON>
2. Петренко І.І., Убайдуллаєв Р.Р. Пасивні оптичні мережі PON. Частина 2. Ethernet на першій милі, №2.
3. Петренко І.І., Убайдуллаєв Р.Р. Пасивні оптичні мережі PON. Частина 1. Архітектура та стандарти, №1, Режим доступу до ресурсу: <http://t8.ru/wp-content/uploads/2012/01/24.pdf>
4. Олифер В., Олифер Н. 0-54 Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 5-е изд. — СПб.: Питер, 2016
5. Таненбаум Э., Уэзеролл Д., Т18 Компьютерные сети. 5-е изд. — СПб.: Питер, 2019.
6. Lam, Cedric F, Passive optical networks : principles and practice / Cedric F. Lam p. cm, Boston, TK5103.59.L36, 2007/ 2015.
7. Horvath, T.; Munster, P.; Oujezsky, V.; Bao, N.-H. Passive Optical Networks Progress: A Tutorial. *Electronics* 2020, 9, 1081
8. Надежность сетей абонентского доступа Lr PON 2015 / Игнатов Александр Владимирович, Шувалов Вячеслав Петрович.
9. Оптические сети доступа большого радиуса действия (long-reach PON). Решения discuss 2018 / Ионикова Елена Петровна, Шувалов Вячеслав Петрович, Яковлев Артем Сергеевич.
10. Стандарты IEEE [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: https://ru.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11.
11. PON - пасивні оптичні мережі, [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://skomplekt.com/technology/pon/>
12. Практика внедрения пассивных оптических сетей, [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://deps.ua/knowegable-base-ru/articles/item/462-praktika-vnedrenija-passivnyh-opticheskikh-setej-pon.html>.

13. Що таке технологія EPON [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <https://unotices.com/page-answer.php?id=8141>
14. Пам`ятка по розрахунку мережі PON [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <http://ic-line.ua/wiki/pon-byudget>
15. Побудова мережі PON [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <https://gepon.com.ua/postroenie-pon-seti-article>
16. Расчёт бюджета оптической мощности [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/5240036/page:5/>
17. Калькулятор бюджета (затухания) оптической линии СКС онлайн [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <https://razdel5-5.ru/2019/03/25/kalkulyator-byudzheta-zatuhaniya-opticheskoy-linii/>
18. IT Влог Вячеслав Гапон — персональний блог, руководства, статьи
19. Сайт ПАТ «Одесакабель», <https://odeskabel.com/products/vok-kabeli.html>
20. Сайт компанії «ДЕПС», <https://deps.ua/>