

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсового проекту з дисципліни
"Сучасні технології мереж передачі даних"
для студентів спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія,
усіх форм навчання

Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни "Сучасні технології мереж передачі даних" для студентів спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія, усіх форм навчання / Укл. Г.Г.Киричек, Н.А.Куликовська. – Запоріжжя: Національний університет «Запорізька політехніка», 2025. – 30 с.

Укладач:

Г.Г. Киричек, доцент, к.т.н.
Н.А.Куликовська, ст.викл.

Рецензент:

М.Ю. Тягунова, доцент, к.т.н.

Відповідальний за випуск:

Г.Г. Киричек, доцент, к.т.н.

Затверджено
на засіданні кафедри КСМ
Протокол № 5 від 26.12.2024

Рекомендовано до видання
НМК КНТ
Протокол № 6 від 12.02.2025

ЗМІСТ

1 Загальні відомості.....	4
1.1 Календарний план та отримання завдання.....	4
1.2 Загальні питання проведення досліджень.....	6
1.3 Вимоги до змісту розділів, оформлення та обсягу пояснювальної записки.....	8
1.4 Теми проєктів.....	10
1.5 Порядок захисту курсового проєкту.....	12
1.6 Теоретичні відомості.....	13
2 Структура курсового проєкту.....	18
2.1 Аналіз технічного завдання.....	19
2.2 Планування мережі доступу у районному центрі.....	20
2.3 Проєктування мережі операторського класу.....	22
2.4 Моделювання мережі. Системи моделювання.....	23
2.5 Кабель та його прокладання.....	25
3 Загальні вимоги до оформлення курсового проєкту.....	26
3.1 Вимоги до оформлення пояснювальної записки.....	26
3.2 Вимоги до оформлення графічних документів.....	26
3.3 Вимоги до виконання схем.....	27
Рекомендована література.....	28
Додаток А.....	29

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Мета проєктування – отримання наукового та професійного розуміння, а також практичних навичок у розгортанні інфраструктури мереж операторського класу, структурованих дротових і бездротових систем, розширення, консолідації та поглиблення теоретичних і практичних знань у конкретній галузі; використання цих знань для прийняття обґрунтованих проєктних рішень і для вирішення окремих наукових і практичних питань, пов'язаних з технологіями телекомунікаційних мереж. Це також передбачає отримання наукового та практичного досвіду з організації доступу та зв'язку між штатними об'єктами мережі Інтернет. Студенти повинні вміти вибирати технології, методи та засоби для проєктування, реалізації, управління та захисту мереж операторського класу.

Курсовий проєкт включає: створення мережі операторського рівня з IP-телефонією за заданим планом (з охопленням певного регіону з прилеглими невеликими населеними пунктами); формування типової мережевої схеми; монтаж телекомунікаційної мережі згідно її структурного проєкту; налагодження обладнання телекомунікаційної мережі; з'єднання всього маршруту за допомогою гібридної мережі з підключенням IP-телефонії.

В системі moodle наведено приклади з формування та оформлення пояснювальної записки за стандартами, приклади виконання структурної та функціональної схем.

Примітка. Варіанти розподіляються між студентами, згідно двом останнім цифрам залікової книжки з кратністю 23. Для прикладу, якщо дві останні цифри 03- варіант № 3, а якщо 87- варіант № 18 ($87-23-23-23=18$). В системі moodle розподіл варіантів надано за списком групи. Студент може вибрати номер варіанту за будь-якою схемою.

1.1 Календарний план та отримання завдання

Систематичне і своєчасне виконання роботи – запорука одержання якісного результату і високої оцінки.

Рекомендований графік роботи наведено в таблиці 1.1. Студент може корегувати графік в межах наведених дат, не змінюючи дати захисту.

Таблиця 1.1 - Етапи виконання курсового проєкту

№ п/п	Назва етапів курсового проєкту	Термін виконання
1	Аналіз технічного завдання (структури мережі, розрахунок об'єму загального трафіку та швидкості каналів зв'язку)	до 20.10
2	Реалізація схеми підключення віддалених сегментів мережі операторського класу	21.10 – 25.10
3	Аналіз, порівняння та вибір технологій магістральної мережі передачі даних	26.11 – 30.11
4	Проектування оптичної та електричної частин мережі на основі обраних технологій	01.11 – 8.11
5	Аналіз, порівняння та вибір мережного та клієнтського обладнання	09.11 – 15.11
6	Розрахунок максимальної довжини мідної частини мережі доступу	16.11 – 23.11
7	Проведення монтажу ділянок оптичної частини мережі та визначення місць розміщення основних вузлів	24.11 – 30.11
8	Вибір та налаштування протоколів маршрутизації мережі операторського класу	01.12 – 07.12
9	Налаштування маршрутизаторів, згідно політики безпеки телекомунікаційної мережі регіону та підключення до Інтернет	08.12 – 10.12
10	Забезпечення мережевої безпеки	11.12 – 16.12
12	Оформлення графічного матеріалу (моделі, структурна схема, монтажні схеми)	17.12 – 18.12
13	Оформлення ПЗ	19.12 – 22.12
14	Захист КП	до 26.12

У відповідності до теми керівник затверджує технічне завдання на курсовий проєкт, враховуючи терміни виконання окремих етапів проєкту та проєкту в цілому (рекомендований термін – перші 4 тижні від початку семестру).

У завданні треба чітко визначити наступні дані: назва проєкту; вихідні дані до проектування із зазначенням: кількості об'єктів, які

підключаються (населених пунктів, кінцевих користувачів); кількості та типів мережевого і клієнтського обладнання; видів фізичного середовища каналів зв'язку та базових мережних технологій; переліку загальних завдань, які реалізуються при виконанні проєкту (перелік основних розділів змісту) та переліку графічного матеріалу (моделі, функціональна, структурна та монтажні схеми, алгоритми роботи мережі). Календарний графік виконання курсового проєкту, який складається студентом (за прикладом календарного плану) і затверджується керівником проєкту, повинен відповідати етапам реалізації магістральної мережі в заданому регіоні, аналізу та вирішенню загальних питань стосовно до всього об'єкту проєктування в цілому.

1.2 Загальні питання проведення досліджень

Проектування виконується з використанням відповідних методів і інструментальних засобів (систем моделювання).

Методи, які використовуються: аналіз - розділення мережі на складові частини і окреме дослідження їх функціональних особливостей; синтез - об'єднання в єдину систему отриманих результатів проведеного аналізу, що дозволяє отримати якусь нову реалізацію об'єкта проєктування; аналогія - висновок про подібність двох сегментів мереж за ознаками або на підставі встановленої подібності їх функціональних характеристик; моделювання - вивчення об'єкта за допомогою моделей із подальшим перенесенням отриманих характеристик на об'єкт проєктування. Предметне моделювання – використання систем моделювання, з метою створення моделей (зменшених копій) магістральних та клієнтських сегментів мережі із певними властивостями реального об'єкта. Математичне моделювання - представлення реальної мережі у її абстрактному вигляді, в результаті чого задача перетворюється в математичну. Знакове або символічне - використання формул, креслень. Комп'ютерне моделювання – модель мережі відтворюється у комп'ютерній програмі.

Метою роботи є проведення досліджень, реалізація алгоритмів, методів і моделей, застосування засобів проєктування (систем моделювання, графічних програмних засобів), реалізація функціонування, вдосконалення, адміністрування та захисту

магістральних мереж операторського класу із застосуванням IP-телефонії при підключенні кінцевих клієнтів.

Відповідно до поставленої мети в роботі можливе **вирішення наступних задач**: проведення системного аналізу архітектурних та інформаційних особливостей гібридних мереж; виконання аналізу джерел і ступеня впливу службового і широкомовного трафіку на характеристики функціонування телекомунікаційної мережі операторського класу; визначення правил розташування мережних об'єктів; реалізація алгоритму об'єктно-орієнтованої декомпозиції телекомунікаційної мережі операторського класу; реалізація інформаційної (математичної) моделі мережі із різними фізичними каналами зв'язку, а також моделювання, проєктування, налаштування, адміністрування та захист телекомунікаційної мережі в цілому.

Об'єктом дослідження є процес проєктування мережі операторського класу. **Предметом дослідження** є моделі, методи, інструментальні та програмні засоби з проєктування і реалізації магістральних мереж операторського класу.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети, при виконанні етапів проєктування, рекомендовано використовувати наступні методи дослідження: системний аналіз, для дослідження механізмів функціонування програмно-апаратних засобів телекомунікаційних мереж операторського класу; об'єктно-орієнтовані методи проєктування (побудова загальної моделі телекомунікаційної мережі); методи теорії обчислювальних систем і теорії масового обслуговування для побудови та розрахунку математичних моделей, які відображають ймовірнісні характеристики функціонування магістральних мереж операторського класу; методи моделювання для верифікації розроблених моделей магістральних мереж.

Науковою новизною проєктів може бути: вибір загальної моделі мережі із урахуванням різних рівнів її ієрархії, які дозволяють синтезувати неблокуючі мережеві структури магістральної мережі, мінімальні за вартістю; декомпозиція мережі (мережа представлена у вигляді інформаційно ізольованих мережних об'єктів); проєктування мережевих сегментів (оптимальних за критерієм "продуктивність/вартість"); врахування впливу службового та широкомовного трафіку на транзакції абонентів мережі; інформаційна та математичні моделі мережевого обладнання, які дозволяють

розраховувати характеристики функціонування як локальних, так і віддалених абонентів, підключених до магістральної мережі.

Практичне значення отриманих результатів може включати: реалізацію проєкту мережі із урахуванням математичної моделі і розрахунку пропускної здатності реальних каналів зв'язку; проведення розрахунку об'єму буферів мережевого обладнання і його модернізації на етапах проєктування; використання процедури моделювання ймовірно-часових характеристик магістральних мереж операторського класу; отримання оптимальної схеми мережі за критерієм "продуктивність/вартість" і плану її модернізації, а також технології, методи та мережеве обладнання, яке використовується при проєктуванні мережі за наданим варіантом.

1.3 Вимоги до змісту розділів, оформлення та обсягу пояснювальної записки

До пояснювальної записки необхідно включати матеріал, який безпосередньо відноситься до процесу реалізації конкретної магістральної мережі, яка підлягає проєктуванню, у відповідності до технічного завдання. Не рекомендується робити великі реферативні огляди. При необхідності, студент повинен зробити посилання на відповідні джерела. Потрібно мати на увазі, що пояснювальну записку оформлюють коли реалізацію проєкту закінчено, всі рішення прийнято, всі деталі є відомими, маємо кінцевий результат і саме його необхідно привести разом з аргументацією вибору рішень, необхідними розрахунками, схемами, алгоритмами, графіками, таблицями, рисунками та матеріалами, які обґрунтовують прийняті рішення. Приблизний рекомендований обсяг кожного розділу наведено нижче. Назви розділів у конкретній роботі можуть відрізнитись від наведених далі, послідовність розташування розділів може бути іншою, але в цілому у пояснювальній записці рекомендовано висвітлити всі питання з проєктування магістральної мережі, підключення клієнтів та налаштування IP-телефонії.

У рефераті проєктант вказує мету роботи (або проєктування), об'єкт та предмет дослідження; технології, вид обладнання, протоколи та стандарти, які використані у курсовому проєкті. Наводить ключові слова та об'єм пояснювальної записки. Реферат рекомендовано оформити за зразком, на заключному етапі (1 сторінка).

У вступі до проєкту студент повинен: обґрунтувати актуальність проєктування мережі операторського класу за варіантом; навести методи та шляхи проведення досліджень; зазначити в яких розділах пояснювальної записки наведено аналіз структури магістральної мережі, схему інформаційних потоків (трафіку), аналіз, порівняння та вибір технологій (SDH, xDSL, DWDM FTTx, PON, MPLS, VoIP), комунікаційного обладнання; а також етапи, методи, алгоритми і моделі проєктування реальних каналів зв'язку; визначення етапів і способів налаштування, адміністрування та технології захисту мережі. Вступ є коротким (1-2 сторінки) і чітким. Головне, щоб було зрозуміло, чому присвячено дослідження і етапи проєктування.

У першому розділі (6-7 сторінок) ПЗ необхідно: провести аналіз технічного завдання; розглянути схему розташування об'єкту проєктування; топологію обраного територіального місця; проаналізувати загальний обсяг трафіку та визначити необхідну швидкість каналів зв'язку. Студент повинен чітко визначити коло завдань, які необхідно вирішити в процесі проведення досліджень та проєктування магістральної мережі, а також сформулювати технічне завдання, згідно стандарту (за зразком) та оформити його окремими сторінками.

У другому розділі (6-8 сторінок) на підставі проведеного аналізу студент, за допомогою графічного редактора, проєктує на карті топологічну схему розташування (встановлення) основного магістрального обладнання мережі. Також, в цьому розділі здійснюється вибір та опис обраних технологій, окремих сегментів мережі операторського класу. Для проєктування мережі обирається один районний центр (за варіантом) та не менше чотирьох малих населених пунктів, зазвичай, які є найближчими до нього. Також визначається загальна кількість об'єктів, які підключаються до мережі із зазначенням категорій абонентів (бізнес, котедж, багатоквартирні будинки, малоповерхова неелітна місцевість), виконується прив'язка об'єктів до карти району, в якому проєктується мережа.

Третій розділ (10-12 сторінок) повинен містити: опис проєктування оптичної та електричної (мідної) частин мережі; визначення груп компактно розташованих об'єктів; вибір конкретних елементів реалізації функціональної та принципів розподільних ділянок мережі; визначення максимальної довжини мідної частини мережі доступу; розрахунок окремих елементів, вузлів і підсистем.

Студентом виконується налаштування функціональних характеристик загальних об'єктів, здійснюється моделювання мережі із налаштуванням всього обладнання.

У четвертому розділі (5-7 сторінок) розглядається підключення проєктованої мережі до Internet та питання забезпечення мережевої безпеки. Також проєктант описує: етапи налаштування віддаленого доступу; вибір протоколу IP-телефонії; розміщення та налаштування обладнання для забезпечення роботи IP-телефонії на кінцевих пристроях мережі; питання апаратного та програмного захисту, а також підключення кінцевих абонентів.

У висновках (1-2 сторінки) проєктант формулює основні результати, які отримані під час виконання курсового проєкту із зазначенням технологій, видів обладнання, протоколів та стандартів, які використані для виконання завдань проєктування.

Оформлення записки здійснюється у відповідності до діючих стандартів: ДСТУ 3008:2015 “Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання.”; Єдина Системи Конструкторської Документації (ЄСКД). Бібліографічні описи в переліку посилань наводять відповідно до чинних стандартів з бібліотечної та видавничої справи відповідно ДСТУ 8302:2015 "Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання". До записки додаються два креслення формату А4 або А3 (структурна та монтажна схеми) та один плакат (функціональна схема мережі) того ж формату. Креслення і плакати повинні відображати прокладання кабелю на всіх ділянках мережі із роз'ясненням особливостей його прокладання.

Загальний обсяг ПЗ – 30 - 35 сторінок (не рекомендовано обсяг більший за 40 сторінок), причому технічна її частина, має містити не менш ніж 25 сторінок тексту з рисунками.

1.4 Теми проєктів

Далі наведено теми проєктів (табл. 1.2) за варіантами. Студент обирає в таблиці зазначену область проєктування, відповідно варіанту. Наступним кроком є визначення та обрання на мапі, згідно варіанту, потрібного районного центру із найближчими до нього населеними пунктами.

Таблиця 1.2 – Теми проєктів

№	Тема
1	Проектування мережі операторського класу із застосуванням ІР-телефонії Вінницької області
2	Проектування мережі операторського класу із застосуванням ІР-телефонії Волинської області
3	Проектування мережі операторського класу із застосуванням ІР-телефонії Дніпропетровської області
4	Проектування мережі операторського класу із застосуванням ІР-телефонії Чернігівської області
5	Проектування мережі операторського класу із застосуванням ІР-телефонії Житомирської області
6	Проектування мережі операторського класу із застосуванням ІР-телефонії Закарпатської області
7	Проектування мережі операторського класу із застосуванням ІР-телефонії Запорізької області
8	Проектування мережі операторського класу із застосуванням ІР-телефонії Київської області
9	Проектування мережі операторського класу із застосуванням ІР-телефонії Кіровоградської області
10	Проектування мережі операторського класу із застосуванням ІР-телефонії Чернівецької області
11	Проектування мережі операторського класу із застосуванням ІР-телефонії Львівської області
12	Проектування мережі операторського класу із застосуванням ІР-телефонії Миколаївської області
13	Проектування мережі операторського класу із застосуванням ІР-телефонії Одеської області
14	Проектування мережі операторського класу із застосуванням ІР-телефонії Полтавської області
15	Проектування мережі операторського класу із застосуванням ІР-телефонії Рівненської області
16	Проектування мережі операторського класу із застосуванням ІР-телефонії Сумської області

Продовження таблиці 1.2

17	Проектування мережі операторського класу із застосуванням ІР-телефонії Тернопільської області
18	Проектування мережі операторського класу із застосуванням ІР-телефонії Харківської області
19	Проектування мережі операторського класу із застосуванням ІР-телефонії Херсонської області
20	Проектування мережі операторського класу із застосуванням ІР-телефонії Хмельницької області
21	Проектування мережі операторського класу із застосуванням ІР-телефонії Черкаської області
22	Проектування мережі операторського класу із застосуванням ІР-телефонії Чернівецької області
23	Проектування мережі операторського класу із застосуванням ІР-телефонії Чернігівської області

1.5 Порядок захисту курсового проєкту

Призначенням захисту є можливість оцінити складність проведених робіт із реалізації визначених завдань з проектування магістральної мережі, а також кваліфікацію проєктанта і ступінь його самостійності при виконанні всіх зазначених етапів проектування.

Захист відбувається за графіком у присутності комісії з двох викладачів, один з яких є керівником курсового проєкту. На доповідь дається 4-5 хвилин. За цей час необхідно стисло викласти зміст поставлених завдань (одна хвилина), доповісти про виконання етапів проектування мережі операторського класу та обраних технологій і протоколів (2-3 хвилини) і зробити висновки (одна хвилина). Потрібно розповідати тільки про виконану роботу, пояснювати, чому прийнято саме такі рішення при проведенні досліджень та проектуванні мережі, а також на основі яких міркувань обрано обладнання, технології проектування і підключення оптичної та електричних частин мережі.

Після закінчення доповіді викладачі (або інші студенти) можуть задавати питання, з метою уточнення рівня кваліфікації доповідача. На питання необхідно давати стислі прямі відповіді, при необхідності ілюструючи їх відповідними кресленнями.

1.6 Теоретичні відомості

Metro Ethernet Forum (MEF), як визначальна структура для Carrier Ethernet, є глобальним галузевим альянсом, який включає понад 220 організацій. Це є постачальники телекомунікаційних послуг, оператори кабельних мереж, постачальники напівпровідників та виробники мережевого обладнання/програмного забезпечення. Metro Ethernet має свою архітектуру та технології. До транспортних технологій рівня магістралі, відносимо: SONET/SDH (Синхронні оптичні мережі/Синхронна цифрова ієрархія); ATM (Asynchronous Transfer Mode); PoS (Provider of Service Network); EoSDH (Ethernet over SDH); WDM (Wavelength Division Multiplexing); різновиди Ethernet (FE, GE, xGE). До транспортних технологій рівня доступу: VLAN (Virtual Local Area Network); Q-in-Q or Q-tunneling; STP (Spanning Tree Protocol); OSPF (Open Shortest Path First); MPLS (Multiprotocol label switching).

При цьому класичним на сьогоднішній день підходом до побудови міських мереж є функціональна декомпозиція на рівні доступу: спочатку опорна мережа, далі рівень розподілу/агрегації, і рівень доступу (рис.1.1).

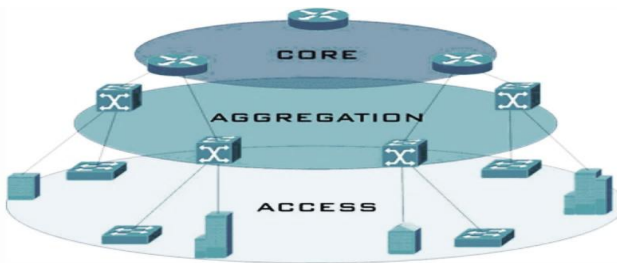


Рисунок 1.1 – Рівні доступу

З точки зору провайдера, він має побудувати мережу для реалізації служби Metro Ethernet. І, щоб знизити витрати, оператор мережі розміщує пристрій фізично, поблизу якомога більшої кількості сайтів клієнтів у об'єкті, який має назву точки присутності PoP (Point of presence).

У зв'язку зі збільшенням попиту на мультисервісні послуги, які вимагають високих швидкостей передачі інформації, поширення набуває широкосмуговий доступ (ШД) по оптичному кабелю, який має загальну назву FTTx (fiber to the x—оптичне волокно до точки x).

Hybrid Fiber Coaxial (HFC) - гібридна мережа, яка складається з коаксіальних (вита пара) та оптоволоконних магістральних кабелів. Сьогодні це найпоширеніша кабельна мережа, яка використовується для передачі та розподілу телевізійних сигналів від приймаючого вузла до абонентів, включаючи як одиночних споживачів так і групи користувачів різного масштабу. У типовому сценарії мережі (HFC) постачальник послуг розгортає волоконно-оптичну магістраль, яка розташована у безпосередній близькості від клієнта/кінцевого користувача, і завершує її на вузловому пристрої. З вузлового пристрою світлові сигнали, що передаються волокном, перетворюються на радіочастотні сигнали. Далі вони передаються через коаксіальний кабель (виту пару), який розширюється, поки не досягне кінцевого користувача або пристрою. Наприклад, провайдер послуг кабельного Інтернету (ISP) може використовувати оптоволокно від центрального офісу до кожної філії АТС міста. Звідти Інтернет доставляється по коаксіальному кабелю (витій парі) до дому чи офісу клієнта (рис.1.2).

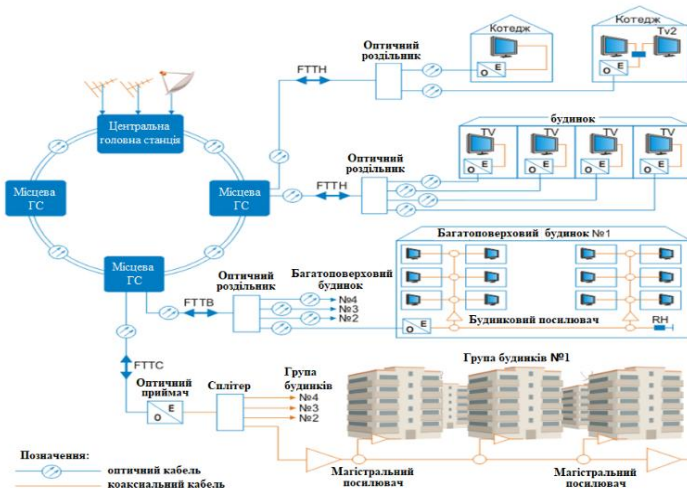


Рисунок 1.2 – Гібридні оптико-коаксіальні мережі (HFC)

Розглянемо основні технології, які використовуються для реалізації HFC гібридних мереж. Найчастіше застосовуються:

- FTTB (Fiber To The Building) – оптика до будівлі (або доведення волокна до будівлі).
- FTTH (Fiber To The Home) – оптика до житлового будинку (або доведення волокна до квартири).

При цьому, запланований набір послуг і смуга пропускання, яка необхідна для їх надання, мають безпосередній вплив на вибір конкретної FTTx. Тому, чим вище швидкість доступу і більше набір послуг, тим ближче до абонентського терміналу повинне підходити оптичне волокно (потрібно використовувати групу технологій FTTH). У випадку, коли в пріоритеті є збереження наявної мережевої інфраструктури і устаткування, оптимальним вибором є FTTB.

FTTB (Fiber To The Building) - оптика до будівлі. Технологія з'єднує магістральну оптичну мережу, яка подає сигнал прямо до будівлі, з коаксіальною розподільчою мережею всередині будівлі.

На рисунку 1.3 наведено приклад оптико-коаксіальної мережі FTTB без зворотного каналу. По волоконно-оптичному кабелю від головної станції до будівлі передається весь діапазон телевізійних сигналів від 47 до 862 МГц за допомогою оптичного сигналу. Довжина оптичної хвилі в межах 1100...1600 нм (1310 нм, 1550 нм).

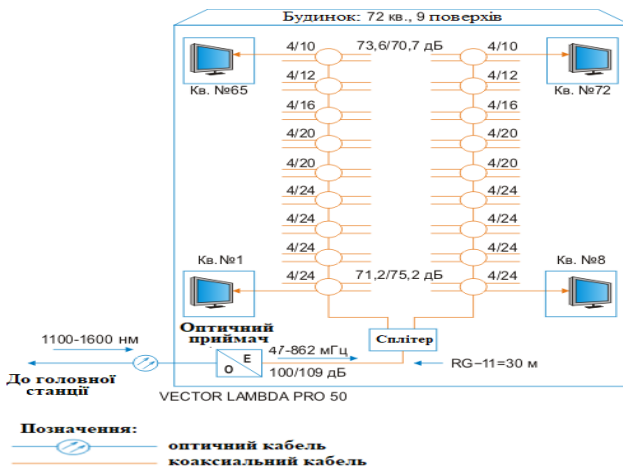


Рисунок 1.3 – Оптико-коаксіальна мережа FTTB

Прийом сигналу в будівлі виконується оптичним приймачем. На приймачі, за допомогою налаштувань, встановлюються рівні 100/109 дБ для частот 50/860 МГц вихідного цифрового сигналу. Оптичний приймач обслуговує дві гілки встановлених на кожному поверсі відгалужувачів цифрового сигналу. Сигнали з двох відгалужувачів на кожному поверсі поширюються на 8 квартир. Така розподільча мережа із одним оптичним приймачем обслуговує у будинку 72 квартири. У разі застосування FTTB оптичне волокно заводиться в будинок, як правило, на цокольний поверх або на горище і підключається до пристрою ONU (Optical Network Unit). На стороні оператора зв'язку встановлюється термінал оптичної лінії OLT (Optical Line Terminal). OLT є головним пристроєм і визначає параметри обміну трафіку (інтервали часу прийому/передачі сигналу) з абонентськими пристроями Optical Network Unit (або ONT, у разі FTTN). Подальший розподіл мережі по дому відбувається вже по кабелю вита пара.

FTTH (Fiber To The Home) - оптика до будинку. Технологія з'єднує магістральну оптичну мережу, яка подає сигнал прямо до будинку, із розподільчою мережею всередині будинку. Найпростіша реалізація FTTH без зворотного каналу показана на рисунку 1.4. Сигнал від головної станції надходить магістральним волоконно-оптичним кабелем до будинку на найпростіший оптичний приймач.

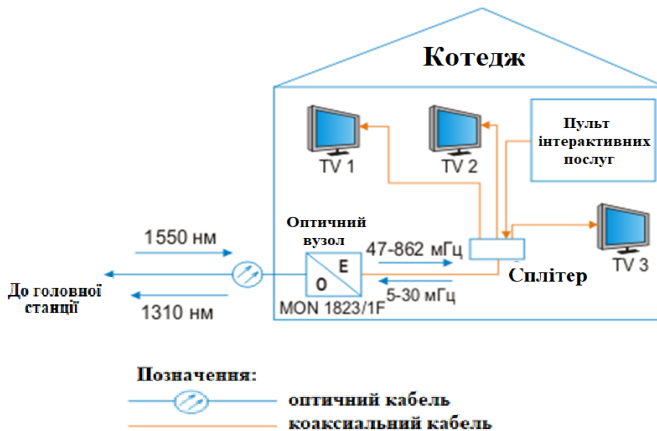


Рисунок 1.4 – Оптико-коаксіальна мережа FTTN

На виході оптичного приймача формується цифровий сигнал амплітудою 80 дБ в діапазоні від 47...862 МГц, який потім поширюється по коаксіальному кабелю через роздільник частот (або спліттер) на необхідну кількість приймачів. Зазвичай застосовується більш практичний варіант, коли сигнал із оптичного магістрального кабелю розподіляється через оптичні роздільники на групу котеджів, кількість яких може досягати 32-х чи 64-х. Довжина оптичного кабелю від головної станції до оптичного приймача може досягати 20 км. Технологія FTTH дозволяє доставити прямо до будинку сигнал із максимальною смугою пропускання, надаючи широкі можливості для майбутньої модернізації будинкового обладнання без заміни магістральної частини мережі.

Для варіантів побудови мережі ШД (широкосмугового доступу) за концепцією FTTH абонентський сегмент (оптична абонентська лінія) у максимальній конфігурації складається зі станційної, магістральної, розподільної й абонентської ділянок. Станційна ділянка оптичної АЛ (абонентської лінії) знаходиться між активним обладнанням ВД (вузла доступу) (ВА - вузол агрегації) та оптичним кросом (ODF) (Optical Distribution Frame). Магістральна ділянка оптичної АЛ знаходиться між вузлом доступу та оптичною розподільною шафою (ОРШ). Розподільна ділянка АЛ знаходиться між ОРШ й оптичною розподільною коробкою (ОРК), а абонентська ділянка (абонентська проводка) знаходиться між оптичною розподільною коробкою і кінцевим мережним пристроєм ONT (Optical Network Terminal), точніше його оптичною абонентською розеткою (ОАР) у приміщенні користувача.

На сьогоднішній день найбільш популярні різновиди PON це:

- Gigabit PON (GPON) – використовує на другому рівні OSI власний метод інкапсуляції GEM для передачі TDM і Ethernet трафіку. Швидкості: 2,48 або 1,24 Гбіт/с до абонента та 622 Мбіт/с, 1,24 або 2,48 Гбіт/с від абонента до OLT. Для 32 ONT смуга на абонента складає - більше 70 Мбіт/с. Є реалізації з підтримкою до 128 абонентів на волокно. Стандартизований в 2003 році як ITU-T G.984.1 і G.984.2;

- Ethernet PON (EPON) - стандарт IEEE 802.3ah (EFM). Використовує кадри Ethernet із симетричною швидкістю 1 Гбіт/с. Швидкість на абонента - приблизно 30 Мбіт/с (при 32 ONT).

Дальність зв'язку для обох систем стандартизована до 20 км.

2 СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

В процесі проєктування телекомунікаційної мережі операторського класу студенту рекомендовано розглянути наведені нижче питання, тримаючись загального плану проєкту за варіантом. При цьому основні етапи проєктування можуть включати наведені далі розділи та завдання.

Вступ. Аналіз технічного завдання: дослідження та аналіз мереж операторського класу; аналіз інформаційних потоків (обчислення загального трафіку із визначенням необхідної швидкості каналів зв'язку); аналіз (для модернізації) наявних сегментів мережі; побудова моделі мережі; постановка завдань, пов'язаних з проведенням досліджень, аналізом, порівнянням та вибором методів за засобів проєктування. Вибір технологій, апаратних і мережних пристроїв: проведення аналізу наявних технологій, порівняння та вибір технологій (певних специфікацій) для конкретних каналів зв'язку у групах компактно розташованих абонентів; дослідження, аналіз технічних характеристик та вибір мережних пристроїв з визначенням кожного конкретного пристрою або групи ідентичних пристроїв, опис їх призначення та особливості застосування; аналіз технічних характеристик та вибір апаратних пристроїв (сервери, ПК, ноутбуки, термінали, планшети, IP-телефони, тощо.) з описом характеристик кожного пристрою або групи пристроїв, опис призначення та особливості застосування. Монтаж та налаштування оптичної та електричної частин мережі, проєктування структурної схеми мережі операторського класу; побудова монтажною схемою розміщення мережних і апаратних пристроїв (в будівлях, на поверхах, в кімнатах); розрахунок потужності антен; підключення (фізичне об'єднання мережних і апаратних пристроїв в єдину мережу); вибір принципу адресації та маршрутизації сегментів (мереж); програмне налаштування всього мережного обладнання (із урахуванням адресації і маршрутизації). Налаштування IP-телефонії, адміністрування мережі, опис підключення клієнтів до глобальної мережі Інтернет; забезпечення мережевої безпеки (налаштування обладнання, протоколів). Висновки.

Кількість і назви розділів у проєкті можуть відрізнятися від наведених, але це не повинно впливати на загальну мету проєктування.

2.1 Аналіз технічного завдання

У цьому розділі необхідно провести системний аналіз телекомунікаційної мережі згідно варіанту. Визначити складові частини об'єктно-орієнтованого підходу до проєктування, враховуючи структуру мережі району, її функціональні особливості, віддаленість об'єктів та вид і об'єм інформаційних потоків (трафіку).

Швидкий розвиток телекомунікаційних мереж для кінцевих абонентів значною мірою зумовлений постійно зростаючим обсягом даних, які передаються. Очікується, що ця тенденція збережеться протягом наступних 5-10 років, при цьому темпи зростання пропускну здатності зростатимуть з появою нових послуг і медіа-додатків. Це тисне на мережевих провайдерів з метою переконання, що вони мають достатній потенціал для зростання як з точки зору пропускну здатності каналів зв'язку, так і застосування портів обладнання під час побудови сучасних абонентських мереж. Таким чином, незалежно від того, будується нова мережа чи розширюється існуюча, завжди потрібно враховувати майбутнє розширення мережі.

Тому, враховуючи загальний об'єм трафіку, потрібно визначити необхідну швидкість всіх реальних каналів зв'язку для загальної кількості кінцевих та мережевих об'єктів обраного району, які підключаються до загальної мережі (квартир, офісів, підприємств, організацій, тощо) із зазначенням категорій абонентів (бізнес, котедж, багатоквартирні будинки, малоповерхова неелітна місцевість). Студент вказує, що типова структура мережі передачі даних містить вимоги та рекомендації із:

- проєктування оптичної частини мережі;
- проєктування електричної (мідної) частини мережі (за виключенням варіанта FTTH).

Усі об'єкти мережі, яка проєктується, зручно поділити на наступні категорії:

- перша - бізнес-центри, великі підприємства. Характеризуються підтримкою великих швидкостей передачі даних та високою концентрацією користувачів;

- друга - елітна котеджна забудова. Характеризується тими самими параметрами, що і перша, за винятком високої концентрації користувачів;

- третя - багатоповерхова квартирна забудова, з високою

концентрацією користувачів;

- четверта - малоповерхова, неелітна житлова і дачна забудова.

Мала концентрація користувачів, невеликий попит на високі швидкості доступу та передачі даних.

2.2 Планування мережі доступу у районному центрі

Спираючись на технічне завдання, мету роботи та об'єкт дослідження та проектування, плануємо підключення кінцевих абонентів обраного міста. За приклад використовується місто Вільнянськ Запорізької області (рис. 2.1) з метою підключення до мережі абонентського доступу на базі протоколів і стандартів з підтримки та використання оптичного та електричного середовища для підключення обладнання кінцевих абонентів. Маємо кількість населення – 14 583; площу – 16 км²; ландшафт – рівнина, водних перешкод для прокладання кабелю немає. Поряд із районним центром знаходяться чотири малих населених пункти: Вільнянка, Смородине, Спасівка та Вишневе, які є місцями розташування обладнання кінцевих користувачів.

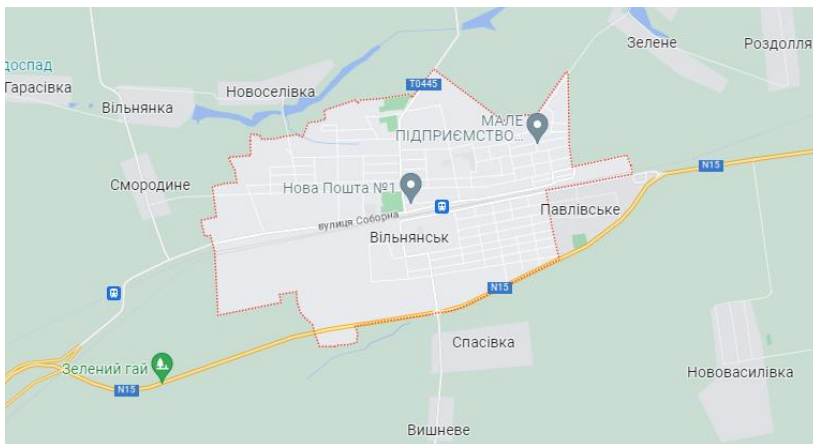


Рисунок 2.1 – Мапа міста Вільнянськ

Важливою перевагою централізованої архітектури є її висока гнучкість: кожен користувач може підключатися до виходу будь-якого

спліттера через розподільчу мережу. Це дозволяє поступово, при збільшенні кількості клієнтів, додавати основні елементи мережі, заощаджуючи кошти на початковому етапі та надає можливість простого переходу до систем WDM PON, в яких пропускна здатність мережі збільшена за рахунок додавання спектральних каналів.

Реалізація мережі доступу повинне забезпечити присутність оператора зв'язку в усьому місті та ефективний спосіб підключення всіх зацікавлених кінцевих користувачів до оптичної мережі. У цьому випадку найвигідніше розташувати все активне обладнання, яке передає та приймає сигнал в одному місці (точка присутності) і встановити в цьому місці розгалужувачі, з метою створення масштабованої та економічно ефективної мережі доступу. На деяких спліттерах потрібно залишати порти (точки) для зростання, з метою підключення нових абонентів без переналаштування інших сегментів мережі. Центральна архітектура забезпечує високу гнучкість, оскільки користувачі підключаються до виходу будь-якого спліттера через розподільчу мережу.

З урахуванням географічного розташування обладнання кінцевих користувачів (абонентів) отримали наступну топологічну схему підключення (рис. 2.2).

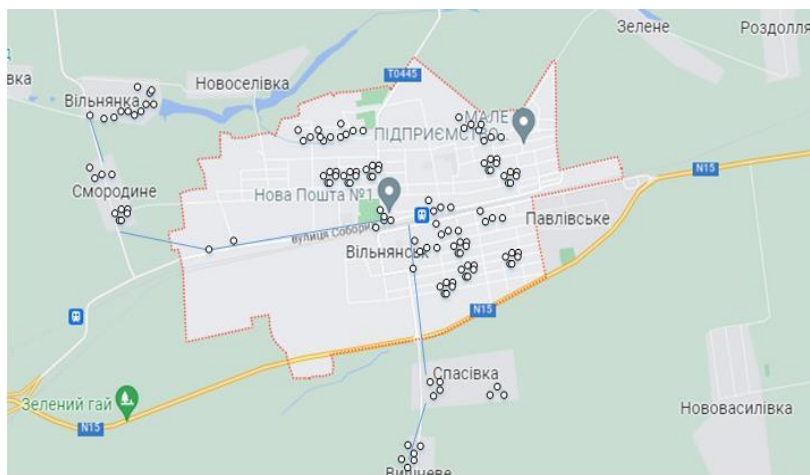


Рисунок 2.2 – Розташування абонентів мережі

2.3 Проєктування мережі операторського класу

Згідно технічного завдання та проведеного аналізу у попередніх розділах маємо наступні дані для проєктування:

- загальна кількість об'єктів, які підключаються до мережі із зазначенням категорій абонентів;
- прив'язка всіх об'єктів до карти району, в якому проєктується мережа операторського класу;
- дані про існуючу телефонну мережу та план кабельної каналізації для визначення шляхів прокладання оптоволоконного кабелю;
- дані за видами послуг (об'єм трафіку), які планується надавати за допомогою проєктованої мережі (доступ до мережі Інтернет, IP-телефонія, IPTV (або CATV), тощо).

Маючи вихідні дані для проєктування гібридної «оптика+мідь» магістральної мережі, виконаємо роботу за наступними етапами у наведеній послідовності:

- визначення організації мережі операторського класу вимагає вибору варіанту побудови мережі, наприклад FTTP (FiberToTheDistributionpoint) і технології передачі електричної (мідної) частини мережі, наприклад G.fast xDSL із гігабітною швидкістю, а також технологія передачі оптичної частини мережі, наприклад, Optical Ethernet (OE) на 1 Гбіт/с (можна використовувати технології та схеми підключень, наведені в презентаціях до лекцій);
- проєктування електричної (мідної) частини абонентських сегментів мережі передбачає визначення груп компактно розташованих абонентів та їх категорій, а також визначення максимальної довжини мідної мережі доступу (можна використовувати і бездротове з'єднання в кінцевих підключеннях). Передбачається, що в якості абонентської проводки використовується кабель, типу «вита пара», довжиною не більше 30 м. Потім у відповідних місцях розміщуються мультисервісні вузли доступу (MSAN) для розділення оптичної та мідної частин мережі. Вони оснащені оптичними лінійними модулями відповідно до технології оптичного доступу (GbE, EPON, GPON, тощо) та необхідними сервісними модулями («POTS», «VDSL2», тощо) для підключення кінцевих абонентів;
- проєктування мережі передачі даних з використанням

електричних (мідних) компонентів мережі, вимагає визначення типів та кількості обладнання, необхідного для найбільш ефективного виконання умов завдань проектування;

- проектування оптичної частини мережі, яка містить наступні етапи: визначення місць розміщення вузлів дистрибуції (ВДс) та агрегації (ВА); визначення топології побудови оптичної частини мережі (розподільного та магістрального сегментів), а також трас проходження кабелю у відповідності розташуванню вузлів (точок присутності). Реалізація підключення сегментів оптичної частини мережі та визначення місць розміщення мережевого обладнання.

Після проведення аналізу, а також дослідивши всі зазначені методи, студент може обрати оптимальну технологію (сукупність технологій, стандартів та протоколів) та використати будь-який із наведених вище підходів при проектуванні мережі операторського класу із підключенням кінцевих користувачів, яка буде ефективно відповідати вимогам поставлених завдань.

2.4 Моделювання мережі. Системи моделювання

Мережі передачі даних є складними системами, які постійно оновлюються, тому їх проектування теж є складним процесом. Студенти проектують мережу операторського класу під конкретну територіальну громаду у відповідності до поставлених завдань, тому їх рішення повинні бути достатньо оптимальними. Виходячи з цього, при проектуванні подібних мереж, доцільно застосовувати засоби імітаційного моделювання мереж передачі даних, з метою визначення працездатності та ефективності прийнятих рішень.

На даний час маємо достатньо велику кількість програмних засобів моделювання мереж будь-якої складності та типу. Найбільш поширені, для використання в навчальному процесі, засоби моделювання мереж, які є умовно безкоштовним програмним забезпеченням і не поступаються функціональністю своїм комерційним аналогам, це GNS3, NS3 та доступний учасникам CNA засіб Cisco Packet Tracer. Ці системи підтримують етапи створення локальних та глобальних частин мереж передачі даних і дозволяють моделювати мережі будь-якої топології, складності та підпорядкованості.

Виходячи з того, що в курсі проектування комп'ютерних мереж, при виконанні лабораторних робіт, використовується програмний продукт Cisco Packet Tracer, студентам рекомендовано його використання і в процесі моделювання мережі операторського класу. Але це не є обов'язковим, можливе застосування іншого програмного засобу імітаційного моделювання мереж передачі даних.

2.5 Кабель та його прокладання

Значна частина витрат при розгортанні будь-якої гібридної мережі пов'язана із безпосереднім підключенням абонентів та активацією обраного ними сервісу. Загальні кабелі забезпечують з'єднання між терміналом і будинком або квартирою абонента.

Провести розрахунок довжини кабелю до центрів групування абонентів обраних населених пунктів можна використовуючи загальні методи формалізації обчислень.

Відповідно до емпіричного методу середня довжина кабелю L , приймається рівною: $L = K * (L_{\min} + L_{\max}) / 2 + X$, де L - середня довжина однієї горизонтальної лінії зв'язку.

$L_{\min}$ і $L_{\max}$ - довжина кабельної траси від точки введення кабельних каналів в точку присутності до телекомунікаційної розетки відповідно найближчого і найвіддаленішого робочого місця, розрахована з урахуванням особливостей прокладки кабелю, всіх спусків, підйомів, поворотів, тощо, або $L_{\min}$ - мінімальна довжина горизонтальної лінії зв'язку. $L_{\max}$ - максимальна довжина горизонтальної лінії зв'язку. K - коефіцієнт технологічного запасу - 1,1 (10%), $X = X_1 + X_2$ - запас для виконання оброблення кабелю.

З боку робочого місця (X_1) він приймається рівним 30 см. З боку точки присутності - X_2 - він залежить від її розмірів і дорівнює відстані від точки входу горизонтальних кабелів в приміщення точки присутності до найдальшого комутаційного елемента знову ж з урахуванням всіх спусків, підйомів і поворотів.

Розрахунок кабель-каналу проводиться по периметру кожного приміщення, потім все підсумовується.

Загальна довжина кабелю: $L_{\text{sum}} = \text{INT}(L * N * 2 / L_c) * L_c$, де L_{sum} - загальна довжина кабелю, N - кількість IP (інформаційних розеток), а L_c - довжина катушки з кабелем (305м або 500м).

3 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

3.1 Вимоги до оформлення пояснювальної записки

Пояснювальна записка до курсового проєкту оформлюється відповідно до діючих стандартів на оформлення програмної, текстової та графічної та бібліографічної документації.

Рамка використовується тільки для креслень в ній визначається десятичний номер курсового проєкту та номер листа (сторінки) пояснювальної записки, написаний арабськими цифрами.

Децимальний номер курсового проєкту має структуру:

XX.XXXXXXXX.XXXXX XX, де:

- | | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
- 1 - шифр держави (для України – 13);
 - 2 - шифр навчального закладу (для університету – 02070849);
 - 3 – номер групи + номер теми проєкту (номер варіанту);
 - 4 – літерно-цифровий шифр документа.

Наприклад, для структурної схеми курсового проєкту студента групи КНТ-514 з номером варіанту - 5, десятичний номер - 13.02070849.51405 E1.

Всі перші сторінки до розділів «Реферат» або «Вступ» пояснювальної записки не нумеруються. Обов'язковими за стандартом є перша (титульний лист), друга та третя (технічне завдання), четверта (реферат), п'ята (зміст), шоста (вступ) та в кінці проєкту: висновки, список джерел посилання. Останні сторінки – обов'язкові креслення та функціональна схема (модель) мережі

3.2 Вимоги до оформлення графічних документів

Графічні матеріали виконуються на папері формату А4 або А3 (210х290) та розміщуються, або як окремі листи креслення, або в додатках, як рисунки (див. Додаток А). Кількість листів та вигляд графічних документів узгоджується студентом з керівником курсового проєкту з урахуванням особливостей теми проєкту, спираючись на загальні рекомендації в розділах цих вказівок. Рекомендована кількість графічних документів – 2-3 листа.

Графічні документи складаються з плакатів, які мають ілюстраційний характер (виконуються у вільному стилі), та креслень, які виконуються згідно стандартів. Графічна частина курсового проєкту обов'язково повинна містити в собі одне або два креслення.

3.3 Вимоги до виконання схем

В склад графічної частини рекомендовано включати: модель (або функціональну схему) мережі; структурну схему мережі операторського класу; специфікації компонентів мережі; алгоритми роботи мережі; схеми зв'язків; монтажні схеми розташування мережевого обладнання, схеми підключень основних елементів оптичної та електричної частин розподіленої мережі.

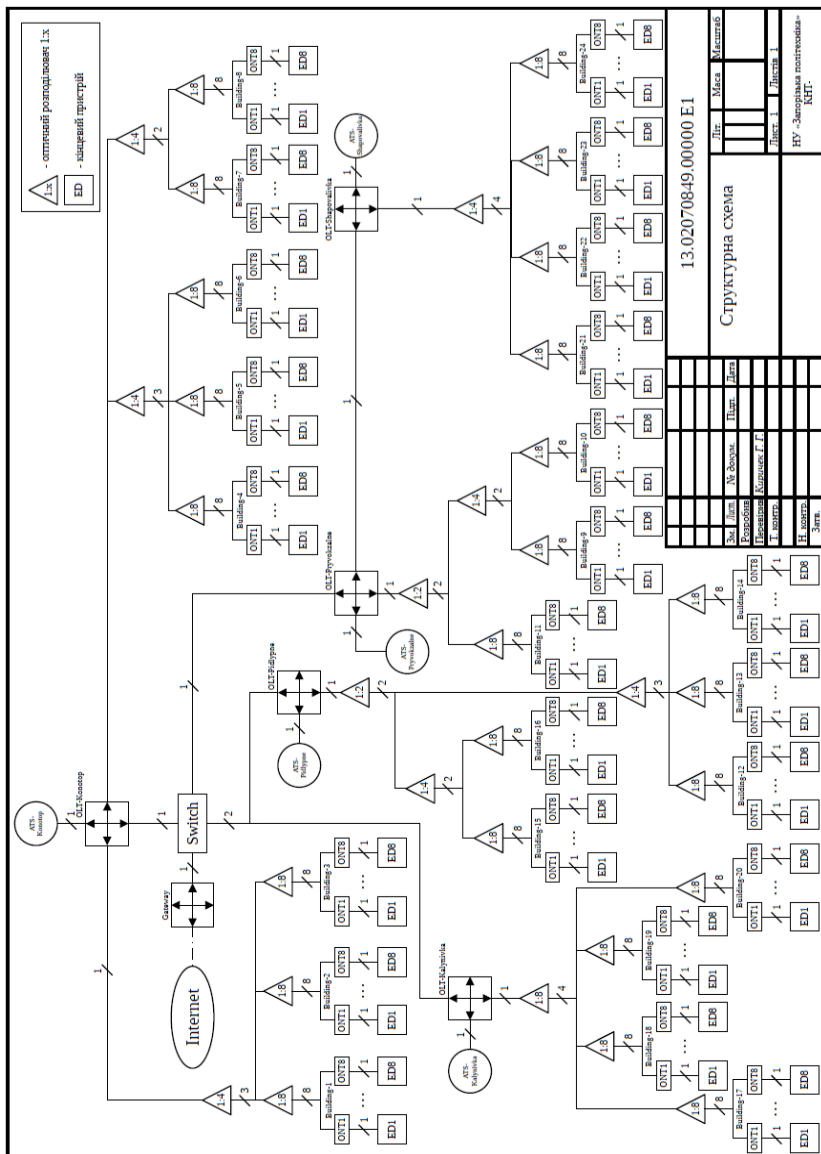
З урахуванням особливостей поставлених завдань до курсового проєкту склад графічних документів може змінюватись.

Схеми, в залежності від елементів та зв'язків між ними можна поділити на такі види: структурна схема Е1 (рис. А.1) визначає основні функціональні частини об'єктів проєктування, їх значення та взаємозв'язки; функціональна схема Е2 (рис. А.2) використовується для роз'яснення процесів, які відбуваються в окремих функціональних частинах об'єкту або в об'єкті проєктування в цілому; принципова (повна) схема Е3 (визначає повний склад елементів та зв'язків між ними та надає детальне представлення принципів роботи об'єкту проєктування); схема з'єднань (монтажна) Е4 (демонструє з'єднання складових частин обладнання та визначає проводи, джгути, кабелі або інші елементи за допомогою яких виконуються ці з'єднання, а також місця їх з'єднань та виходів); схема підключення Е5 (демонструє зовнішні підключення об'єктів).

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Шапорін Р.О. Моделі та методи проектування комунікаційних систем комп'ютерних мереж масштабу підприємства [Текст]: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.12 / Р.О.Шапорін; О.: Одеський національний політехнічний ун-т, 2007. 22 с.
2. Hucaby D. CCNP Routing and Switching SWITCH 300-115 Official Cert Guide. 2nd Edition. USA: Cisco Press, 2015. 578 p.
3. Santitoro, R. Metro Ethernet Services—A Technical Overview. In Metro Ethernet Forum. Vol. 2006. 2003. pp. 1-19.
4. Odom, W. Cisco CCENT/CCNA ICND1 100-101. Indianapolis: Cisco Press. 2013. 950 p.
5. Балашов В. О. Проектування, будівництво та експлуатація мереж широкосмугового доступу: [навчальний посібник для дипломного проектування та виконання магістерських робіт]: [ВО Балашов, ІБ Барба, ВІ Корнійчук, АГ Лашко, ЛМ Ляховецький, ВІ Орешков] //Одеса: РВЦ ОНАЗ ім. ОС Попова. 2012. 32 с.
6. Odom, W. CCNA Routing and Switching ICND2 200-101 Official Cert Guide. Cisco Press. 2013. 900 p.
7. Жураковський Б. Ю., Зенів І. О. Комп'ютерні мережі. Частина 2. Навчальний посібник. Київ: КІП ім. Ігоря Сікорського, 2020. 372 с.
8. Бортник Г. Г., Васильківський М. В., Кичак В. М. Транспортні телекомунікаційні технології. Вінниця:ВНТУ, 2017. 162 с
9. Odom, W. CCNA 200-301 Official Cert Guide, Volume 1. Cisco Press. 2019. 1095 p.
10. Odom, W. CCNA 200-301 Official Cert Guide, Volume 2. Cisco Press. 2019. 717 p.

ДОДАТОК А



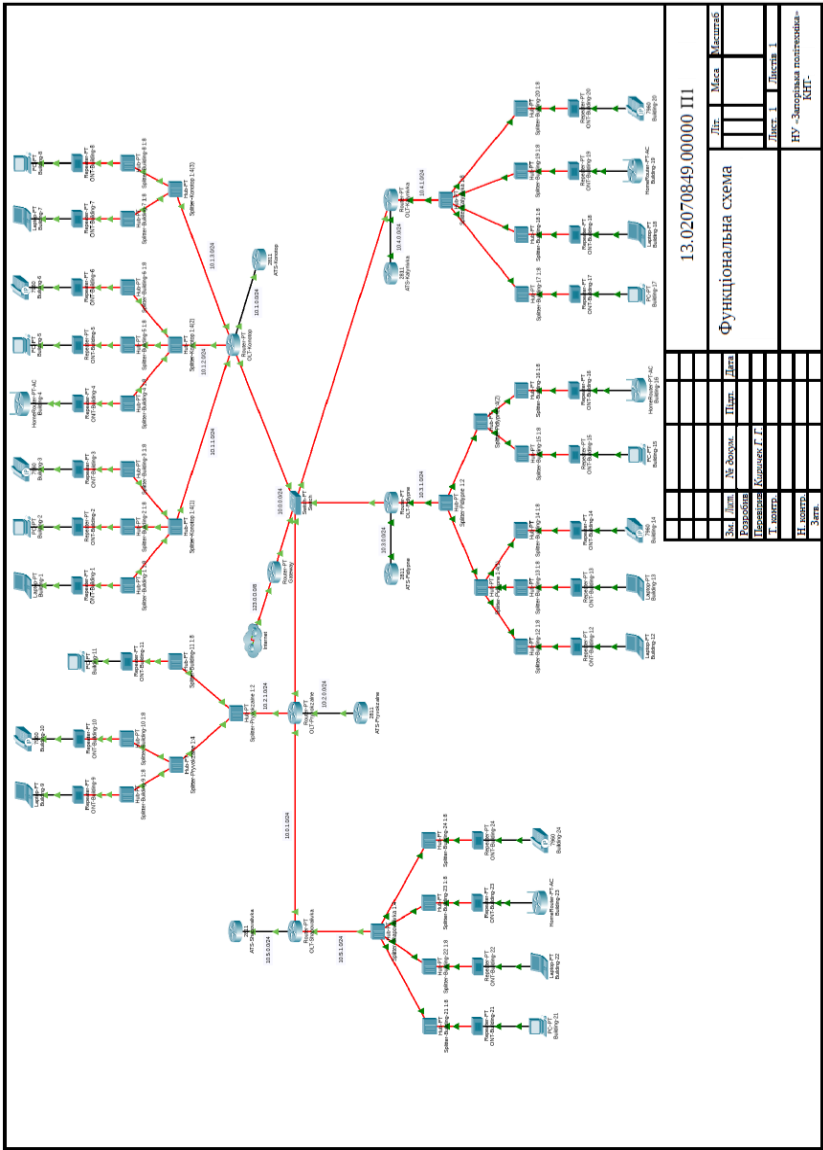


Рисунок А.2 — Функциональная схема мережі