

Міністерство освіти та науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет інфокомунікацій
(повна назва)

Кафедра інформаційно-мережної інженерії
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

рівень вищої освіти Другий (магістерський)
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему Розробка та дослідження базової станції мобільного зв'язку

Виконав:
студент 2 курсу, групи ІМІМ-19-2
Спеціальності 172 Телекомунікації та
радіотехніка
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми: освітньо-наукова
Освітня програма: Інформаційно-мережна
інженерія

Пушкарьов В.В.
(прізвище та ініціали)
Керівник Безрук В.М.
(прізвище та ініціали)

Допускається до захисту
Зав. кафедри

(підпис) Безрук В.М.
(прізвище та ініціали)

2021 р.

Не містить відомостей, заборонених до відкритого публікування

Студент _____ *Пушкарьов В.В.*

Керівник _____ *Безрук В.М.*

Харківський національний університет радіоелектроніки

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інфокомунікацій

Кафедра інформаційно-мережної інженерії

Рівень вищої освіти другий магістерський

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

(код і повна назва)

Тип програми освітньо-наукова

(код і повна назва)

Освітня програма Інформаційно-мережна інженерія

(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІМІ

проф. Безрук В.М.

“ ” 2021 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

студентові Пушкарьову Владиславу Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка та дослідження базової станції мобільного зв'язку

затверджені наказом ВНЗ від “12” березня 2021 року № 350 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 21 травня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи Розробити схему та спосіб підключення обладнання для проекрованої базової станції мобільного зв'язку. Розглянути та дослідити декілька варіантів підключення пасивного обладнання внутрішньої частини базової станції. Обрати найкращий варіант схеми для майбутнього будівництва та виконати перевірку можливості зведення релейного прольоту щоб підключити проектовану базову станцію до мережі оператора.

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

Вступ

1. Внутрішня система для організації мобільного зв'язку

2. Обладнання фірми Huawei

3. Підключення обладнання за технологією MIMO

4. Радіорелейний зв'язок

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Слайди у форматі Power Point (назва, мета роботи, загальний план, обладнання для
встановлення, обладнання Huawei, антенне обладнання, технологія MIMO,
встановлення обладнання, результати дослідження першого варіанту схеми,
результати дослідження другого варіанту схеми, релейний зв'язок,
електроживлення, висновки)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Ознайомлення із завданням. Уточнення ТЗ.	15.03.21	
2	Підбір літератури за темою роботи.	16.03–20.03.21	
3	Виконання розділу 1	20.03–02.04.21	
4	Виконання розділу 2	03.04–10.04.21	
5	Виконання розділу 3	11.04–25.04.21	
6	Виконання розділу 4, 5	26.04–10.05.21	
7	Оформлення презентаційного матеріалу, підготовка до захисту у ЕК	11.05–13.05.21	

Дата видачі завдання _____ 18 березня 2021 р. _____

Студент _____
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Пушкарьов В.В.

Керівник роботи _____
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Безрук В.М.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 74 с., 28 рис., 1 табл., 1 формула, 6 джерел, 4 додатки

Об'єкт дослідження – базова станція мобільного зв'язку.

Мета роботи – розробити схему підключення обладнання мобільного зв'язку для встановлення в будівлі ТРЦ.

В роботі були розглянуті основні етапи дослідження існуючих комунікацій в будівлі, вибір місць розташування активного обладнання всередині і ззовні будівлі. Розробка та дослідження схем для підключення внутрішніх антен, встановлення та підключення обладнання наданого оператором мережі. Визначення можливості зведення релейного прольоту для підключення проектованої базової станції до мережі оператора.

МОБІЛЬНИЙ ЗВ'ЯЗОК, АНТЕНА, INDOOR, HUAWEI, РЕЛЕЙНИЙ ЗВ'ЯЗОК.

ABSTRACT

Explanatory note: 74 pages., 28 figures., 1 table., 1 formula, 6 references., 4 addition.

Object of research – mobile base station.

Purpose of the work – to develop the scheme of connection of the mobile communication equipment for installation in the mall building.

The paper considers the main stages of studying the existing communications in the building, the choice of places for active equipment inside and outside the building. Development and research of schemes of connection of internal antennas, installation and connection of the equipment provided by the network operator. Determining the possibility of setting the range of relays to connect the designed base station to the operator's network.

MOBILE COMMUNICATION, ANTENNA, INDOOR, HUAWEI, RELAY COMMUNICATION.

ЗМІСТ

С.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	8
ВСТУП.....	9
1 ОБСТЕЖЕННЯ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ БУДІВЛІ ТРЦ.....	11
2 ОБЛАДНАННЯ , ЩО ПЛАНУЄТЬСЯ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ НА БАЗОВІЙ СТАНЦІЇ	15
2.1 Обладнання фірми Huawei	17
2.1.1 Системний модуль	17
2.1.2 Радіомодулі RRU.....	21
2.3 Секторні антени	24
2.4 Антени для внутрішнього застосування	27
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВАРІАНТІВ РОЗМІЩЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ВНУТРІШНЬОЇ ЧАСТИНИ БАЗОВОЇ СТАНЦІЇ.....	30
3.1 Мережа першого поверху будівлі	34
3.2 Мережа другого поверху будівлі	41
3.3 Мережа третього поверху будівлі	48
3.4 Мережа офісної частини будівлі	55
4 РАДІОРЕЛЕЙНИЙ ЗВ'ЯЗОК	57
4.1 Визначення можливості зведення релейного прольоту	59
5 ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ БАЗОВОЇ СТАНЦІЇ	61
5.1 Електроживлення активного обладнання через блоки DPU та DBU	61
ВИСНОВКИ	63
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	64
ДОДАТОК А СЛАЙДИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ	65
ДОДАТОК Б ПУБЛІКАЦІЯ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ	67
ДОДАТОК В ПУБЛІКАЦІЯ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ.....	69
ДОДАТОК Г СХЕМА ТЕХНОЛОГІЧНА ЗАГАЛЬНА	73

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БС – базова станція;

ТРЦ – торгово-розважальний центр;

MIMO – (Multiple Input Multiple Output) метод просторового кодування сигналу;

LTE – (Long-Term Evolution) стандарт бездротового зв'язку;

BBU – (BaseBand Unit) розподілена базова станція;

RRU – (Remote Radio Unit) віддалений радіо блок;

DPU – (Distributed Power Unit) розподілений блок електричної потужності;

DBU – (Distributed Battery Unit) розподілений блок акумуляторний;

РРЛ – радіорелейна лінія;

RET – (Remote Electrical Tilt) модуль регулювання електричного кута нахилу антени;

CPRI – (Common Public Radio Interface) загальний відкритий радіоінтерфейс;

UMTS – (Universal Mobile Telecommunications System) Універсальна система мобільного зв'язку;

GSM – (Global System for Mobile Communications) Глобальна система мобільного зв'язку.

ВСТУП

На сьогоднішній день розвиток мобільного зв'язку являється одним із пріоритетних напрямків розвитку загальної цифровізації та спрощення доступу громадян України до зв'язку та мережі Інтернет. Одним із завдань поставлених перед операторами мереж мобільного зв'язку є збільшення площі та зростання якості покриття зв'язком. Таким чином, будівництво нових та розширення існуючих базових станцій є найкращим способом досягнення поставленого завдання.

Особливо важливо забезпечити зв'язком та доступом до мережі Інтернет місця та об'єкти де водночас знаходиться велика кількість людей. До таких місць можна віднести промислові підприємства, заклади освіти, стадіони, концертні зали та торгівельно-розважальні об'єкти.

Одним із таких об'єктів є розташований в місті Харків торгівельно-розважальний центр «Магелан». В даний час в приміщеннях будівлі виконуються роботи з реконструкції та перебудови. Окрім торгівельних об'єктів там буде розташовано також значну кількість офісних приміщень та майданчик для паркування. Рівень потужності від найближче розташованих базових станцій мобільного зв'язку не достатній для забезпечення стабільної роботи у будівлі торгівельно-розважального центру. На основі цього факту власником торгівельного центру було прийнято рішення з побудови базової станції мобільного зв'язку як у середині будівлі, так і ззовні неї.

У даній кваліфікаційній роботі буде виконано огляд існуючої будівлі ТРЦ, буде вибрано місця для встановлення обладнання. Буде виконано розрахунок схеми для підключення антен розташованих в будівлі на п'яти поверхах та під'єднання всього комплексу базової станції до транспортної мережі оператора.

Технологія LTE введена в безлічі міст України. Організація абонентського доступу до мультисервісної мережі на базі 4G актуальна в

світлі забезпечення абонентів швидкісний новітньою технологією і новими послугами. головною особливістю сучасного етапу розвитку систем стільникового зв'язку є перехід до системам четвертого покоління. Перехід до мереж 4G дозволяє якісно змінити сьогодишню ситуацію в галузі мобільного зв'язку. Пов'язано це, перш за все з тим, що мережі 4G дозволяють надавати клієнтам широкий діапазон нових послуг, які здатні істотно підвищити доходи операторів, а для виробників - продажу мережевого обладнання і телефонів. У кваліфікаційній роботі запропоновано вирішення завдання абонентського доступу до мережі мобільного зв'язку на базі технології 4G на прикладі побудови базової станції в будівлі ТРЦ.

1 ОБСТЕЖЕННЯ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ БУДІВЛІ ТРЦ

Для можливості вибрати найбільш оптимальні точки встановлення проектного обладнання, до складу якого входять секторні антени, антени для внутрішнього встановлення, радіомодулі, системний модуль, щити обліку, кабельні вироби и т.д. необхідно виконати обстеження майданчику. Майданчик, де планується виконати встановлення обладнання представляє собою будівлю торгівельно-розважального центру. Дана будівля існуюча, в даний час знаходиться на етапі значної реконструкції. Встановлення та налаштування обладнання зв'язку планується виконати до завершення реконструкції, щоб забезпечити відвідувачів торгівельно-розважального центру якісним покриттям мобільним зв'язком. Загальний вигляд будівлі ТРЦ представлено на трьохмірною моделлю на рисунку 2.1.

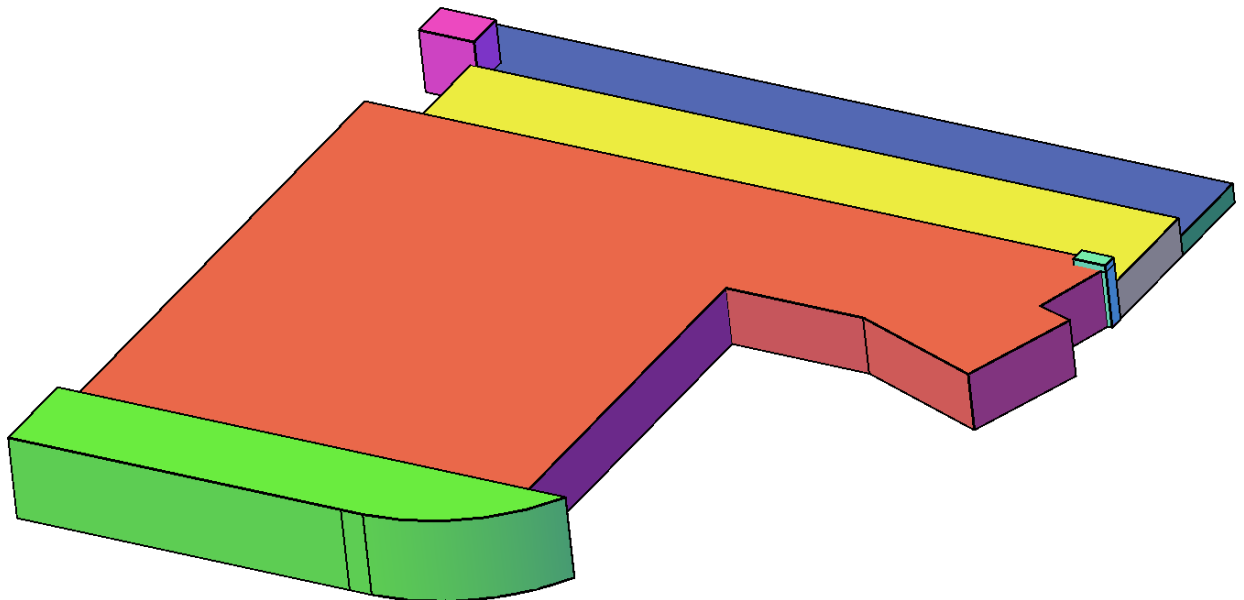


Рисунок 2.1 - Загальний вигляд будівлі ТРЦ

Виконання обстеження проводилось у приміщеннях торгівельно-розважального центру та на його даху. Далі будуть розглянуті схеми будівлі

та вибір найбільш ймовірних маршрутів прокладання кабелів оптичних, живлення, фідерів, місця встановлення внутрішніх та зовнішніх антен та іншого обладнання.

Для виконання робіт з обстеження власником будівлі були надані необхідні креслення. За даними кресленнями було визначено розташування існуючих кабельних лотків, розподільчих щитів електроживлення, технічних приміщень та інше.

Перший, другий та третій поверхи будівлі включають до себе технічні та торговельні приміщення, майданчик для паркування автомобілів та відокремлену частину, в якій знаходяться офісні приміщення. З власником будівлі було визначено, що обладнання, що планується до встановлення не повинно змінювати зовнішній вигляд торговельних залів та порушувати розташування існуючих комунікацій. На рисунку 2.2 показано план будівлі на рівні першого поверху.

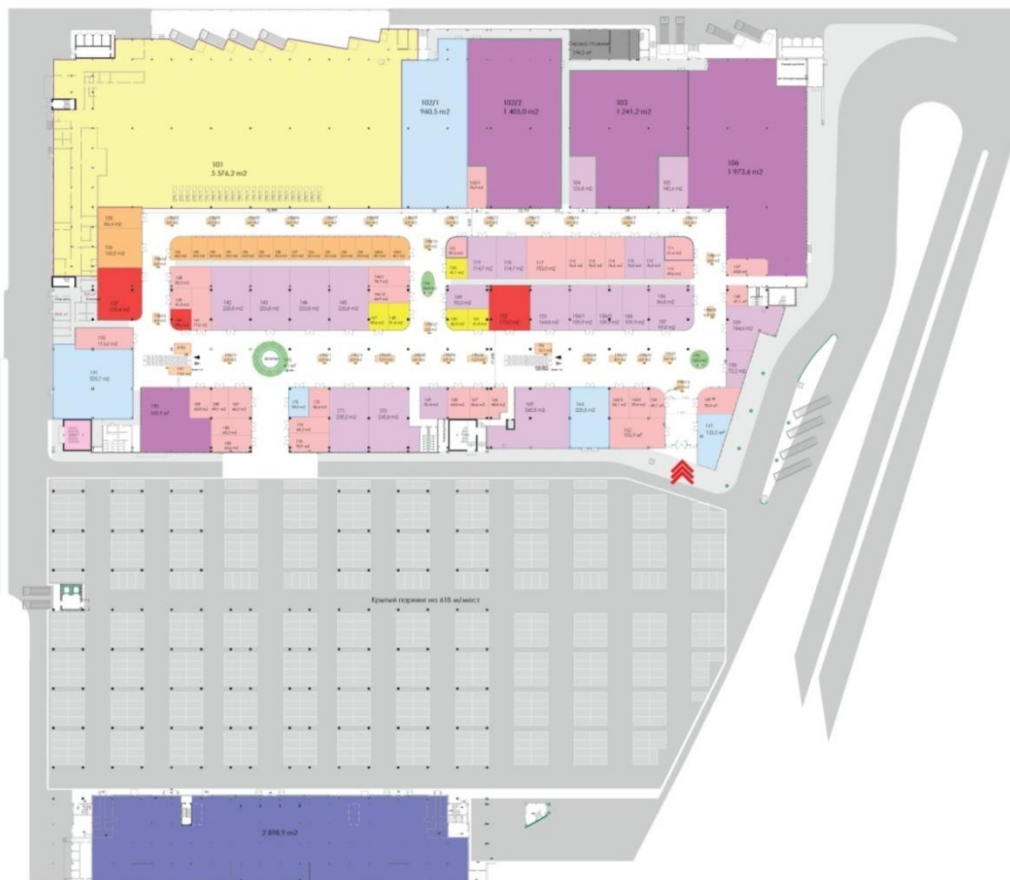


Рисунок 2.2 – План першого поверху будівлі

Другий та третій поверхи мають аналогічну до першого структуру приміщень, окрім автомобільного паркінгу.

Таким чином, було вирішено виконати встановлення розвантажувальної рами з обладнанням зв'язку із зовнішньої сторони будівлі (північна сторона, біля приміщень трансформаторів). Прокладання кабельних виробів виконувати по існуючим кабельним каналам. Встановлення внутрішніх антен виконати над плитами підвісної стелі за допомогою бандажної стрічки до бетонних перекриттів. Обладнання для зовнішнього встановлення, а саме секторні антени, радіомодулі, релейна антена будуть розташовуватися на даху будівлі торгівельно-розважального центру. Обладнання на даху має бути закріплено за допомогою металевих конструкцій, так званих трубостійок. На рисунку 2.3 показано як буде встановлене обладнання зовнішньої частини базової станції.



Рисунок 2.3 – Приклад встановлення обладнання на даху будівлі

Дані металеві конструкції служать для встановлення секторних антен, що дає можливість точно встановити необхідні азимути та кути нахилу антен. До нижньої частини труботійок планується встановити радіомодулі та колодки для заземлення обладнання на шину блискавко захисту, що проходить по даху будівлі. Обладнання для підключення антен внутрішньої мережі частково розташовано як на розвантажувальній рамі ззовні будівлі, так і безпосередньо в приміщеннях, закріплене до стін будівлі за допомогою штатних кріплень.

Другий та третій поверх будівлі ТРЦ представляють собою технічні та торгівельні приміщення, що мають значну площу. Складність розміщення пасивного обладнання, тобто, антен та фідерів, полягає у тому, що довжина кабельних трас та велика кількість розгалужувачів і діляників призводить до загасання сигналу від радіоблоків вище норми встановленої планером від оператора мережі. Ця проблема буде розглянута у наступних розділах даної роботи. Будуть представлені декілька варіантів розміщення активного (радіоблоки) та пасивного (антени, фідери, розгалужувачі) обладнання, з розрахунком згасання сигналу на кожній з антен внутрішньої системи. Буде вибраний найбільш оптимальний перелік діляників та розгалужувачів сигналу, для отримання стабільного, рівномірного сигналу на кожному з поверхів будівлі. Розглянуто принцип визначення можливості зведення релейного прольту та підключення усього проектованого обладнання до системи електроживлення.

2 ОБЛАДНАННЯ , ЩО ПЛАНУЄТЬСЯ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ НА БАЗОВІЙ СТАНЦІЇ

Для будівництва проекрованої мережі мобільного зв'язку оператором надається обладнання яке буде встановлене в приміщеннях будівлі та зовні неї. До переліку такого обладнання входять:

- Системний модуль;
- Радіомодуль;
- Блок живлення;
- Блок акумуляторний;
- Релейна антена;
- Антена секторна;
- Антени омні;
- Кабельні вироби.

На рис. 3.1 показано схему підключення проектованого активного обладнання до антен та інших елементів мережі.

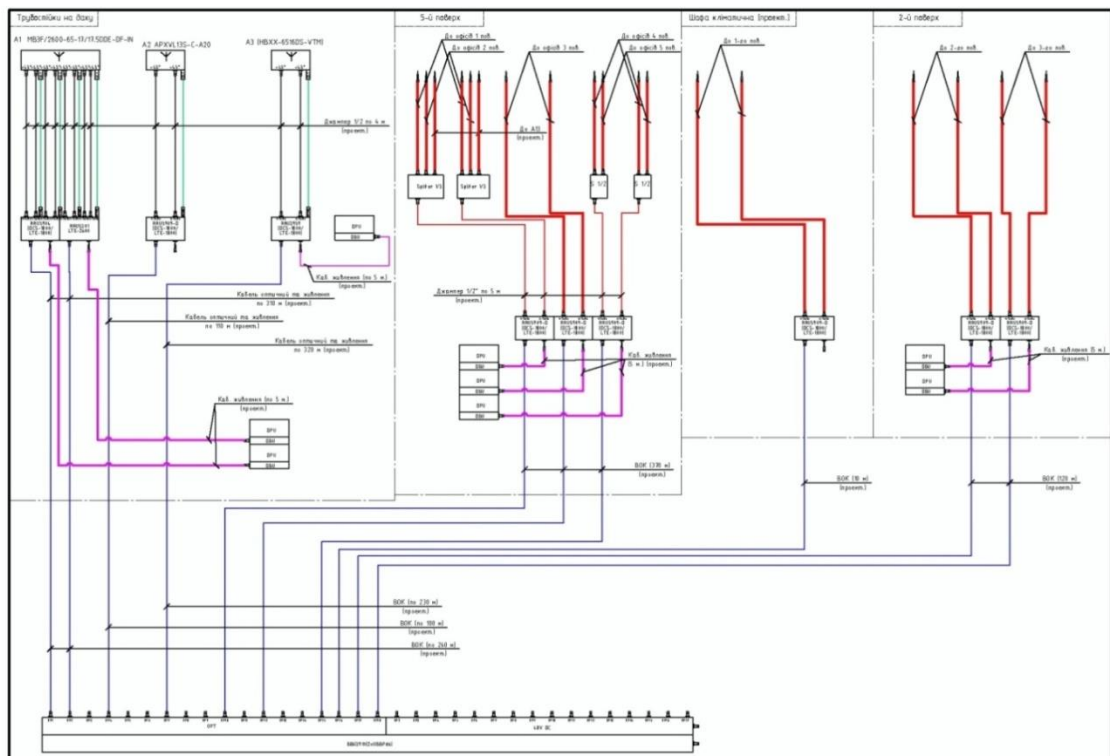


Рисунок 3.1 – Схема підключення обладнання мережі

Пасивного обладнання встановленого у внутрішній частині мережі встановлюється по дві одиниці кожного. За допомогою цього рішення стало можливим запуснути мережу за технологією MIMO. Використання технології MIMO в мережах LTE дає можливість забезпечити високу швидкість передачі даних.

Технологія MIMO (багатократний вхід - багатократний вихід - Multiple Input - Multiple Output) - це технологія бездротового доступу, яка передбачає використання декількох передавачів і приймачів для передачі більшої кількості даних одночасно.

В основі технології MIMO лежить ефект передачі радіохвиль (багатопроменеве поширення), в результаті якого передаються сигнали відбиваються від безлічі перешкод і об'єктів та приймаюча їх антена приймає сигнали в різний час і під різними кутами. В результаті використання цієї технології з'являється можливість збільшення завадостійкості каналів зв'язку, зменшення відносного числа бітів, прийнятих з помилкою. Робота систем MIMO організовується за принципами просторового ущільнення і просторово - часового кодування.

У разі роботи системи за принципами просторового ущільнення різні передавальні антени передають різні інформаційні блоки або різні частини блоку інформаційних символів. Одночасно передача даних ведеться з двох або з чотирьох антен. Прийом і розподіл сигналів різних антен ведеться на приймальній стороні.

Коли система працює за принципом просторово-часового кодування, передача одного і того ж потоку даних проводиться з усіх передавальних антен з використанням схем попереднього кодування. Антенні конфігурації технології MIMO приймають несиметричні (1x2, 2x4) і симетричні (2x2, 4x4) значення. На рис. 3.2 показана структурна схема MIMO - системи з двома передаючими і двома приймаючими антенами, реалізована за принципом просторово - часового кодування.

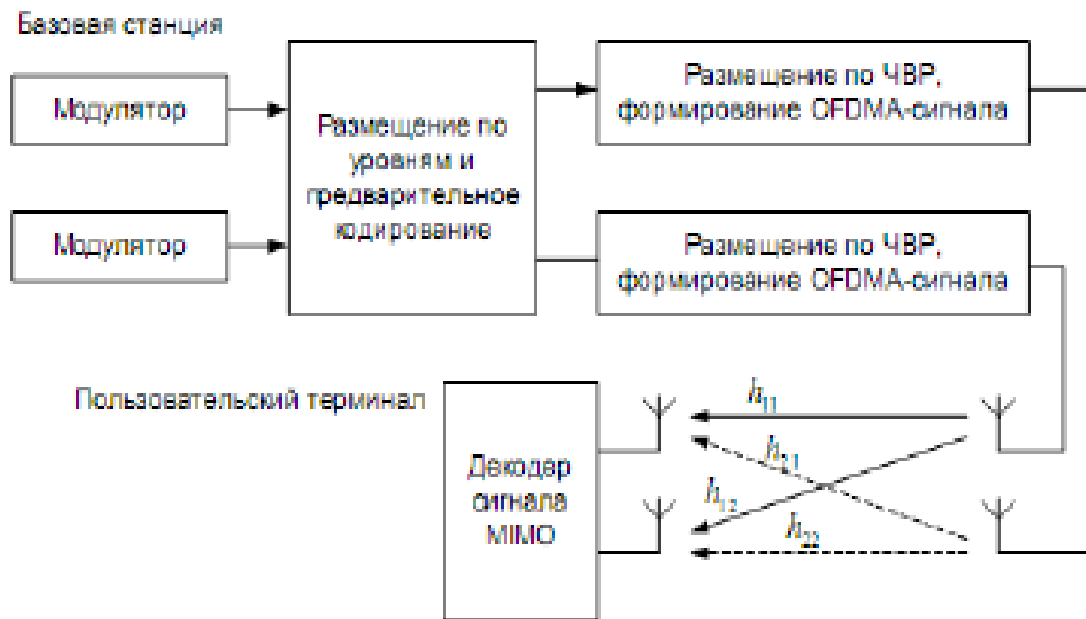


Рисунок 3.2 - Структурна схема MIMO - системи

2.1 Обладнання фірми Huawei

Оператором проектованої мережі мобільного зв'язку широко використовується телекомунікаційне обладнання китайської фірми Huawei. Обладнання даного виробника за багато років використання в мобільних мережах України зарекомендувало себе як дуже надійне, стабільне у роботі, а головне сучасне, із значним запасом для розвитку мереж в цілому, а саме можливість роботи у широкому спектрі частот 3G та 4G.

2.1.1 Системний модуль

Щоб бути в курсі швидко прогресуючих технологій мобільного зв'язку, оператори мобільного зв'язку постійно шукають партнерів, які пропонують передові технології для створення високоякісних, багатофункціональних та орієнтованих на майбутнє ефективних та економічних мобільних мереж.

З цією метою фірмою Huawei розроблено базові станції серії 3910, які розроблені на основі високопродуктивної платформи та використовують оптимізовану апаратну та програмну архітектуру. Ці базові станції можуть працювати в декількох режимах завдяки своїй передовій модульній конструкції. Вони також мають широку пропускну здатність, екологічні та легко модернізуються.

Планований для використання на проектованій базовій станції модуль BBU3910 є блоком обробки базових частот для встановлення всередині приміщень, який забезпечує централізоване управління експлуатацією і обслуговуванням, а також обробку сигналізації всієї системи базової станції і забезпечує опорний сигнал синхронізації. Також блок має фізичні інтерфейси для з'єднання з радіомодулями, системою живлення та транспортним обладнанням. BBU3910 за замовчуванням встановлюється в статив висотою і шириною 47.5 см. Також він може бути встановлений в стандартний статив 19", змонтований на стіну будівлі або до металоконструкцій рам для обладнання [1].

У BBU3910 встановлюються додаткові плати, що забезпечують моніторинг навколишніх умов, моніторинг інтерфейсу і сигналів синхронізації GPS. BBU3910 це компактне обладнання, просте при установці. Споживає невеликий обсяг електричної потужності і забезпечує повний спектр послуг для роботи у мережі.

Зокрема, базові станції серії 3910 використовують сучасні підсилювачі потужності, що забезпечують функцію контролю температури та використовують інноваційну техніку енергозбереження. Крім того, прийнявши передову модульну конструкцію, базові станції серії 3910 використовують багаторежимні модулі з різними частотними діапазонами та кліматичним виконанням, щоб задовольнити вимоги для різних умов використання.

Завдяки всім цим перевагам базових станцій серії 3910, мобільні оператори можуть створювати високоякісні мобільні мережі з підтримкою

різних режимів роботи та орієнтовані на майбутнє, а капітальні витрати використані на придбання майданчика, розширення потужності та захист навколишнього середовища можуть бути значно зменшені. На рисунку 3.3 показано базову станцію серії 3910.



Рисунок 3.3 – Системний модуль VBU3910

VBU3910 є блоком управління базової станції та виконує наступні функції:

- централізовано управляє всією базовою станцією, включаючи експлуатацію та обслуговування, обробку сигналів та системний годинник;
- обробляє сигнали висхідної та низхідної ліній;
- забезпечує фізичні порти, які використовуються для підключення базової станції до транспортної мережі для обміну інформацією; канал обслуговування, який використовується для підключення системного модулю до центру експлуатації та технічного обслуговування;
- порти для зв'язку з радіомодулями;

В таблиці 2.1 наведено основні характеристики модулю VBU3910.

Таблиця 2.1 - основні характеристики модулю VBU3910

Робочі діапазони частот	876–880 МГц і 921–925 МГц 880–915 МГц і 925–960 МГц 1 710–1 785 МГц і 1 805–1 880 МГц
Ємність	Один VBU підтримує шість RRU. Кожен RRU підтримує максимум шість рівнів каскадування. Кожен RRU підтримує дві несучі.
Організація мережі	Одну соту можуть обслуговувати максимум 12 підсайтів. Кожен сайт підтримує три RRU.
Потужність передачі	918–925 МГц: 2 x 60 Вт 925–960 МГц: 2 x 80 Вт
Чутливість приймача	918–925 МГц: одна антена: -112,5 дБм, дві антени: -115,5 дБм 925–960 МГц: одна антена: -113,4 дБм, дві антени: -116,4 дБм
Розміри VBU3910 (В x Ш x Г)	86 мм x 442 мм x 310 мм
Вага VBU3910	стандартний: 7 кг; максимальний: 12 кг
Електроживлення VBU3910	-48 В постійного струму; діапазон напруги: від -38,4 В до -57 В постійного струму

Для встановлення на проєктованій базовій станції оператором мережі вибрано конфігурацію 2xUBVPd6, що включає до роботи мережі 12 плат для підключення радіоблоків, з яких на поточному етапі проєктування буде використано тільки 10. Для роботи базової станції VBU3910 використовуються виносні радіочастотні модулі, які відповідають вимогам побудови мереж в аспекті розширення ємності, гнучкості установки і модернізації. Впровадження VBU3910 дозволить прискорити розвиток

мобільних мереж, забезпечить більшу їх сумісність з іншими мережами, також дозволить використовувати широкосмугові технології.

2.1.2 Радіомодулі RRU

Радіомодулі слід розглядати як продовження єдиної системи у складі з модулем BBU3910, що є розподіленою базовою станцією компанії Huawei. Будучи базовою станцією системи мобільного зв'язку, BBU3910 складається з блоку обробки базових частот BBU і виносного радіочастотного блоку RRU. Радіочастотний блок RRU, підтримує роботу двох або чотирьох радіопередавачів.

RRU є блоком передавача потужності на антени, що використовується для установки як всередині так і ззовні приміщень, також забезпечує роботу модулів зміни електричного кута нахилу секторних антен. Також блок має фізичні інтерфейси для з'єднання з RET і BBU3910. Блок можливо встановлювати на металокопункції або до стін будівлі безпосередньо біля секторних антен для зменшення втрат сигналу у фідері. Зовнішній вигляд блока RRU представлено на рисунку 3.4.

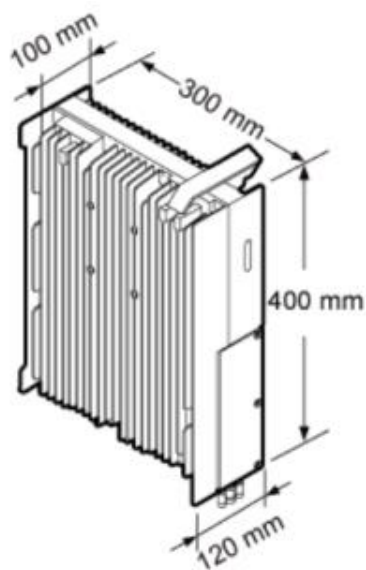


Рисунок 3.4 – блок RRU

Між блоками RRU і BBU3910 використовується інтерфейс CPRI, який забезпечує з'єднання двох модулів з використанням оптичних кабелів. Це дозволяє істотно скоротити витрати по створенню апаратного приміщення, встановлення обладнання та експлуатації.

Модуль RRU підключається до плат розширення, що встановлюються в модуль БС BBU3910, що забезпечує роботу RRU, моніторинг інтерфейсу передачі даних по оптичному кабелю. це компактне обладнання, просте для установки та експлуатації.

RRU - виносний радіочастотний блок. Забезпечує обробку сигналів основних частот і радіочастотних сигналів. Один RRU виконує функцію двох приймачів. Якщо два модуля RRU встановлені в підставиві, вони виконують функцію чотирьох приймачів.

Можлива гнучка комбінація встановлення модулів RRU і BBU3910, в залежності від фактичних вимог.

BBU:

- Всередині приміщень
- Встановлюється на стіну або в статив 19".

RRU:

- Всередині приміщень / зовні;
- Розподілене покриття в містах, на автомагістралях і залізницях

BBU3910 має наступні переваги при забезпеченні покриття:

- RRU підтримує каскадне з'єднання трьох модулів RRU. Один модуль RRU встановлюється на відстані до 40 км від BBU;
- Статична чутливість вхідного каналу становить -113 дБм (типове значення при середній температурі);
- Максимальна вихідна потужність RRU досягає 40 Вт (900 МГц) або 30 Вт (1800 МГц);
- Максимальна конфігурація до 12 сот і підтримка багатосмугової мережі;
- Підтримується розподілена передача.

Можливості організації мережі:

- E1 - оптичний інтерфейс, підтримка радіорелейної і супутникової передачі.
- Підтримка топологій: зірка, дерево, ланцюг, кільце і змішаних топологій.
- Оптимізована передача з підтримкою виявлення і відновлення пакетів.

При роботі системи синхронізації в режимі тільки внутрішні коливань, система може працювати безперервно протягом 7 днів. Також є підтримка різних режимів синхронізації: підтримка синхронізації з сигналом синхронізації виділеного з інтерфейсу, підтримка синхронізації з системою GPS, синхронізація з зовнішнім джерелом 2 МГц. RRU працює в діапазонах від 900 МГц до 2600 МГц, та мають високу адаптованість до умов навколишнього середовища [1].

RRU - це обладнання, яке може працювати при різних умовах навколишнього середовища. Модуль характеризується адаптованістю до умов навколишнього середовища. RRU має закритий інтегрований дизайн. За водонепроникності відповідає стандарту (IP65). Заходи захисту від впливу вологи, цвілі і соляного туману відповідають специфікаціям класу 1. Діапазон робочих температур RRU: -40 C° до $+50\text{ C}^{\circ}$. RRU може працювати при широкому діапазоні робочих напруг: -36 В до -57 В (номінальна напруга -48 В). Використовуваний блок живлення перетворює 220 В отримані з мережі електроживлення в -48 В для роботи RRU.

Модуль має підтримку антен з Remote Electric Tilt (RET). Використання антен RET дозволяє налаштовувати мережеве покриття шляхом регулювання кута нахилу антен дистанційно. При цьому заощадити витрати на експлуатацію та обслуговування.

Переваги використання даних модулів полягають у роздільному використанні BBU і RRU, компактний дизайн і розподілена установка дозволяють заощадити простір на сайті і змонтувати BBU і RRU практично в

будь - якому місці. Розподілена установка також забезпечує зручність при транспортуванні і швидке розгортання мережі. RRU може встановлюватися в будь-якому місці на стіну або на бетонну основу. Також RRU встановлюється всередині BTS, пристроїв передачі або в системі живлення, при монтажі поза приміщеннями. Найкращий варіант, коли RRU встановлюється поблизу антен. Це дозволяє уникнути витрат на придбання і монтаж кабелів і фідерів.

Забезпечується висока надійність роботи системи, так як, кожен RRU забезпечує два високошвидкісні порти CPRI для забезпечення взаємодії RRU і BBU в топології кільце. Один додатковий порт CPRI надає резервний канал між BBU і RRU.

В одному підставиві можна встановити два модулі RRU для підтримки розподіленої передачі, забезпечення більшої ємності і більшого числа несучих. При збої одного з працюючих модулів RRU, резервний забезпечує послуги в соті.

2.3 Секторні антени

У стільниковому зв'язку найчастіше використовують секторні панельні антени, які мають діаграму спрямованості шириною в 120, 90, 60 і 30 градусів. Приклад організації рівномірного покриття у всіх напрямках показаний на рисунку 3.5:



Рисунок 3.5 - Організація рівномірного покриття мережі

Відповідно для організації зв'язку в усіх напрямках (від 0 до 360) може знадобитися 3 (ширина діаграма спрямованості 120 градусів) або 6 (ширина діаграма спрямованості 60 градусів) антенних блоків.

Типові діаграми спрямованості секторних антен в логарифмічному масштабі представлено на рисунку 3.6.

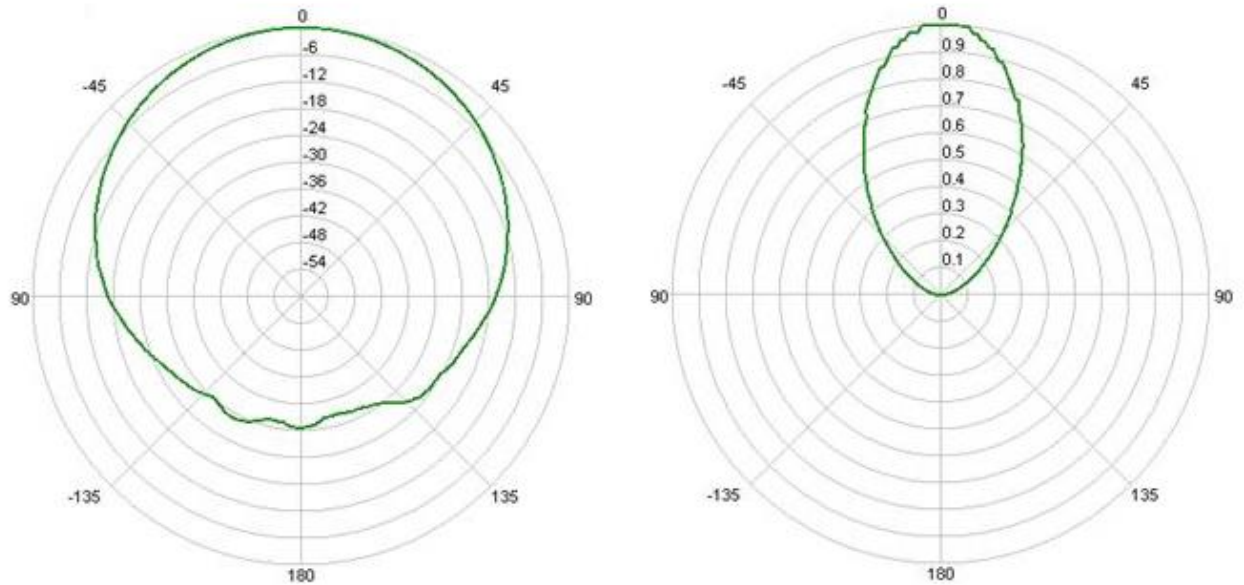


Рисунок 3.6 - Діаграми спрямованості секторних антен в логарифмічному масштабі

Більшість антен базових станцій широкосмугові, що дозволяють працювати в одному, двох або трьох діапазонах частот. Починаючи з мереж UMTS, на відміну від GSM, антени базових станцій вміють змінювати площу радіопокриття в залежності від навантаження на мережу. Один з найефективніших методів управління випромінюваної потужністю - це управління кутом нахилу антени, таким способом змінюється площа опромінення діаграми спрямованості.

Антени можуть мати фіксований кут нахилу, або мають можливість дистанційного регулювання за допомогою спеціального програмного

забезпечення, наявного в блоці управління БС, і вбудованих фазообертачів. Існують також рішення, що дозволяють змінювати зону обслуговування, від загальної системи управління мережі передачі даних. Таким чином, можна регулювати зону обслуговування всього сектора базової станції.

У антенах базових станцій застосовується як механічне управління діаграмою, так і електричне. Механічне управління простіше реалізується, але часто призводить до спотворення форми діаграми спрямованості через вплив конструктивних частин. Більшість антен БС має систему електричного регулювання кута нахилу.

Сучасний антенний блок являє собою групу випромінюючих елементів антеною решітки. Відстань між елементами решітки вибирається таким чином, щоб отримати найменший рівень бічних пелюсток діаграми спрямованості. Найбільш часто зустрічаються довжини панельних антен від 0,7 до 2,6 метрів (для багатодіапазонних антенних панелей). Коефіцієнт посилення варіюється від 12 до 20 dBi. Випромінювачі антенної панелі являють собою напівволнові симетричні електричні вібратори над провідним екраном, розташовані під кутом 45 градусів. Така конструкція дозволяє формувати діаграму з шириною головної пелюстки 65 або 90 градусів. У такій конструкції випускаються двух- і навіть трьохдіапазонні антенні блоки. Наприклад, трьохдіапазонний антенна панель такої конструкції (900, 1800, 2100 МГц) відрізняється від однодіапазонної, приблизно в два рази більшим розміром і масою, що, звичайно ж, ускладнює її обслуговування.

Для встановлення на зовнішній частині базової станції оператором мережі були обрані секторні антени фірми RFS, модель APXVLL13S-C-A20. Дані антени широко використовуються оператором мережі при будівництві нових, та модернізації існуючих базових станцій.

Перевагами даних антен є їх невеликий розмір, вага, можливість роботи за стандартами DCS-1800 та LTE-1800, що робить їх актуальними для розширення покриття мережі LTE. На рисунку 3.7 представлено зовнішній вигляд секторної антени APXVLL13S-C-A20.



Рисунок 3.7 – Секторна антена APXVLL13S-C-A20

Антени APXVLL13S-C-A20 мають 4 роз'єми для підключення фідеру 1/2" для приєднання їх до блоків RRU, така конфігурація дозволить одночасно використовувати одну секторну антенну для роботи у режимах DCS-1800 та LTE-1800. Також дані антени мають вмонтований блок регулювання електричного куту нахилу.

2.4 Антени для внутрішнього застосування

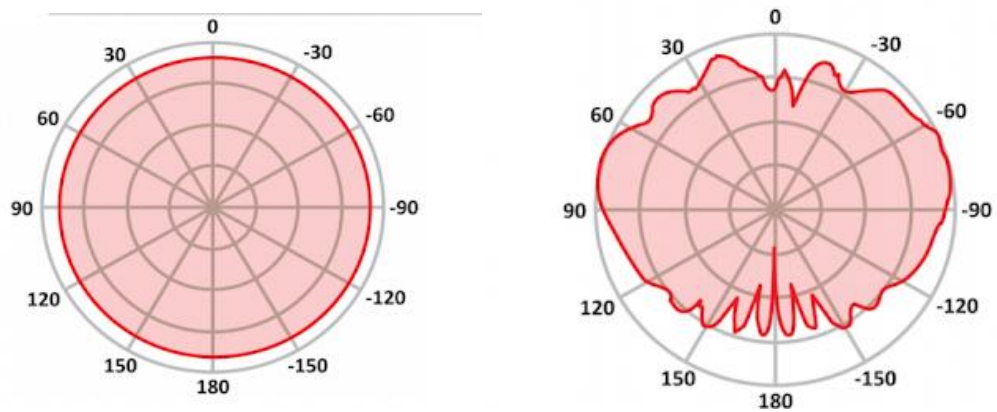
Омні антени - антени, у яких діаграма спрямованості в горизонтальній площині складає 360 градусів. Типове значення коефіцієнта посилення таких антен складає 6-13 дБ, що є одним з недоліків їх застосування. Іншим недоліком таких антен є їх розмір. Наприклад, розмір омні антени 1800-го діапазону становить 0,3м. при коефіцієнті посилення в 9дБ.

Іншим обмеженням застосовності таких антен є обмежений частотний ресурс у оператора. В цьому випадку, використання таких антен може привести до проблеми виникнення інтерференційних зон, так як антена випромінює в усіх напрямках (360 градус) До їх переваг можна віднести їх низьку ціну і простоту монтажу. На практиці, такий тип антен застосовується тільки в приміщеннях і відкритих просторах, де не потрібно великого коефіцієнту підсилення. Направлені антени - антени у яких діаграма спрямованості в горизонтальній площині складає 65, 90, 105, 120 градусів. Зазвичай такий тип антен використовується в сайтах, що мають забезпечити зв'язок у якомусь конкретному напрямку. Енергія електромагнітних хвиль у таких антен концентрується в певному напрямку [2]. На рисунку 3.8 представлено приклад встановлення та підключення омні антени.



Рисунок 3.8 – Приклад встановлення та підключення омні антени

Основне застосування спрямованих антен в мережах стільникового зв'язку - збільшення покриття і можливість застосування повторного використання частот. Останнє дозволяє збільшити пропускну здатність мережі в цілому. У порівнянні з омні антенами коефіцієнт посилення у спрямованих антен трохи більше на кілька дБ. (На 5-10 дБ), що дозволяє збільшити зону обслуговування соти в порівнянні з омні антенами. Оскільки антена такого типу концентрує випромінювання в певному напрямку, це дає можливість контролювати інтерференційну обстановку. На рисунку 3.9 показано діаграми спрямованості омні антен в логарифмічному масштабі.



Рисунку 3.9 - Діаграми спрямованості омні антен в логарифмічному масштабі.

Типове значення коефіцієнта посилення спрямованих антен: 9-18 дБ. У спрямованих антен є інше застосування - створення зв'язку між BTS і проєктованою репітерною точкою. Ширина діаграми спрямованості таких антен менше ніж у звичайних спрямованих антен і становить 20-55 град. Відповідно коефіцієнт посилення таких антен більше на кілька дБ (2-3 дБ).

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВАРІАНТІВ РОЗМІЩЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ВНУТРІШНЬОЇ ЧАСТИНИ БАЗОВОЇ СТАНЦІЇ

Основною задачею проекту з розробки мережі зв'язку в будівлі ТРЦ була розробка внутрішньої (indoor) частини. Основна складність розміщення обладнання полягає у великих довжинах кабельних трас, що призводять до значних згасань сигналу, який приходить до антен з радіомодулів. Оператором мережі були встановлені конкретні місця для розміщення indoor антен. Завданням для дослідження в цій роботі є вибір оптимального маршруту прокладання фідерів та встановлення конкретних типів розгалужувачів та дільників на шляху сигналу від радіомодулів до антен. Будуть приведені декілька схем встановлення обладнання та прокладання кабельних трас, з розрахунками згасань на кожній з антен та вказані переваги та недоліки кожного з варіантів.

Оператором мережі була надані умови до проектування, а саме:

- Робота мережі за принципом МІМО;
- Кількість антен до встановлення – 63 (загалом 126 для реалізації МІМО);
- Загасання сигналу по кабельній трасі на шляху від радіомодулю до антени не більше 30 дБ;
- Різниця потужності сигналу між сусідніми антенами не більше 4 дБ;
- Використовуються фідер 7/8'' на кабельних трасах понад 30 м (за деякими винятками);
- Використовуються фідер 1/2'' на кабельних трасах менше 30 м (за деякими винятками);
- Дільники доступні для використання - 1/2, 1/3, 1/4;
- Розгалужувачі доступні для використання – 15/0,5, 10/1, 8/1, 7/1, 6/2;

Комбінуючи між собою фідери обох діаметрів, дільники, та інше обладнання необхідно досягти умов згасання сигналу виставлених

оператором мережі. Досліджені схеми з розрахунками представлені у наступних підрозділах даної роботи.

Для забезпечення роботи мережі у режимі LTE будуть встановлені модулі RRU5909-D. Частотні діапазони, що підтримує даний блок – 1800 МГц (Band 3), діапазон частот сигналів прийому від 1710 МГц до 1785 МГц, діапазон частот сигналів для передачі від 1805 МГц до 1880 МГц. Можлива робота у режимах GSM та LTE FDD. Технологія LTE FDD працює за принципом наявності двох різних частотних діапазонів для прийому і передачі даних. Завдяки використанню окремих частотних діапазонів, завантаження й відправлення даних відбувається паралельно і незалежно один від одного. Іншими словами, мобільний пристрій (смартфон, модем) приймає і передає сигнал одночасно.

Згідно з інструкцією до радіомодулю, при довжині оптичного кабелю до 150 м використовується багатомодовий оптичний кабель GYFJH-2A1a(OM2) виробництва фірми Huawei. Двожилльний волоконно-оптичний кабель GYFJH може використовуватися як у приміщеннях так і ззовні. Часто використовується в мережах зв'язку 3G та 4G, для підключення модулів BBU з блоком RRU. Кабельний роз'єм є універсальним для всіх кліматичних умов. Зовнішній вигляд кабелю показано на рисунку 4.1

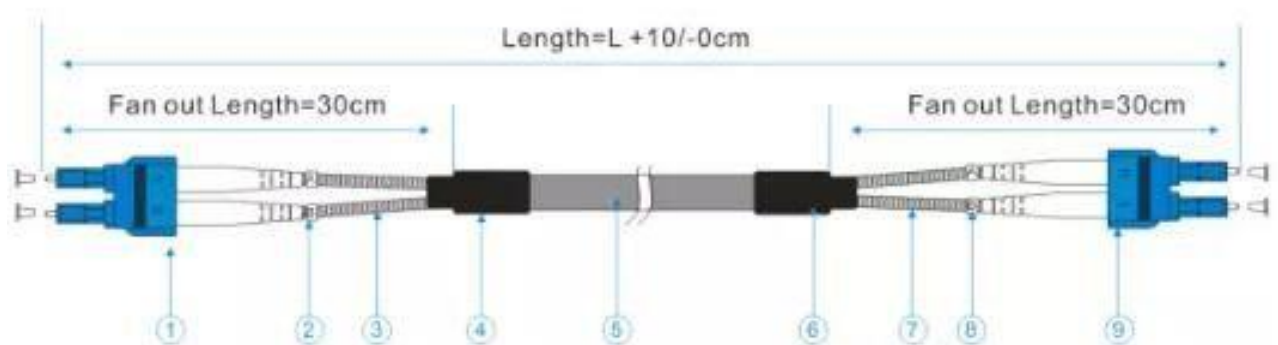


Рисунок 4.1 – Стандартний кабель для підключення блоків RRU з блоком BBU

Структура кабелю GYFJH показана на рисунку 4.2.

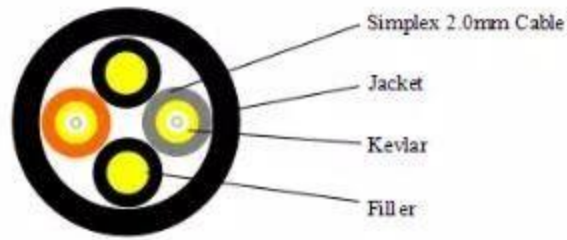


Рисунок 4.2 - Структура кабелю GYFJH

Живлення радіомодулів виконується за допомогою кабелю МСМК 2х12,

Розрахунок загасання сигналу на кабельній трасі відбувався за принципом сумарного загасання на фідерах, ділянках та розгалужувачах. Відповідні типи фідерів 7/8'' або 1/2'', ділянки та розгалужувачі обирались методом підбору для отримання оптимальних значень загасання сигналу, що відповідають вимогам оператора мережі. На рисунку 4.2 для прикладу показано вигляд одного з розгалужувачів.



Рисунок 4.2 – Зовнішній вигляд типового розгалужувача

Основною метою дослідження при проектуванні мережі є розрахунок мінімальних втрат радіосигналу від обладнання до антен. Ця проблема є актуальною лише для омні антен, по тій причині, що вони розташовані на великій відстані від радіомодулів. У фідерах, якими вони підключені до активного обладнання, а також дільниках відбуваються значні втрати сигналу. Тому слід виконати декілька варіантів підключення омні антен до активного обладнання, розрахувати оптимальну схему із використанням пасивного обладнання, до складу якого входять фідери, дільники та розгалужувачі.

Розрахунок згасання було виконано методом підстановки можливих для використання елементів пасивної частини мережі. Кожен із елементів має своє значення згасання, що представлено виробником. Для розгалужувачів величина згасання представлена в їх назві, наприклад: розгалужувач 10/1, тобто два виходи із згасанням 10 дБ та 1 дБ відповідно. Дільники мають величини згасань для 1/2 по 3 дБ на кожен із двох виходів, 1/3 по 4,5 дБ на кожен із трьох виходів. Розрахунок сумарного згасання в тракті представлено формулою 3.1.

$$A_c = \frac{(L_{\phi 11} + \dots + L_{\phi 1n}) * 5,48}{100} + \frac{(L_{\phi 21} + \dots + L_{\phi 2n}) * 9,91}{100} + A_1 + A_n, \text{ дБ} \quad (3.1)$$

де: $L_{\phi 1}$ – довжина відрізка фідери 7/8'' (м);

$L_{\phi 2}$ – довжина відрізка фідери 1/2'' (м);

A – сума загасань в дільниках та розгалужувачах (дБ);

5,48 – коефіцієнт згасання для фідери 7/8'';

9,91 – коефіцієнт згасання для фідери 1/2''.

Оператора мережі було умовлено, що згасання сигналу на кожній з омні антен не повинно перевищувати 30 дБ, це забезпечить якісне покриття приміщень будівлі сигналом мережі та доцільне використання обладнання

базової станції. На схемах, що приведені у наступних підрозділах умовно відображено лише одну половину схеми, без дублюючих елементів для можливості використання мережі у режимі МІМО.

3.1 Мережа першого поверху будівлі

Перший поверх будівлі ТРЦ представляє собою торговельні, технічні приміщення та паркінг. Основний модуль базової станції, тобто, ВВU3910 планується встановити в кліматичну на розвантажувальній рамі. Місцерозташування було вибрано з північної сторони будівлі. Розташування антен виконано згідно з умовами оператора мережі. Дане розташування зможе забезпечити найкраще покриття внутрішніх приміщень торгового центру та виконати вимоги власника будівлі що до встановлення обладнання оператора. На рисунку 4.3 представлено схему першого поверху будівлі з розташованим обладнанням за першим дослідженим варіантом.

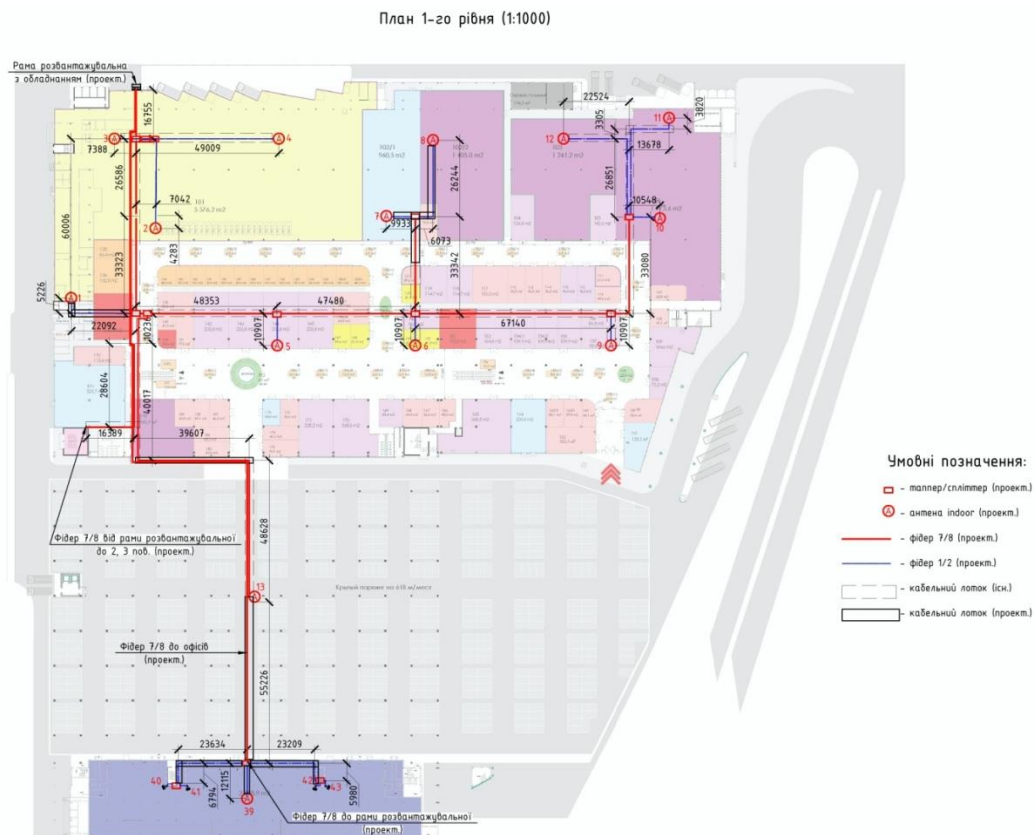


Рисунок 4.3 – Схема розташування пасивного обладнання 1-го поверху

Радіомодуль для антен першого поверху планується встановити біля системного модулю ВВU3910. Дане рішення дозволить використовувати оптичний кабель, довжиною 10 м.

В схемі основної частини першого поверху потрібно виконати встановлення 26 шт. антен indoor, 24 шт. в торгових залах та 24 шт. для паркінгу. Для підключення антен до базової станції було розраховано кабельну трасу представлену на рисунку 4.4. За даним варіантом схеми використано 2 шт. дільник 1/3, 10 шт. розгалужувачів 15/0,5, 10 шт. розгалужувачів 8/1, 2 шт. розгалужувачів 7/1, 4 шт. розгалужувачів 6/2.

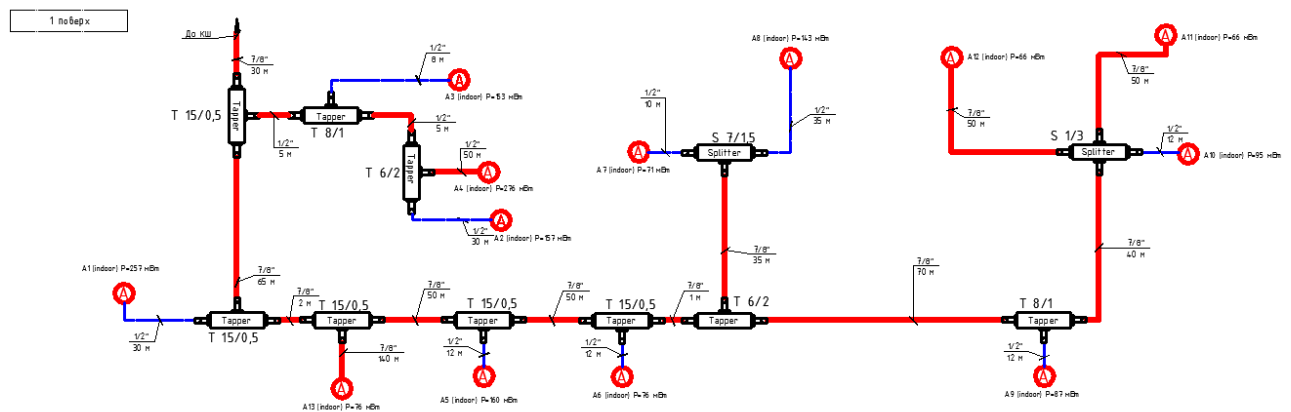


Рисунок 4.4 – Схема кабельної траси першого поверху

Далі представлено розрахунок схеми, виконаний за формулою 3.1.

Розрахунок сумарного згасання в тракті для антени № 1

$$\frac{(30 + 65) * 5,48}{100} + \frac{30 * 9,91}{100} + 0,5 + 15 = 23,68 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракті для антени № 2

$$\frac{30 * 5,48}{100} + \frac{(5 + 5 + 12) * 9,91}{100} + 15 + 1 + 6 = 25,82 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 3

$$\frac{30 * 5,48}{100} + \frac{(5 + 8) * 9,91}{100} + 15 + 8 = 25,93 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 4

$$\frac{(30 + 50) * 5,48}{100} + \frac{(5 + 5) * 9,91}{100} + 15 + 1 + 2 = 23,38 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 5

$$\frac{(30 + 65 + 2 + 50) * 5,48}{100} + \frac{12 * 9,91}{100} + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 15 = 25,74 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 6

$$\frac{(30 + 65 + 2 + 50 + 50) * 5,48}{100} + \frac{12 * 9,91}{100} + (0,5 * 4) + 15 = 28,98 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 7

$$\begin{aligned} \frac{(30 + 65 + 2 + 50 + 50 + 35 + 1) * 5,48}{100} + \frac{10 * 9,91}{100} + (0,5 * 5) + 6 + 7 = \\ = 29,26 \text{ дБ} \end{aligned}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 8

$$\begin{aligned} \frac{(30 + 65 + 2 + 50 + 50 + 35 + 1) * 5,48}{100} + \frac{35 * 9,91}{100} + (0,5 * 5) + 6 + 1,5 = \\ = 26,24 \text{ дБ} \end{aligned}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 9

$$\frac{(30 + 65 + 2 + 50 + 50 + 70 + 1) * 5,48}{100} + \frac{12 * 9,91}{100} + (0,5 * 5) + 2 + 8 =$$

$$= 28,38 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 10

$$\frac{(30 + 65 + 2 + 50 + 50 + 70 + 40) * 5,48}{100} + \frac{12 * 9,91}{100} + (0,5 * 5) + 2 + 1 +$$

$$+ 4,5 = 28,01 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 11

$$\frac{(30 + 65 + 2 + 50 + 50 + 70 + 40 + 50 + 1) * 5,48}{100} + (0,5 * 5) + 2 + 1 +$$

$$+ 4,5 = 29,62 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 12

$$\frac{(30 + 65 + 2 + 50 + 50 + 70 + 40 + 50 + 1) * 5,48}{100} + (0,5 * 5) + 2 + 1 +$$

$$+ 4,5 = 29,62 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 13

$$\frac{(30 + 65 + 2 + 140) * 5,48}{100} + 0,5 + 0,5 + 15 = 28,99 \text{ дБ}$$

Таким чином, отримані результати втрат сигналу в кабельній трасі до кожної з антен задовольняють умовам оператора мережі, але значення

згасань більшості антен знаходяться близько до 30 дБ, що є максимальним значенням встановленим оператором. Тому було прийнято рішення розробити і дослідити другий варіант схеми. У другому варіанті схеми виконано перенесення частини фідерів в північний край будівлі, та зроблено перепідключення деяких антен до інших ділянок. Схема другого варіанту підключення антен на першому поверсі показана на рисунок 4.5.

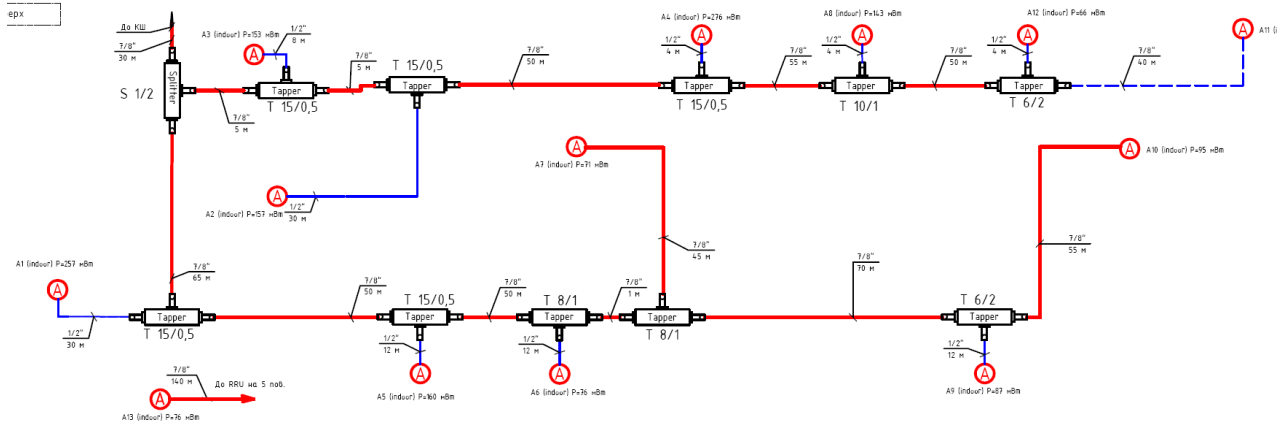


Рисунок 4.5 – схема другого варіанту підключення обладнання на першому поверсі

За даним варіантом схеми використано 2 шт. ділянок 1/2, 10 шт. розгалужувачів 15/0,5, 2 шт. розгалужувачів 10/1, 4 шт. розгалужувачів 8/1, 4 шт. розгалужувачів 6/2. При перерахунку втрат у кабельній трасі було отримано результати, що представлені нижче.

Слід зауважити, що антена А13, встановлена на паркінгу, була перепідключена до радіомодуля 5-го поверху офісної частини торгового центру. Це рішення дозволило зменшити згасання сигналу у фідерному тракті з 28,99 дБ до 14,31.

Далі представлено розрахунок схеми, виконаний за формулою 3.1.

Розрахунок сумарного згасання в тракті для антени № 1

$$\frac{(30 + 65) * 5,48}{100} + \frac{30 * 9,91}{100} + 3 + 15 = 26,18 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 2

$$\frac{(30 + 5) * 5,48}{100} + \frac{8 * 9,91}{100} + 3 + 15 = 20,71 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 3

$$\frac{(30 + 5 + 5) * 5,48}{100} + \frac{30 * 9,91}{100} + 3 + 0,5 + 15 = 23,67 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 4

$$\frac{(30 + 5 + 5 + 50) * 5,48}{100} + \frac{4 * 9,91}{100} + 3 + 3 + 0,5 + 15 = 24,33 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 5

$$\frac{(30 + 65 + 50) * 5,48}{100} + \frac{12 * 9,91}{100} + 3 + 0,5 + 8 + 0,5 = 21,14 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 6

$$\frac{(30 + 65 + 50 + 50) * 5,48}{100} + \frac{12 * 9,91}{100} + 3 + 0,5 + 1 + 8 = 24,38 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 7

$$\frac{(30 + 65 + 50 + 50 + 1 + 45) * 5,48}{100} + 3 + 0,5 + 1 + 1 + 6 = 24,71 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 8

$$\frac{(30 + 5 + 5 + 50 + 55) * 5,48}{100} + \frac{4 * 9,91}{100} + 3 + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 10 =$$

$$= 22,84 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 9

$$\frac{(30 + 65 + 50 + 50 + 70 + 1) * 5,48}{100} + \frac{12 * 9,91}{100} + 3 + 0,5 + 1 + 1 + 2 + 3 =$$

$$= 26,27 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 10

$$\frac{(30 + 65 + 50 + 50 + 1 + 55) * 5,48}{100} + 0,5 + 3 + 1 + 1 + 2 + 3 =$$

$$= 24,25 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 11

$$\frac{(30 + 5 + 5 + 50 + 55 + 50) * 5,48}{100} + \frac{40 * 9,91}{100} + (0,5 * 5) + 2 + 1 +$$

$$+ 3 = 22,15 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 12

$$\frac{(30 + 5 + 5 + 50 + 55 + 50) * 5,48}{100} + \frac{4 * 9,91}{100} + 0,5 + 0,5 +$$

$$+ 15 = 22,58 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 13

$$\frac{170 * 5,48}{100} + \frac{5 * 9,91}{100} + 4, \% = 14,31 \text{ дБ}$$

Таким чином, результати отримані за другою схемою мають значно (до 5дБ) менші втрати, аніж у схеми дослідженій у першому варіанті. Для будівництва мережі на першому поверху будівлі ТРЦ, оператором був обраний саме цей варіант.

3.2 Мережа другого поверху будівлі

Другий поверх будівлі ТРЦ представляє собою торговельні, технічні приміщення, але їх площа збільшилась майже в 2 рази у порівнянні з першим поверхом. Розташування антен виконано згідно з умовами оператора мережі. Дане розташування зможе забезпечити найкраще покриття внутрішніх приміщень торгового центру та виконати вимоги власника будівлі що до встановлення обладнання оператора. На рисунку 4.6 представлено схему другого поверху будівлі з розташованим обладнанням.

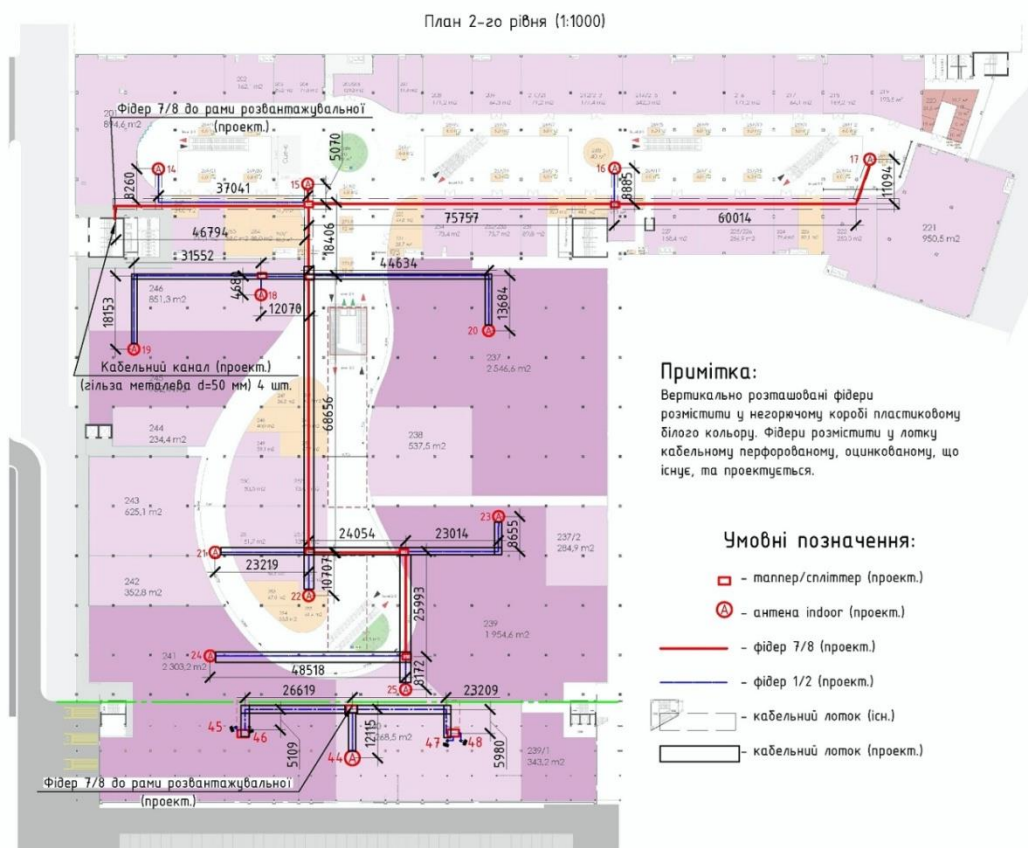


Рисунок 4.6 – Схема розташування пасивного обладнання 2-го поверху

У другому варіанті, що був обраний для будування радіомодуль для антен другого планується встановити в технічному приміщенні із західної сторони будівлі. Дане рішення потребує використовувати оптичний кабель, довжиною 100 м, але значно зменшить відстань до пасивного обладнання, що дозволить зменшити втрати у фідерному тракті. У першому ж варіанті розрахунку радіомодуль встановлювався на розвантажувальній рамі біля будівлі, це рішення виявилось неправильним, так як, довжина фідеру до пасивного обладнання була 200 м, що призвело б до згасання сигналу вище норми встановленої оператором.

В схемі внутрішньої частини другого поверху потрібно виконати встановлення 24 шт. антен омні, усі з яких знаходяться в приміщеннях торгових залів. Для підключення антен до базової станції було розраховано кабельну трасу представлену на рисунку 4.7. За даним варіантом схеми використано 2 шт. розгалужувачів 10/1, 14 шт. розгалужувачів 6/2, 6 шт. розгалужувачів 8/1.

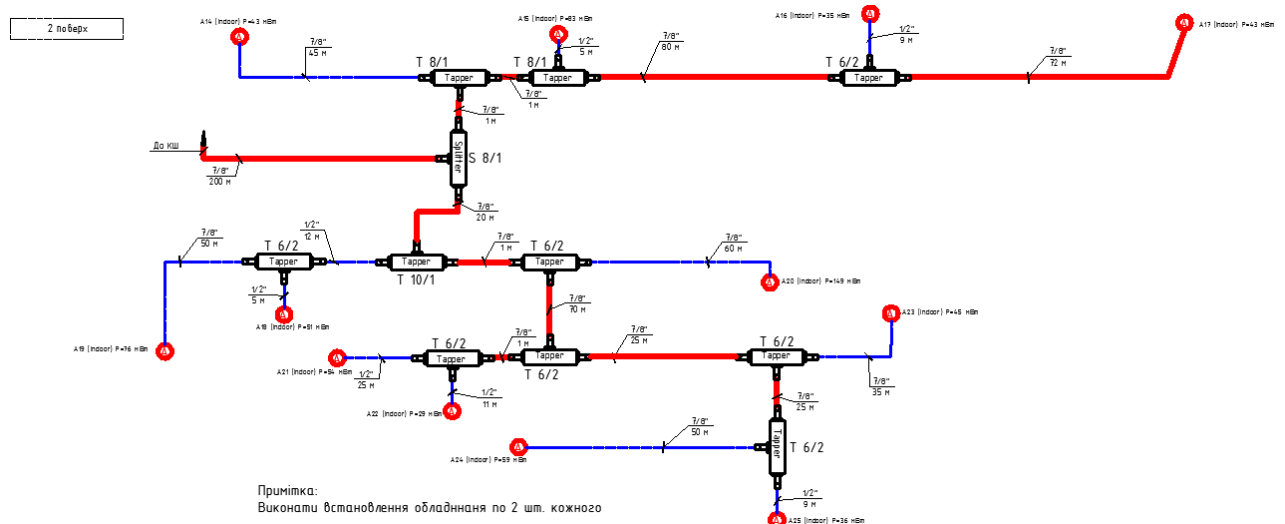


Рисунок 4.7 – Схема кабельної траси другого поверху

Далі представлено розрахунок схеми, виконаний за формулою 3.1.

Розрахунок сумарного згасання в тракті для антени № 14

$$\frac{(200 + 1) * 5,48}{100} + \frac{45 * 9,91}{100} + 8 + 8 = 31,47 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракті для антени № 15

$$\frac{(200 + 1 + 1) * 5,48}{100} + \frac{5 * 9,91}{100} + 8 + 1 + 8 = 28,57 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракті для антени № 16

$$\frac{(200 + 1 + 80 + 1) * 5,48}{100} + \frac{9 * 9,91}{100} + 8 + 1 + 1 + 6 = 32,35 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракті для антени № 17

$$\frac{(200 + 1 + 80 + 72 + 1) * 5,48}{100} + 8 + 1 + 1 + 2 = 31,40 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракті для антени № 18

$$\frac{(200 + 20) * 5,48}{100} + \frac{(12 + 5) * 9,91}{100} + 1 + 10 + 6 = 30,74 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракті для антени № 19

$$\frac{(200 + 20 + 50) * 5,48}{100} + \frac{12 * 9,91}{100} + 1 + 10 + 2 = 28,99 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракті для антени № 20

$$\frac{(200 + 20 + 1) * 5,48}{100} + \frac{60 * 9,91}{100} + 1 + 1 + 6 = 26,06 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 21

$$\frac{(200 + 20 + 70 + 1 + 1) * 5,48}{100} + \frac{11 * 9,91}{100} + 1 + 1 + 2 + 6 + 2 = 30,48 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 22

$$\frac{(200 + 20 + 70 + 1 + 1) * 5,48}{100} + \frac{11 * 9,91}{100} + 1 + 1 + 2 + 6 + 6 = 33,09 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 23

$$\frac{(200 + 20 + 70 + 25 + 35 + 1) * 5,48}{100} + 1 + 1 + 2 + 2 + 6 = 31,23 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 24

$$\frac{(200 + 20 + 70 + 25 + 50 + 1) * 5,48}{100} + 1 + 1 + (2 * 4) = 30,06 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 25

$$\frac{(200 + 20 + 70 + 25 + 1) * 5,48}{100} + \frac{9 * 9,91}{100} + 1 + 1 + (2 * 3) + 6 = 32,21 \text{ дБ}$$

Таким чином, отримані результати втрат сигналу в кабельній трасі до кожної з антен не задовольняють умовам оператора мережі, так як, значення згасань більшості антен знаходяться вище 30 дБ, що є максимальним значенням встановленим оператором. Тому було прийнято рішення розробити і дослідити другий варіант схеми. У другому варіанті схеми виконано перенесення радіомодулів з розвантажувальної рами на першому

поверсі у середину будівлі на перший поверх, та зроблено переконфігурацію дільників, розгалужувачів, майже до всі антени підключено через фідер 7/8". Це дозволило значно зменшити втрати в фідерному тракті, але призвело до фінансового подорожчання проекту. Схема другого варіанту підключення антен на другому поверсі показана на рисунку 4.8.

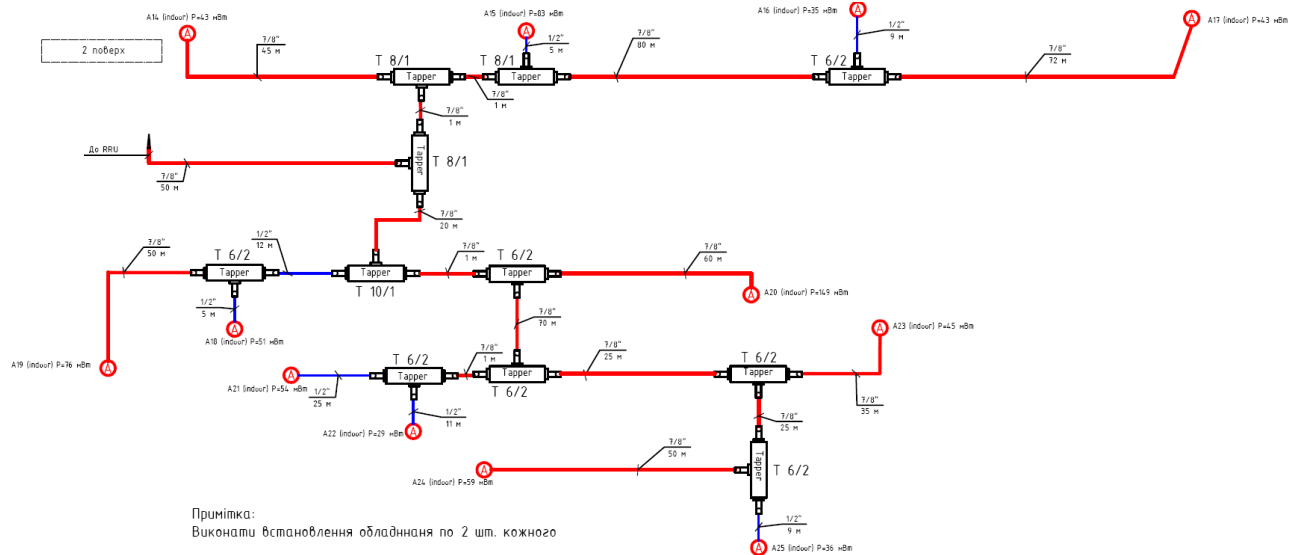


Рисунок 4.8 – Схема другого варіанту підключення обладнання на другому поверсі

В схемі внутрішньої частини другого поверху потрібно виконати встановлення 24 шт. антен омні, усі з яких знаходяться в приміщеннях торгових залів. Для підключення антен до базової станції було розраховано кабельну трасу представлену на рисунку 4.7. За даним варіантом схеми використано 2 шт. розгалужувачів 10/1, 14 шт. розгалужувачів 6/2, 6 шт. розгалужувачів 8/1. При перерахунку втрат у кабельній трасі було отримано результати, що представлені нижче. Основною відмінністю другої схеми є зменшення довжини фідеру від радіомодулю до розгалужувача. Це призвело до значного зменшення згасання сигналу.

Далі представлено розрахунок схеми, виконаний за формулою 3.1.

Розрахунок сумарного згасання в тракті для антени № 14

$$\frac{(50 + 1) * 5,48}{100} + \frac{45 * 9,91}{100} + 8 + 8 = 23,25 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 15

$$\frac{(50 + 1 + 1) * 5,48}{100} + \frac{5 * 9,91}{100} + 8 + 1 + 8 = 20,35 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 16

$$\frac{(50 + 1 + 80 + 1) * 5,48}{100} + \frac{9 * 9,91}{100} + 8 + 1 + 1 + 6 = 24,13 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 17

$$\frac{(50 + 1 + 80 + 72 + 1) * 5,48}{100} + 8 + 1 + 1 + 2 = 23,18 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 18

$$\frac{(50 + 20) * 5,48}{100} + \frac{(12 + 5) * 9,91}{100} + 1 + 10 + 6 = 22,52 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 19

$$\frac{(50 + 20 + 50) * 5,48}{100} + \frac{12 * 9,91}{100} + 1 + 10 + 2 = 20,77 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 20

$$\frac{(50 + 20 + 1) * 5,48}{100} + \frac{60 * 9,91}{100} + 1 + 1 + 6 = 17,84 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 21

$$\frac{(50 + 20 + 70 + 1 + 1) * 5,48}{100} + \frac{11 * 9,91}{100} + 1 + 1 + 2 + 6 + 2 = 22,26 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 22

$$\frac{(50 + 20 + 70 + 1 + 1) * 5,48}{100} + \frac{11 * 9,91}{100} + 1 + 1 + 2 + 6 + 6 = 24,87 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 23

$$\frac{(50 + 20 + 70 + 25 + 35 + 1) * 5,48}{100} + 1 + 1 + 2 + 2 + 6 = 23,01 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 24

$$\frac{(50 + 20 + 70 + 25 + 50 + 1) * 5,48}{100} + 1 + 1 + (2 * 4) = 21,84 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 25

$$\frac{(50 + 20 + 70 + 25 + 1) * 5,48}{100} + \frac{9 * 9,91}{100} + 1 + 1 + (2 * 3) + 6 = 23,99 \text{ дБ}$$

Таким чином, результати отримані за другою схемою мають значно (майже до 10 дБ) менші втрати, аніж у схеми дослідженій у першому варіанті. Для будування мережі другого поверху будівлі ТРЦ, оператором був обраний саме останній варіант схеми.

3.3 Мережа третього поверху будівлі

Третій поверх будівлі ТРЦ представляє собою торговельні, технічні приміщення, архітектура приміщень майже аналогічна другому поверху, тому схеми встановлення обладнання дуже схожі. На рисунку 4.9 представлено схему третього поверху будівлі з розташованим обладнанням.

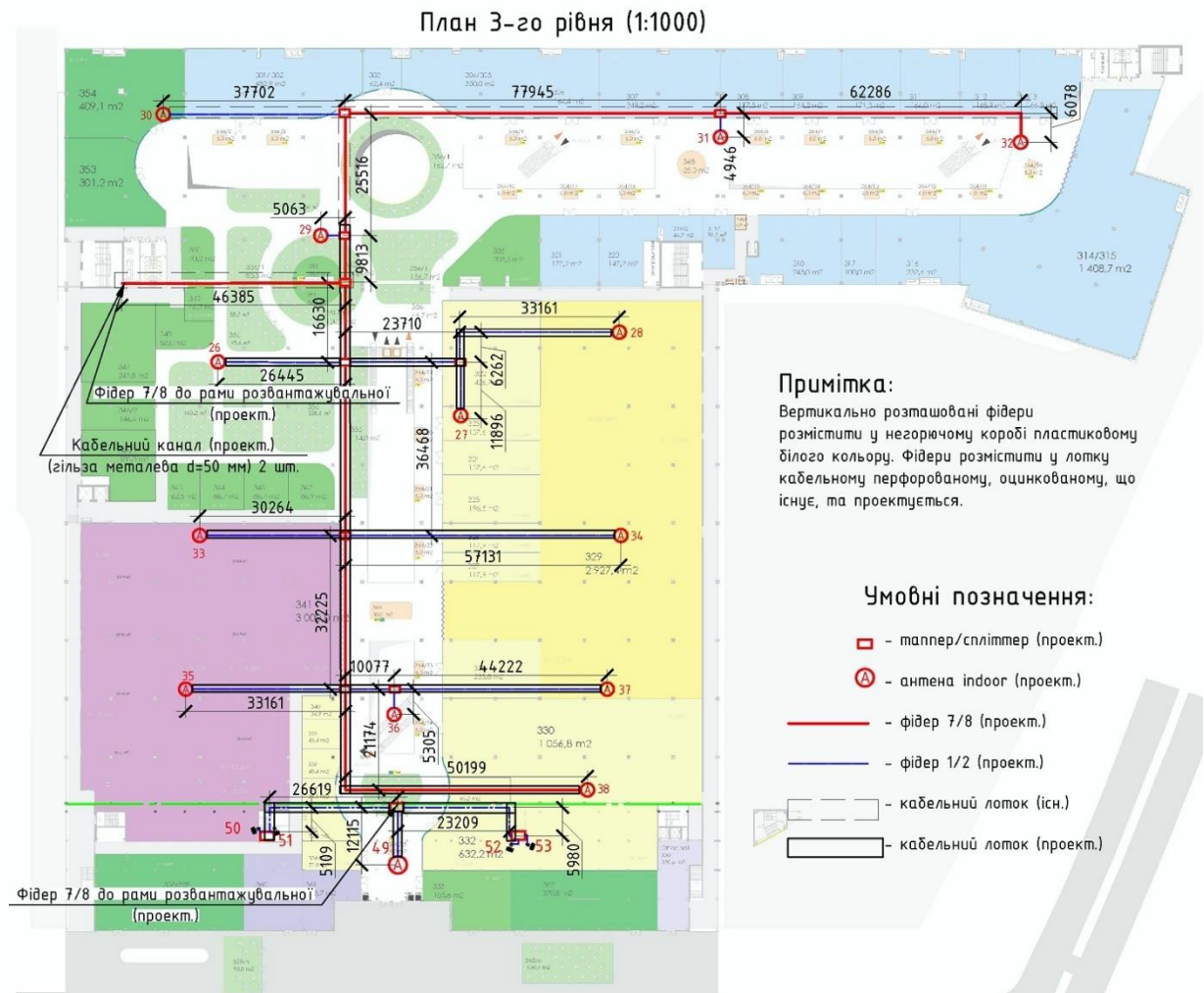


Рисунок 4.9 – схема розташування пасивного обладнання 3-го поверху

Розташування антен виконано згідно з умовами оператора мережі. Дане розташування зможе забезпечити найкраще покриття внутрішніх приміщень торгового центру та виконати вимоги власника будівлі що до встановлення обладнання оператора.

У другому варіанті схеми яка була обрана для будвництва радіомодуль для антен третього поверху планується встановити в технічному приміщенні

із західної сторони будівлі на другому поверсі, поряд із радіомодулем другого поверху. Дане рішення потребує використовувати оптичний кабель, довжиною 110 м, але значно зменшить відстань до пасивного обладнання, що дозволить зменшити втрати у фідерному тракті. У першому ж варіанті розрахунку радіомодуль встановлювався на розвантажувальній рамі біля будівлі, це рішення виявилось неправильним, так як, довжина фідеру до пасивного обладнання була 210 м, що призвело б до згасання сигналу вище норми встановленої оператором.

В схемі внутрішньої частини другого поверху потрібно виконати встановлення 26 шт. антен омні, усі з яких знаходяться в приміщеннях торгових залів. Для підключення антен до базової станції було розраховано кабельну трасу представлену на рисунку 4.10.

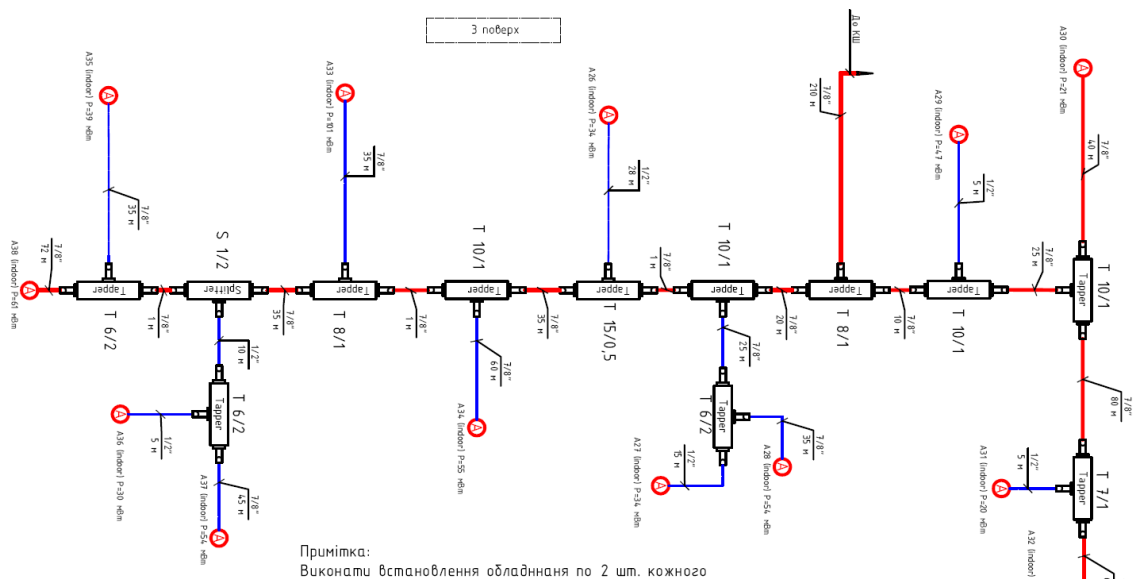


Рисунок 4.10 – Схема кабельної траси першого поверху

За даним варіантом схеми використано 8 шт. розгалужувачів 10/1, 6 шт. розгалужувачів 6/2, 4 шт. розгалужувачів 8/1, 2 шт. розгалужувачів 15/0,5, 6 шт. розгалужувачів 7/1 та 2 шт. ділянок 1/2.

Далі представлено розрахунок схеми, виконаний за формулою 3.1.
Розрахунок сумарного згасання в тракті для антени № 26

$$\frac{(210 + 20 + 1) * 5,48}{100} + \frac{28 * 9,91}{100} + 1 + 1 + 15 = 32,43 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракті для антени № 27

$$\frac{(210 + 20 + 25) * 5,48}{100} + \frac{15 * 9,91}{100} + 1 + 10 + 6 = 32,46 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракті для антени № 28

$$\frac{(210 + 20 + 25) * 5,48}{100} + \frac{35 * 9,91}{100} + 1 + 10 + 2 = 30,44 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракті для антени № 29

$$\frac{(210 + 10) * 5,48}{100} + \frac{10 * 9,91}{100} + 8 + 10 = 31,05 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракті для антени № 30

$$\frac{(210 + 10 + 25 + 40) * 5,48}{100} + 8 + 1 + 10 = 34,62 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракті для антени № 31

$$\frac{(210 + 10 + 25 + 80) * 5,48}{100} + \frac{10 * 9,91}{100} + 8 + 1 + 1 + 6 = 34,80 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракті для антени № 31

$$\frac{(210 + 10 + 25 + 80 + 70) * 5,48}{100} + 8 + 1 + 1 + 2 = 33,65 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 33

$$\frac{(210 + 20 + 35 + 30 + 1) * 5,48}{100} + (3 * 1) + 0,5 + 8 = 27,72 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 34

$$\frac{(210 + 20 + 35 + 60 + 1) * 5,48}{100} + 1 + 1 + 0,5 + 10 = 30,36 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 35

$$\frac{(210 + 20 + (3 * 35) + 1) * 5,48}{100} + (1 * 4) + 0,5 + 3 + 6 = 31,91 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 36

$$\frac{(210 + 20 + 35 + 35 + 1) * 5,48}{100} + \frac{(20 + 10) * 9,91}{100} + (1 * 4) + 0,5 + 3 + 6 =$$

$$= 32,97 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 37

$$\frac{(210 + 20 + 35 + 35 + 45 + 1) * 5,48}{100} + \frac{20 * 9,91}{100} + (1 * 4) + 0,5 + 3 + 2 =$$

$$= 30,44 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 38

$$\frac{(210 + 20 + 35 + 35 + 72 + 1) * 5,48}{100} + (1 * 4) + 0,5 + 3 + 2 = 29,94 \text{ дБ}$$

Таким чином, отримані результати втрат сигналу в кабельній трасі до кожної з антен не задовольняють умовам оператора мережі, так як, значення згасань більшості антен знаходяться вище 30 дБ, що є максимальним значенням встановленим оператором. Тому було прийнято рішення розробити і дослідити другий варіант схеми. Схема другого варіанту підключення антен на третьому поверсі показана на рисунок 4.11.

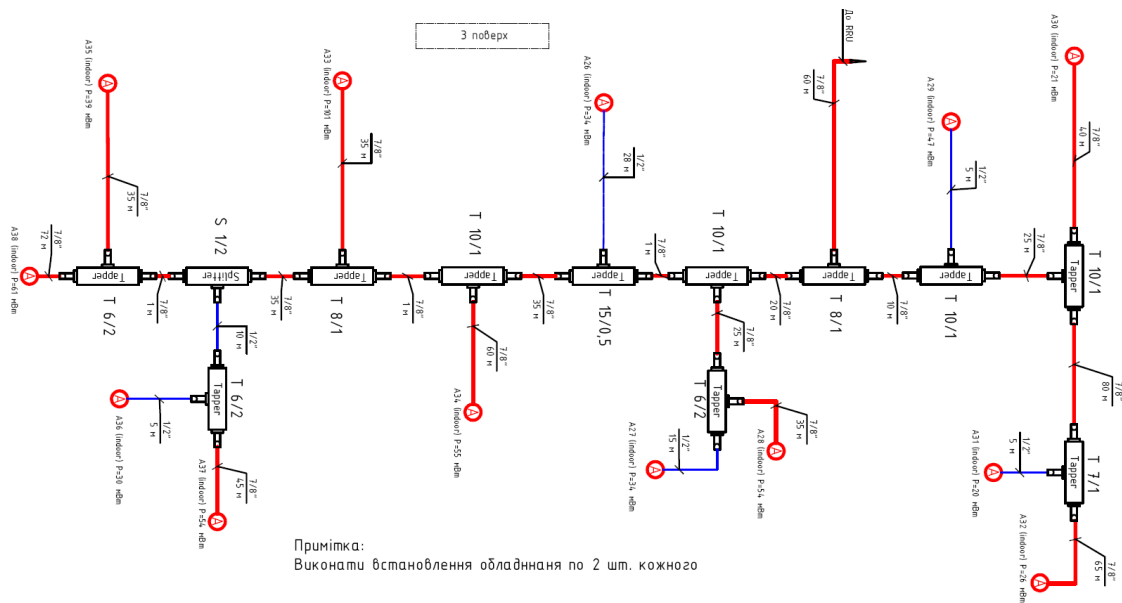


Рисунок 4.11 – Схема другого варіанту підключення обладнання на третьому поверсі

У другому варіанті схеми виконано перенесення радіомодулів з розвантажувальної рами на першому поверсі у середину будівлі на перший поверх, та зроблено переконафігурацію дільників, розгалужувачів, майже до всі антени підключено через фідер 7/8''. Це дозволило значно зменшити втрати в фідерному тракті, але призвело до фінансового подорожчання проекту.

В схемі внутрішньої частини другого поверху потрібно виконати встановлення 26 шт. антен омні, усі з яких знаходяться в приміщеннях торгових залів. Для підключення антен до базової станції було розраховано кабельну трасу представлену на рисунку 4.10. За даним варіантом схеми використано 8 шт. розгалужувачів 10/1, 6 шт. розгалужувачів 6/2, 4 шт.

розгалужувачів 8/1, 2 шт. розгалужувачів 15/0,5, 6 шт. розгалужувачів 7/1 та 2 шт. дільник 1/2.

Далі представлено розрахунок схеми, виконаний за формулою 3.1.

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 26

$$\frac{(60 + 20 + 1) * 5,48}{100} + \frac{28 * 9,91}{100} + 1 + 1 + 15 = 24,21 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 27

$$\frac{(60 + 20 + 25) * 5,48}{100} + \frac{15 * 9,91}{100} + 1 + 10 + 6 = 24,24 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 28

$$\frac{(60 + 20 + 25) * 5,48}{100} + \frac{35 * 9,91}{100} + 1 + 10 + 2 = 22,22 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 29

$$\frac{(60 + 10) * 5,48}{100} + \frac{10 * 9,91}{100} + 8 + 10 = 22,83 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 30

$$\frac{(60 + 10 + 25 + 40) * 5,48}{100} + 8 + 1 + 10 = 26,40 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 31

$$\frac{(60 + 10 + 25 + 80) * 5,48}{100} + \frac{10 * 9,91}{100} + 8 + 1 + 1 + 6 = 26,58 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 31

$$\frac{(60 + 10 + 25 + 80 + 70) * 5,48}{100} + 8 + 1 + 1 + 2 = 25,43 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 33

$$\frac{(60 + 20 + 35 + 30 + 1) * 5,48}{100} + (3 * 1) + 0,5 + 8 = 19,50 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 34

$$\frac{(60 + 20 + 35 + 60 + 1) * 5,48}{100} + 1 + 1 + 0,5 + 10 = 22,14 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 35

$$\frac{(60 + 20 + (3 * 35) + 1) * 5,48}{100} + (1 * 4) + 0,5 + 3 + 6 = 23,69 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 36

$$\frac{(60 + 20 + 35 + 35 + 1) * 5,48}{100} + \frac{(20 + 10) * 9,91}{100} + (1 * 4) + 0,5 + 3 + 6 =$$

$$= 24,75 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 37

$$\frac{(60 + 20 + 35 + 35 + 45 + 1) * 5,48}{100} + \frac{20 * 9,91}{100} + (1 * 4) + 0,5 + 3 + 2 =$$

$$= 22,22 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 38

$$\frac{(60 + 20 + 35 + 35 + 72 + 1) * 5,48}{100} + (1 * 4) + 0,5 + 3 + 2 = 21,72 \text{ дБ}$$

Таким чином, результати отримані за другою схемою мають значно (майже до 10 дБ) менші втрати, ніж у схеми дослідженій у першому варіанті. Для будівництва мережі третього поверху будівлі ТРЦ, оператором був обраний саме останній варіант схеми.

3.4 Мережа офісної частини будівлі

Для роботи мережі мобільного зв'язку в офісній частині торгового центру буде встановлено 50 омні антен, по 10 на кожному з п'яти поверхів будівлі та 3 радіомодулі. Було розроблено два варіанта розміщення обладнання в офісній частині, основною відмінністю між ними було місце розташування радіомодулів. Саме другий варіант схеми (рис. 4.12) та розрахунки для нього будуть представлені у даному розділі.

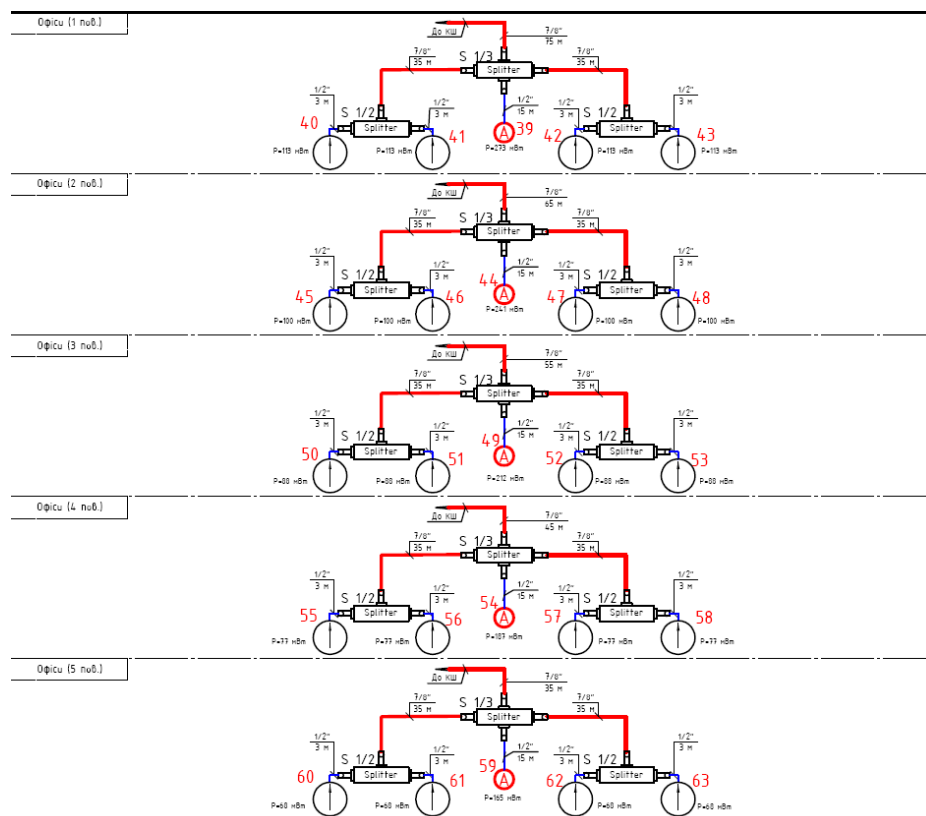


Рисунок 4.12 – Схема обладнання офісних поверхів

У першому варіанті радіо модулі встановлювались на розвантажувальній рамі ззовні будівлі торгового центру. Але це рішення було згодом змінено у зв'язку з тим, що для цього необхідно було б використовувати фідери довжиною від 300 м до 340 м. З економічної та технічної точки зору це було б нераціонально, так як, втрати сигналу у такому фідері діаметром 7/8'' становило би від 16 дБ до 18,5 дБ. Таким чином, було розроблено другий варіант схеми для п'яти поверхів офісних приміщень, у якому радіомодулі будуть встановлені у приміщенні центральних сходів п'ятого поверху.

У схемі використано 20 шт. дільників 1/2, 10 шт. дільників 1/3 та 50 шт. антен омні. Симетрична будова поверхів будівлі дозволила використовувати лише дільники, що значно спростило розрахунок схеми.

Далі представлено розрахунок схеми, виконаний за формулою 3.1.

Розрахунок сумарного згасання в тракті для антен № 39, 40, 42, 43

$$\frac{(75 + 35) * 5,48}{100} + \frac{(3 + 5) * 9,91}{100} + 4,5 + 3 + 4,5 = 18,82 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракті для антени № 41

$$\frac{75 * 5,48}{100} + \frac{15 * 9,91}{100} + 4,5 = 10,10 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракті для антен № 44, 45, 47, 48

$$\frac{(65 + 35) * 5,48}{100} + \frac{(3 + 5) * 9,91}{100} + 4,5 + 3 + 4,5 = 18,27 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракті для антени № 46

$$\frac{65 * 5,48}{100} + \frac{15 * 9,91}{100} + 4,5 = 9,55 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антен № 49, 50, 52, 53

$$\frac{(55 + 35) * 5,48}{100} + \frac{(3 + 5) * 9,91}{100} + 4,5 + 3 + 4,5 = 16,73 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 51

$$\frac{55 * 5,48}{100} + \frac{15 * 9,91}{100} + 4,5 = 9 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антен № 54, 55, 57, 58

$$\frac{(45 + 35) * 5,48}{100} + \frac{(3 + 5) * 9,91}{100} + 4,5 + 3 + 4,5 = 15,68 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 56

$$\frac{45 * 5,48}{100} + \frac{15 * 9,91}{100} + 4,5 = 8,45 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антен № 59, 60, 62, 63

$$\frac{(35 + 35) * 5,48}{100} + \frac{(3 + 5) * 9,91}{100} + 4,5 + 3 + 4,5 = 15,13 \text{ дБ}$$

Розрахунок сумарного згасання в тракці для антени № 56

$$\frac{35 * 5,48}{100} + \frac{15 * 9,91}{100} + 4,5 = 7,9 \text{ дБ}$$

Результати отримані за другою схемою повністю задовольняють умовам оператора мережі. Для будування мережі офісних поверхів будівлі ТРЦ, оператором був обраний саме цей варіант схеми.

4 РАДІОРЕЛЕЙНИЙ ЗВ'ЯЗОК

Радіорелейний зв'язок (РРЛ) - вид радіозв'язку, що утворюється в результаті роботи ланцюга приймаючих і передаючих радіостанцій. Наземний радіорелейний зв'язок функціонує на міліметрових, сантиметрових і дециметрових хвилях. Радіорелейні мережі відіграють важливу роль в стільниковому зв'язку, оскільки дозволяють передавати великі об'єми трафіку при мінімальних витратах.

Головна перевага РРЛ пов'язана з можливістю збільшити пропускну здатність мереж. Використовуючи відразу кілька частотних діапазонів і таким чином збільшити ємність мережі при мінімальних витратах.

Для модернізації існуючих мереж в процесі розгортання 4G буде використовуватися комбінація технологій радіорелейного і оптоволоконного зв'язку. Вибираючи між РРЛ і оптоволоконном як технологією розвитку транспортної мережі, оператори приймають рішення виходячи з наявності оптоволоконна в тому чи іншому районі і вартості володіння мережею. Оптоволоконно в силу надійності з'єднань все частіше застосовується для державних послуг і фіксованого зв'язку, наприклад, при розгортанні ФТТН-рішень в домені доступу. РРЛ, в свою чергу, є основною технологією для з'єднання базових станцій, її переваги - швидкість, невисока вартість розгортання і серйозне зростання пропускну здатності [3]. Радіорелейний зв'язок - це основний спосіб підключення базових станцій в мережі оператора.

Оператором було обрано релейну станцію UltraLink-FX80, що працює у діапазоні частот 70 ГГц – 80 ГГц (E-band). В останні роки зростає кількість релейних станцій в діапазоні E-band, головною перевагою якого є можливість забезпечити високу пропускну здатність. Ці частоти застосовуються для передачі даних на порівняно коротку відстань в 2-5 км, проте цього

достатньо для міських умов, а спрощений режим ліцензування в даному діапазоні стимулює інтерес до нього з боку операторів.

На даний момент в діапазоні E-band обладнання РРЛ здатне забезпечувати передачу даних на швидкості до 5 Гбіт / сек. Використання систем UltraLink-FX80 дозволило поліпшити LTE-покриття і суттєво збільшити швидкість передачі даних в мережі.

4.1 Визначення можливості зведення релейного прольоту

Для підключення релейної станції у транспортну мережу оператора необхідно визначити пряму видимість до однієї із існуючих базових станцій оператора розташованих поряд з проектованою базовою станцією. Для цього оператором надаються характеристики декількох таких станцій, у яких зазначено географічні координати, висота підвісу антени РРЛ, азимуту антен та тип обладнання.

Із запропонованих оператором зворотних станцій було обрано найближчу до проекрованої. Визначення прямої видимості можливо як візуально, при невеликих відстанях, в представленому випадку можливо використовувати саме такий метод. Але для остаточного визначення результатів було використано програмне забезпечення «Мікран». Дана програма безкоштовна та доступна для використання через веб-браузер [4]. Принцип роботи полягає у визначенні профілю рельєфу місцевості між введеними координатами та висотами підвісу релейних антен. На рисунку 4.13 показано результати для проекрованої базової станції та найближчої до неї, де планується встановити зворотну частину релейного обладнання. Найменша відстань від профілю сигналу до рельєфу складає близько 12 м, що є достатнім для встановлення релейного зв'язку. На другому етапі визначення прямої видимості координати базових станцій переносяться в додаток «Google Earth», за допомогою якого можна детально роздивитись

профіль рельєфу та можливі перешкоди на шляху сигналу, що не були визначені в програмі «Мікран».

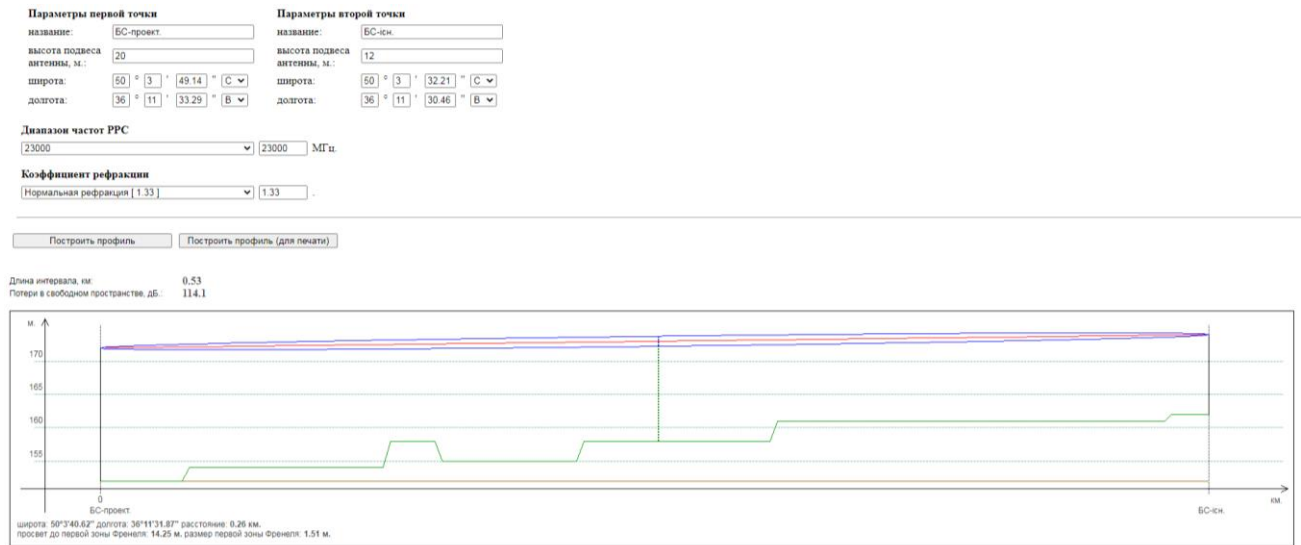


Рисунок 4.13 – Результаты измерений в программе «Мікран»

Перегляд профілю рельєфу в додатку «Google Earth» дав позитивний результат, перешкод на шляху сигналу не виявлено (рис. 4.14).



Рисунок 4.14 – Профіль рельєфу в додатку «Google Earth»

Таким чином, результати вимірювань профілю рельєфу для проходження сигналу між релейними станціями, отримані за допомогою програм «Мікран» та «Google Earth» виявились таким, що дають змогу встановити зв'язок між базовими станціями та підключити проєктовану базову станцію до транспортної мережі оператора.

5 ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ БАЗОВОЇ СТАНЦІЇ

Наступним етапом після вибору місць розташування активного обладнання проекрованої базової станції є визначення способу підключення його до мережі електроживлення. При розробці проекту було розглянуто два варіанти виконання підключення обладнання до живлення. Перший варіант був виконаний за стандартною схемою, де радіомодулі RRU підключаються до блока розподільчого DCDCU, який встановлено в шафі з обладнанням. Але цей спосіб не виявився вірним для проекрованої базової станції з причини значних (понад 300 м) відстаней між активним обладнанням. Використання стандартних кабелів живлення Huawei та блока розподільчого DCDCU призвело би до нераціональних втрат потужності на кабельній трасі. Таким чином, було розроблено другий варіант схеми електроживлення проектованого обладнання, за яким для кожного радіомодуля встановлюватимуться блоки живлення (далі DPU) та блоки акумуляторні (далі DBU).

5.1 Електроживлення активного обладнання через блоки DPU та DBU

Компанією Huawei було розроблено стандартизовані блоки для розподіленого електроживлення активного обладнання базових станцій. До таких блоків відносяться DPU та DBU.

Блок DPU представляє собою модуль розмірами 400*300*50 мм, що відповідає розмірам блока RRU, це дозволяє з'єднувати їх в так званий стек [5].

Модуль DPU працює за принципом трансформування мережевого електроживлення в 220 В через імпульсний перетворювач у -48 В, дана напруга є стандартною для живлення активного обладнання базової станції .

DPU працює у парі з блоком DBU, що представляє собою акумуляторний блок, складней з літєвих елементів загальною ємністю 50 А*г. Даний блок забезпечує безперервну роботу модуля RRU протягом 20 хв, при зникненні напруги у мережі. На рисунку 5.15 показано схему підключення блоків до модулю RRU.

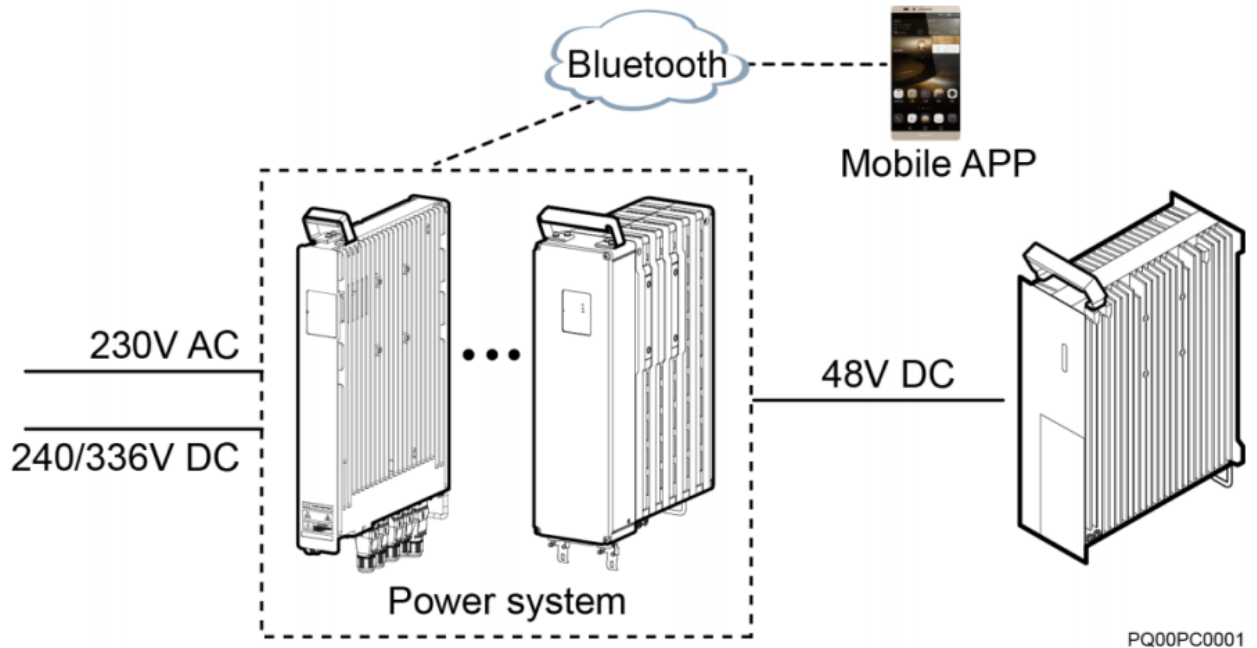


Рисунок 5.15 - Схема підключення блоків до модулю RRU

Для встановлення на проєктованій базовій станції планується 8 блоків DPU та DBU, що будуть знаходитись:

- 3 шт. на північному та південному секторах зовнішніх антен;
- 3 шт. на п'ятому поверсі офісної частини ТРЦ біля RRU;
- 2 шт. на другому поверсі біля RRU для другого та третього поверхів.

Підключення DPU до мережі електроживлення буде виконуватися від щита розподільчого на розвантажувальній рамі за допомогою кабеля ВВГнг 2х4, що забезпечить надійне електроживлення обладнання базової станції при незначних втратах у кабельній трасі.

ВИСНОВКИ

В даній роботі розглянуто встановлення обладнання зовнішньої частини базової станції, розраховано та досліджено декілька варіантів розташування пасивного обладнання внутрішньої частини базової станції. Виконано перевірку можливості зведення релейного прольоту для підключення базової станції до мережі оператора. Обрано спосіб підключення активного обладнання базової станції до мережі електроживлення. На етапі будівництва можливі зміни у способі підключення блоків RRU до BBU, не стандартним кабелем Huawei, а через інші оптичні кабелі та оптичні муфти.

Таким чином досліджені схеми та план встановлення обладнання проєктованої базової станції повністю задовольняють умовам оператора мобільного зв'язку та були затверджені для подальшого будівництва.

Слід зазначити, що на молодіжному форумі «РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА МОЛОДЬ В ХХІ СТОРІЧЧІ» в 2020 р. та в 2021 р. були представлені тези за темами будівництва базових станції та розв'язку мобільного зв'язку, що частково допомогли у розробці даної роботи для будівництва базової станції. У Додатках Б та В наведено повний текст тез, що був поданий до друку.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Базові станції HUAWEI [Електроний ресурс]:
<https://e.huawei.com/en/material/wireless/elteindustry>
2. Антени для внутрішнього застосування [Електроний ресурс]:
<http://celnet.ru/omniant.php>
3. Релейні станції [Електроний ресурс]: <http://www.intracom-svyaz.ru/products/omnibas.htm>
4. Профіль радіолінії [Електроний ресурс]:
<https://www.micran.ru/tools/profile/>
5. Блоки живлення Huawei [Електроний ресурс]:
<https://fccid.io/ANATEL/00467-16-03257/Manual/96E1E575-4BDD-450C-BA4F-F1DAD724C1F4>
6. Рекомендації до оформлення кваліфікаційної роботи [Електронний документ]: http://cn.nure.ua/wp-content/uploads/2021/04/rekomendacii-shablon_att_rabota_pravka22.pdf