

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ

Бакалавр

Освітній рівень

Побудова цифрової завадостійкої радіорелейної лінії зв'язку
м. Полтава – м. Кременчук

Назва теми

СПЕЦІАЛЬНІСТЬ

172 Телекомунікації та радіотехніка

Шифр і назва

ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ

17 Електроніка та телекомунікації

Шифр і назва

ОСВІТНЯ ПРОГРАМА

Телекомунікації та інформаційно-
комунікаційні технології

КвРТР. 019025.01.05 ПЗ

Виконав:

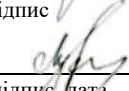
студент 3 курсу, група ТР1с-19-1


підпис

Дмитро КОВБАСЮК

ім'я, прізвище

Керівник: канд. військ. наук, доцент


підпис, дата

Віктор ЛУЖАНСЬКИЙ

ім'я, прізвище

Нормоконтроль:

канд. техн. наук, доцент


підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА

ім'я, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри автоматизації та
комп'ютерно-інтегрованих технологій:
д-р техн. наук, проф.


підпис

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, прізвище

«___» червня 2022р.

Хмельницький, 2022

Хмельницький національний університет

Факультет	інформаційних технологій
Кафедра	автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій
Освітній рівень:	бакалавр
Галузь знань:	17 Електроніка та телекомунікації
Спеціальність:	172 Телекомунікації та радіотехніка
Освітня програма:	Телекомунікації та інформаційно-комунікаційні технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедру АКИТ



Валерій МАРТИНЮК

« 03 » березня 2022 р.





ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

КОВБАСЮКУ Дмитру Олександровичу

Прізвище, ім'я по батькові здобувача

- 1 Тема роботи: Побудова цифрової завадостійкої радіорелейної лінії зв'язку м. Полтава – м. Кременчук
Керівник роботи: канд. військ. наук, доц. Лужанський Віктор Ігорович
Затверджено наказом по університету від «01» березня 2022р. № 18
- 2 Строк подання здобувачем роботи на кафедру 25 травня 2022 року
- 3 Вихідні дані до роботи:
 - розробити структурну схему цифрової радіорелейної лінії зв'язку Полтава – Кременчук;
 - провести розрахунки стійкості зв'язку цифрової радіорелейної лінії;
 - провести розрахунки нестійкості зв'язку цифрової радіорелейної лінії.
 - виконати літературний огляд компонентів, що входять до системи
- 4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
 - розробка структурної схеми цифрової радіорелейної лінії зв'язку Полтава – Кременчук;
 - розрахунок стійкості зв'язку цифрової радіорелейної лінії зв'язку;
 - розрахунок нестійкості зв'язку цифрової радіорелейної лінії.
- 5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень):
 - функціональна схема пристрою;
 - презентаційні слайди

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвища, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Нормоконтроль	КОРЕЦЬКА Людмила к.т.н., доцент		
Антиплагіат	ФЕДУЛА Микола к.т.н., доцент		

7 Дата видачі завдання 03 березня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування виду роботи	Форма звітності, термін виконання	Відмітка наукового керівника
1.	Розробка завдання на кваліфікаційну роботу	03.03.2022р.	виконано
2.	Складання індивідуального плану на кваліфікаційну роботу	15.03.2022р.	виконано
3.	Написання першого (теоретичного) розділу	20.03.2022р.	виконано
4.	Написання другого розділу	03.04.2022р.	виконано
5.	Написання третього розділу	15.04.2022р.	виконано
6.	Написання вступу і загальних висновків та пропозицій до кваліфікаційної роботи	30.04.2022р.	виконано
7.	Оформлення кваліфікаційної роботи	10.05.2022р.	виконано
8.	Рецензування кваліфікаційної роботи	15.05.2022р.	виконано
9.	Презентаційні матеріали за результатами виконання кваліфікаційної роботи	20.05.2022р.	виконано

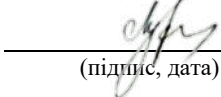
Здобувач



(підпис, дата)

Дмитро КОВБАСЮК

Науковий керівник



(підпис, дата)

Віктор ЛУЖАНСЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Побудова цифрової завадостійкої радіорелейної лінії зв'язку м. Полтава – м. Кременчук»

Автор роботи: Ковбасюк Дмитро Олександрович

Керівник роботи: канд. військ. наук, доц. Лужанський Віктор Ігорович.

Пояснювальна записка: 58 сторінок, 39 рисунків, 4 таблиці, 13 джерела.

Графічна частина: 18 презентаційних слайдів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЦИФРОВА ЗАВАДОСТІЙКА РАДІОРЕЛЕЙНА ЛІНІЯ ЗВ'ЯЗКУ, ПРОФІЛЬ ІНТЕРВАЛУ, МІНІМАЛЬНО-ДОПУСТИМИЙ МНОЖНИК ОСЛАБЛЕННЯ, РІВЕНЬ ЗАВМИРАНЬ, СТІЙКІСТЬ ЗВ'ЯЗКУ, ДІАГРАМА РІВНІВ.

Мета кваліфікаційної роботи полягає в побудові завадостійкої цифрової радіорелейної лінії зв'язку Полтава-Кременчук.

Кваліфікаційна робота присвячена побудові цифрової завадостійкої радіорелейної лінії зв'язку м. Полтава – м. Кременчук. В роботі висвітлено наступні питання: розроблена структурна схема цифрової радіорелейної лінії зв'язку Полтава – Кременчук; проведені розрахунки стійкості зв'язку цифрової радіорелейної лінії; проведені розрахунки нестійкості зв'язку цифрової радіорелейної лінії.





Виконаний літературний огляд компонентів, що входять до системи.

25.05.2022 р.



ЗМІСТ

	С.
ВСТУП.....	7
1 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ЦИФРОВОЇ РАДІОРЕЛЕЙНОЇ ЛІНІЇ ЗВ'ЯЗКУ ПОЛТАВА-КРЕМЕНЧУК.....	9
1.1 Особливості побудови засобів радіорелейного зв'язку прямої видимості.....	9
1.2 Структура РРЛ та методи ретрансляції сигналів.....	11
1.3 Принцип і особливості радіорелейного зв'язку	12
1.4 Особливості побудови схем приймально-передавального обладнання радіолокаційних станцій з частотним мультиплексуванням і частотною модуляцією.	17
1.5 Характеристика регіону побудови радіорелейної лінії зв'язку	22
1.6 Вибір траси цифрової радіорелейної лінії зв'язку.....	23
1.7 Вибір обладнання для цифрової радіорелейної лінії зв'язку	24
1.8 Схеми організації зв'язку цифрової радіорелейної лінії	26
2 РОЗРАХУНОК СТІЙКОСТІ ЗВ'ЯЗКУ ЦИФРОВОЇ РАДІОРЕЛЕЙНОЇ ЛІНІЇ ЗВ'ЯЗКУ	39
2.1 Побудова профілю інтервалів ЦРРЛ.....	39
2.2 Розрахунок мінімально – допустимого множника ослаблення.....	44
2.3 Визначення потужності сигналу на вході приймача.....	46
3 РОЗРАХУНОК НЕСТІЙКОСТІ ЗВ'ЯЗКУ ЦИФРОВОЇ РАДІОРЕЛЕЙНОЇ ЛІНІЇ	48
3.1 Визначення складових нестійкості зв'язку на інтервалах цифрової радіорелейної лінії.....	48

КвРТР.2019025.01.05 ПЗ											
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
		Ковбасюк Д.О			Побудова цифрової заводостійкої радіорелейної лінії зв'язку м. Полтава - м. Кременчук						
		Лужанський В.І.									
		Корецька Л.О.			Пояснювальна записка						
		Мартинюк В.В.									
					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">Лім.</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">Арк.</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">Аркушів</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">56</td> </tr> </table>	Лім.	Арк.	Аркушів	2	2	56
Лім.	Арк.	Аркушів									
2	2	56									
					ХНУ, гр. ТР1с-19-1						

3.1.1	Фактори завмирання сигналів на інтервалах цифрової радіорелейної лінії	48
3.1.2	Розрахунок рівня завмирань через екрануючу дію перешкод на інтервалі ЦРРЛ	49
3.1.3	Розрахунок завмирань через інтерференцію прямої і відбитої хвиль від земної поверхні	52
3.1.4	Визначення рівня завмирань за рахунок інтерференції прямої і відбитих від неоднорідностей тропосфери	54
3.1.5	Визначення рівня завмирань на інтервалі ЦРРЛ через втрату енергії в опадах	55
3.2	Розрахунок складових стійкості зв'язку на всій ЦРРЛ.....	57
3.2.1	Розрахунок стійкості зв'язку на інтервалах ЦРРЛ	57
3.2.2	Розрахунок стійкості зв'язку ЦРРЛ за наявності резервування.....	59
3.2.3	Розрахунок діаграми рівнів на інтервалах ЦРРЛ	60
	ВИСНОВКИ	65
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	66

1 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ЦИФРОВОЇ РАДІОРЕЛЕЙНОЇ ЛІНІЇ ЗВ'ЯЗКУ ПОЛТАВА-КРЕМЕНЧУК

1.1 Особливості побудови засобів радіорелейного зв'язку прямої видимості

Видимі засоби радіозв'язку забезпечують ближній (в межах прямої видимості) зв'язок між наземними радіостанціями. Працюють, як правило, в метровому і дециметровому діапазонах хвиль.

Для забезпечення зв'язку на заданому діапазоні необхідно вибрати висоту приймальної та передавальної антен, а також розрахувати потужність передавача та інші параметри системи, щоб забезпечити задане співвідношення сигнал/шум на вході приймача. розміщуються на щоглах на висоті десяти метрів і більше, майже висота антени в кілька разів перевищує робочу довжину хвилі.

Вони забезпечують високу стабільність зв'язку, оскільки характер поширення радіохвиль слабо залежить від часу доби і року, метеорологічних умов, особливо при роботі на частотах не вище 3 ГГц. Поглинання в атмосфері, як показує практика, відносно невелике. Значне поглинання в осадах, а також молекулярне поглинання спостерігається лише в сантиметровому і коротше діапазонах довжин хвиль. Основними видами радіозавад в метровому і дециметровому діапазонах є космічний шум і внутрішні шуми обладнання, а також перешкоди, створювані іншими радіостанціями. Відносно низька сприйнятливість до перешкод визначається також тим, що на таку систему впливають лише перешкоди, джерела яких знаходяться в межах прямої видимості приймального пристрою системи. З цієї ж причини існують також

					КвРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

певні труднощі у створенні навмисних бар'єрів для таких систем. Захист від шуму також може бути покращений тим, що в розглянутих системах можливе використання спрямованих антен, особливо в системах наземного зв'язку.

У системах зв'язку прямої видимості мультиплікативна перешкода виявляється слабо, оскільки зв'язок здійснюється переважно прямим променем, оскільки на вхід приймача, крім прямого променя, діє сигнал, відбитий від земної поверхні. Важливою особливістю цих систем зв'язку є також те, що вони забезпечують досить надійну передачу інформації на високих швидкостях (до кількох тисяч біт/с), що дуже важливо для високошвидкісного цифрового зв'язку. Також можливе використання в цих системах широкосмугових сигналів, багатоканальних методів передачі інформації, а також налаштування приймально-передавального обладнання в широкому діапазоні частот.

Основним недоліком радіосистем прямої видимості є обмежена дальність дії. Тому на довгих лініях виникає необхідність повторної передачі сигналів.

Радіорелейний зв'язок — це метод забезпечення дальнього багатоканального зв'язку на ультракоротких хвилях, який використовує кілька реле переданого сигналу. Принцип радіорелейного зв'язку полягає в послідовній передачі інформації від однієї кінцевої станції до іншої через ряд проміжних станцій.

Загальні закономірності, що характеризують радіорелейний зв'язок, впливають із багаторазового використання релейної передачі переданого сигналу. Повторна передача переданого сигналу призводить до:

- до накопичення шуму (завад) у каналах і до зниження стабільності зв'язку;
- до накопичення спотворення сигналів, що забезпечують проходження сигналів через обладнання станції;

					КвРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- підвищити нестабільність середньої частоти величини, що впливає на приймач кінцевої станції;
- до працездатності радіорелейної лінії.

1.2 Структура радіорелейної станції та методи ретрансляції сигналів

Під структурою радіорелейних станцій розуміють склад станційного обладнання та спосіб взаємодії, що забезпечують виконання покладених на них функціональних завдань.

Усі станції радіорелейної лінії поділяються на два типи кінцеві та проміжні.

Завданням кінцевих станцій є формування багатоканальних групових сигналів, їх перетворення в радіосигнал і передача його на найближчу проміжну станцію, а також прийом радіосигналу з цієї станції, перетворення його в груповий багатоканальний сигнал і демодуляція цього сигналу.

Відповідно, до кінцевим станціям стосуються пломбіровочного обладнання, передатчика і приймача УКВ, антенно-фідерної системи та пристрою електропитання всього обладнання станцій.

Склад проміжних станцій залежить від способу ретрансляції сигналу. Ретрансляція сигналів може бути сформована на високій або проміжній частоті - ретрансляція без демодуляції сигналів; по груповому спектру частот - з однієї ступеня демодуляції сигналів; на спектрі окремих каналів - з двома етапами демодуляції сигналу. На довгій лінії, як правило, використовуються всі три типу реле.

					КвРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При ретрансляції на високій частоті сигнал, який приймається з одного напрямку зв'язку, посилюється на станції для компенсації згасання на шляху зв'язку, а потім випромінюється у напрямку наступної станції.

Найчастіше використовують реле без демодуляції сигналу, тобто. реле на проміжній частоті Сигнал високої частоти перетворюється на напругу проміжної частоти, на якому він піддається основному посиленню, а потім знову перетворюється на напругу високої частоти, що подається на антену, що працює у напрямку наступної станції.

Ретрансляція на високих або середніх частотах використовується лише на станціях, де не потрібне розгалуження каналів зв'язку.

При передачі сигналу по груповому частотному спектру, тобто на одному етапі демодуляції сигналу, УКХ-радіосигнал, прийнятий приймачем з одного напрямку зв'язку, виноситься в груповий спектр і передається на УКХ-передавач, що працює в іншому напрямку і на різну частота зв'язку. При цьому для прийому і передачі сигналів не потрібні спеціальні приймальні і передавальні пристрої, оскільки можна використовувати ті ж приймачі і передавачі, встановлені на кінцевих станціях.

При ретрансляції по групових частотах також виключається безпосередній відбір інформації з частини каналів, що приймаються. Однак процес відбору можна здійснити відносно просто за допомогою обладнання для вибору каналів, підключеного до передавачів і приймачів цих станцій.

При передачі сигналів по спектрах окремих каналів, окрім приймачів і передавачів, що працюють у двох напрямках зв'язку, для кожного напрямку зв'язку слід використовувати мультиплексоване обладнання. Ретрансляція сигналів забезпечується шляхом з'єднання між собою входів і виходів

					КвРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

компресійного обладнання різних напрямків зв'язку. Такий зв'язок називається низькочастотним транзитом.

При повторній передачі сигналів по окремих каналах відбувається їх максимальне скручування, оскільки на лінії вони кілька разів піддаються повній демодуляції і перемодуляції.

1.3 Принцип і особливості радіорелейного зв'язку

Радіорелейний зв'язок - це радіозв'язок у діапазоні УКХ, заснований на передачі сигналів, що передаються земною хвилею.

Радіорелейний зв'язок – ефективний вид зв'язку, що забезпечує передачу великої кількості різноманітної інформації на велику відстань при відносно невеликому терміні планування та побудови ліній зв'язку.

Радіорелейний зв'язок організовується шляхом побудови радіорелейної лінії зв'язку.

Радіорелейна лінія – це група приймально-передавальних станцій, розташованих на землі на відстані прямої геометричної видимості їх антенних систем, через які послідовно проходять сигнали, несучи інформацію, що передається споживачами (абонентами). Кінцеві станції, як правило, розташовуються в пунктах, між якими організовується зв'язок.

Проміжні станції розташовані більш-менш рівномірно (залежно від місцевості) між кінцевими радіорелейними станціями. Відстань між сусідніми станціями називається інтервалом зв'язку. Якщо на радіорелейній лінії N станцій, то кількість інтервалів буде $M = N - 1$. Довжина одного інтервалу зв'язку, як правило, дорівнює прямій видимості між антенами сусідніх станцій.

					КвРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кінцеві станції передають і приймають сигнали з одного напрямку зв'язку, а проміжні станції приймають і передають сигнали в двох напрямках - від попередньої і від наступної станції.

Особливості радіорелейного зв'язку:

- у використанні тільки УКХ діапазону;
- у можливості організації багатоканального зв'язку та передачі будь-яких сигналів, як вузькосмугових, так і широкосмугових;
- у забезпеченні двостороннього (дуплексного) зв'язку між споживачами каналів (абонентами); в можливості створення чотирипровідних і двопровідних виходів каналів зв'язку;
- у широкому застосуванні ретрансляції сигналів для організації зв'язку на великі відстані.

Переваги радіорелейного зв'язку:

- швидке розгортання ліній зв'язку за відносно невеликих фінансових вкладень;
- можливість безперешкодного проходження мережі над автомобільними дорогами, над водними поверхнями;
- Висока рентабельність експлуатації радіорелейних мереж;
- Мінімальна вартість експлуатації мереж;
- ефективна організація якісного зв'язку у складних географічних та кліматичних умовах;
- багатofункціональне використання каналів зв'язку для передачі голосової та відеоінформації, електронних документів, надання доступу до мережі Інтернет;
- ефективне використання смуги частот;

					КвРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- відновлення зв'язку у районах стихійних лих під час проведення аварійно-рятувальних робіт.

- велика дальність зв'язку при відносно невеликій потужності передавача;
- якісні канали зв'язку;
- велика кількість каналів;
- незначні терміни організації зв'язку;
- можливість організації зв'язку через складні ділянки;
- невелика залежність від погодних умов.

RRS класифікується за такими ознаками:

- швидкість передачі (швидкісна, середньошвидкісна, низькошвидкісна);
- пропускна здатність радіорелейної лінії (велика ємність, середньої потужності, малоканална);
- за кількістю рейсів - одноланкові, багатоланкові.

RRS може працювати в одному з трьох режимів: - підсумковий; - проміжний; - вузол.

Недоліки радіорелейного зв'язку:

- значна залежність від рельєфу;
- можливість перехоплення інформації та створення навмисних перешкод;
- мала радіус дії одноінтервальних радіорелейних ліній;
- великі габарити антенно-фідерних пристроїв, що вимагають спеціальних місць для розгортання

Структура радіорелейного зв'язку

Радіорелейний зв'язок організовується шляхом побудови радіорелейної лінії зв'язку.

					КвРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Радіорелейна лінія – це група приймально-передавальних станцій, розташованих на землі на відстані прямої геометричної видимості їх антенних систем, через які послідовно проходять сигнали, несучи інформацію, що передається споживачами (абонентами). З цієї групи станцій дві станції є кінцевими, а решта – проміжними. Кінцеві станції, як правило, розташовуються в пунктах, між якими організовується зв'язок.

Функції приймального обладнання

Функції приймального обладнання радіорелейної лінії наступні:

а) для пристроїв передачі:

- генерування надвисоких частотних коливань;
- модуляція цих коливань відповідно до сигналів, що передаються

б) для приймальних пристроїв:

- підсилення та перетворення коливань, що надходять в антену;
- демодуляція та посилення демодульованих сигналів.

Склад і призначення основного обладнання радіолокаційної станції

Склад обладнання радіорелейних станцій та взаємодія їх основних елементів визначається функціональними завданнями, які виконує ця станція, та режимами її роботи.

За складом, функціональним призначенням і режимами роботи РРС поділяють на три види: кінцеві, проміжні та універсальні.

Кінцеві станції призначені для формування багатоканальних сигналів, перетворення їх у радіосигнал шляхом модуляції, передачі радіосигналу на найближчу проміжну станцію, демодуляції та перетворення в багатоканальний сигнал і розподілу по окремих каналах.

					КвРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проміжні станції забезпечують ретрансляцію сигналів на високій або низькій частоті і тому включають подвійний комплект обладнання. Вони не можуть мати частини елементів, необхідних для кінцевої станції.

Універсальні станції, до складу яких входить більшість мобільних військових станцій, можуть виконувати роль як термінальних, так і проміжних, а тому вони включають два напівкомплекти повного обладнання.

Один напівкомплект включає наступні основні функціональні елементи:

- комутаційне обладнання;
- низькочастотне обладнання, яким є ущільнювальне обладнання або обладнання для каналізації;
- високочастотне обладнання, що включає передавач, приймач і антенно-фідерні пристрої з елементами частотної розв'язки;
- джерела живлення для всієї станції.

Комутаційне обладнання призначене для з'єднання і координації каналів з кінцевим обладнанням і між собою.

Обладнання мультиплексування є основним обладнанням для каналізації, формування багатоканального сигналу під час передачі та розподілу каналів під час прийому. У радіостанціях з частотним розподілом каналів використовується типове обладнання для герметизації дротяних і кабельних ліній зв'язку, а в радіорелейних станціях з розподілом каналів за часом до них належать спеціальні імпульсні та низькочастотні стійки, які виконують функцію герметизації обладнання.

Передавач призначений для безпосереднього перетворення багатоканального сигналу в високочастотний радіосигнал з достатньою потужністю для компенсації загасання в інтервалі наступної проміжної або

					КвРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

кінцевої станції. Потужність передавача не перевищує 4 - 40 Вт і залежить від використовуваного діапазону частот.

Приймач радіорелейної станції призначений для ізоляції та прийому радіосигналу від найближчої станції та перетворення його шляхом демодуляції в багатоканальний сигнал.

Антенно-фідерні пристрої призначені для передачі високочастотних коливань від передавача до антени і формування вузькоспрямованого випромінювання, а також для сприйняття електромагнітної енергії та передачі її на вхід приймача.

Передавач і приймач зазвичай працюють на окремих антенах. Якщо робота ведеться на загальній антені, то для виключення взаємного впливу приймач і передавач підключаються до неї через дуплексер (елемент частотної розв'язки).

Крім того, до ПРС входить контрольно-вимірювальна апаратура, допоміжне та запасне обладнання. Такий склад обладнання універсальних ПРС дає можливість працювати в двох режимах: кінцевому та ретрансляційному.

У кінцевому режимі передплатникам надаються всі канали. Для його виконання достатньо одного напівкомплекту обладнання.

У релейному режимі працюють тільки проміжні станції. Існує два різновиди цього режиму: режим ретрансляції вузла і режим наскрізної ретрансляції (транзитний).

У першому з них частина каналів ретранслюється, частина надається місцевим абонентам; у другому — всі канали ретранслюються.

					КвРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Особливості побудови схем приймально-передавального обладнання радіолокаційних станцій з частотним мультиплексуванням і частотною модуляцією.

Радіорелейні станції з частотним розподілом каналів і частотною модуляцією є одним з основних засобів побудови багатоканальних ліній зв'язку.

Їх основні переваги:

- використання стандартного ущільнювального обладнання, яке використовується для провідних ліній зв'язку.
- можливість включення РРС як вставок у провідні стиснені лінії зв'язку та створення комбінованих каналів;
- використання РРС для дистанційного керування радіопередавачами;
- практично необмежену кількість каналів;
- простота об'єднання частини телефонних каналів в один широкосмуговий канал і використання його для передачі дискретної інформації на високих швидкостях.

Сигнали, що надходять від абонентів в RRS, піддаються двом етапам перетворення. На першому етапі під час передачі окремі спектри сигналів кореспондентів об'єднуються в загальний багатоканальний груповий сигнал. Це робиться в ущільнювальному апараті.

Принцип частотного мультиплексування радіотракту полягає в тому, що вихідні частотні спектри сигналів окремих каналів за допомогою змішувачів, смугових фільтрів і піднесучих передаються в область вищих частот, щоб отримані спектри не перекривалися. .

					КвРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На другому етапі перетворення сформований груповий сигнал використовується для виконання частотної модуляції УКХ-генератора, що входить до складу передавача.

Використання частотної модуляції забезпечує високу завадостійкість зв'язку та виконання основного принципу міжміського зв'язку - збереження постійного кінцевого загасання. При прийомі відбувається зворотне перетворення спектру сигналу.

Сучасне радіорелейне обладнання забезпечує передачу даних між вузлами на відстані до 50 км зі швидкістю від 4 Мбіт/с до 155/311 Мбіт/с і забезпечує різноманітність інтерфейсів та їх комбінацій.

В даний час радіорелейні системи використовуються для з'єднання віддалених об'єктів в одну мережу, коли немає можливості з'єднати віддалені комп'ютерні мережі в цілому, або прокладання волоконно-оптичних магістралей економічно не вигідно, а також для створення магістральних каналів магістральної мережі для телекомунікацій. операторів. зв'язки. Також вибір радіорелейних ліній зв'язку дає можливість забезпечити взаємодію обладнання телефонної мережі загального користування.

Очевидно, що дві крайні станції перебувають у кінцевому режимі. Проміжним є режим, коли RRS передає всі отримані сигнали далі наступним станціям. Режим RRS називається вузловим, коли станція обслуговує певний вузол зв'язку, коли частина або всі канали RRL передаються цьому вузлу зв'язку, а з вузла замість переданих і виділених передаються до RRL до наступних станцій.

При реалізації лінії радіорелейних ліній зв'язку визначаються кінцеві точки, між якими необхідно побудувати лінію передачі. На першому етапі необхідно детально вивчити трасу радіорелейної лінії зв'язку. Це завдання

					КвРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виконується, коли спеціальний персонал виїжджає безпосередньо на запланований маршрут або маршрут вивчається за наявними картами.

Під вивченням шляху мається на увазі не тільки виявлення перешкод на прямій видимості. Вибір маршруту також перевіряє наявність вже існуючих станцій RPC та вибирає місця розташування запланованих RPC.

Після визначення місць установки обладнання RPC приступають до побудови профілю траси. Для цього приблизно визначається висота підвісу антен PRS.

Потім вони переходять до польових робіт:

- підтвердження прямої видимості (тест на критичні перешкоди);
- перевірка положення та висоти антен;
- вивчення ґрунту та особливостей рельєфу по трасі;
- наявність місцевого електропостачання;
- вивчення умов поширення хвилі;
- вимірювання рівня перешкод.

Територія вздовж траси має особливості для зйомки впливу на роботу радіорелейної лінії зв'язку.

Земля з пагорбами та невеликими лісами. Якщо у вас є контурні карти, то легко перевірити розташування КПП.

Земля з пагорбами та густими лісами. Важко перевірити місце.

Гірська місцевість. Розташування станцій легко перевіряється, наявність прямої видимості перевіряється оптично.

Рівнини і пустелі. Перевірка проводиться за допомогою висотоміра, навігаційного обладнання або візуально за допомогою переносних опор.

Політ над поверхнею води. Труднощі завжди виникають, коли мова йде про високий коефіцієнт відбиття від поверхні води. Існує велика ймовірність

					КвРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

утворення атмосферного хвилеводу. Відбиття можна усунути, вибравши місце розташування станції, яке захищене від відбитого променя.

Болота. Вони можуть викликати досить сильні відбиття сигналу від землі. Висока ймовірність багатопроменевого поширення. Умови розповсюдження змінюються в залежності від сезону. Критичними періодами є сезони дощів.

Пустелі. Вони можуть викликати відбиток від землі, але пісок має низький коефіцієнт відбиття. Висока ймовірність багатопроменевого поширення, що пов'язано з більшим діапазоном зміни температури.

У всіх випадках значний вплив на роботу радіорелейної лінії зв'язку надають погодні умови – температура навколишнього повітря та інтенсивність опадів.

Через неоднорідність атмосфери радіохвилі поширюються по криволінійній траєкторії, що називається атмосферною рефракцією.

Рефракція є спотворенням траєкторії хвилі через неоднорідний тип будови атмосфери і залежить від показника заломлення. У звичайних атмосферах температура знижується з висотою, тиск падає, а відносна вологість залишається постійною. Це призводить до зменшення діелектричної проникності повітря із збільшенням висоти h .

Зміна висоти h оцінюється вертикальним градієнтом проникнення повітря.

На відрізку радіорелейної лінії значення g_1 змінюються, тому введемо поняття ефективного градієнта g , при якому напруженість електричного поля в точці прийому буде такою ж, як і при реальному значенні g_1 . Для регіонів України середнє значення g становить -12×10^{-8} 1/м.

Для всебічного вивчення профілю маршруту використовуються фізична карта, карта рельєфу, карта ґрунтів та карта кліматичних умов регіону.

					КвРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

На першому етапі проектування радіорелейної лінії зв'язку необхідно визначити трасу прямої видимості, потім вибрати орієнтовні висоти підвісу антени. Після визначення прольоту маршруту переходимо до побудови профілю польоту. Профіль маршруту показує вертикальний розріз місцевості між сусідніми радіорелейними станціями. Розріз місцевості виконано за допомогою топографічних карт. Профіль польоту наноситься в масштабі (по вертикалі - 1:500, по горизонталі - 1:50000).

Наступним кроком є визначення кліматичних умов місцевості для кожної пори року та їх середніх значень - температури повітря та інтенсивності опадів.

Конструкція радіорелейної лінії базується на умовах дотримання стандартів якості лінії в найбільш несприятливих місяці.

При виборі обладнання необхідно враховувати реальну ситуацію щодо електромагнітної сумісності радіотехнічних засобів, що працюють поблизу конкретного маршруту РРЛ. Меншою мірою зайняті діапазони 11 ГГц, 13 ГГц, 15 ГГц. Тому перед вибором обладнання необхідно провести оцінку електромагнітної сумісності, проведену спеціалізованою організацією.

Подальший аналіз і підбір обладнання відповідно до вищенаведених критеріїв слід проводити на основі таких основних характеристик, які в сукупності досить повно відображають можливості обладнання:

- вид та обсяг переданої інформації;
- діапазон частот;
- можливість ефективного використання виділеної смуги частот;
- енергетичні характеристики установки;
- властивості системи телесервісу;
- надійність обладнання;
- вимоги до системи електропостачання.

					КвРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5 Характеристика регіону побудови радіорелейної лінії зв'язку

Цифрова РРЛ Полтава-Кременчук проходить на території Полтавської області. Полтавська область (Полтавщина) – адміністративно-територіальна одиниця України з центром у місті Полтава.. Розташована у середній частині Лівобережної України і, частково, на Правобережній Україні. Більша частина області лежить у межах Придніпровської низовини та Полтавської рівнини.. Рельєф області рівнинний, вона лежить в межах Полтавської рівнини Деївська гора – найвища точка Придніпровської височини.

Поверхня має загальний нахил з півночі-північного сходу на південь-південний захід. Максимальна абсолютна відмітка рельєфу (202,6 м) на лівобережжі області розташована за 5 км на захід від Опішні. На правобережній Придніпровській височині найвища точка поверхні 204 м (вершина горба Деївської гори, що розташована за 4 км на південь від Крюківського району Кременчука). Найнижча точка поверхні Полтавщини – 64 м – берег Кам'янського водосховища.

Клімат визначається розташуванням у помірному кліматичному поясі, тип – помірно-континентальний. Середня температура січня – $-3,7^{\circ}\text{C}$, липня – $+21,4^{\circ}\text{C}$, кількість опадів становить 580 – 480 мм/рік, що випадають переважно влітку у вигляді дощів. Близько 2/3 кількості днів у році панує континентальний підтип повітряних мас із суходолу Євразії, 1/3 днів – морський підтип повітряних мас із північної та центральної Атлантики та внутрішніх морів – Середземного, Чорного, Азовського.

1.6 Вибір траси цифрової радіорелейної лінії зв'язку

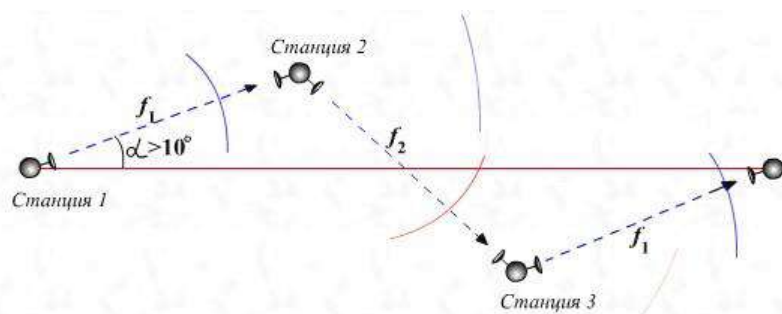
					КвРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Регіон знаходиться в розвинутому машинобудівному регіоні, в якому також присутні ділянки зі складним рельєфом, що не дозволяє прокладання кабелів через економічні міркування.

При виборі трас для РРЛ передбачається зигзагоподібне розташування станцій, для зменшення ймовірності завад. Проміжні станції (ПРС) і кінцеві (КРС), доцільно розташовувати поряд із залізницею, або автомобільними дорогами.

Максимальна довжина прольоту визначається відповідно до технічного завдання організації зв'язку, типом апаратури, підвісом антен. У нашому випадку довжина прольоту не перевищує 60 км.

Повторення через інтервал одних і тих же частот допустимо тому, що в діапазонах дециметрових і сантиметрових хвиль при відсутності прямої видимості між антенами ослаблення потужності сигналу досить велике. Однак за деяких умов поширення радіохвиль, наприклад при підвищеній рефракції, можливий прийом сигналу від станції, віддаленої на три інтервали. Щоб уникнути цього станції РРЛЗ розташовують на ламаній лінії для того, щоб паразитний сигнал додатково сильно послаблювався за рахунок спрямованих властивостей антен.



					КвРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Рисунок 1.1 – Розташування станцій ЦРРЛ для боротьби з паразитними сигналами, що обумовлені підвищеною рефракцією радіохвиль

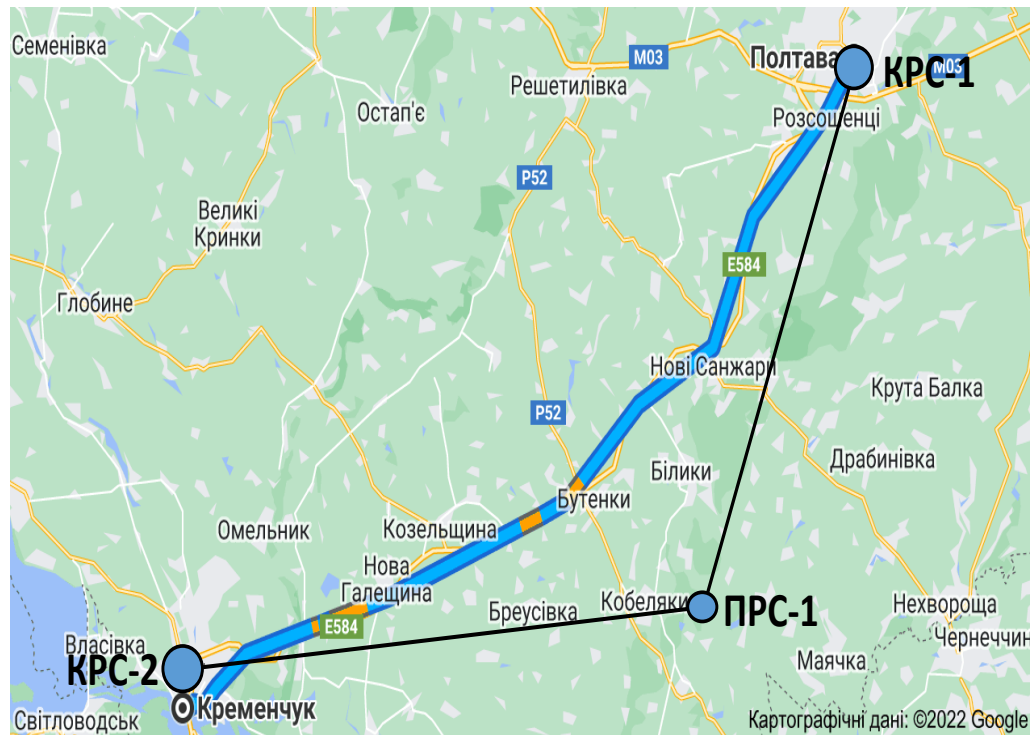


Рисунок 1.2 – Траса цифрової радіорелейної лінії Полтава-Кременчук

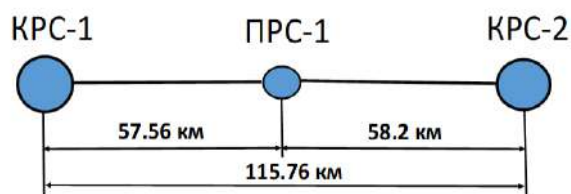


Рисунок 1.3 – Структурна схема цифрової РРЛ.

КРС- 1 – м. Полтава; ПРС- 1 – м. Кобеляки; КРС- 2 – м. Кременчук.

1.7 Вибір обладнання для цифрової радіорелейної лінії зв'язку

Вихідні дані:

					КВРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Довжина ЦРРЛ 115.76 км.
- Цифровий потік інформації 155Мбіт/с.
- Максимальна довжина прольоту РРЛ 58.2 км.
- Число виділених каналів: 10.
- Вертикальний градієнт $g = -9 \cdot 10^{-8}$ 1/м.
- Стандартне відхилення $\sigma = 8 \cdot 10^{-8}$ 1/м.

Таблиця 1.1 – Основні технічні параметри цифрової радіорелейної апаратури

Параметри	Значення
Діапазон частот	3,4 - 4,2ГГц
Демодулятор	цифровий
Потужність передавача	0 – 7 дБВт
Спектр Найквіста	альфа = 0,3
Адаптивний еквалайзер	комбінований квадратурний, 13 отводів
Цифровий стик основного потоку 155Мбіт/с	оптичний G.957 S.-1.1 одномодовий
Напруга живлення постійного струму	20 – 70В
Робоча температура ППУ з антеною	-50...+50С
Робоча температура АСТ	+5...+40С
Порогова чутливість 128 QAM	-97дБВт
Порогова чутливість 64 QAM	-100дБВт
Системна сигнатура (10Е-6)	не гірше 10дБ
Габарити приймача-передавача	277x142x194мм, вага до 5,5 кг
Габарити нижнього обладнання	44x483x301мм, вага до 2,8 кг

Виберемо апаратуру «Радіан - 4». виходячи з обсягу інформації, довжини прольотів, довжини цифрової РРЛ та вимог до завадостійкості.

Технічні характеристики:

- інтегрує SDH та PDH, Інтерфейси E1, E2, E3, STM-1 та Ethernet,
- система забезпечує передачу даних зі швидкістю від 2x2,048 Мбіт/с до 155 Мбіт/с(STM-1).

						КвРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			22

- варіанти резервування 1+0, 1+1, 2+0.
- вид модуляції 128 QAM або 64 QAM.
- завадостійке кодування RS(127,119 x 7).

1.8 Схеми організації зв'язку цифрової радіорелейної лінії

Мультиплексом MX-155- це SDH мультиплексор та призначений для мультиплексування 21 вхідних потоків G.703 2048 кбіт/с (E1) та до 8 потоків Ethernet в потік STM-1 на передавальній стороні та де- мультиплексування їх на приймальній стороні.

Технічні характеристики мультиплексора STM-1:

- Режим роботи мультиплексору: вводу/виходу (Add/Drop) / Термінальний мультиплексор.
- Інтерфейс: оптичний/електричний SDH STM-1 дуплексний до 2-х портів.
- Кількість електричних інтерфейсів 2048 кбіт/с (потоків E1): 21, 42 або 63.
- Кількість електричних інтерфейсів 34368 кбіт/с (потоків E3): 0-3 портів.
- Кількість інтерфейсів Ethernet 10/100 Base-T: 0-8 портів
- Кількість інтерфейсів Ethernet 1000 вита пара/оптичний: 0-2 портів.
- Кількість інтерфейсів ASI 270Мбіт/с : 0-4 портів.
- Робочий діапазон температур 0...+50С.

					КВРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

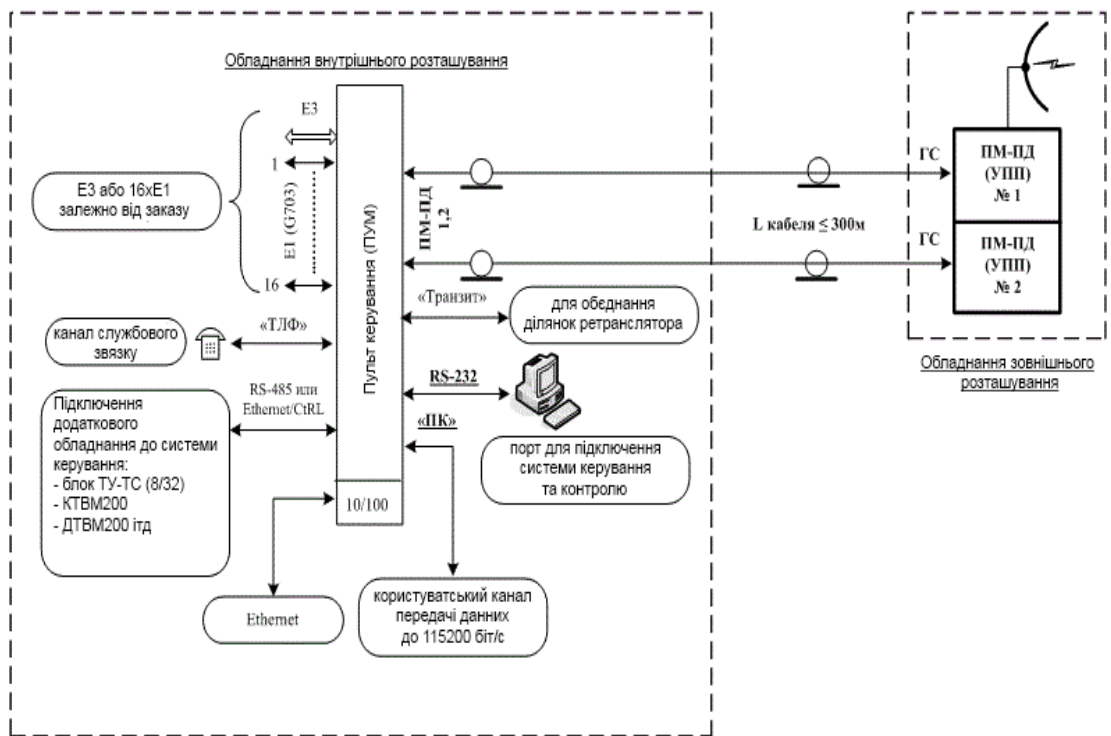


Рисунок 1.4 – Схема включення ЦРРЛ PDH ієрархії (1+1)

ПУМ – пульт управління мультиплексором;

ПМ-ПД – приймач – передавач; ПК – персональний комп'ютер

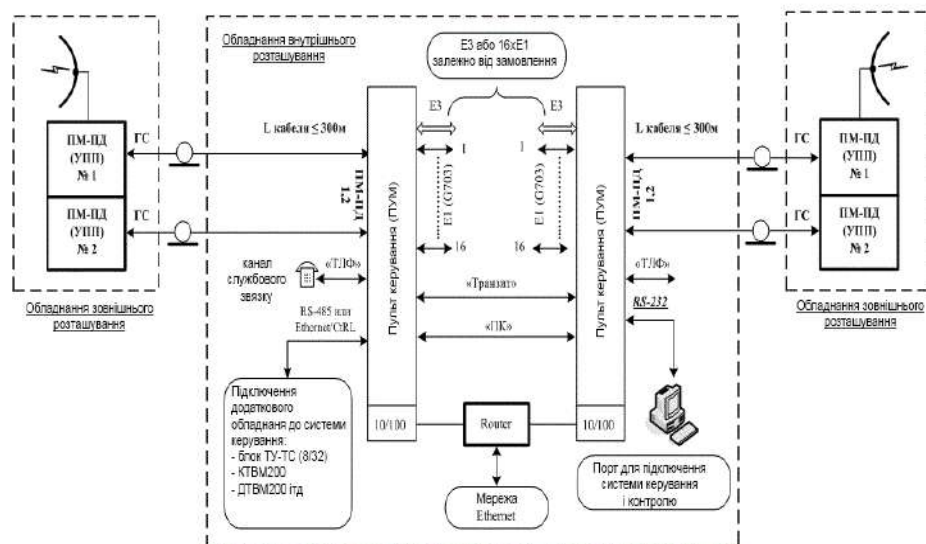


Рисунок 1.5 – Схема включення ПРС ЦРРЛ PDH ієрархії (1+1)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Рисунок 1.6 – Зовнішній вигляд SDH мультиплексорів Радіан

Висновки до першого розділу

1. В кваліфікаційній роботі, відповідно до завдання, побудована цифрова радіорелейна лінія Полтава-Кременчук, довжиною 115,76 км.

2. Радіорелейний зв'язок забезпечує: багатоканальність, високу пропускну здатність, велику дальність зв'язку, дуплексність каналів, низький рівень в них шумів і завад. Обладнання цифрової радіорелейної лінії забезпечує передачу цифрового потоку зі швидкістю 155.52 Мбіт/с при високій завадостійкості ($P_{\text{пом}}=1E-6$).

3. Надійність радіорелейних ліній зв'язку забезпечується застосуванням систем резервування приймально-передавального обладнання, застосуванням резервних частотних стовбурів, регенерацією цифрових потоків інформації на кожній радіорелейній станції, застосуванням завадостійкого кодування, наявністю на кожній радіорелейній станції дизель-генераторів та двох незалежних енергетичних вводів.

4. Будівництво ЦРРЛ є економічно вигідним у зв'язку з невеликими капітальними витратами та неможливістю прокладання волоконно-оптичних ліній зв'язку у відповідних регіонах.

					КвРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

2 РОЗРАХУНОК СТІЙКОСТІ ЗВ'ЯЗКУ ЦИФРОВОЇ РАДІОРЕЛЕЙНОЇ ЛІНІЇ ЗВ'ЯЗКУ

2.1 Побудова профілю інтервалів ЦРРЛ

Умовний нульовий рівень (унр):

$$y_i(k_i) = \frac{R_0^2}{2R_3} \cdot k_i(1-k_i), \quad (2.1)$$

де R_3 - геометричний радіус Землі (6371 км),

R_0 - довжина прольоту, км,

k_i - поточна відносна координата заданої точки.

$$k_i = \frac{R_i}{R_0}, \quad (2.2)$$

де R_i - відстань до поточної точки від лівого кінця прольоту.

Профіль інтервалу визначимо за формулою:

$$y(k_i) = y_i(k_i) + z_i(k_i), \quad (2.3)$$

де $y(k_i)$ - значення опуклості Землі (унр),

$z_i(k_i)$ - значення висот на інтервалі.

					КвРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати розрахунку заносимо в таблицю 2.1, 2.2.. На основі розрахунку будемо профілі інтервалів

Таблиця 2.1 – Розрахунок профілю інтервалу КРС 1 – ПРС 1
(Полтава - Кобеляки)

k_i	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
R_i , км	0	5,7	11,55	17,2	23	28,7	34,5	40,2	46	51,8	57,56
$y(k_i)$, м	0	23,4	41,6	54,6	62,4	65	62,4	54,6	41,6	23,4	0
$z_i(k_i)$, м	110	100	90	85	110	160	190	170	160	149	220
$y_i + z_i$, м	110	123,4	131,6	139,6	172,4	225	252,4	224,6	201,6	172,4	220

Таблиця 2.2 – Розрахунок профілю інтервалу ПРС 1 – КРС- 2
(Кобеляки – Кременчук)

k_i	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
R_i , км	0	5,8	11,6	17,4	23,2	29,1	34,9	40,7	46,5	52,4	58,244
$y(k_i)$, м	0	23,9	42,5	55,9	63,8	66,5	63,8	55,9	42,5	23,9	0
$z_i(k_i)$, м	220	210	210	170	205	200	190	150	170	200	175
$y_i + z_i$, м	220	233,9	252,5	225,9	268,8	266,5	253,8	205,9	212,5	223,9	175

Величина просвіту без урахування рефракції:

$$H(0) = H_0 - \Delta H(\bar{g}), \quad (2.4)$$

де H_0 - критичний просвіт, що визначається за формулою:

$$H_0 = \sqrt{\frac{1}{3} \cdot R_0 \cdot \lambda \cdot k_{mp} \cdot (1 - k_{mp})}, \quad (2.5)$$

де R_0 - довжина прольоту в метрах,

λ - робоча довжина хвилі (для Радіан – 4 $\lambda = 0,085$ м),

k_{mp} - відносна координата найвищої точки профілю прольоту.

КРС 1 – ПРС 1 $k_{mp} = 0,6$.

ПРС 1 – КРС 2 $k_{mp} = 0,4$.

Критичний просвіт КРС 1 – ПРС 1:

$$H_0 = \sqrt{\frac{1}{3} \cdot 57560 \cdot 0,085 \cdot 0,6 \cdot (1 - 0,6)} = 19,68 \text{ м.} \quad (2.6)$$

ПРС 1 – КРС 2:

$$H_0 = \sqrt{\frac{1}{3} \cdot 58240 \cdot 0,085 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,4)} = 19,8 \text{ м.} \quad (2.7)$$

$\Delta H(\bar{g})$ - приріст просвіту, за рахунок явища рефракції:

$$\Delta H(\bar{g}) = \frac{R_0^2}{4} \cdot \bar{g} \cdot k_{mp} \cdot (1 - k_{mp}), \quad (2.8)$$

де \bar{g} - середнє значення вертикального градієнта діелектричної проникності тропосфери ($\bar{g} = 8 \cdot 10^{-8}$, 1/м).

КРС 1 – ПРС 1:

$$\Delta H(\bar{g}) = \frac{(57,56 \cdot 10^3)^2}{4} \cdot 8 \cdot 10^{-8} \cdot 0,6 \cdot (1 - 0,6) = 15,9 \text{ м,} \quad (2.9)$$

					КВРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H(0) = 19,68 - 15,9 = 3,78 \text{ м.} \quad (2.10)$$

ПРС 1 – КРС 2:

$$\Delta H(\bar{g}) = \frac{(58,24 \cdot 10^3)^2}{4} \cdot 8 \cdot 10^{-8} \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,4) = 16,28 \text{ м,} \quad (2.11)$$

З рисунків 2.1, 2.2, знаходимо величину підвісу антен h_1 і h_2 і протяжність перешкоди s , А і В точки підвісу антен, С –початок перешкоди, D –кінець перешкоди.

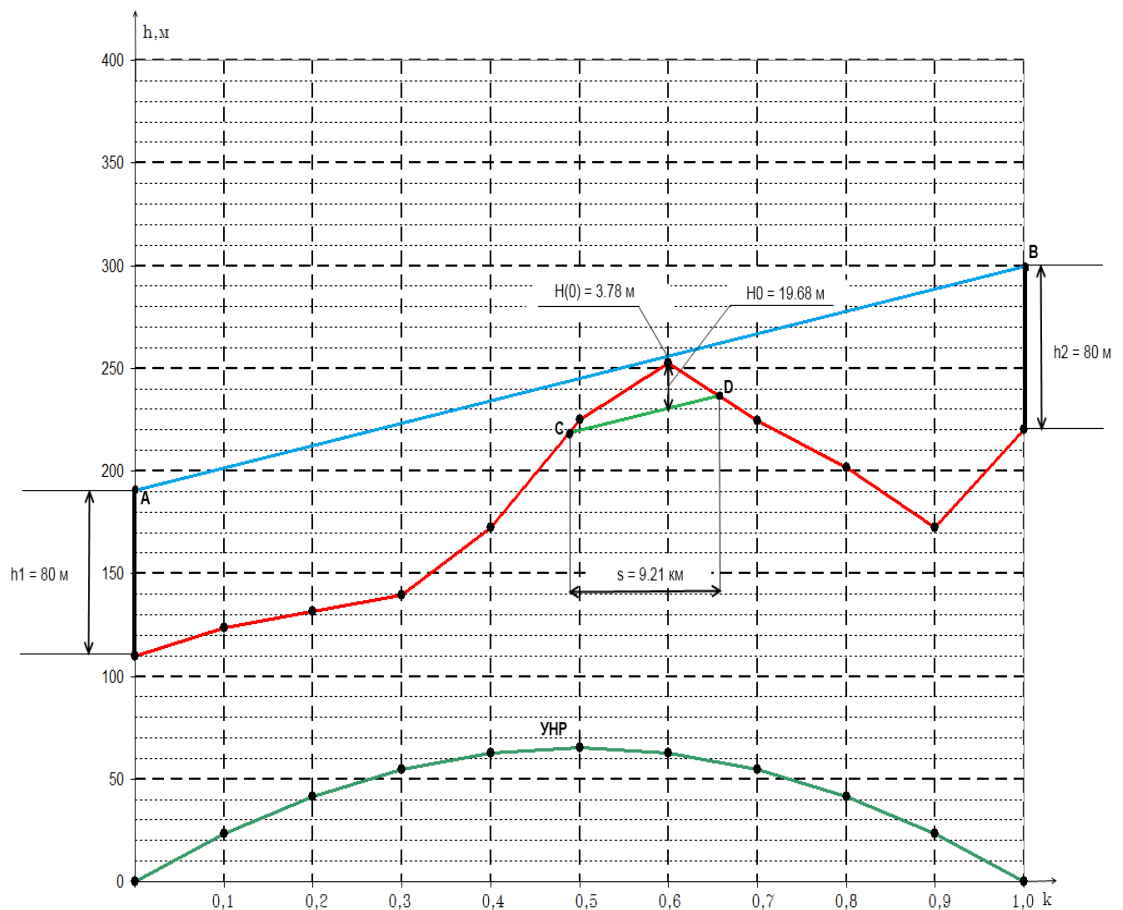


Рисунок 2.1 – Профіль інтервалу КРС 1 – ПРС 1 (Полтава-Кобеляки)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Обчислимо висоти підвісу антен: величину $H(0)$ проведемо від найвищої точки прольоту без урахування рефракції радіохвиль. Проводимо лінію прямої видимості антен через точку так, щоб їх підвіс на обох боках прольоту був приблизно однаковий. Від найвищої точки профілю прольоту відкладемо величину критичний просвіт- H_0 .

Через отриману точку проводимо пряму лінію, яка паралельна лінії прямої видимості антен, по точкам перетину прямої з профілем прольоту визначаємо параметр s , який дорівнює протяжності перешкоди на інтервалі.

Визначимо методом графіки висоти підвісу антен і s параметр:

КРС 1 – ПРС 1 $h_1 = 80$ м, $h_2 = 80$ м, $s = 9,21$ км,

ПРС 1 – КРС 2 $h_1 = 70$ м, $h_2 = 75$ м, $s = 15,14$ км,

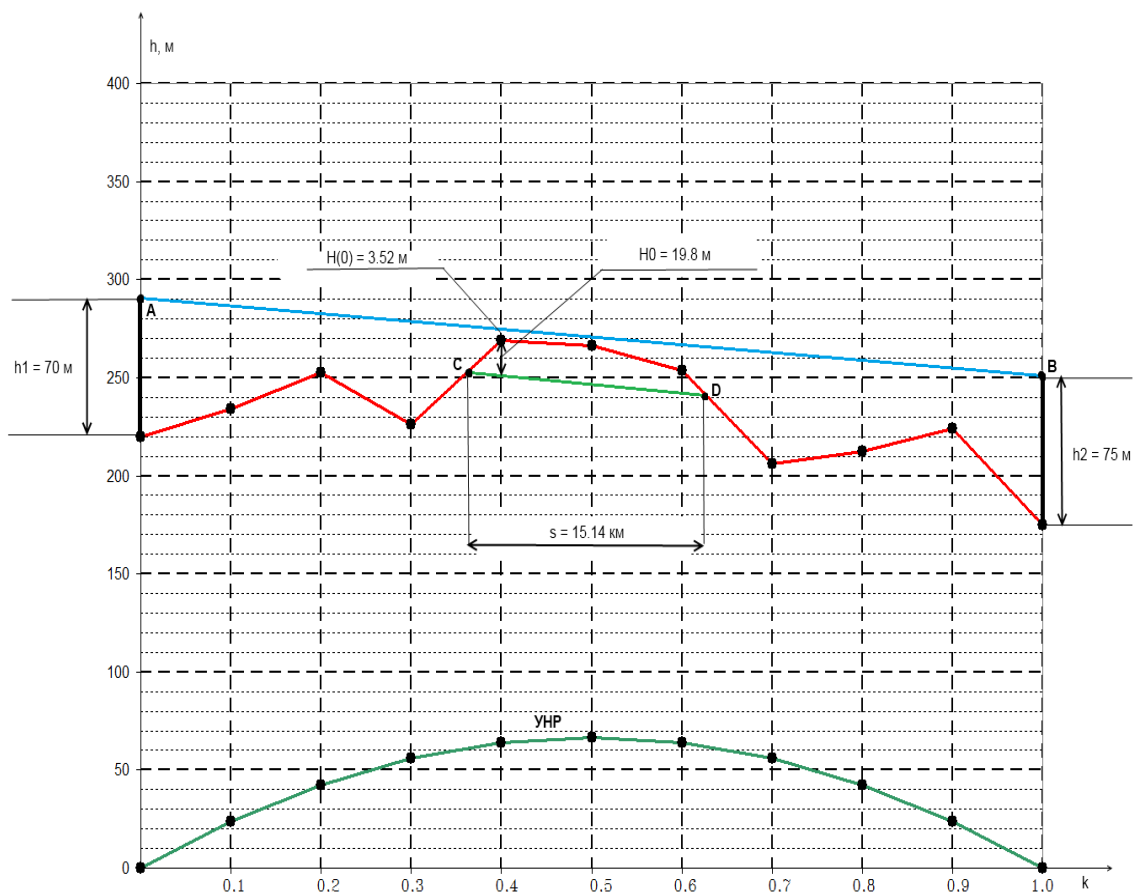


Рисунок 2.2 – Профіль інтервалу ПРС 1 – КРС 2 (Кобеляки - Кременчук)

2.2 Розрахунок мінімально – допустимого множника ослаблення

Розрахунок V_{\min} проводимо за формулою:

$$V_{\min} = P_{\text{нор}} - P_{\text{нд}} + L_0 - G_{\text{нд}} - G_{\text{нр}} + \eta_{\text{нд}} + \eta_{\text{нр}}, \text{ дБ}, \quad (2.12)$$

де $P_{\text{нор}}$ - чутливість приймача (для Радіан – 4 $P_{\text{нор}} = -100$, дБ),

$G_{\text{нд}}, G_{\text{нр}}$ - коефіцієнти підсилення антен,

$$G_{\text{нд}} = G_{\text{нр}} = 45 \text{ дБ}, \quad G_{\text{нд}} = G_{\text{нр}} = 10^{\frac{45}{10}} = 31622.$$

$P_{\text{нд}}$ – потужність передавача.

$P_{\text{нд}} = 7$ дБ, $P_{\text{нд}} = 5$ Вт.

L_0 – загасання сигналу у вільному просторі:

$$L_0 = 20 \lg \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot R_0}{\lambda} \right), \text{ дБ}. \quad (2.13)$$

КРС 1 – ПРС 1:

$$L_0 = 20 \lg \left(\frac{4 \cdot 3,14 \cdot 57560}{0,085} \right) = 138,59 \text{ дБ}, \quad (2.14)$$

$$L_0 = 10^{\frac{138,59}{10}} = 722 \cdot 10^{11}. \quad (2.15)$$

Для ПРС 1 – КРС 2:

					КВРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_0 = 201g\left(\frac{4 \cdot 3,14 \cdot 58240}{0,085}\right) = 138,69 \text{ дБ}, \quad (2.16)$$

$$L_0 = 10^{\frac{138,69}{10}} = 739 \cdot 10^{11}. \quad (2.17)$$

η_{nd}, η_{np} - втрати в антено – фідерних трактах:

$$\eta = h \cdot \alpha, \text{ дБ}, \quad (2.18)$$

де h – висота підвісу антен,

α - коефіцієнт затухання ($\alpha = -0,025$ дБ/м).

КРС 1 – ПРС 1:

$$\eta_{nd} = \eta_{np} = 80 \cdot (-0,025) = -2 \text{ дБ}. \quad (2.19)$$

$$\eta_{nd} = \eta_{np} = 10^{\frac{-2}{10}} = 0,63. \quad (2.20)$$

ПРС 1 – КРС 2:

$$\eta_{nd} = 70 \cdot (-0,025) = -1,75 \text{ дБ}. \quad (2.21)$$

$$\eta_{nd} = 10^{\frac{-1,75}{10}} = 0,66. \quad (2.22)$$

$$\eta_{np} = 75 \cdot (-0,025) = -1,875 \text{ дБ}. \quad (2.23)$$

					КВРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\eta_{np} = 10^{\frac{-1,875}{10}} = 0,64 \quad . \quad (2.24)$$

Знайдемо V_{\min} :

КРС 1 – ПРС 1:

$$V_{\min} = -100 + 7 + 138,59 - 45 - 45 + 2 + 2 = -40,41 \text{ дБ.} \quad (2.25)$$

$$V_{\min} = 10^{0,05 \cdot (-40,41)} = 0,009538. \quad (2.26)$$

ПРС 1 – КРС 2:

$$V_{\min} = -100 + 7 + 138,69 - 45 - 45 + 1,75 + 1,875 = -40,68 \text{ дБ.} \quad (2.27)$$

$$V_{\min} = 10^{0,05 \cdot (-40,68)} = 0,009241. \quad (2.28)$$

2.3 Визначення потужності сигналу на вході приймача

Потужність сигналу на вході приймача:

$$P_{np} = \frac{P_{nd} \cdot G_{nd} \cdot G_{np} \cdot \eta_{nd} \cdot \eta_{np} \cdot V_{\min}^2}{L_0} \text{ Вт.} \quad (2.29)$$

КРС 1 – ПРС 1:

$$P_{np} = \frac{5 \cdot 31622 \cdot 31622 \cdot 0,63 \cdot 0,63 \cdot 0,009538^2}{722 \cdot 10^{11}} = 250,03 \cdot 10^{-11} \text{ Вт.} \quad (2.30)$$

					КВРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{np} = 101g(250,03 \cdot 10^{-11}) = -86,02 \text{ дБ.} \quad (2.31)$$

ПРС 1 – КРС 2:

$$P_{np} = \frac{5 \cdot 31622 \cdot 31622 \cdot 0,66 \cdot 0,64 \cdot 0,009241^2}{739 \cdot 10^{11}} = 244,04 \cdot 10^{-11} \text{ Вт.} \quad (2.32)$$

$$P_{np} = 101g(244,04 \cdot 10^{-11}) = -86,12 \text{ дБ.} \quad (2.33)$$

Висновки до другого розділу

1. Побудовані профілі інтервалів ЦРРЛ Полтава-Кобеляки-Кременчук.
2. Мінімальний множник ослаблення ЦРРЛ Полтава-Кременчук складає $V_{\min}=0.0093$.
3. Вибрані оптимальні висоти підвісу антен:
 КРС 1 – ПРС 1 ($h_1 = 80 \text{ м}, h_2 = 80 \text{ м}$),
 ПРС 1 – КРС 2 ($h_1 = 70 \text{ м}, h_2 = 75 \text{ м}$).
4. Визначені потужності сигналу на вході приймачів ЦРРЛ Полтава-Кременчук.

					КВРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРАХУНОК НЕСТІЙКОСТІ ЗВ'ЯЗКУ ЦИФРОВОЇ РАДІОРЕЛЕЙНОЇ ЛІНІЇ

3.1 Визначення складових нестійкості зв'язку на інтервалах ЦРРЛ

3.1.1 Фактори завмирання сигналів на інтервалах цифрової радіорелейної лінії

Завмирання сигналів на інтервалах ЦРРЛ пов'язані зі зміною в часі градієнта діелектричної проникності повітря. Для стійкого зв'язку необхідно, щоб множник ослаблення зменшувався до рівня не нижче V_{\min} за винятком малого проміжку часу.

Стійкість зв'язку на інтервалі ЦРРЛ характеризується сумарним відсотком часу, при якому множник ослаблення менше мінімально допустимого:

$$T_{np}(V_{\min}) = T_0(V_{\min}) + \sum_n T_n(V_{\min}) + T_{mp}(V_{\min}) + T_\delta(V_{\min}). \quad (3.1)$$

де $T_0(V_{\min})$ - відсоток часу, при якому множник ослаблення менше мінімального за рахунок екрануючої дії перешкод на інтервалі ЦРРЛ,

$\sum_n T_n(V_{\min})$ - відсоток часу, за який множник ослаблення, менше мінімального внаслідок інтерференції прямої хвилі і хвиль які відбилися від земної, водяної поверхонь,

$T_{mp}(V_{\min})$ - відсоток часу, за який множник ослаблення менше ніж V_{\min} , за рахунок інтерференції прямої хвилі, та відбитої від неоднорідностей тропосфери,

					КвРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$T_0(V_{\min})$ - відсоток часу, за який множник ослаблення менший ніж V_{\min} , через втрати енергії радіохвиль в опадах.

3.1.2 Розрахунок рівня завмирань через екрануючу дію перешкод на інтервалі ЦРРЛ

$T_0(V_{\min})$ - залежить від довжини траси, довжини хвилі, величини просвіту, рельєфу місцевості. Знаходимо після побудови профілю інтервалу в залежності від параметру ψ :

$$\psi = 2,31A(p(\bar{g}) - p(g_0)). \quad (3.2)$$

Параметр А:

$$A = \frac{1}{\delta} \cdot \sqrt{\frac{\lambda_{cp}}{R_0^3 \cdot k \cdot (1-k)}}. \quad (3.3)$$

де δ - відхилення градієнта діелектричної проникності тропосфери(
 $\delta = 8 \cdot 10^{-8} 1/м$).

КРС 1 – ПРС 1:

$$A = \frac{1}{8 \cdot 10^{-8}} \cdot \sqrt{\frac{0,085}{(57,56 \cdot 10^3)^3 \cdot 0,6 \cdot (1-0,6)}} = 0,538675. \quad (3.4)$$

ПРС 1 – КРС 2:

					КВРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A = \frac{1}{8 \cdot 10^{-8}} \cdot \sqrt{\frac{0,085}{(58,24 \cdot 10^3)^3 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,4)}} = 0,5292675. \quad (3.5)$$

$p(\bar{g})$ - відносний просвіт при $g = \bar{g}$;

$$p(\bar{g}) = \frac{H(0) + \Delta H(\bar{g})}{H_0} = 1. \quad (3.6)$$

$p(\bar{g}_0)$ – відносний просвіт на інтервалі, який визначається графічно за рисунком 3.1 залежно від параметру μ :

$$\mu = 2,023 \sqrt{\frac{k^2 \cdot (1 - k^2)}{l^2}}. \quad (3.7)$$

де l - відношення протяжності перешкоди s до протяжності інтервалу R ,

$$l = \frac{s}{R}. \quad (3.8)$$

КРС 1 – ПРС 1:

$$l = \frac{9,21}{57,56} = 0,160006 \quad (3.9)$$

					КВРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$\mu = 2,023 \sqrt{\frac{0,6^2 \cdot (1 - 0,6^2)}{0,160006^2}} = 4,2017. \quad (3.10)$$

ПРС 1 – КРС 2:

$$l = \frac{15,14}{58,24} = 0,259958. \quad (3.11)$$

$$\mu = 2,023 \sqrt{\frac{0,4^2 \cdot (1 - 0,4^2)}{0,259958^2}} = 4,0174. \quad (3.12)$$

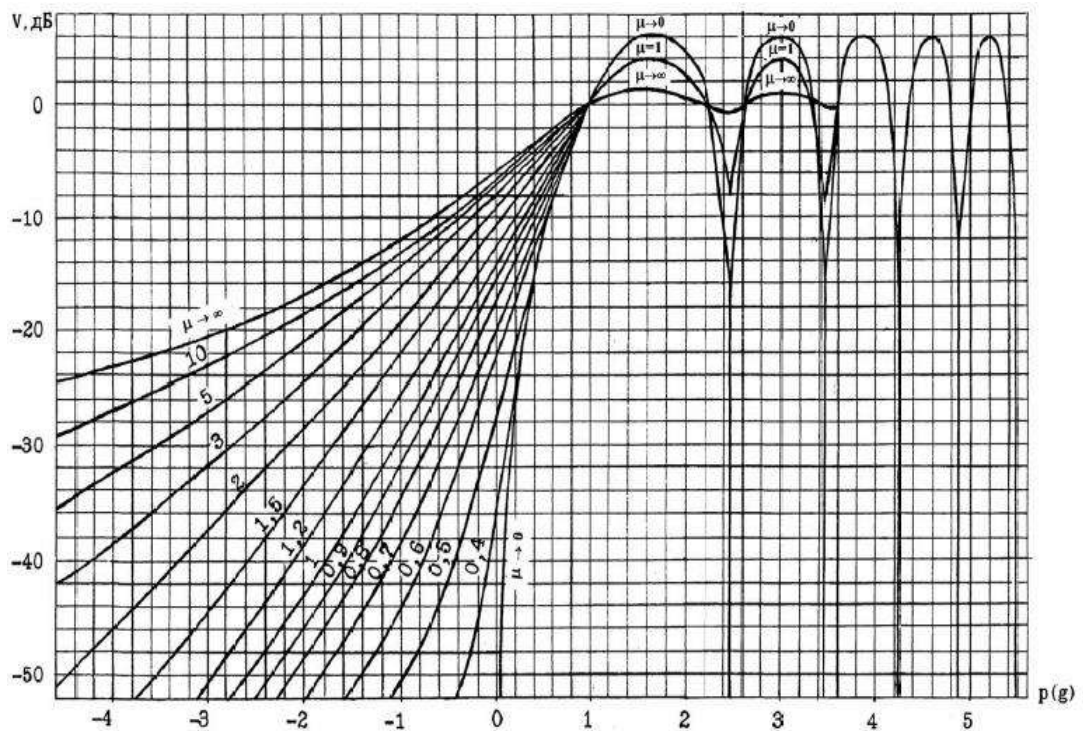


Рисунок 3.1 – Залежність множника ослаблення від відносного просвіту

Значення $p(\bar{g}_0)$ для інтервалів ЦРРЛ:

КРС 1 – ПРС 1:

для $V_{\min} = -40,41$ дБ і $\mu = 4,2017$, $p(\bar{g}_0) = -5,1$.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КВРТР.2019025.01.05 ПЗ

Арк.

38

ПРС 1 – КРС 2:

для $V_{\min} = -40,68$ дБ і $\mu = 4,0174$, $p(\bar{g}_0) = -5$.

Розрахунок параметру ψ для інтервалів ЦРРЛ:

КРС 1 – ПРС 1 :

$$\psi = 2,31 \cdot 0,538675 \cdot (1 + 5,1) = 7,59. \quad (3.13)$$

ПРС 1 – КРС 2 :

$$\psi = 2,31 \cdot 0,5292675 \cdot (1 + 5) = 7,33. \quad (3.14)$$

За рисунку 3.2 визначаємо $T_0(V_{\min})$ для усіх інтервалів ЦРРЛ дорівнюватиме 0,00001%.

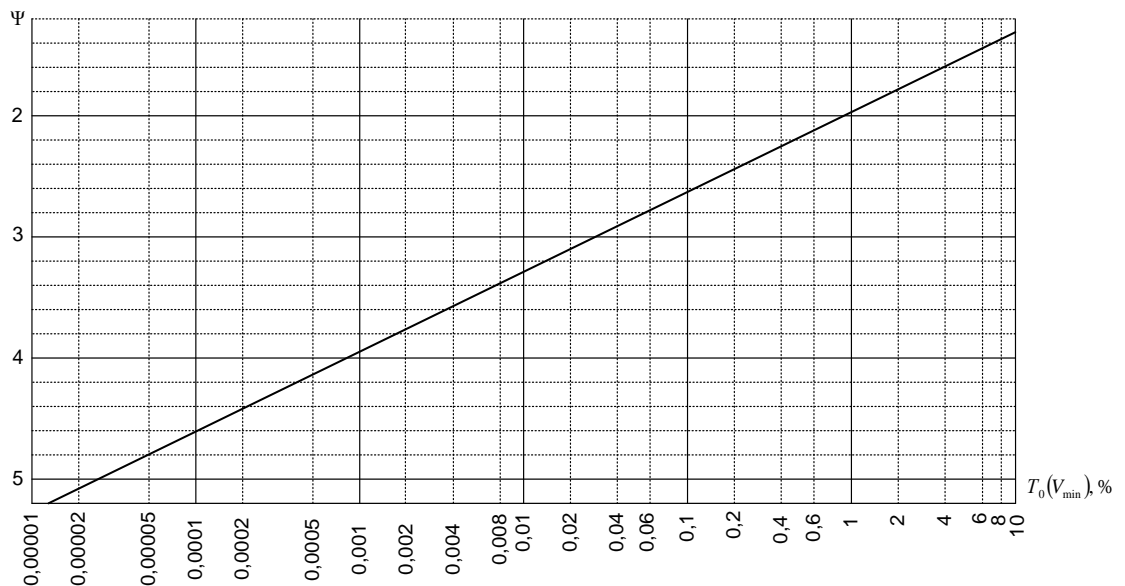


Рисунок 3.2 – Залежність $T_0(V_{\min})$ від параметру ψ

3.1.3 Розрахунок завмирань через інтерференцію прямої і відбитої хвиль від земної поверхні

Розрахунок завмирань через інтерференцію прямої і відбитої хвиль від земної поверхні $\sum_n T_n(V_{\min})$ визначаємо:

$$\sum_n T_n(V_{\min}) = f[p(g), A] \cdot \sqrt{\frac{V_{\min}^2 - (1 - \Phi)^2}{\Phi}} \cdot 100\% \quad (3.15)$$

де $f[p(g), A]$ – двовимірна функція за рисунком 3.3.

Φ - коефіцієнт відбиття від земної поверхні. Для плоского інтервалу $\Phi = 1$, пересічного $\Phi = 0$. Для нашої ЦРРЛ $\Phi = 1$.

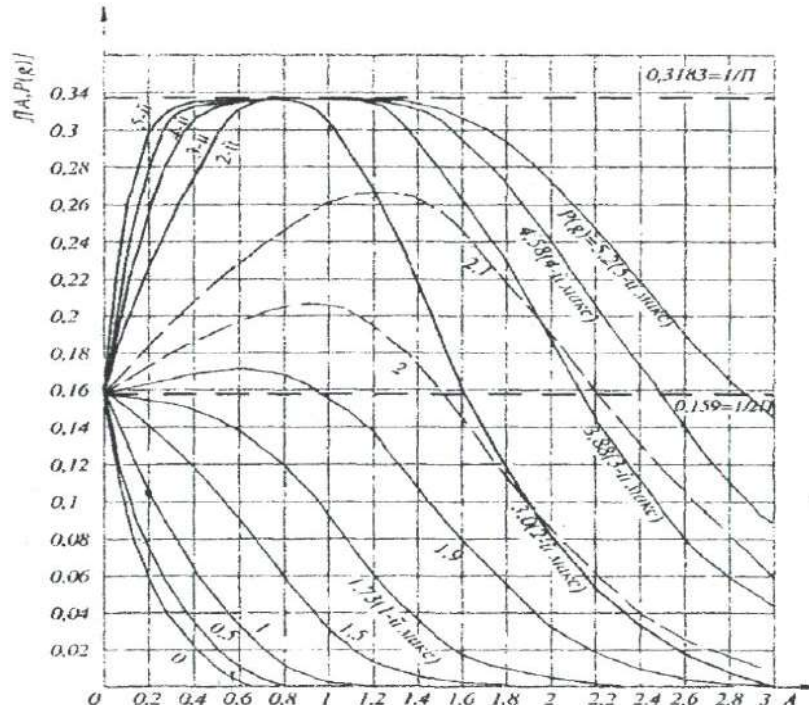


Рисунок 3.3 – Залежності визначення двовимірної функції

КРС 1 – ПРС 1:

Для $p(g)=1$ і $A=0.538675$, $f[p(g),A]=0.044$.

$$\sum_n T_n(V_{\min}) = 0,044 \cdot \sqrt{\frac{0,009538^2 - (1-1)^2}{1}} \cdot 100\% = 0,000419675\% . \quad (3.16)$$

ПРС 1 – КРС 2:

Для $p(g)=1$ і $A=0.5292675$, $f[p(g),A]=0.045$.

$$\sum_n T_n(V_{\min}) = 0,045 \cdot \sqrt{\frac{0,009241^2 - (1-1)^2}{1}} \cdot 100\% = 0,000415845\% . \quad (3.17)$$

3.1.4 Визначення рівня завмирань за рахунок інтерференції прямої і відбитих від неоднорідностей тропосфери

$T_{mp}(V_{\min})$ як:

$$T_{mp}(V_{\min}) = V_{\min}^2 \cdot T(\Delta\varepsilon), \quad (3.18)$$

де $T(\Delta\varepsilon)$ - параметр враховуючий ймовірність виникнення багатопроменевих завмирань, обумовлених відбиттям радіохвиль від неоднорідностей тропосфери зі змінами діелектричної проникності повітря $\Delta\varepsilon$:

$$T(\Delta\varepsilon) = 4,1 \cdot 10^{-4} \cdot Q \cdot R_0^2 \cdot \sqrt{f_0^3} \%, \quad (3.19)$$

					КвРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Q - кліматичний коефіцієнт від нуля до одиниці,

R_0 - довжина інтервалу ЦРРЛ,

f_0 - середня робоча частота обладнання ЦРРЛ, в ГГц.

КРС1 – ПРС 1:

$$T(\Delta\varepsilon) = 4,1 \cdot 10^{-4} \cdot 0,01 \cdot 57,56^2 \cdot \sqrt{3,5^3} = 0,088946\%, \quad (3.20)$$

$$T_{mp}(V_{\min}) = 0,009538^2 \cdot 0,088946 = 0,00000809\% . \quad (3.21)$$

ПРС1 – КРС 2:

$$T(\Delta\varepsilon) = 4,1 \cdot 10^{-4} \cdot 0,01 \cdot 58,24^2 \cdot \sqrt{3,5^3} = 0,09106\%, \quad (3.22)$$

$$T_{mp}(V_{\min}) = 0,009241^2 \cdot 0,09106 = 0,00000777\% . \quad (3.23)$$

3.1.5 Визначення рівня завмирань на інтервалі ЦРРЛ через втрату енергії в опадах

Завмирання радіохвиль на ЦРРЛ через ослаблення в опадах та деполяризацію, посилюються на частотах від 8 ГГц і вище. Для визначення рівня завмирань за відомим V_{\min} визначають мінімальну інтенсивність дощів $I_{\text{дод}}$, для кожного з інтервалів ЦРРЛ (рис. 3.4).

					КвРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

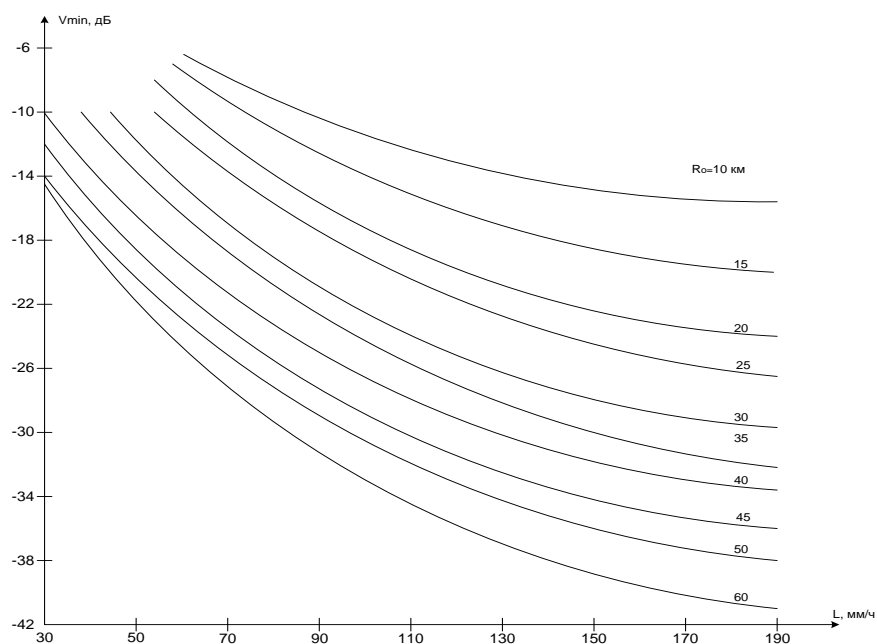


Рисунок 3.4 – Залежність допустимої інтенсивності дощів від довжини інтервалу ЦРРЛ і V_{\min} .

За рисунком 3.4:

КРС 1 – ПРС 1:

Для $R = 57,56$ км і $V_{\min} = -40,41$ дБ, $I_{\text{дод}} = 210$ мм/г.

ПРС 1 – КРС 2:

Для $R = 58,24$ км і $V_{\min} = -40,68$ дБ, $I_{\text{дод}} = 210$ мм/г.

По знайденому $I_{\text{дод}}$ для заданого кліматичного району визначимо відсоток часу $T_{\text{до}}(V_{\min})$ по рис. 3.5.

На рисунку 3.5 номери кривих відповідають регіонам України: 1 – західна, 2 – центральна, 3 – східна.

ЦРРЛ Полтава - Кременчук розташовується в центральній Україні. За рис.3.5 визначимо, що для усіх інтервалів ЦРРЛ $T_{\text{до}}(V_{\min}) = 0,0001\%$.

					КВРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

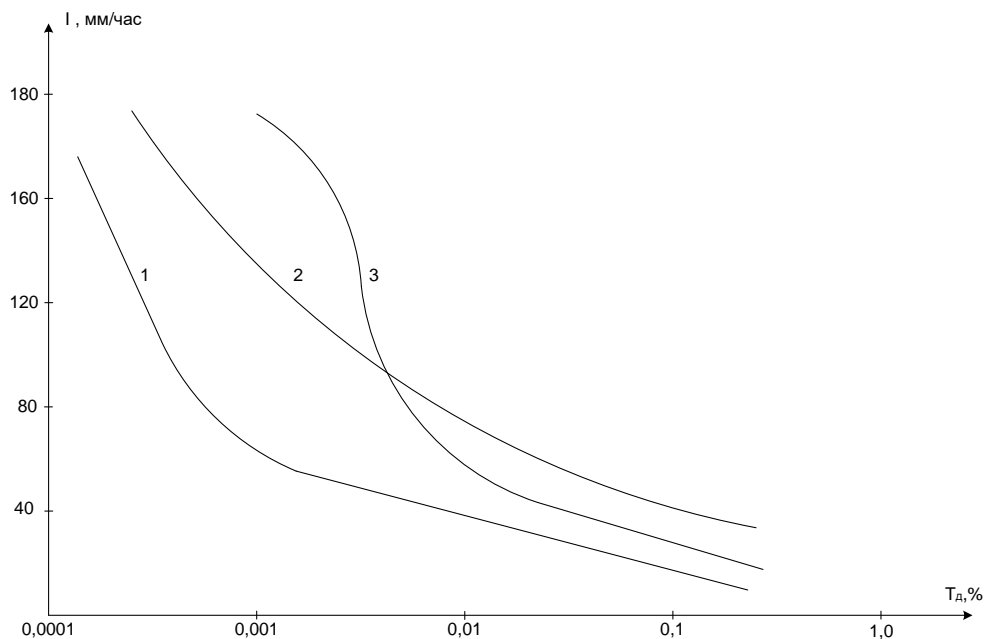


Рисунок 3.5 – Графіки для визначення рівня опадів

Визначимо сумарний відсоток часу завмирання на інтервалі ЦРРЛ:

$$T_{np} = T_0(V_{\min}) + T_{mp}(V_{\min}) + T_n(V_{\min}) + T_{\delta}(V_{\min}), \% \quad (3.24)$$

КРС 1 – ПРС 1:

$$T_{np} = 0,00001 + 0,00000809 + 0,000419675 + 0,0001 = 0,000537\%, \quad (3.25)$$

$$T_{np} = \frac{3600 \cdot 24 \cdot 0,000537\%}{100\%} = 0,4639 \text{ с.} \quad (3.26)$$

ПРС 1 – КРС 2:

$$T_{np} = 0,00001 + 0,00000777 + 0,000415845 + 0,0001 = 0,000533\%, \quad (3.27)$$

$$T_{np} = \frac{3600 \cdot 24 \cdot 0,000533\%}{100\%} = 0,4605 \text{ с.} \quad (3.28)$$

Розраховуємо сумарне T_{np} для ЦРРЛ:

$$T_{nrc} = 0,000537 + 0,000533 = 0,00107\%. \quad (3.29)$$

Враховуючи, що 3600с це 100%, визначимо T_{nrc} на добу:

$$T_{nrc} = 3600 \cdot 24 \cdot 0,00107\% / 100\% = 0,92 \text{ с.} \quad (3.30)$$

3.2 Розрахунок складових стійкості зв'язку на всій ЦРРЛ

3.2.1 Розрахунок стійкості зв'язку на інтервалах ЦРРЛ

Час, за який не виконується нормована стійкість зв'язку ЦРРЛ:

$$T_{оч}(V_{\min}) = \sum_1^n T_{np}(V_{\min}) \%. \quad (3.31)$$

КРС 1 – ПРС 1:

$$T_{оч}(V_{\min}) = 2 \cdot 0,000537 = 0,001074\%. \quad (3.32)$$

ПРС 1 – КРС 2:

$$T_{оч}(V_{\min}) = 2 \cdot 0,000533 = 0,001066\%. \quad (3.33)$$

					КВРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначені значення порівняємо з допустимою величиною завмирань (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – нормовані значення $T_{\text{доо}}(V_{\text{min}})$

Ділянка РРЛ	Довжина еталонної ЦРРЛ, км	$T_{\text{доо}}(V_{\text{min}})$, %	Розподіл $T_{\text{доо}}(V_{\text{min}})$ для реальних ліній
Міжнародна мережа	12500	0,06	Пропорційно довжині
Магістральна мережа	2500	0,012	Пропорційно довжині
Внутрішньо-зонова мережа	200-600	0,01-0,012	Незалежно від довжини
Місцева мережа	50-100	0,01	Незалежно від довжини

Цифрова РРЛ Полтава-Кременчук є внутрішньо-зоною мережею, тому $T_{\text{доо}}(V_{\text{min}}) = 0,012\%$,

Оскільки $T_{\text{оч}}(V_{\text{min}}) < T_{\text{доо}}(V_{\text{min}})$, то можемо вважати, що висоти підвісу антен оптимальні. Якщо $T_{\text{оч}}(V_{\text{min}}) > T_{\text{доо}}(V_{\text{min}})$ то в даному випадку необхідно було б провести оптимізацію підвісу антен, зменшуючи їх підвіс, геометричний просвіт на інтервалі. Оскільки норма на стійкість виконується, то використовуємо конфігурацію обладнання 1+0, тобто без резервування.

3.2.2 Розрахунок стійкості зв'язку ЦРРЛ за наявності резервування

Норма стійкості зв'язку виконується, але за умовами проектування потрібно використати конфігурацію 1+1, тобто з наявним резервуванням.

Якщо використовувати посекційну систему резервування, то нестійкість зв'язку ЦРРЛ в межах одного інтервалу:

					КвРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{сек}(V_{\min}) = \sum_1^k T_0(V_{\min}) + C_f \cdot \frac{N+1}{2} \cdot 10^{-2} \times$$

$$\times \left[\sum_1^k T_{mp}(V_{\min}) + \sum_1^k \sum_n T_n(V_{\min}) \right] + \sum_1^k T_{\partial}(V_{\min}), \quad (3.34)$$

де k – кількість інтервалів на ділянці резервування,

N – число робочих стовбурів на прольоті,

C_f - коефіцієнт, який враховує кореляцію рознесених сигналів ($C_f = 1$

.)

У разі просторового рознесення антен, нестійкість на інтервалі:

$$T_{np}(V_{\min}) = T_0(V_{\min}) + \left[\sum_n T_n + T_{mp}(V_{\min}) \right]_H \cdot \left[\sum_n T_n + T_{mp}(V_{\min}) \right]_B + T_{\partial}(V_{\min}). \quad (3.35)$$

$$T_{лин}(V_{\min}) = \sum_1^n T_{np}(V_{\min}) \%, \quad (3.36)$$

де «Н» і «В» відповідають верхній і нижній антенам. На приймальних, передавальних кінцях інтервалів ЦРРЛ встановлюються однакові антени, то:

КРС 1 – ПРС 1:

$$T_{np}(V_{\min}) = 0,00001 + [0 + 0,00000809] \times$$

$$\times [0 + 0,00000809] + 0,0001 = 0,000110000065\% \quad (3.37)$$

ПРС 1 – КРС 2:

					КВРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{np}(V_{\min}) = 0,00001 + [0 + 0,00000777] \times [0 + 0,00000777] + 0,0001 = 0,00011000006\% \quad (3.38)$$

Результати розрахунків показують, що значення $T_{np}(V_{\min})$ з використанням резервування значно краще, ніж без резервування.

3.2.3 Розрахунок діаграми рівнів на інтервалах ЦРРЛ

При проектуванні цифрових радіорелейних ліній зв'язку розраховують середню потужність сигналу на входах приймачів всіх інтервалів ЦРРЛ (потужності при середньому значенні градієнта g). Середні значення рівнів сигналів розраховуються і порівнюються з вимірними:

- для оцінки якості налаштування апаратури і антенно-фідерного тракту;
- для перевірки правильності побудови профілів інтервалів;
- для оцінки точності розташування антен;
- для визначення і підтримки в заданих межах при експлуатації ЦРРЛ енергетичного запасу апаратури на завмирання сигналу, обумовлено як:

$$V_z = P_{cp} - P_{пор}, \quad (3.39)$$

де $P_{пор}$ - порогова потужність сигналу,

P_{cp} - середня потужність сигналу,

$$P_{cp} = P_0 \cdot V_{cp}^2, \quad (3.40)$$

					КВРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де P_0 - потужність сигналу на вході приймача для випадку вільного простору:

$$P_0 = P_{nd} + G_{nd} + G_{np} - L_0 - \eta_{nd} - \eta_{np}, \quad (3.41)$$

де L_0 - загасання у вільному просторі,

η_{nd}, η_{np} - втрати в антено-фідерних трактах,

P_{nd} - потужність сигналу на виході передавача,

G_{nd}, G_{np} - підсилення приймальної і передавальної антен.

Отже P_0 для інтервалів ЦРРЛ:

КРС 1 – ПРС 1:

$$P_0 = 7 + 45 + 45 - 138,59 - 2 - 2 = -45,59 \text{ дБ}. \quad (3.42)$$

ПРС 1 – КРС 2:

$$P_0 = 7 + 45 + 45 - 138,69 - 1,75 - 1,875 = -45,315 \text{ дБ}. \quad (3.43)$$

V_{cp} - значення множника ослаблення при середньому градієнті ($V_{cp} = 25$ дБ),

Знайдемо $p(\bar{g})_{opt}$ за рис. 3.1 залежно від μ та V_{cp} .

КРС 1 – ПРС 1: $p(\bar{g})_{opt} = 2,1$.

ПРС 1 – КРС 2: $p(\bar{g})_{opt} = 2,15$.

Згідно із завданням дипломної роботи необхідно розрахувати діаграми рівнів сигналів для всіх інтервалів проектованої ЦРРЛ, виходячи з цього є необхідність розрахувати P_{cp} та V_z для випадків коли $V = 0$, $V = V_{cp}$, $V = V_{min}$

					КВРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок при $V = 0$:

Для КРС 1 – ПРС 1: $P_{cp} = -45,59$ дБ.

$$V_3 = -45,59 + 100 = 54,41 \text{ дБ.} \quad (3.44)$$

Для ПРС 1 – КРС 2: $P_{cp} = -45,315$ дБ.

$$V_3 = -45,315 + 100 = 54,685 \text{ дБ.} \quad (3.45)$$

Дані розрахунків рівнів сигналів подані в таблицях для подальшої побудови їх діаграми .

Таблиця 3.2 – Розраховані данні діаграми рівнів для інтервалу КРС 1 – ПРС 1

$V_{cp} = 0$ дБ						
$P_{нд}$, дБ	$P_{вх. ант. нд}$, дБ	$P_{вих. ант. нд}$, дБ	$P_{вх. ант. пр}$, дБ	$P_{вих. ант. пр}$, дБ	P_{cp} , дБ	V_3 , дБ
7	5	50	-88,59	-43,59	-45,59	54,41
$V_{cp} = -25$ дБ						
7	5	50	-113,59	-68,59	95,59	4,41
$V_{cp} = V_{min}$						
7	5	50	-129	-84	-126,41	-26,41

Таблиця 3.3 – Розраховані данні діаграми рівнів для інтервалу ПРС 1 – КРС 2

$V_{cp} = 0$ дБ						
$P_{нд}$, дБ	$P_{вх. ант. нд}$, дБ	$P_{вих. ант. нд}$, дБ	$P_{вх. ант. пр}$, дБ	$P_{вих. ант. пр}$, дБ	P_{cp} , дБ	V_3 , дБ
7	5,25	50,25	-88,44	-43,44	-45,315	54,41
$V_{cp} = -25$ дБ						
7	5,25	50,25	-113,44	-68,44	-95,315	4,685
$V_{cp} = V_{min}$						
7	5,25	50,25	-129,12	-84,12	-126,675	-26,675

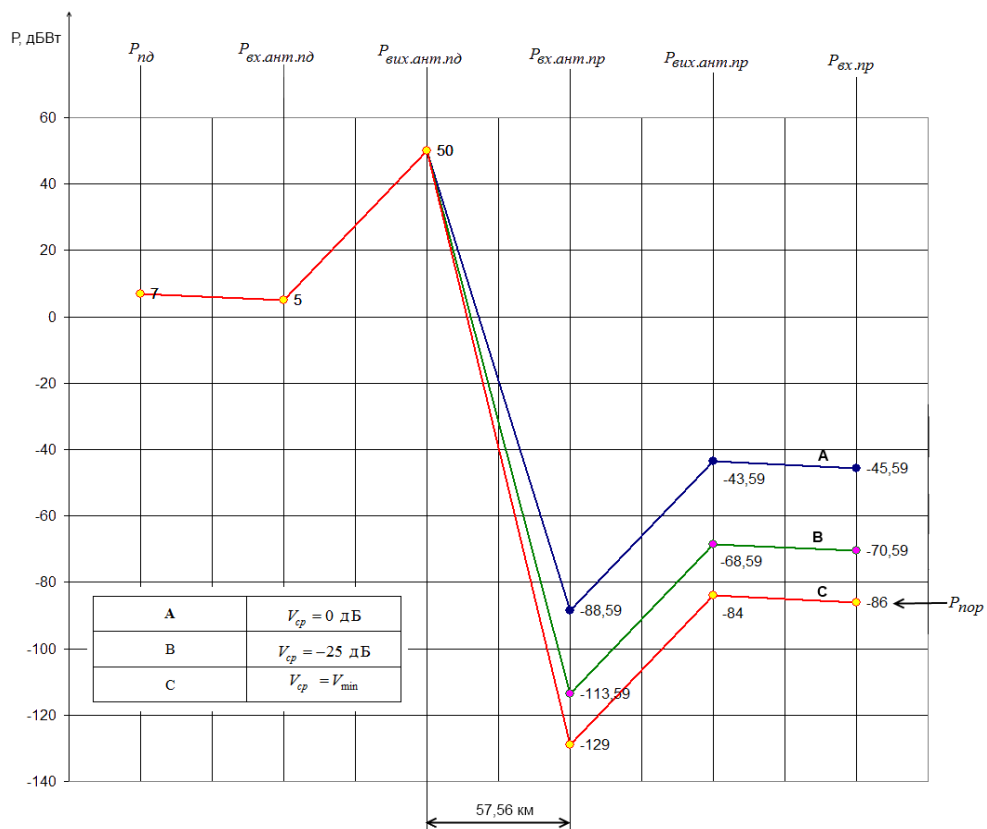


Рисунок 3.6 – Діаграма рівнів сигналів КРС 1 – ПРС1 (Полтава-Кобеляки)

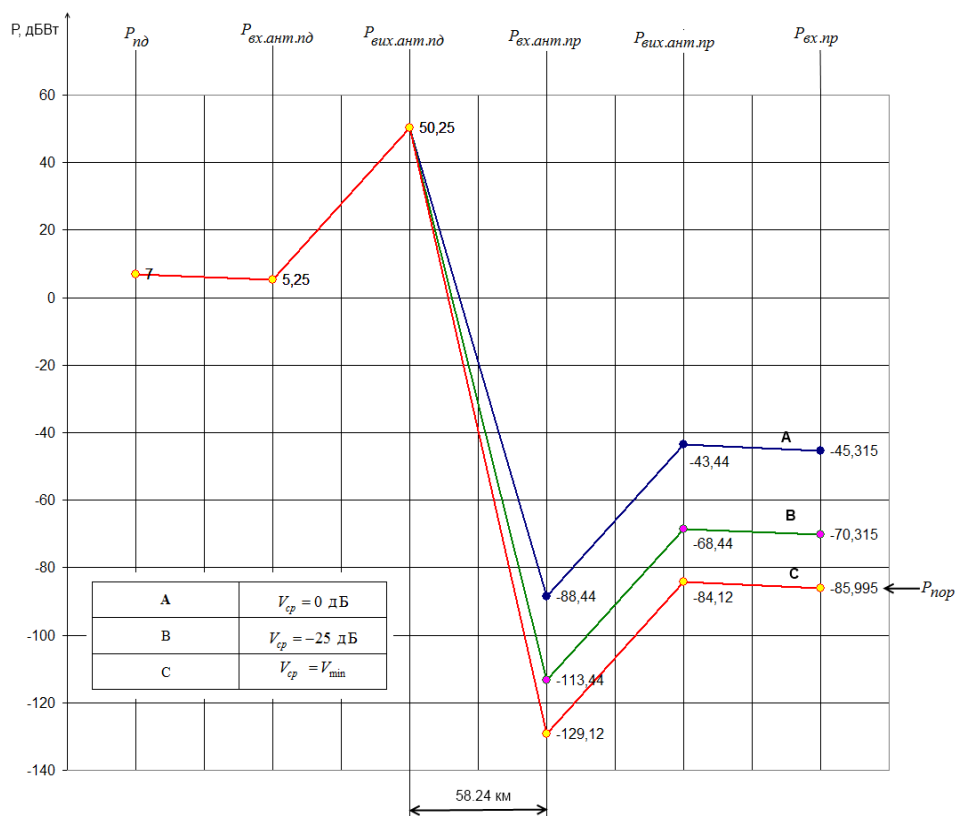


Рисунок 3.7 – Діаграма рівнів сигналів ПРС 1 – КРС2 (Кобеляки-Кременчук)

З рисунків 3.6 – 3.7 виходить, що P_{np} було розраховано правильно, а також забезпечується запас на завмирання, що не перевищує його граничного значення.

Висновки до третього розділу

1. Стійкість зв'язку на інтервалі ЦРРЛ характеризується сумарним відсотком часу, при якому множник ослаблення менше мінімально допустимого.

2. Рівень завмирань через екрануючу дію перешкод на інтервалі ЦРРЛ $T_0(V_{min})$ для усіх інтервалів ЦРРЛ дорівнюватиме 0,00001%.

3. Значення завмирань через інтерференцію прямої і відбитої хвиль від земної поверхні складає $\sum_n T_n(V_{\min}) = 0,000415845\%$.

4. Визначенні рівні завмирань за рахунок інтерференції прямої і відбитих від неоднорідностей тропосфери:

$$\text{КРС1} - \text{ПРС 1} - T_{mp}(V_{\min}) = 0,009538^2 \cdot 0,088946 = 0,00000809\% ;$$

$$\text{ПРС1} - \text{КРС 2} - T_{mp}(V_{\min}) = 0,009241^2 \cdot 0,09106 = 0,00000777\% .$$

5. Розрахована стійкість зв'язку для малих відсотків часу (0,92с на добу).

6. Стійкість зв'язку ЦРРЛ у разі просторового рознесення антен становить:

$$\text{КРС 1} - \text{ПРС 1}; T_{пр}(V_{\min}) = 0,000110000065\%;$$

$$\text{ПРС1-КРС2}; T_{пр}(V_{\min}) = 0,00011000006\%.$$

7. Норма стійкості зв'язку виконується за умовами використання конфігурації 1+1 з наявним резервуванням.

8. Побудована діаграма рівнів сигналів на заданому інтервалі, з якої випливає, що при обраних висотах підвісу антен забезпечується необхідний запас на завмирання, що свідчить про правильність зроблених розрахунків.

					КВРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. В кваліфікаційній роботі, відповідно до завдання, побудована цифрова радіорелейна лінія Полтава-Кременчук, довжиною 115,76 км.

2. Розроблено структурну схему цифрової радіорелейної лінії, що складається з двох інтервалів. Кінцеві та проміжна радіорелейні станції розташовані в населених пунктах, на відстані один від одного не більше 60 км.

3. Зроблено вибір радіотехнічного обладнання, в якості якого запропонована апаратура «Радіан-4». Обладнання цифрової радіорелейної лінії працює в діапазоні частот 3,4-4,2ГГц, забезпечує передачу цифрового потоку зі швидкістю 155.52 Мбіт/с при високій завадостійкості ($P_{\text{пом}}=1E-6$) з малим мінімальним множителем ослаблення ($V_{\text{min}}=0.0093$), інтегрує SDH та PDH, інтерфейси E1, E2, E3, STM-1 та Ethernet,

4. Надійність цифрової радіорелейної лінії зв'язку забезпечується застосуванням систем резервування приймально-передавального обладнання, застосуванням резервних частотних стовбурів, регенерацією цифрових потоків інформації на кожній радіорелейній станції, застосуванням завадостійкого кодування, наявністю на кожній радіорелейній станції дизель-генераторів та двох незалежних енергетичних вводів.

5. Мінімальний множник ослаблення ЦРРЛ складає $V_{\text{min}}=0.0093$.

6. Проведені розрахунки якісних показників ЦРРЛ: вибрані оптимальні висоти підвісу антен(70-80м), розрахована стійкість зв'язку для малих відсотків часу(0,92с на добу).

7. Рівень завмирань через екрануючу дію перешкод на інтервалі ЦРРЛ $T_0(V_{\text{min}})$ для усіх інтервалів ЦРРЛ дорівнюватиме 0,00001%.

					КвРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

8. Значення завмирань через інтерференцію прямої і відбитої хвиль від земної поверхні складає $\sum_n T_n(V_{\min})=0,000415845\%$.

9. Визначенні рівні завмирань за рахунок інтерференції прямої і відбитих від неоднорідностей тропосфери:

$$\text{КРС1} - \text{ПРС 1} - T_{mp}(V_{\min}) = 0,009538^2 \cdot 0,088946 = 0,00000809\% ;$$

$$\text{ПРС1} - \text{КРС 2} - T_{mp}(V_{\min}) = 0,009241^2 \cdot 0,09106 = 0,00000777\% .$$

10. Стійкість зв'язку ЦРРЛ у разі просторового рознесення антен становить:

$$\text{КРС 1} - \text{ПРС 1}; T_{\text{пр}}(V_{\min})=0,000110000065\%;$$

$$\text{ПРС1-КРС2}: T_{\text{пр}}(V_{\min})=0,00011000006\%.$$

11. Побудована діаграма рівнів сигналів на заданому інтервалі, з якої випливає, що при обраних висотах підвісу антен забезпечується необхідний запас на завмирання, що свідчить про правильність пророблених розрахунків.

					КВРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Телекомунікаційні системи та мережі. Структура й основні функції. Том 1. Електронний підручник, друге видання. // Поповський В.В, Лемешко О.В.; Ковальчук В.К.; Плотніков М.Д.; Картушин Ю.П.; Попонін О.М.; Агеєв Д.В.; Сабурова С.О., Олійник В.Ф., Персіков А.В.; Лошаков В.А. Селіванов К.О. ХНУРЕ, 2018.

2. Якорнов Є.А., Коломицев М.О., Авдєєнко Г.Л., Лаврінєнко О.Ю. Теоретичний аналіз можливості застосування фізичного явища кривизни фазового фронту електромагнітної хвилі в стаціонарних системах радіозв'язку надвисокочастотного діапазону // Вісник НТУУ "КПІ". Сер. Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2012. – № 48. – С. 84–96.

3. Терагерцова телекомунікаційна система широкосмугового радіодоступу із гігабітною пропускнуою здатністю [Електронний ресурс] – 2017 – Режим доступу: <http://report.kpi.ua/uk/0113U001577>

4. План використання радіочастотного ресурсу України [Електронний ресурс] – 2017 – Режим доступу:

5. <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/815-2006-%D0%BF>

6. Кравчук С.О., Наритник Т.М. Телекомунікаційні системи терагерцового діапазону // Монографія.-Житомир.-2014.-394с.

7. НДІ Телекомунікацій [Електронний ресурс] – 2017 – Режим доступу: <http://www.its.kpi.ua/nditk>

8. ДСТУ 3610-97. Радіозв'язок радіорелейний. Терміни та визначення

9. Популярні реферати [Електронний ресурс]: Проектування радіорелейних ліній зв'язку. Режим доступу: <http://refer.in.ua/major/262/87442/>

10. Український УКХ портал [Електронний ресурс]: Карти для визначення висоти місцевості та профіля висот. Режим доступу: <http://vhfdx.at.ua/index/0-6>

11. Популярні реферати [Електронний ресурс]: Розрахунокк рупорно-

					КвРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

параболічної антени. Режим доступу: <http://refer.in.ua/major/262/94696/>

12. Реферат: Оперативно тактичне обґрунтування розробки перспективної радіо-релейної станції. Режим доступу: <http://ua-referat.com>

13. Патент №140040 (Україна). Система забезпечення зв'язку між двома радіорелейними станціями Н04В. 7/14 // Ільченко М. Ю., Якорнов Є.А., Авдеєнко Г. Л., Цуканов О. Ф., Пром. Власність, 2020р., №3.

					КВРТР.2019025.01.05 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57



1. ВИБІР ТРАСИ ЦИФРОВОЇ РАДІОРЕЛЕЙНОЇ ЛІНІЇ ЗВ'ЯЗКУ

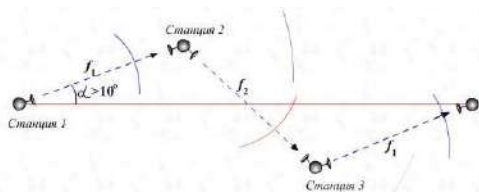
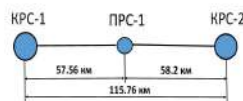


Рис. 1 – Розташування станцій ЦРРЛ для боротьби з паразитними сигналами, що обумовлені підвищеною рефракцією радіохвиль



КРС - 1 – м. Полтава;
 ПРС - 1 – м. Кобеляки;
 КРС - 2 – м. Кременчук.

Рис. 3 – Структурна схема цифрової РРЛ

- Вихідні дані:
- Довжина ЦРРЛ 115.76 км.
 - Цифровий потік інформації 155Мбіт/с.
 - Максимальна довжина прольоту РРЛ 58.2 км.
 - Число виділених каналів: 10.
 - Вертикальний градієнт $g = -9 \cdot 10^{-8}$
 - Стандартне відхилення $\sigma = 8 \cdot 10^{-8}$

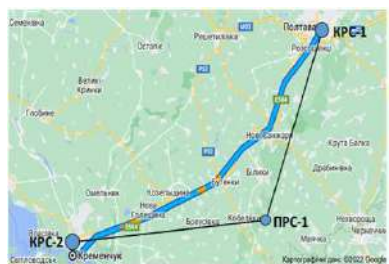


Рис. 2- Траса цифрової радіорелейної лінії м.Полтава - м.Кременчук

Табл. 1 – Основні технічні параметри цифрової радіорелейної апаратури

Параметри	Значення
Діапазон частот	3,4 - 4,2ГГц
Демодулятор	цифровий
Потужність передавача	0 – 7 дБВт
Спектр Найквіста	альфа = 0,3
Адаптивний еквалайзер	комбінований квадратурний, 13 отводів
Цифровий стик основного потоку 155Мбіт/с	оптичний G.957 S.-1.1 одномодовий
Напруга живлення постійного струму	20 – 70В
Робоча температура ППУ з антеною	-50...+50С
Робоча температура АСТ	+5...+40С
Порогова чутливість 128 QAM	-97дБВт
Порогова чутливість 64 QAM	-100дБВт
Системна сигнатура (10Е-6)	не гірше 10дБ
Габарити приймача-передавача	277x142x194мм, вага до 5,5 кг

2. РОЗРАХУНОК СТІЙКОСТІ ЗВ'ЯЗКУ ЦИФРОВОЇ РАДІОРЕЛЕЙНОЇ ЛІНІЇ ЗВ'ЯЗКУ

2.1. Побудова профілю інтервалів ЦРРЛ

Умовний нульовий рівень (унр): $y_i(k_i) = \frac{R_o^2}{2R_z} \cdot k_i(1-k_i)$ (1)

R_z - геометричний радіус Землі (6371 км),

R_i - довжина прольоту, км,

k_i - поточна відносна координата заданої точки. $k_i = \frac{R_i}{R_o}$ (2)

R_i - відстань до поточної точки від лівого кінця прольоту

Профіль інтервалу визначимо за формулою:

$y(k_i) = y_i(k_i) + z_i(k_i)$ (3)

$y(k_i)$ - значення опуклості Землі (унр),

$z_i(k_i)$ - значення висот на інтервалі

Таблиця 1 – Розрахунок профілю інтервалу КРС 1 – ПРС 1 (Полтава - Кобеляки)

k_i	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
R_i , км	0	5,7	11,55	17,2	23	28,7	34,5	40,2	46	51,8	57,56
$y(k_i)$, м	0	23,4	41,6	54,6	62,4	65	62,4	54,6	41,6	23,4	0
$z_i(k_i)$, м	110	100	90	85	110	160	190	170	160	149	220
$y_i + z_i$, м	110	123,4	131,6	139,6	172,4	225	252,4	224,6	201,6	172,4	220

Таблиця 2 – Розрахунок профілю інтервалу ПРС 1 – КРС- 2 (Кобеляки – Кременчук)

k_i	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
R_i , км	0	5,8	11,6	17,4	23,2	29,1	34,9	40,7	46,5	52,4	58,244
$y(k_i)$, м	0	23,9	42,5	55,9	63,8	66,5	63,8	55,9	42,5	23,9	0
$z_i(k_i)$, м	220	210	210	170	205	200	190	150	170	200	175
$y_i + z_i$, м	220	233,9	252,5	225,9	268,8	266,5	253,8	205,9	212,5	223,9	175

2. РОЗРАХУНОК СТІЙКОСТІ ЗВ'ЯЗКУ ЦИФРОВОЇ РАДІОРЕЛЕЙНОЇ ЛІНІЇ ЗВ'ЯЗКУ

Величина просвіту без урахування рефракції:

$$H(0) = H_0 - \Delta H(\bar{g}) \quad (1)$$

де H_0 - критичний просвіт, що визначається за формулою:

$$H_0 = \sqrt{\frac{1}{3} \cdot R_0 \cdot \lambda \cdot k_{mp} \cdot (1 - k_{mp})} \quad (2)$$

де R_0 – довжина прольоту в метрах,
 λ – робоча довжина хвилі (для Радіан – 4 $\lambda=0,085$ м),
 k_{mp} – відносна координата найвищої точки профілю прольоту.

- Критичний просвіт КРС 1 – ПРС 1 $k_{mp} = 0,6$

$$H_0 = \sqrt{\frac{1}{3} \cdot 57560 \cdot 0,085 \cdot 0,6 \cdot (1 - 0,6)} = 19,68 \quad (3)$$

- Критичний просвіт ПРС 1 – КРС 2 $k_{mp} = 0,4$

$$H_0 = \sqrt{\frac{1}{3} \cdot 58240 \cdot 0,085 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,4)} = 19,8 \quad (4)$$

$\Delta H(\bar{g})$ - приріст просвіту, за рахунок явища рефракції:

$$\Delta H(\bar{g}) = \frac{R_0^2}{4} \cdot \bar{g} \cdot k_{mp} \cdot (1 - k_{mp}) \quad (5)$$

- Приріст просвіту КРС 1 – ПРС 1

$$\Delta H(\bar{g}) = \frac{(57,56 \cdot 10^3)^2}{4} \cdot 8 \cdot 10^{-8} \cdot 0,6 \cdot (1 - 0,6) = 15,9 \quad (6)$$

$$H(0) = 19,68 - 15,9 = 3,78 \quad (7)$$

- Приріст просвіту ПРС 1 – КРС 2

$$\Delta H(\bar{g}) = \frac{(58,24 \cdot 10^3)^2}{4} \cdot 8 \cdot 10^{-8} \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,4) = 16,28 \quad (8)$$

Визначення методом графіки висоти підвісу антен h_1 і s параметр:

- величини підвісу антен h_1 і h_2
- протяжність перешкоди s ,
- А і В точки підвісу антен,
- С – початок перешкоди,
- D – кінець перешкоди.

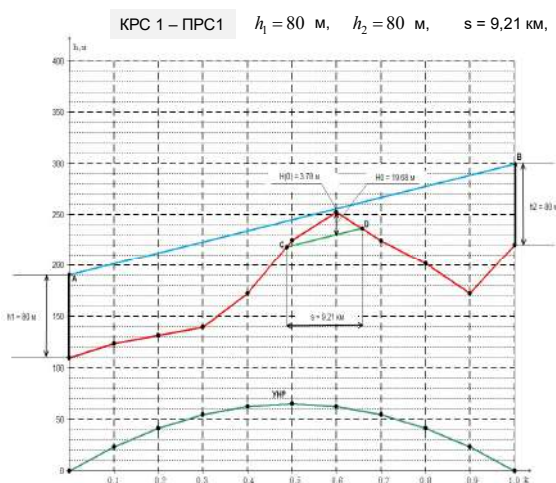


Рис. 1 – Профіль інтервалу КРС 1 – ПРС 1 (Полтава-Кобеляки)

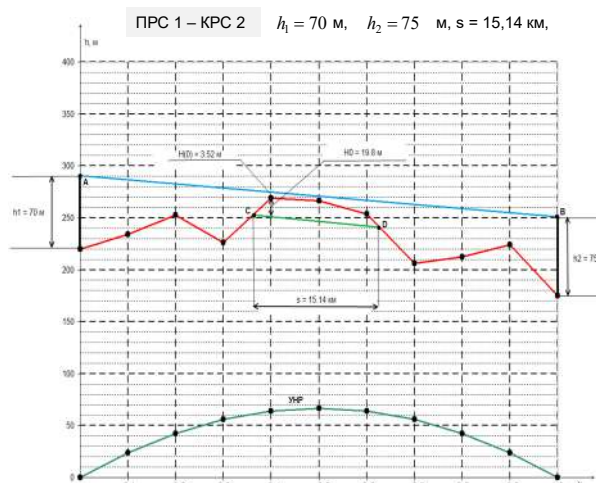


Рис. 2 – Профіль інтервалу ПРС 1 – КРС 2 (Кобеляки – Кременчук)

3. РОЗРАХУНОК НЕСТІЙКОСТІ ЗВ'ЯЗКУ ЦИФРОВОЇ РАДІОРЕЛЕЙНОЇ ЛІНІЇ

1. Визначення складових нестійкості зв'язку на інтервалах ЦРРЛ

Завмирання сигналів на інтервалах ЦРРЛ пов'язані зі зміною в часі градієнта діелектричної проникності повітря. Для стійкого зв'язку необхідно, щоб множник ослаблення зменшувався до рівня не нижче V_{\min} за винятком малого проміжку часу.

Стійкість зв'язку на інтервалі ЦРРЛ:

$$T_{np}(V_{\min}) = T_0(V_{\min}) + \sum_n T_n(V_{\min}) + T_{mp}(V_{\min}) + T_o(V_{\min}) \quad (1)$$

$T_0(V_{\min})$ - відсоток часу, при якому множник ослаблення менше мінімального за рахунок екрануючої дії перешкод на інтервалі ЦРРЛ,

$\sum_n T_n(V_{\min})$ - відсоток часу, за який множник ослаблення, менше мінімального внаслідок інтерференції прямої хвилі і хвилі які відбилися від земної, водної поверхонь,

$T_{mp}(V_{\min})$ - відсоток часу, за який множник ослаблення менше ніж V_{\min} , за рахунок інтерференції прямої хвилі, та відбитої від неоднорідностей тропосфери,

$T_o(V_{\min})$ - відсоток часу, за який множник ослаблення менший ніж V_{\min} , через втрати енергії радіохвиль в опадах.

2. Розрахунок рівня завмирань через екрануючу дію перешкод на інтервалі ЦРРЛ

$$\sum_n T_n(V_{\min}) = f[p(g), A] \cdot \sqrt{\frac{V_{\min}^2 - (1 - \Phi)^2}{\Phi}} \cdot 100\% \quad (2)$$

$f[p(g), A]$ - двовимірна функція за рис. 1

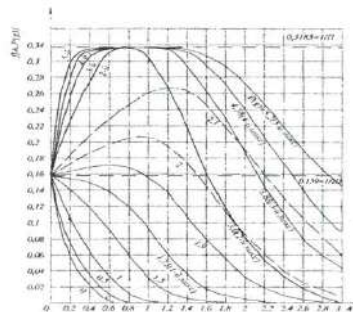


Рис. 1 – Залежності визначення двовимірної функції

КРС 1 – ПРС 1: (3)

$$\sum_n T_n(V_{\min}) = 0,044 \cdot \sqrt{\frac{0,009538^2 - (1-1)^2}{1}} \cdot 100\% = 0,000419675\%$$

ПРС 1 – КРС 2: (4)

$$\sum_n T_n(V_{\min}) = 0,045 \cdot \sqrt{\frac{0,009241^2 - (1-1)^2}{1}} \cdot 100\% = 0,000415845\%$$

3. Визначення рівня завмирань за рахунок інтерференції прямої і відбитих від неоднорідностей тропосфери

$$T_{mp}(V_{\min}) = V_{\min}^2 \cdot T(\Delta\varepsilon) \quad (1)$$

де $T(\Delta\varepsilon)$ - параметр враховуючий ймовірність виникнення багатопроменевих завмирань, обумовлених відбиттям радіохвиль від неоднорідностей тропосфери зі змінами діелектричної проникності повітря $\Delta\varepsilon$:

$$T(\Delta\varepsilon) = 4,1 \cdot 10^{-4} \cdot Q \cdot R_0^2 \cdot \sqrt{f_0^3} \quad (2)$$

Q - кліматичний коефіцієнт від нуля до одиниці,
 R_0 - довжина інтервалу ЦРРЛ,
 f_0 - середня робоча частота обладнання ЦРРЛ, в ГГц.

КРС 1 – ПРС 1: $T(\Delta\varepsilon) = 4,1 \cdot 10^{-4} \cdot 0,01 \cdot 57,56^2 \cdot \sqrt{3,5^3} = 0,088946\%$ (3)

$T_{mp}(V_{\min}) = 0,009538^2 \cdot 0,088946 = 0,00000809\%$ (4)

ПРС 1 – КРС 2: $T(\Delta\varepsilon) = 4,1 \cdot 10^{-4} \cdot 0,01 \cdot 58,24^2 \cdot \sqrt{3,5^3} = 0,09106\%$ (5)

$T_{mp}(V_{\min}) = 0,009241^2 \cdot 0,09106 = 0,00000777\%$ (6)

4. Визначення рівня завмирань на інтервалі ЦРРЛ через втрату енергії в опадах

Для визначення рівня завмирань за відомим V_{\min} визначають мінімальну інтенсивність дощів $I_{\text{доп}}$ для кожного з інтервалів ЦРРЛ (рис. 1)

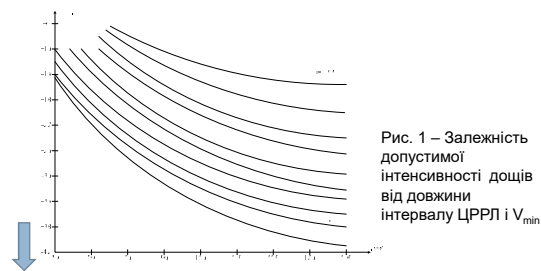


Рис. 1 – Залежність допустимої інтенсивності дощів від довжини інтервалу ЦРРЛ і V_{\min}

КРС 1 – ПРС 1:

для $R = 57,56$ км і $V_{\min} = -40,41$ дБ, $I_{\text{доп}} = 210$ мм/г. (7)

ПРС 1 – КРС 2:

для $R = 58,24$ км і $V_{\min} = -40,68$ дБ, $I_{\text{доп}} = 210$ мм/г. (8)

4. Визначення рівня завмирань на інтервалі ЦРРЛ через втрату енергії в опадах

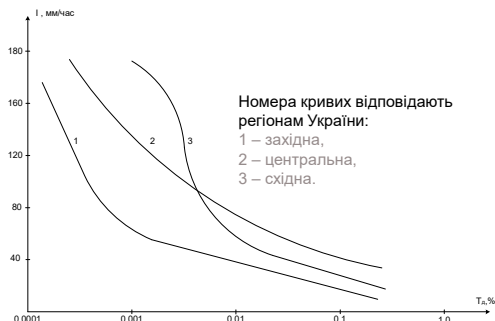


Рис. 1 – Графіки для визначення рівня опадів

ЦРРЛ Полтава - Кременчук розташовується в центральній Україні

За рис. 1 визначимо, що для усіх інтервалів ЦРРЛ

$$T_0(V_{\min}) = 0,0001 \%. \quad (1)$$

Сумарний відсоток часу завмирання на інтервалі ЦРРЛ:

$$T_{np} = T_0(V_{\min}) + T_{mp}(V_{\min}) + T_n(V_{\min}) + T_0(V_{\min}) \%. \quad (2)$$

КРС 1 – ПРС 1:

$$T_{np} = 0,00001 + 0,00000809 + 0,000419675 + 0,0001 = 0,000537$$

$$T_{np} = \frac{3600 \cdot 24 \cdot 0,000537\%}{100\%} = 0,4639$$

ПРС 1 – КРС 2:

$$T_{np} = 0,00001 + 0,00000777 + 0,000415845 + 0,0001 = 0,000533$$

$$T_{np} = \frac{3600 \cdot 24 \cdot 0,000533\%}{100\%} = 0,4605$$

Сумарний відсоток часу, при якому множник ослаблення менше мінімально допустимого для ЦРРЛ:

$$T_{psc} = 0,000537 + 0,000533 = 0,00107 \%$$

Враховуючи, що 3600с це 100%, визначимо T_{psc} на добу:

$$T_{psc} = 3600 \cdot 24 \cdot 0,00107\% / 100\% = 0,92 \text{ с}$$

Діаграми рівнів сигналів ЦРРЛ для інтервалів м. Полтава – м. Кобиляки, м. Кобиляки – м. Кременчук

Розраховані діаграми рівнів сигналів для двох інтервалів ЦРРЛ для умов, коли множник ослаблення:

$$V = 0 \quad V = V_{cp} \quad V = V_{\min}$$

При проектуванні цифрових радіорелейних ліній зв'язку розраховують середню потужність сигналу на входах приймачів всіх інтервалів ЦРРЛ(потужності при середньому значенні градієнта g). Середні значення рівнів сигналів розраховуються і порівнюються з вимірними:

- для оцінки якості налаштування апаратури і антенно-фідерного тракту;
- для перевірки правильності побудови профілів інтервалів;
- для оцінки точності розташування антен;
- для визначення і підтримки в заданих межах при експлуатації ЦРРЛ енергетичного запасу апаратури на завмирання сигналу:

$$V_3 = P_{cp} - P_{пор}$$

КРС 1 – ПРС 1: $V_3 = -45,59 + 100 = 54,41 \text{ дБ}$

ПРС 1 – КРС 2: $V_3 = -45,315 + 100 = 54,685 \text{ дБ}$

Табл. 1 – Розраховані данні діаграми рівнів для інтервалу

КРС 1 – ПРС 1:		$V_{cp} = 0 \text{ дБ}$					$V_3, \text{ дБ}$
$P_{\text{вх}}, \text{ дБ}$	$P_{\text{вх, доп, доп}}, \text{ дБ}$	$P_{\text{вх, доп, доп}}, \text{ дБ}$	$P_{\text{вх, доп, доп}}, \text{ дБ}$	$P_{\text{вх, доп, доп}}, \text{ дБ}$	$P_{cp}, \text{ дБ}$		
7	5	50	-88,59	-43,59	-45,59	54,41	
		$V_{cp} = -25 \text{ дБ}$					
7	5	50	-113,59	-68,59	95,59	4,41	
		$V_{cp} = V_{\min}$					
7	5	50	-129	-84	-126,41	-26,41	

Табл. 2 – Розраховані данні діаграми рівнів для інтервалу

ПРС 1 – КРС 2:		$V_{cp} = 0 \text{ дБ}$					$V_3, \text{ дБ}$
$P_{\text{вх}}, \text{ дБ}$	$P_{\text{вх, доп, доп}}, \text{ дБ}$	$P_{\text{вх, доп, доп}}, \text{ дБ}$	$P_{\text{вх, доп, доп}}, \text{ дБ}$	$P_{\text{вх, доп, доп}}, \text{ дБ}$	$P_{cp}, \text{ дБ}$		
7	5,25	50,25	-88,44	-43,44	-45,315	54,41	
		$V_{cp} = -25 \text{ дБ}$					
7	5,25	50,25	-113,44	-68,44	-95,315	4,685	
		$V_{cp} = V_{\min}$					
7	5,25	50,25	-129,12	-84,12	-126,675	-26,675	

Діаграми рівнів сигналів ЦРРЛ для інтервалів м. Полтава – м. Кобиляки, м. Кобиляки – м. Кременчук

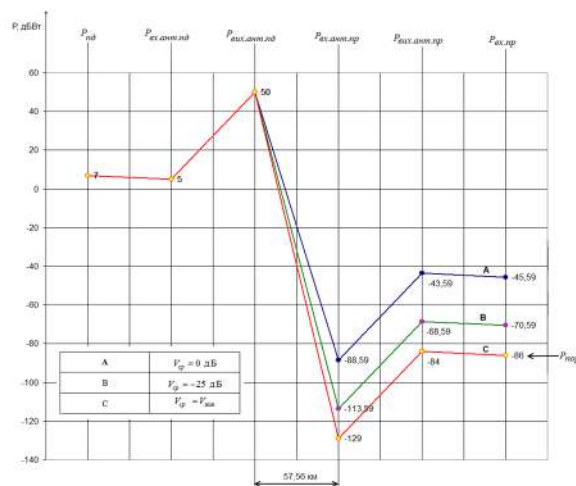


Рис. 1 – Діаграма рівнів сигналів
КРС 1 – ПРС1 (Полтава-Кобиляки)

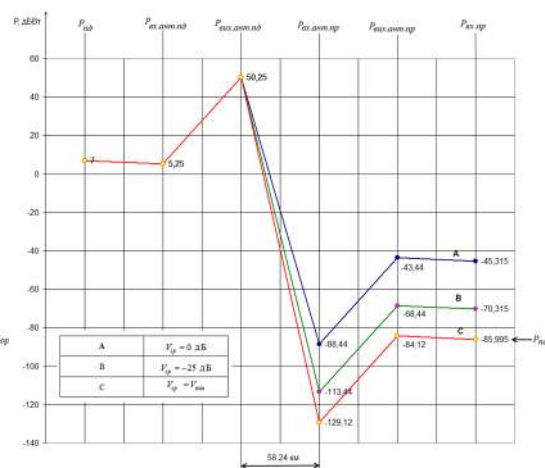


Рис. 2 – Діаграма рівнів сигналів
ПРС 1 – КРС2 (Кобиляки-Кременчук)

ВИСНОВКИ

Відповідно до технічного завдання, побудована цифрова радіорелейна лінія Полтава-Кременчук, довжиною 115,76 км.

- зроблено вибір радіотехнічного обладнання, в якості якого запропонована апаратура «Радіан-4».
- розроблена структурна схема цифрової радіорелейної лінії зв'язку Полтава – Кременчук.
- проведені розрахунки стійкості зв'язку цифрової радіорелейної лінії;
- проведені розрахунки нестійкості зв'язку цифрової радіорелейної лінії;
- виконаний літературний огляд компонентів, що входять до системи





**ДЯКУЮ
ЗА УВАГУ!**

Завідувачу кафедри автоматизації та
комп'ютерно-інтегрованих технологій
д.т.н., професору Мартинюку В.В,
здобувача вищої освіти
Ковбасюка Д.О.
ФІТ, гр. ТР1с-19-1


ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

25 травня 2022 р.
дата


підпис

Ім'я користувача:
Кафедра АКІТІТК

ID перевірки:
1011528514

Дата перевірки:
09.06.2022 22:45:15 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet

Дата звіту:
09.06.2022 22:49:34 EEST

ID користувача:
100005862

Назва документа: КвРТР_Ковбасюк_ТР1с-19-1

Кількість сторінок: 56 Кількість слів: 6395 Кількість символів: 47646 Розмір файлу: 2.81 MB ID файлу: 1011401735

8.38% Схожість

Найбільша схожість: 2.67% з Інтернет-джерелом (<https://knowledge.allbest.ru/radio/3c0b65625a3ad69b5c53a89521206d2>)

8.38% Джерела з Інтернету

25

Сторінка 58

Пошук збігів з Бібліотекою не проводився

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Fri Jun 10 12:16:34 EEST 2022, Федун Микола Васильович, Хмельницький національний університет, ХНУ

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальное совпадение с одним документом 4.0%

Словари проверки: en_US, ru_RU, ua_UA. Ошибок в документах: 11%

ID: 104993 Назва: Бакалаврська кваліфікаційна робота Додано в БД: 2022-06-10 Автори: Ковбасюк Д. Руководителі: Лужанський В.І. Консультанти: Опониць:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	41138	380	3465 (8%)	54 (14%)

Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы

РІШЕННЯ

кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Побудова цифрової заводостійкої радіорелейної лінії зв'язку м. Полтава - м. Кременчук

Автор: Ковбасюк Дмитро Олександрович

Спеціальність: 172 Телекомунікації та радіотехніка

Науковий керівник: к.в.н., доцент Лужанський Віктор Ігорович

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту.	-
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	відповідає
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	-
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	-
5	Інше:	-

Підтвердження: Виявленні запозичення не є плагіатом так як розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження (є власні терміни, визначення тощо), складають 8,38% та мають посилання на приведений список літературних джерел.

«09» червня 2022 р.

Науковий керівник

Завідувач кафедру АКІТ



Лужанський В.І.

Мартинюк В.В.

ВІДГУК

на кваліфікаційну роботу

студента групи ТР1с-19-1 Ковбасюка Д.О.

«Побудова цифрової завадостійкої радіорелейної лінії зв'язку
м. Полтава - м. Кременчук»

Мета кваліфікаційної роботи полягає в побудові завадостійкої цифрової радіорелейної лінії зв'язку Полтава-Кременчук.

Кваліфікаційна робота присвячений побудові цифрової завадостійкої радіорелейної лінії зв'язку м. Полтава- м.Кременчук, В роботі висвітлено наступні питання: розроблена структурна схема цифрової радіорелейної лінії зв'язку Полтава – Кременчук; проведені розрахунки стійкості зв'язку цифрової радіорелейної лінії; проведені розрахунки нестійкості зв'язку цифрової радіорелейної лінії.

У роботі проведені експериментальні дослідження, та представлена розрахункова частина. Під час роботи Ковбасюк Д.О. виконав детальний аналіз вітчизняної, закордонної технічної літератури та патентних матеріалів, що дозволило прийняти оптимальні рішення під час виконання роботи.

Під час виконання роботи Ковбасюк Д.О. проявив креативність, ініціативність, старанність, наполегливість, здатність та вміння застосовувати набуті знання для вирішення складних завдань, обізнаність у сучасних системних та інформаційних технологіях.

Кваліфікаційну роботу виконано на високому технічному рівні, він має безперечну актуальність в області сучасних телекомунікацій, а студент Ковбасюк Д.О. заслуговує оцінки **«добре»**.

Керівник:
к.в.н., доцент



Лужанський В.І.

МІНІСТЕРСТВО ОВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Ковбасюк Дмитро Олександрович

Тема роботи: Побудова цифрової заводостійкої радіорелейної лінії зв'язку м. Полтава – м. Кременчук

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Обсяг кваліфікаційної роботи

Кількість листів креслень 0 Кількість сторінок записки 58

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень в результаті виконаного наукового дослідження Мета кваліфікаційної роботи полягає в побудові заводостійкої цифрової радіорелейної лінії зв'язку Полтава-Кременчук. Кваліфікаційна робота присвячена побудові цифрової заводостійкої радіорелейної лінії зв'язку м. Полтава – м. Кременчук. В роботі висвітлено наступні питання: розроблена структурна схема цифрової радіорелейної лінії зв'язку Полтава – Кременчук; проведені розрахунки стійкості зв'язку цифрової радіорелейної лінії; проведені розрахунки нестійкості зв'язку цифрової радіорелейної лінії. Виконаний літературний огляд компонентів, що входять до системи.

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню Кваліфікаційна робота відповідає виданому завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки та техніки і передових методів роботи: В кваліфікаційній роботі, відповідно до завдання, побудована цифрова радіорелейна лінія Полтава-Кременчук, довжиною 115,76 км. В першому розділі розглянуто радіорелейний зв'язок, що забезпечує: багатоканальність, високу пропускну здатність, велику дальність зв'язку, дуплексність каналів, низький рівень в них шумів і завод. Будівництво ЦРРЛ є економічно вигідним у зв'язку з невеликими капітальними витратами та неможливістю прокладання волоконно-оптичних ліній зв'язку у відповідних регіонах. У другому розділі побудовані профілі інтервалів ЦРРЛ Полтава-Кобеляки-Кременчук. Вибрані оптимальні висоти підвісу антен. Визначені потужності сигналу на вході приймачів ЦРРЛ Полтава-Кременчук. У третьому розділі стійкість зв'язку на інтервалі ЦРРЛ характеризується сумарним відсотком часу, при якому множник ослаблення менше мінімально допустимого. Визначенні рівні завмирань за рахунок інтерференції прямої і відбитих від неоднорідностей

тросфери. Розрахована стійкість зв'язку для малих відсотків часу (0,92с на добу). Побудована діаграма рівнів сигналів на заданому інтервалі, з якої випливає, що при обраних висотах підвісу антен забезпечується необхідний запас на завмирання, що свідчить про правильність зроблених розрахунків.

4. Позитивні сторони роботи: виконано детальний аналіз вітчизняної, закордонної технічної літератури та патентних матеріалів, що дозволило прийняти оптимальні рішення під час виконання роботи.

5. Негативні сторони роботи: У роботі бажано було б більш детально розглянути питання експериментального дослідження. Присутні невеликі граматичні помилки. Однак, ці недоліки не мають принципового значення, суттєво не впливають на кінцевий результат і не знижують загального враження від проведеної роботи

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: немає

7. Відгук про роботу в цілому: В цілому кваліфікаційно робота виконано на високому технічному рівні, вона має безперечну актуальність в області сучасних технологій телекомунікацій

8. Інші зауваження: немає

9. Оцінка кваліфікаційної роботи: Кваліфікаційна робота відповідає встановленим вимогам і заслуговує оцінки добре (4,0/5), а її автору Ковбасюк Д.О., присвоєння кваліфікації бакалавра зі спеціальності «Телекомунікації та радіотехніка»

10. Рецензент Бойко Юлій Миколайович – д.т.н., професор кафедри ТМІТ

«07» червня 2022р.


підпис