

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Бакалавр

Освітній рівень

Антенна кругової поляризації

Назва теми

СПЕЦІАЛЬНІСТЬ

172 Телекомунікації та радіотехніка

Шифр і назва

ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ

17 Електроніка та телекомунікації

Шифр і назва

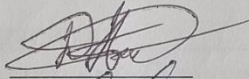
ОСВІТНЯ ПРОГРАМА

Телекомунікації та інформаційно-
комунікаційні технології

КвРТР. 2019024.01.04 ПЗ

Виконав:

студент 3 курсу, група ТР1с-19-1

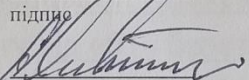


підпис

Андрій ДОВГАНЬ

ім'я, прізвище

Керівник: канд. техн. наук, доцент



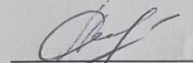
підпис, дата

Олександр ЯНОВИЦЬКИЙ

ім'я, прізвище

Нормоконтроль:

канд. техн. наук, доцент



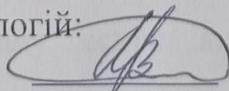
підпис, дата

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

« 13 » червня 2022р.

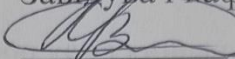
Хмельницький, 2022

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 кафедри АКТ

 Валерій МАРТИНЮК

« 03 » березня 2022 р.

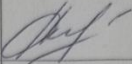
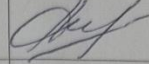
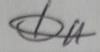

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

ДОВГАНЮ Андрію Вікторовичу

Прізвище, ім'я по батькові здобувача

- Тема роботи: Антенна кругової поляризації
Керівник роботи: к.т.н, доцент Яновицький Олександр Костянтинівич
Затверджено наказом по університету від «01» березня 2022р. № 18
- Строк подання здобувачем роботи на кафедру 25 травня 2022 року
- Вихідні дані до роботи:
 - літературні та інші джерела з антенно-фідерних пристроїв;
 - програми моделювання антен MMANA – GAL.
- Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
 - дослідження особливостей роботи антен із круговою поляризацією;
 - аналіз інновацій клеверних антен;
 - аналіз роботи клеверних антен;
 - список графічного матеріалу: ескізи антен, діаграма спрямованості антен, фотографії.
- Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень):
 - функціональна схема пристрою;
 - презентаційні слайди.

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

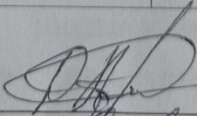
Розділ	Прізвища, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Нормоконтроль	КОРЕЦЬКА Людмила к.т.н., доцент		
Антиплагіат	ФЕДУЛА Микола к.т.н., доцент		

7 Дата видачі завдання 03 березня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

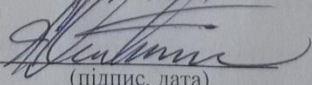
№ п/п	Найменування виду роботи	Форма звітності, термін виконання	Відмітка наукового керівника
1.	Розробка завдання на кваліфікаційну роботу	03.03.2022р.	виконано
2.	Складання індивідуального плану на кваліфікаційну роботу	15.03.2022р.	виконано
3.	Написання першого (теоретичного) розділу	20.03.2022р.	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)

Андрій ДОВГАНЬ

Науковий керівник


(підпис, дата)

Олександр ЯНОВИЦЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Антенa кругової поляризації»

Автор роботи: Довгань Андрій Вікторович

Керівник роботи: к.т.н, доцент Яновицький Олександр Костянтинович.

Пояснювальна записка: 62 сторінок, 32 рисунків, 2 таблиці, 20 джерела,

Графічна частина: 15 презентаційних слайдів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КЛЕВЕРНА АНТЕНА, УЗГОДЖЕННЯ КЛЕВЕРНИХ АНТЕН, КРУГОВА ПОЛЯРИЗАЦІЯ, ЄМНІСНЕ НАВАНТАЖЕННЯ.

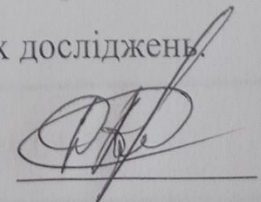
Об'єктом дослідження є розробка клеверної антени з ємнісним навантаженням.

Мета кваліфікаційної роботи полягає в розробці клеверної антени з ємнісним навантаженням.

Вивчити інформаційні літературні джерела з антени. Виконати патентний пошук. За підсумками аналізу виявлених аналогів виробити технічне рішення антенного пристрою. Провести комп'ютерне моделювання із застосуванням прикладного програмного забезпечення MMANA-GAL. За отриманими результатами створити макетний зразок та провести електричні дослідження.

В результаті виконання кваліфікаційної роботи розроблено технічне рішення широкосмугової антени із спрощеним погодженням. Діючий макет клеверної антени з ємнісним навантаженням призначається для використання в навчальному процесі при проведенні лабораторних робіт та виконанні наукових робіт студентами. Позитивний ефект від використання ємнісного навантаження, в розробленому макеті з можливістю її зміни, проявляється у зміні електричних характеристик антени з метою подальших досліджень.

25.05.2022 р.



ЗМІСТ

	С.
ВСТУП	4
1 ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОТИ АНТЕН З КРУГОВОЮ ПОЛЯРИЗАЦІЄЮ	7
1.1 Особливості електричних показників антен	7
1.2 Переваги кругової поляризації	11
1.3 Опис основних типів антен з круговою поляризацією	19
2 АНАЛІЗ ІННОВАЦІЙ КЛЕВЕРНИХ АНТЕН	22
2.1 Антена «клевер»	22
2.2 Квазішунтуючий клевер	24
2.3 Клеверна антена з рамковими перевипромінювачами	25
2.4 Етажерна антена кругової поляризації	26
2.5 Квазішунтовий клевер з резонатором	27
3 АНАЛІЗ РОБОТИ КЛЕВЕРНИХ АНТЕН	32
3.1 Клеверна антена з ємнісним навантаженням	32
3.2 Дослідження клеверних антен з ємнісним навантаженням	35
4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОЗРОБЛЕНОЇ АНТЕНИ.	39
4.1 Розробка макету	39
4.2 Вибір приймально-передавального пристрою	43

				КвРТР.2019024.01.04 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Довгань А. В.		19.06.22	Антенна кругової поляризації			
Перевір.		Яновицький О.К.		19.06.22			2	62
Реценз.								
Н. Контр.		Корецька Л.О.		19.06.22	Пояснювальна записка	ХНУ, зр. ТР1с-19-1		
Затверд.		Мартинюк В.В.		19.06.22				

4.3	Результати дослідження у програмному середовищі VNA View ..	48
4.4	Економічна ефективність антени	51
4.5	Техніка безпеки під час роботи з антенами	54
ВИСНОВОК		61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ		62

					КВРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
						3
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВСТУП

Стрімке вдосконалення та застосування безпілотних літальних апаратів, як у повсякденному житті, так і в професійній діяльності, призвело до збільшення попиту на нові технічні рішення, у тому числі і до антенних систем, невід'ємних атрибутів бездротових ліній зв'язку. Враховуючи непередбачуваність положень безпілотників у просторі, для надійності електромагнітної доступності, незалежно від неузгодженості осей приймальних і передаючих антен, найбільш повно вимогам відповідають ізотропні антени кругової поляризації. Клеверні антени відносяться саме до цього класу, мають найбільше поширення, але використовуються переважно в класичній версії, розробленої сімдесят років тому. Спроби розробників створити досконалі антени на інших принципах конструювання призводять до ідентичних результатів за електричними характеристиками при зниженні механічної надійності або ускладненні технології виготовлення. У свою чергу, потенціал розвитку клеверних антен не вичерпаний, оскільки їхнє вибухове застосування почалося тільки зараз.

Спочатку безпілотні літальні апарати використовувалися у військових цілях, що особливо широко застосовується і зараз. З плином часу, і функціональна можливість безпілотних літальних апаратів збільшилася: оцінка льодової обстановки, а саме моніторинг снігового покриву Землі, екологічної обстановки, геофізична розвідка, картографування, пошуково-рятувальні операції, безпека на залізниці, перевірка стану інфраструктури, доставка вантажів, керування будмайданчиком, контроль за станом обладнання. Перелічені завдання можуть вирішуватися безпілотними літальними апаратами цілодобово практично незалежно від погодних умов і без участі людини, а відтак без ризику для людського життя, що є головною перевагою безпілотників.

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Актуальність дослідження на базі запропонованого технічного рішення аргументується використанням оптимізацією антенних пристроїв для використання безпілотних літальних апаратів, що підтверджує перспективу подальшого застосування. На основі викладеного, визначено об'єкт проектування, наступні переслідуючі цілі та завдання перед випускною кваліфікаційною роботою. Об'єктом проектування є клеверна антена з ємнісним навантаженням.

Визначено мету кваліфікаційної роботи:

- аналіз літературних джерел, нормативної документації та патентної інформації з тематики антенних пристроїв кругової поляризації;
- пошук та дослідження нових технічних рішень з метою підвищення ефективності роботи клеверних антен, поліпшення їх основних параметрів і технології виготовлення, що і потрібно досліджувати;
- на основі аналізу перспектив у сфері антенних пристроїв безпілотних літальних апаратів, знайти підходи і виробити унікальні технічні рішення з поліпшеними параметрами та перспективою їх практичного застосування.

Визначено такі завдання у кваліфікаційній роботі:

- провести аналіз роботи антен з круговою поляризацією, їх принципів дії, сферу застосування, переваги та недоліки, потенціал на подальший розвиток;
- дослідити існуючий парк клеверних антен;
- провести аналіз поточної потреби в антенах кругової поляризації та визначити перспективні напрямки розвитку;
- на основі аналізу відомостей, отриманих у процесі обробки інформації з джерел інформації, розробити версії технічних рішень у перспективних напрямках з поліпшенням характеристик існуючих варіантів антен, з можливістю адаптації їх до вже використовуваних сучасних об'єктів, що

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

висувають вимоги до антенного обладнання в рамках, що розробляються у дослідженні антен;

- використовувати прикладні програми комп'ютерного моделювання для розрахунку параметрів антен та електромагнітних полів з метою більш наочного, надійного, швидкого, точного та ефективного отримання результатів;
- спиратися та використовувати світовий рівень розробок за матеріалами патентних фондів та інформаційних джерел.

Гарантовані лінії обміну інформацією між безпілотним літальним апаратом та наземним комплексом керування забезпечує вирішення великої кількості завдань, які виконують безпілотні літальні апарати. Постійний контроль над обладнанням з можливістю підправляти параметри безпілотного літального апарату в польоті – це основна вимога передачі даних з наземного комплексу керування на великі відстані. При дослідженні та вирішенні даних завдань значення антен в умовах складної електромагнітної обстановки стає визначальним, а умови експлуатації до них дедалі жорсткішими.

Випускова кваліфікаційна робота демонструє розгляд напрямів удосконалення клеверних антен, що розробляються на базі проведення комп'ютерного моделювання за допомогою програмного забезпечення MMANA-GAL.

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОТИ АНТЕН З КРУГОВОЮ ПОЛЯРИЗАЦІЄЮ

1.1 Особливості електричних характеристик антен

Електричні характеристики антен відбивають залежність утвореного ними електромагнітного поля від напрямку випромінювання та частоти випромінюваних коливань.

Приймальні та передавальні антени характеризуються основними параметрами:

- коефіцієнт підсилення антени;
- імпеданс антени;
- смуга пропуску;
- коефіцієнт стоячої хвилі;
- поляризація прийому чи випромінювання електромагнітних хвиль;
- діаграма спрямованості антени;
- коефіцієнт спрямованої дії;
- коефіцієнт корисної дії антени;
- шумова температура антени.

Коефіцієнт підсилення антени в теорії антен розглядається як самостійний параметр у зв'язку з тим, що «сама ця величина легко піддається безпосередньому виміру» (причому це твердження належить до максимального коефіцієнта підсилення).

Експериментально коефіцієнт підсилення визначають, використовуючи відомі методи вимірювання параметрів антен, наприклад метод порівняння (заміщення), метод двох антен або метод плоского екрана.

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт підсилення антени, що розробляється, у кваліфікаційній роботі обчислювався за допомогою програми MANNA-GAL.

Важливим параметром антен є вхідний опір: вхідний імпеданс антени, що характеризує її як навантаження для пристрою, що передає, або фідера. Вхідним опором антени називається відношення напруги між точкою підключення (точкою збудження) антени до фідера, струму в цих точках.

Спрямованість антени – здатність антени випромінювати електромагнітні хвилі у певних напрямках. Це властивість, при якому, одиничний майданчик, розміщений перпендикулярно напрямку поширенню електромагнітної хвилі, але при цьому характеризується щільністю потоку антени, що випромінюється, а проходять крізь неї. Ця властивість антени характеризується щільністю потоку антени, що випромінюється, а саме потужністю електромагнітних хвиль, що проходять крізь одиничний майданчик, розташовану перпендикулярно напрямку поширення хвилі. У різних напрямках щільність потоку потужності спрямованої антени має різну величину.

Діаграмою спрямованості антени називається діаграма, де графічно представлена величина щільності потоку випромінюваної потужності у різних напрямках. Очевидно, що при знятті діаграми спрямованості щільність потоку потужності повинна вимірюватися на однаковій відстані від антени.

Діаграму спрямованості будують у полярній або декартовій системі координат. У полярній системі координат діаграми виконуються наступним чином: під кутом до вихідного напрямку відкладають радіус – вектор, довжина якого пропорційна щільності потоку випромінюваної потужності у напрямку даного радіусу, а потім кінці цих радіусів – векторів з'єднують плавною лінією.

Декартова система координат по осі абсцис відкладається кут, що характеризує напрямок у відповідній площині, а по осі ординат – потужність, що випромінюється. Діаграми спрямованості, виконані в полярних

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

координатах, що відрізняються великою наочністю, оскільки вони дають можливість уявити, як змінюється інтенсивність поля в просторі. Діаграми спрямованості в прямокутній системі координат можуть мати будь-який масштаб по обидва осі, завдяки чому вони відрізняються великою чіткістю, навіть в області малої інтенсивності електромагнітного поля.

Діаграма спрямованості антени часто може мати багато пелюсток. Головною умовою, що пред'являється до такої антени, є граничне ослаблення бічних пелюсток у діаграмі спрямованості. Якщо ця вимога не виконується, то частина потужності, що випромінюється, розсіюється марно в бічних напрямках.

Діаграма спрямованості у вертикальній та горизонтальній площині використовується при дослідженні у кваліфікаційній роботі.

Поляризаційною характеристикою антени називається залежність величини вектора напруженості електричного поля від кутових координат у площині, перпендикулярній до напрямку поширення. Поширеним випадком поляризації є еліптична.

Велику роль техніці антенно-фідерних пристроях відіграє питання узгодження антени з фідерною лінією. Під узгодженням мається на увазі перетворення опору навантаження лінії в опір, рівне хвильовому опору, в результаті чого в лінії встановлюється хвиля, що біжить. Майже навіть на фіксованій хвилі, а особливо в смузі частот, коефіцієнт стоячої хвилі не виходить точно рівним одиниці. Важливо, щоб коефіцієнт стоячої хвилі не виходив меншим за допустиму величину, на практиці визначення коефіцієнта стоячої хвилі у використовуваних антенах розглядають на рівні 1,5 і 1 децибел.

Режим біжучої хвилі визначає переваги роботи лінії передачі енергії. Для певної величини потужності, що передається по лінії без втрат (або практично з малими втратами), відношення максимальної напруги в неузгодженій лінії до

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

напруги в узгодженій лінії обернено пропорційно квадратному кореню з коефіцієнта хвилі, що біжить.

Небезпека виникнення електричного пробоя при передачі по лінії великих потужностей внаслідок зазначеної обставини є однією з важливих причин, яка вимагає узгодження навантаження з лінією, а також усунення будь-яких неоднорідностей у фідерному тракті.

Вхідний опір визначається відображеннями, що виникають у хвилеводному тракті, якщо антена живиться хвилеводним фідером, то вхідний опір антени складається із суми опору випромінювання антени та опору втрат, яка в загальному випадку величина комплексна, що позначається імпедансом.

Реактивна складова вхідного імпедансу в резонансі повинна дорівнювати нулю. На частотах вище резонансної імпеданс має – індуктивний характер, але в частотах нижче резонансної – ємнісний характер, що викликає втрату потужності межах робочої лінії антени.

Опір втрат антени залежить від багатьох факторів, наприклад, від близькості її до поверхні Землі або провідних поверхонь, омичних втрат в елементах та проводах антени, втрат в ізоляції.

Вхідний імпеданс антени повинен бути узгоджений з хвильовим опором фідерного тракту (або з вихідним опором передавача) так, щоб забезпечити у фідерній лінії режим, близький до режиму хвилі, що біжить.

Узгодження від виходу передавача та фідера та до узгодження антени з фідером – це характеристика параметра коефіцієнта стоячої хвилі. Але насправді, при проведенні експерименту встановлюється, що деяка кількість енергії, що передається, відображається і повертається впередатчик, при цьому відбувається перегрівання вузлів передавача і може його вивести з ладу. В ідеалі, коефіцієнт стоячої хвилі повинен дорівнювати 1, значення до 1,5

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вважаються прийнятними. А для приймальних пристроїв, прийнятні і значення до 2 і більше, якщо ці пристрої не відносяться до відповідальних.

1.2 Переваги кругової поляризації

Основною проблемою при запуску першого штучного супутника Землі – нерівномірне обертання супутника і його кути огляду, що постійно змінюються, адже він перетинав небесне склепіння по дузі від горизонту до горизонту. Атмосферні обурення впливали на хвилі, тому застосування антен із лінійною поляризацією стало неможливим на супутниках.

Аж до 1990-х років антени з круговою поляризацією були технологією, що рідко застосовується, використовуваної тільки для супутникового зв'язку. Це дозволило супутникам і антенам наземних станцій передавати інформацію, не звертаючи уваги на вертикальне або горизонтальне розташування лінійно поляризованих антен (хвильоводи рупорів, стрижнів або диполів). Однак електромагнітне поле антени з круговою поляризацією завжди обертається (на відміну від поля лінійно поляризованої антени). Воно може обертатися у двох можливих напрямках, і цей «напрямок» обертання називається лівою або правою круговою поляризацією, що забезпечує утворення двох каналів зв'язку від однієї антени. Використання обох каналів передачі дозволяє використовувати на одній частоті 2 каналу для одного і того ж супутника, оскільки антени з різним напрямком обертання розв'язують сигнали один від одного. Таким чином, для одночастотного розподілу можуть використовуватися два одночасні радіочастотні канали з двома різними антенами використання обертання поляризації, що ще називається поляризаційним рознесенням.

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Поляризація, певна властивість електромагнітних випромінювань, в яких напрям і величина електричного поля, що коливається, пов'язані певним чином. Неполяризованість хвилі – це коли при випромінюванні електромагнітної хвилі напрям вектора напруженості електричного поля неможливо передбачити в будь-який проміжок або момент часу. Тому в поляризації вектор напруженості в період просторової орієнтації електричного поля залежить від певного закону. Необхідна умова функціонування приймальних та передавальних радіосистем у діапазонах частот понад 30 МГц поляризаційний збіг антен. Історично, з переважним використанням бездротових технологій для радіозв'язку та телебачення, використовується лінійна горизонтальна або вертикальна поляризація радіохвиль. Це відбивається під час роботи радіоелектронних засобів, розміщенням приймально-випромінюючих структур антенних пристроїв з орієнтацією у одних і тих самих площинах під час передачі і прийому радіосигналів.

Кругова поляризація є окремим випадком еліптичної поляризації і являє собою накладення двох однакових хвиль з незмінною в часі частотою, початковою фазою і амплітудою, при цьому їх вектори напруженості електричного поля даних хвиль здійснюють коливання у взаємно перпендикулярних напрямках, крива, що описується, має вигляд еліпса. Напрямок обертання вектора електричного поля відбувається за годинниковою стрілкою або проти годинникової стрілки щодо поширення, з цієї причини розрізняють хвилі з правим або лівим напрямком обертання вектора напруженості електричного поля.

Активне застосування кругової поляризації здійснюється в системах супутникового зв'язку, коли для прийому сигналів розташування площин поляризації антенних систем не є суттєвим.

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Застосовувати антени з лінійною поляризацією в області безпілотних літальних апаратів неможливо, адже йде неузгодженість площин при передачі та прийомі радіосигналів, при цьому потужність рівня сигналу значно зменшується, що усувають антени з круговою поляризацією.

Кругова поляризація утворюється при наявності двох сигналів приходу зі зсувом фази на 90 градусів, а також через одночасного переміщення плоскополяризованих антен на 90 градусів. Миттєве значення модуля вектора напруженості у точці можна визначити наступним виразом, записаним у символічній формі:

$$E(z,t) = (e_x E_x + e_y E_y) e^{jkz - j\omega t} \quad (1.1)$$

де $E(z,t)$ – миттєве значення напруженості у точці, z – значення координати осі розповсюдження електромагнітної хвилі; t – значення часу; e_x, e_y – одиничні вектори осей x та y відповідно; E_x, E_y – значення вектора напруженості горизонтальної та вертикальної складових відповідно; k – хвильове число; ω – циклічна частота.

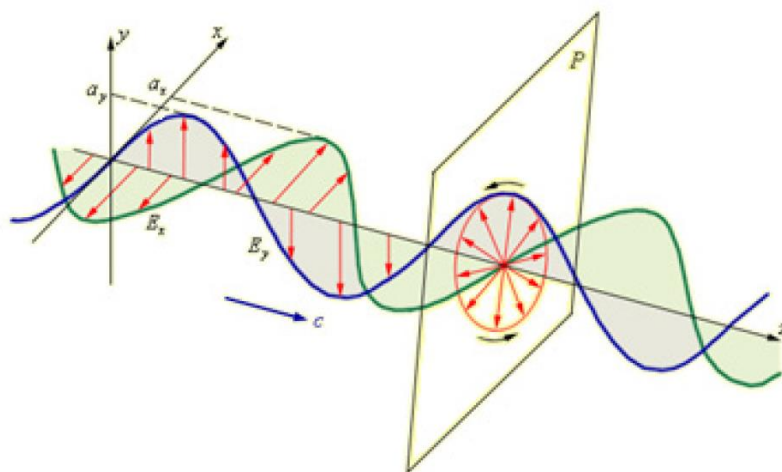


Рисунок 1.1 – Графічна інтерпретація кругової поляризації

Якщо взяти дійсну частину та розкласти вектор обертання на горизонтальну та вертикальну складові, то отримаємо наступні співвідношення:

$$E_x(z, t) = E_0 \cos(kz - \omega t), \quad (1.2)$$

$$E_y(z, t) = mE_0 \sin(kz - \omega t), \quad (1.3)$$

Залежно від знака у виразі (1.3) вектор поляризації може мати лівовинтове обертання або правовинтове обертання [5].

Вищеописане пояснення принципу генерації хвиль із кругової поляризації зручно під час розгляду спрямованих антен кругової поляризації таких як директорні антени та спіральні антени, що описуються у джерелах [6, 7].

У директорних антенах кругової поляризації явно присутні випромінювачі, розташовані ортогонально один до одного, і в залежності від типу фазування мають загальну точку з'єднання або рознесені на відстані $\lambda/4$. У спіральних антенах фазування вертикальної та горизонтальної складових відбувається за рахунок взаємовпливу витків намотування розсунутих на відстані $\lambda/4$ один від одного. Дані приклади опису роботи антен кругової поляризації інтуїтивно зрозумілі і використовуються для ескізних робіт при проектуванні антенних пристроїв. Однак, у разі розгляду ізотропних випромінювачів радіохвиль кругової поляризації подібна інтерпретація непридатна через складнішу конструкцію ізотропних антен кругової поляризації.

Всеспрямовані в горизонтальній площині антени кругової поляризації мають конструкцію зі подібними ознаками:

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- три і більше ідентичних випромінюючих елементи з клемами живлення, розташованими на лінії кола діаметром $\lambda/2$;
- клеми живлення випромінюючих елементів знаходяться в одній площині та віртуально утворюють правильну геометричну фігуру (трикутник, квадрат, п'ятикутник тощо);
- випромінюючі елементи утворюють із горизонтальною площиною кут 45° градусів;
- в залежності від напрямку кута нахилу щодо горизонту змінюється напрямок обертання вектора поляризації.

На рисунку 1.2 а) та б) зображена геометрія примітиву ізотропної антени кругової поляризації, елементами якої є дипольні випромінювачі з довжиною плеча, що дорівнює $\lambda/4$. Дана модель була побудована в прикладній програмі для розрахунку дротяних антен методом кінцевих елементів MMANA-GAL 3 [8].

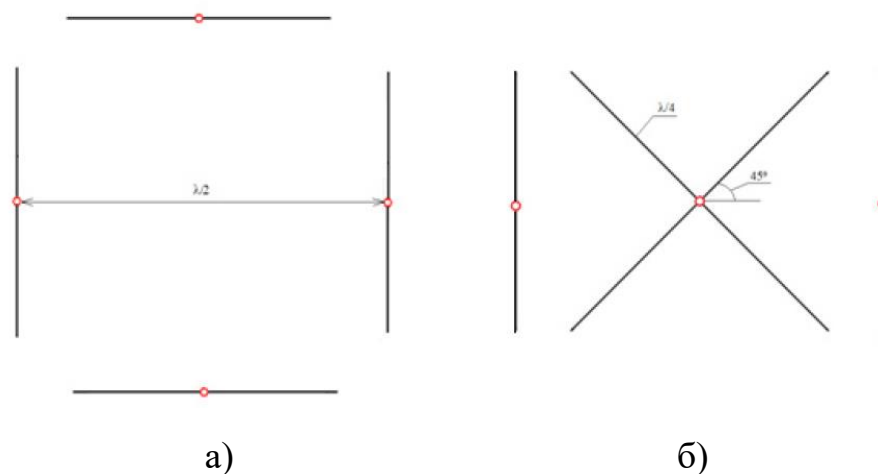


Рисунок 1.2 – Геометрія примітиву ізотропної антени кругової поляризації: а) вид зверху; б) вид збоку

На рис. 1.3. показані результати моделювання аналізованого примітиву, графіки показують діаграму спрямованості в горизонтальній та вертикальній

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

предметів сигналу потраплятиме в антену Б. Основний сигнал, що надходить на приймальню антени – основний сигнал (рисунок 1.5).

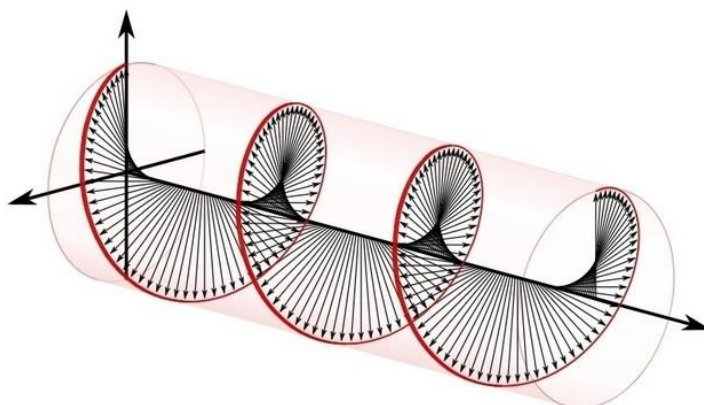


Рисунок 1.4 – Електромагнітна хвиля справим напрямком обертання кругової поляризації (проти годинникової стрілки) [10]

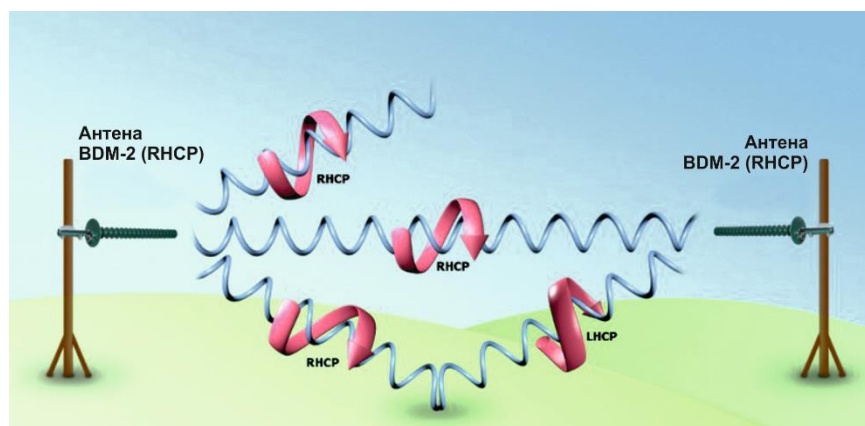


Рисунок 1.5 – Права кругова поляризація (відображена ліва) [10]

Крім основного сигналу потрапляють і перевідбиті сигнали, які з'являються за рахунок відображення поверхні землі (мінється сторона обертання вектора напруженості електричного поля) [8].

Випромінений сигнал з правостороннім обертанням після відображення обертатиметься вліво. При лінійній поляризації сигнал при відображенні

змінює свою фазу на 180 градусів, але зберігає орієнтацію свого вектора поляризації. Антени кругової поляризації не приймають сигнал із протилежним обертанням. І, отже, на антені Б, відбитий сигнал, тепер із протилежною поляризацією. Антена Б просто не виявить цей сигнал. Слід розрізняти антени з правою (right-hand circular polarized) та лівою (left-hand circular polarized) поляризацією. На приймачі і передавачі повинні бути встановлені антени одного напрямку поляризації, інакше сигнал не буде прийнятий.

Антени з різним напрямком обертання вектора напруги електричного поля несумісні. Перевагою антен з круговою поляризацією є не тільки висока завада, за рахунок селекції перевідбитих сигналів, але і «просочування» сигналу, з деяким ослабленням, через провідні перешкоди (рисунок 1.6).

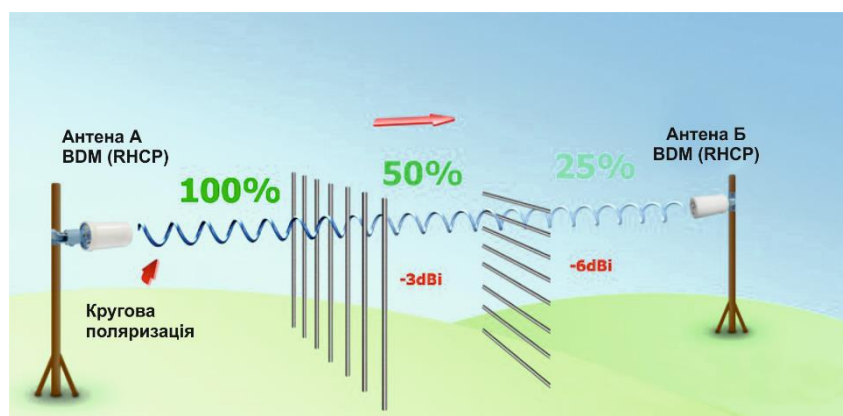


Рисунок 1.6 – Ослаблення хвилі з круговою поляризацією під час проходження через перешкоди [10]

Основою застосування антен з круговою поляризацією є не обов'язковість узгодження взаємного розташування антенних пристроїв, на відміну від лінійної, де суворо потрібна поляризаційна відповідність, що підвищує завадозахищеність бездротових радіоканалів зв'язку, через усунення впливу перевідображених сигналів і зменшує вплив через них. Саме тому при

непередбачуваних маневрах носіїв, обладнаних такими антенними пристроями, забезпечується електромагнітна доступність у найскладніших ситуаціях, що підтверджує реалізацію компетенції ПК-24.

1.3 Опис основних типів антен із круговою поляризацією

Спіральними антенами найбільш просто пояснюється принцип кругової поляризації, якщо розглядати рух електричних зарядів по спіралі в режимі хвилі, що біжить. Однак кругова поляризація в даних антенах реалізується у випадках, коли кількість витків у спіралі більша за три, а довжина кожного витка дорівнює λ . Саме через це спіральні антени вважаються класичними для застосування з використанням кругової поляризації, проте комбінації, наприклад, двох ідентичних спіральних антен із протилежними сторонами обертання поляризації, при синфазному включенні забезпечуватимуть реалізацію лінійної поляризації.

Спіральні антени застосовуються як складова антенних решіток та опромінювачів дзеркальних антен, дециметровому та сантиметровому діапазоні довжин хвиль. Але основне застосування їх полягає в отриманні контрастного зображення мети на тлі існуючих в навколишньому просторі перешкод (рис. 1.4).

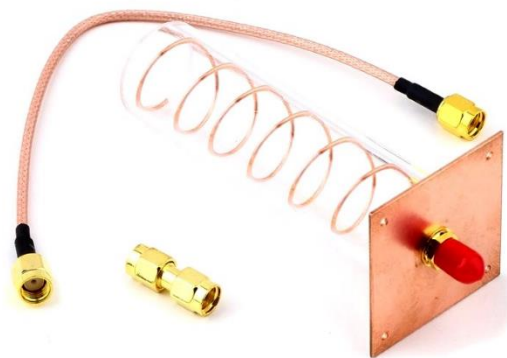


Рисунок 1.4 – Спіральна антена [10]

						КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
							19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Одним з типів антен, що відносяться до всеспрямованих антени з круговою поляризацією, є квадрифілярна антена. Квадрифілярна антена складається з чотирьох спіральних випромінювачів, розташованих з кутовим зсувом на 90 градусів, виконаних у вигляді фігурних випромінюючих металевих провідників, які на одному кінці з'єднані один з одним, а на іншому підключені до виходів схеми живлення, причому провідники можуть бути виконані у вигляді смужкових провідників і мати різну ширину. Таке виконання спіральних випромінювачів забезпечує реалізацію вхідного опору антени близьким до стандартного значення 50 Ом, що покращує узгодження антени, розширює смугу робочих частот і підвищує її коефіцієнт підсилення (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Квадрифілярна антена [10]

Квадрифілярні антени широко використовують у різних радіоелектронних системах, зокрема й у системах навігації. До їх переваг відносяться простота конструкції, відносно малі габарити і при цьому всеспрямованість випромінювання.

Забезпечення широкосмуговості можливе при використанні спіральних антен – діапазонних антен хвилі, що біжить, основою яких є провідник у формі

					КВРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

спіралі. Відмінною особливістю спіральних антен є те, що їхня діаграма спрямованості може бути від близької до кругової до осьової залежно від співвідношення довжини витка спіралі до довжини використовуваних радіохвиль. Це дозволяє застосовувати їх у супутникових системах передачі даних. Ще одна відмінна риса цього типу антен – високий вхідний опір. У ряді випадків це дозволяє без будь-яких додаткових узгоджувальних елементів привести його до опору звичайного коаксіального кабелю, що дорівнює 50 Ом. Осьове випромінювання таких антен формується лише окремою активною областю. Ця область обмежена витками, довжина яких близька до довжини хвилі.

Висновок до 1 розділу

В результаті досліджень застосувань кругової поляризації у сфері створення перспективних ізотропних антенних пристроїв, розроблено новий науково-прикладний напрямок розвитку антен кругової поляризації при підтвердженні із застосуванням комп'ютерного моделювання, створеними зразками перспективних, конкурентоспроможних новаційних технічних рішень з більш високими електричними, технологічними та експлуатаційними параметрами.

В якості відправного технічного рішення з модернізації класичної клеверної антени покращено електричні та конструктивні характеристики, з доробкою антени до більш оптимального антенного пристрою, запатентованого як корисну модель, як технічне рішення квазішунтового клевера, який має кращі характеристики щодо прототипу, а також велику конструктивну надійність.

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 АНАЛІЗ ІННОВАЦІЙ КЛЕВЕРНИХ АНТЕНН

2.1 Антена «клевер»

Для ефективної роботи у складі бортового радіообладнання антени повинні мати властивості всеспрямованості в горизонтальній площині і випромінювати електромагнітні хвилі з круговою поляризацією. У середині ХХ ст. вже існували антени, які мають хоча б одну з ознак придатних для застосування на безпілотних літальних апаратах. Однак спрямовані антени кругової поляризації або ненаправлені лінійної поляризації, накладали обмеження на застосування їх на швидкорухомих та надманеврених літальних апаратах. Застосування подібного класу випромінювачів призводило б до постійної втрати зв'язку при різких маневрах через розбіжності або напрямки в просторі, або в площині поляризації.

Але в той час малі літальні апарати не були винайдені і спрямованих антен кругової поляризації і всеспрямованої лінійної поляризації вистачало для задоволення попиту в ті роки. Але незважаючи на це шляхом експериментів та додаткової модернізації існуючих рішень вже існували розробки, які тільки зараз набули загальної популярності. Одним з таких рішень є антена «клевер», яка є доробкою антени з круговим випромінюванням горизонтальної поляризації і спочатку відома під іншим ім'ям. Ця антена була непопулярна свого часу, т.к. тоді не було таких застосувань ненаправленим антенам кругової поляризації, які вигідно їх виділяло б на фоні спрямованих антен кругової поляризації та ненаправленої лінійної поляризації.

Клеверна антена була винайдена американськими фахівцями Робертом Мелленом і Карлом Мілнером в 1960-х роках, коли їм вдалося створити для радіоаматорів просту за пристроєм і живленням всеспрямовану в

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

горизонтальній площині антену кругової поляризації, названу TheSkew-PlanarWheel, яка згодом стала клеєною. Але тоді такі пристрої широкого розповсюдження не набули. Клеверні антени стали найбільш затребуваними при розвитку безпілотних літальних апаратів через непередбачуване становище носіїв у просторі та складності трас поширення радіохвиль при їх багатогранному використанні, що підтверджує реалізацію компетенції ПК-24.

Антену у вигляді клеверного листа з «подвійною поляризацією» являє собою три або чотири з'єднані один з одним «пелюстки», у місці з'єднання яких підключається джерело живлення одним полюсом на похилі відрізки, а іншим на горизонтальні. Кожен тип такої антени з круговою поляризацією має підсилення навколо основи листа клевера, за допомогою цієї антени можна забезпечити максимальну продуктивність усієї антенної системи. Можна вважати, що точкою для цієї антени є стандартна штирова антена. Застосувавши паяльник і транспорир для отримання потрібних кутів можна перетворити штир на клеверний лист. Кругова поляризація виникає через розміщення дугових ділянок під кутом 45 градусів, рознесених на відстань кратне $\lambda/4$. Ескіз клеверної антени показаний на рисунку 2.1.

Ведуться розробки нових технічних рішень антенних пристроїв та дослідження їх основних характеристик. Незважаючи на те, що оригінальна, можна констатувати, закінчена ажурна конструкція класичної клеверної антени візуально формально бездоганна і на підставі цього широко тиражується, вона все ж не позбавлена можливостей подальшого вдосконалення як електричних, так і механічних характеристик.

Притаманні деякі недоліки класичної клеверної антени ретельно систематично досліджуються, і постійно нівелюються в розробках нових технічних рішень, кожне з яких реєструвалося як інтелектуальний продукт.

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

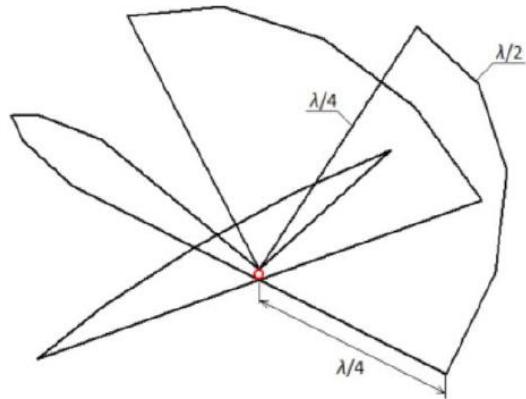


Рисунок 2.1 – Ескіз класичної клеверної антени
(винайденої у 1960-х роках)

2.2 Квазішунтований клевер

Відправною точкою майбутніх новацій клеверної антени, розробленої в першій половині минулого століття стало наступне технічне рішення, яке полягало у введенні шунтових елементів [4]. З їх допомогою підвищилася механічна надійність конструкції антени та електрична добротність нового технічного рішення під назвою квазішунтовий клевер (рисунок 2.2).

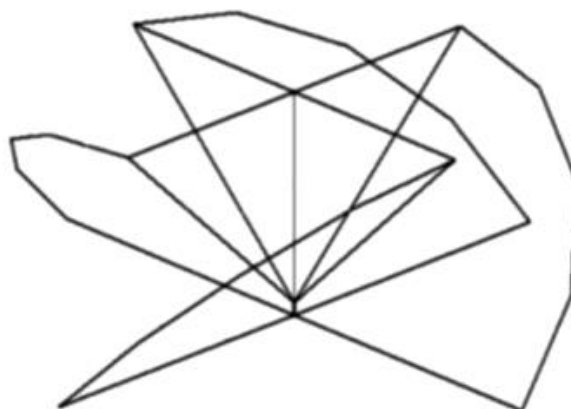


Рисунок 2.2 – Квазішунтований клевер [4]

					КВРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Модернізація антенного пристрою, що розглядається, була побудована на підставі введення механічних елементів жорсткості, що є найбільш підходящим для використання безпілотними літальними апаратами, для яких вона найбільш застосовна, при цьому збереглися всі параметри початкової клеверної антени. Для цього, еквіпотенційні верхні точки, що йдуть до точок живлення, з'єднані хрест-навхрест перемичками-квазішунтами, з утворенням точки нульового потенціалу на їхньому перетині, що дозволяє в цій точці з'єднати їх між собою, не порушуючи електричних параметрів антенного пристрою.

2.3 Клеверна антена з рамковими перевипромінювачами

Основною характеристикою приймально-передаючих антен є коефіцієнт підсилення. Даний параметр антенних пристроїв був збільшений за допомогою розширення горизонтальної апертури антени, як у представленій антені кругової поляризації клевера з рамковими перевипромінювачами (рисунок 2.3).

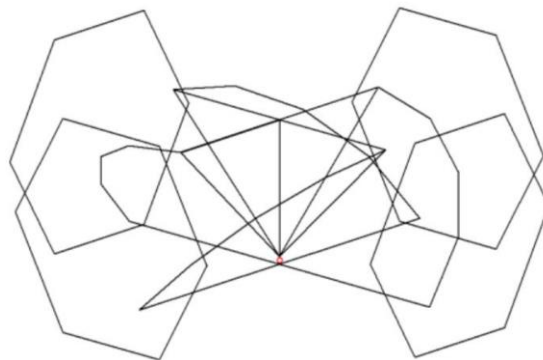


Рисунок 2.2 – Антена кругової поляризації клевера з рамковими перевипромінювачами [2]

Ця версія спрямована на покращення коефіцієнта підсилення. Антена доповнена рамковим перевипромінювачем на відстані $0,3\lambda$ від осі антени, навколо конструкції фазованої решітки антени кругової поляризації квазішунтового клевера, що забезпечують підвищення коефіцієнта підсилення [2].

2.4 Етажерна антена кругової поляризації

Крім використання рамкових перевипромінювачів, з метою підвищення коефіцієнта підсилення антени поширеним прийомом, з використанням директорних структур, що підвищують спрямованість, є використання паралельних структур. Крім того, можлива зміна та інших характеристик антени, наприклад, зміна поляризаційних характеристик випромінювача, як це робить у спіральних антенах, але вже з утворенням стиків, як у етажерній антені кругової поляризації (рисунок 2.4).

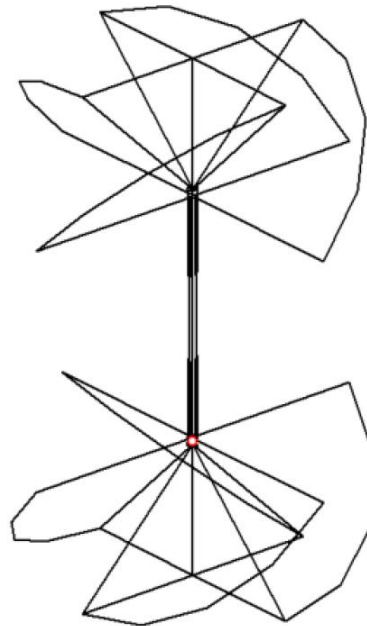


Рисунок 2.4 – Етажерний клевер [5]

					КВРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Розташування базових елементів один під одним забезпечується підвищенням коефіцієнта підсилення антенної системи [5]. Фазування відбувається завдяки технічним рішенням комутації живлення, що забезпечує синфазність сигналів всім активних елементів. Це робиться за рахунок того, щоб всі сигнали, прийняті кожним елементом, приходили до загальної точки в одній фазі і тим самим за рахунок підсумовування збільшується наведене в провідникових елементах антени збільшену електродвигуну силу на виході системи. Аналогічно, у разі випромінювання антеною, забезпечується амплітудно-фазовий розподіл випромінюваних електромагнітних хвиль від кожного елемента колінеарної структури, забезпечуючи велику напруженість електромагнітного поля у напрямку із синфазним складанням хвиль.

У процесі пошуку оптимального технічного рішення було досліджено безліч версій, в результаті якого було отримано кілька технічних рішень, які були запатентовані як винаходи. Наочним прикладом може служити, версія, що перевищує за своїми електричними характеристиками, як раніше розглянута антена з рамковим перевипромінювачем, так і широко використовувані класичні антени лінійної поляризації, що підтверджує реалізацію компетенції ПК-26.

2.5 Квазішунтований клевер з резонатором

Основна дія з метою підвищення завадостійкості, особливо каналів керування безпілотниками від впливу широкосмугових перешкод, є необхідність звуження смуги пропускання антенного пристрою. Для реалізації цих цілей розроблено технічне рішення, що полягає введенням резонансного елемента вздовж конструкції пристрою клеверної антени, що без впливу на

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

характеристики спрямованості забезпечило його розміщення. Основне нововведення у цій антені було здійснено перетворення вертикального провідника від точки перетину квазішунтів, тобто точки нульового потенціалу, до однієї з клем сигнальної лінії з утворенням двопровідної лінії [3]. Цікаво те, що з одного боку утворилася резонансна чвертьхвильова лінія, а з іншого – нейтральне з'єднання точки нульового потенціалу з вузлом кріплення антени.

Окрім підвищеної частотної вибіркості та завадозахищеності в антені спрощується пристрій забезпечення міцності конструкції. Комп'ютерні моделі антени кругової поляризації квазішунтового клевера з резонаторним живленням були багаторазово перевірені в ході електронного моделювання в програмі MMANA на частоту 300 МГц, з перекриттям робочого діапазону частот

250-350 МГц. Частота 300 МГц обрана для наочності та простоти створення прикладних пристроїв, оскільки довжина хвилі в цьому випадку дорівнює 1 метру. Ескіз квазішунтового клевера з резонатором наведено на рисунку 2.5.

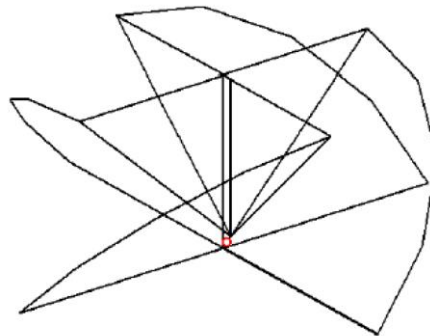


Рисунок 2.5 – Ескіз квазішунтового клевера з резонатором [3]

Результати комп'ютерного моделювання повністю підтверджують теоретичні передумови, а натурні дослідження на виготовленому макеті підтвердили параметри результатів електронного моделювання. Смуга

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

пропускання при резонаторному включенні клеверної антени звужується до 1,5 разів щодо класичних підключень живлення.

Одним з недоліків відомої антени «клевер» у дротяному виконанні є недостатня жорсткість пристрою. Для підвищення конструктивної надійності «конюшини» та оптимізації електричних параметрів, на основі аналізу роботи антени, зроблено вивід, що еквіпотенційні верхні точки переходів дуг у похилі прямі, що йдуть до точок живлення можна з'єднати хрест на хрест перемичками - квазішунтами. Не вносячи, здавалося б, нічого в принцип роботи антени, ці перемички забезпечили жорсткість, підвищивши надійність конструкції.

Однак, квазішунти, як і класичні шунти, змінюють вхідний опір антени в залежності від зміщення точок їх включення. Причому дані відрізки можуть перетинатися без електричного з'єднання і бути з'єднані один з одним, утворюючи точку нульового потенціалу. Додатково до цього, в процесі комп'ютерного моделювання з'ясувалося, що точку нульового потенціалу ще можна з'єднувати як до однієї, так і з клемми вузла живлення.

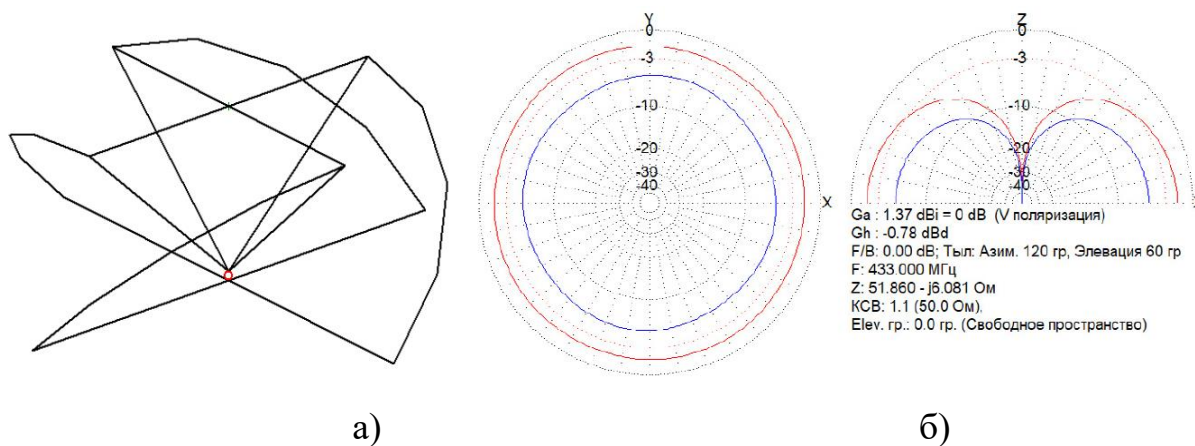


Рисунок 2.6 – Квазішунтований «клевер»: а) геометрія; б) діаграма спрямованості та параметри.

Активна складова повного опору такої антени з квазішунтами збільшується до 51 Ом, а реактивна зменшується до 8 Ом, що йде на значне

						Арк.
					КВРТР.2019024.01.04 ПЗ	29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

покращення узгодження антени з 50-омним кабелем – це відображено у значенні КСВ = 1,1. Підтвержуючі результати показано на рисунку 2.6 а) та б).

В якості подальших досліджень квазішунтового «клевера», розширення застосування його на більш високих частотах, з «розв'язкою» від широко використовуваного діапазону 430 МГц, проведено дублююче моделювання в програмі Ansoft HFSS14 на частотах Wi-Fi діапазону, тобто на 2,4 ГГц.

Варто відзначити, що в друкованому квазішунтовому «клеверу» додано 4 вертикальні провідники, що замикають нульову точку квазішунтів з джерелом живлення. При цьому електричні характеристики та діаграма спрямованості збереглися, що говорить про невибагливість до виконання конструкції антени з використанням квазішунтів, і в свою чергу вказує на покращену конструктивну надійність антени порівняно зі скелетним виконанням та невибагливість до якості виготовлення антени.

На рисунку 2.7 показана модель квазішунтового «клевера» для комп'ютерного моделювання на частоті 2,4 ГГц, на рисунку 2.7 – просторове розташування векторів напруженості.

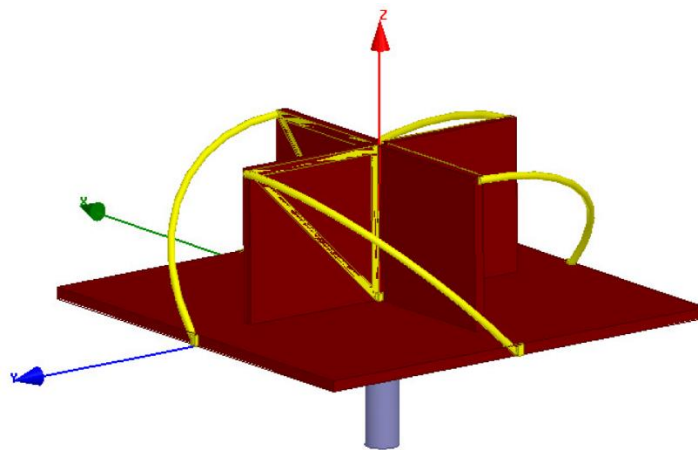


Рисунок 2.7 – Модель квазішунтового «клевера»

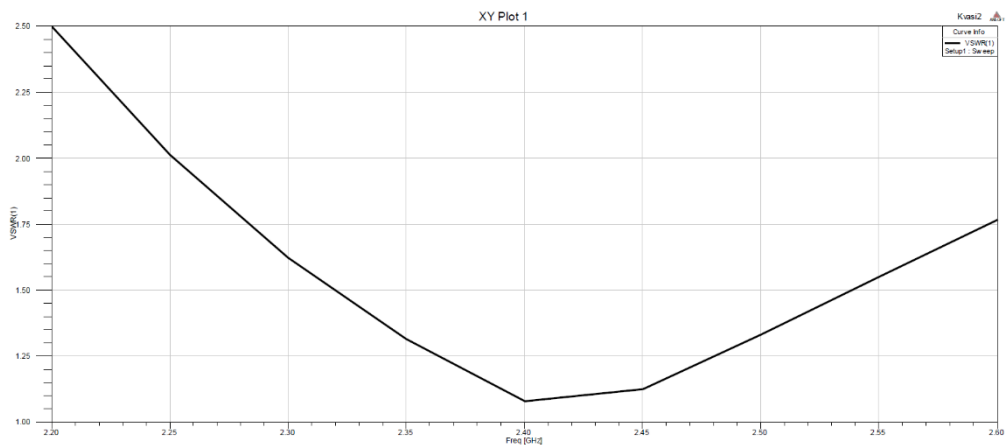


Рисунок 2.8 – Графік залежності КСХ від частоти

Висновок до 2 розділу

Результатом комбінації квазішунтового клевера і рамкових перевипромінювачів створено інноваційне технічне рішення, яке запатентовано як «Антенна кругової поляризації клевера з рамковими перевипромінювачами», що покращують характеристики антен кругової поляризації клевера нестачі клеверних антен, який стримує їх розширене використання.

На основі конструктивних принципів антени квазішунтовий клевера та колінеарних антен для отримання збільшеного коефіцієнта посилення, розроблено інноваційне технічного рішення — етажерка. Кінцевий результат за декількома версіями має кращі електричні характеристики порівняно з класичною реалізацією клевера та антен кругової поляризації клевера з рамковими перевипромінювачами. На цю розробку отримано патент на винахід. Зміна конструкційних принципів етажерного клевера» призвело до розробки концепції трансформації лінійної поляризації в кругову, шляхом використання своєрідного антенного адаптера, в якому укладено всі ключові особливості вищезазначених технічні рішення.

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 АНАЛІЗ РОБОТИ КЛЕВЕРНИХ АНТЕН

3.1 Клеверна антена з ємнісним навантаженням

Класична клеверна антена складна з погляду узгодження. Для усунення цього недоліку в ході проведення подальших досліджень, за допомогою програмного пакета MMANA-GAL на частоті 300 МГц, були проведені дослідження на базі теоретичних передумов та досвіду розробки спектра попередніх технічних рішень клеверних антен і розроблені інноваційні технічні рішення, що усувають деякі недоліки [1]. Пропоновані для розгляду версії спрямовані можливість зміни електричних параметрів антени, переважно електричної ємності. Запропонований спосіб вдосконалення клеверних антен дозволив, наприклад, здійснювати «прив'язку» антен до умов розміщення на об'єктах з адаптацією до оточення перевипромінювачами. При встановленні антени на літаку або на судні, електрична ємність антенного пристрою залежить від ближнього оточення перевипромінювачами і у разі порушення симетрії, спотворюються електричні параметри, тому була запропонована можливість шляхом введення додаткових елементів, які механічно можна змінювати за місцем, здійснювати разом установки підстроювання електричних характеристик.

Дане технічне рішення при установці антени може адаптувати її до оточення в місці установки, так як підлаштовувати характеристики антени можна за допомогою запропонованих новацій. За допомогою введених елементів антени, «налаштовувальних» елементів, змінюваних у пристрої, а саме їх довжини, і розміщення в просторі в обсязі антени змінюється її ємність. Наприклад, можлива геометрія версії клеверної антени кругової поляризації з ємнісним навантаженням представлена, що представлена на рисунку 3.1.

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

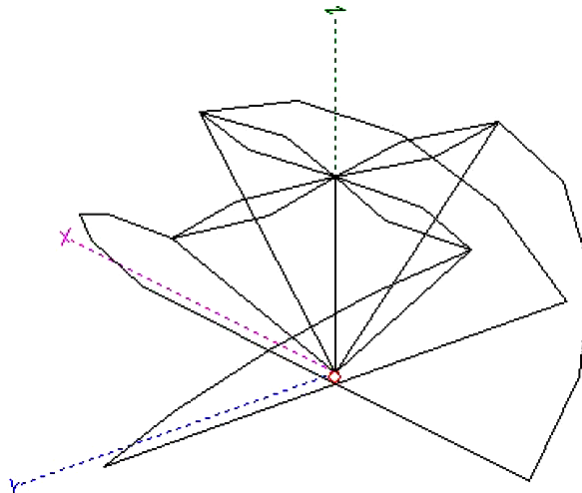


Рисунок 3.1 – Клеверна антена кругової поляризації з ємнісним навантаженням, з рознесеними на відстань провідників, що розташовані у горизонтальних площинах [1]

Зміна електричної ємності антенного пристрою забезпечує узгодження антени з живильним кабелем і для налаштування антени необхідно всього-на-всього змінювати довжину малої осі ромбоподібних плечей квазішунтів.

Додатково проводилися, в ході роботи, дослідження з поліпшення узгодження антени з кабелем живлення, шляхом зміни радіусу провідників квазішунтів, що підтверджує реалізацію компетенції ПК-25. Для наочності наведено графік залежності в робочому діапазоні частот (рисунок 3.2) на якому видно, як залежить коефіцієнт стоячої хвилі (рисунок 3.3).

В результаті роботи було виявлено, що у клеверної антени без використання ємнісного навантаження отримати коефіцієнт стоячої хвилі менше 1,3 дуже проблематично, у порівнянні антени з навантаженням, що розглядається в даній роботі, у якій вдалося домогтися коефіцієнт стоячої хвилі рівним 1,03. Внаслідок чого, можна зробити висновок, що за допомогою даної

пропозиції пристрою у антени можна досягти кращого узгодження, а також покращити показники антени.

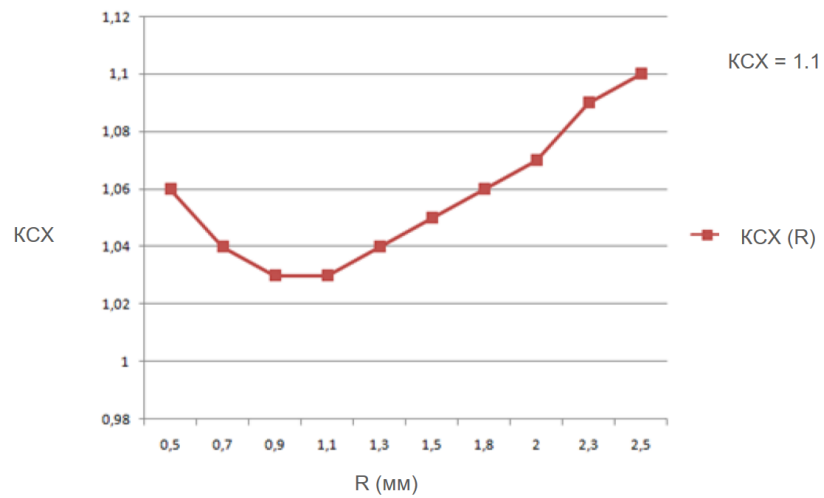


Рисунок 3.2 – Графік залежності у робочому діапазоні частот [1]

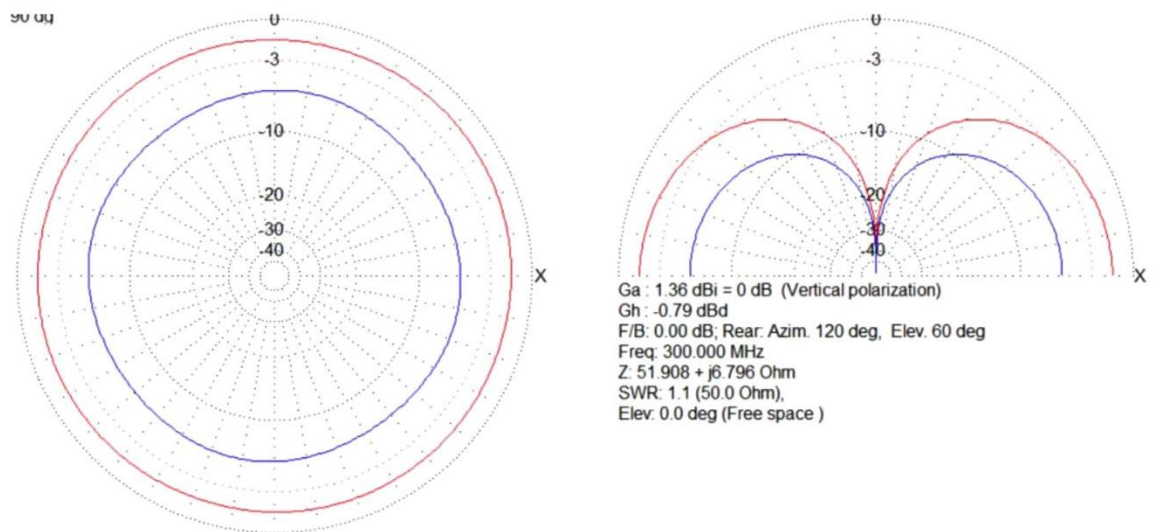


Рисунок 3.3 – Діаграма спрямованості антени у горизонтальній та вертикальній площині [1]

3.2 Дослідження клеверних антен з ємнісним навантаженням

Додатково до цього отримавши певні результати з дослідженнями клеверної антени з ємнісними квазішунтами, проводиться подальша робота з можливостей керування характеристиками клеверних антен.

Наступною версією клеверної антени кругової поляризації з ємнісними квазішунтами, є технічне рішення, що містять чотири вигнутих вібратора, що виходять з однієї загальної точки, продовженням від лінійних ділянок, сумірні по довжині з напівхвильової дугові ділянки, розташовані в похилих площинах, що відходять продовженням від дугових ділянок лінійні кінцеві чвертьхвильові ділянки, що сходяться до загальної точки, розташованої на лінії перетину площин, але не мають з нею гальванічного контакту, як показано на рисунку 3.4.

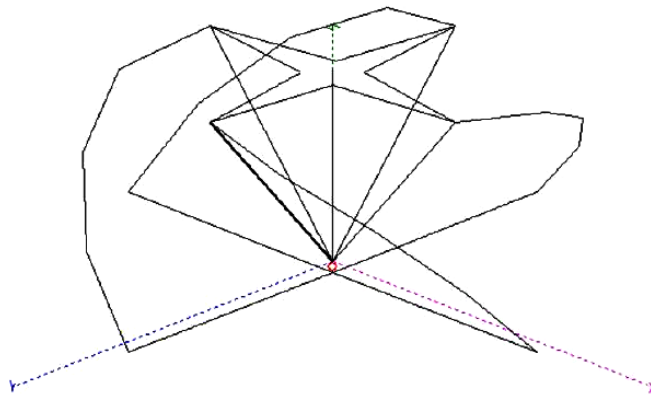


Рисунок 3.4 – Нова версія клеверної антени у формі зірки

Основним моментом у цій розробці було змінено ємнісне навантаження, розташоване в горизонтальній площині, що нагадує форму зірки, але не має загальну точку перетину, при цьому з'єднуються в загальну точку зі зворотного боку під кутом.

					КВРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Це дає можливість змінювати відстань між пелюстками, що робить цю модель антени більш простою в налаштуванні характеристик антени та спрощення в експлуатації.

Комп'ютерну модель антени кругової поляризації було перевірено під час електронного моделювання у програмі MMANA-GAL на частоту 300 МГц. Частота 300 МГц обрана для наочності та простоти створення прикладних пристроїв. Результати комп'ютерного моделювання показані на рисунку 3.5, які повністю підтверджують теорію.

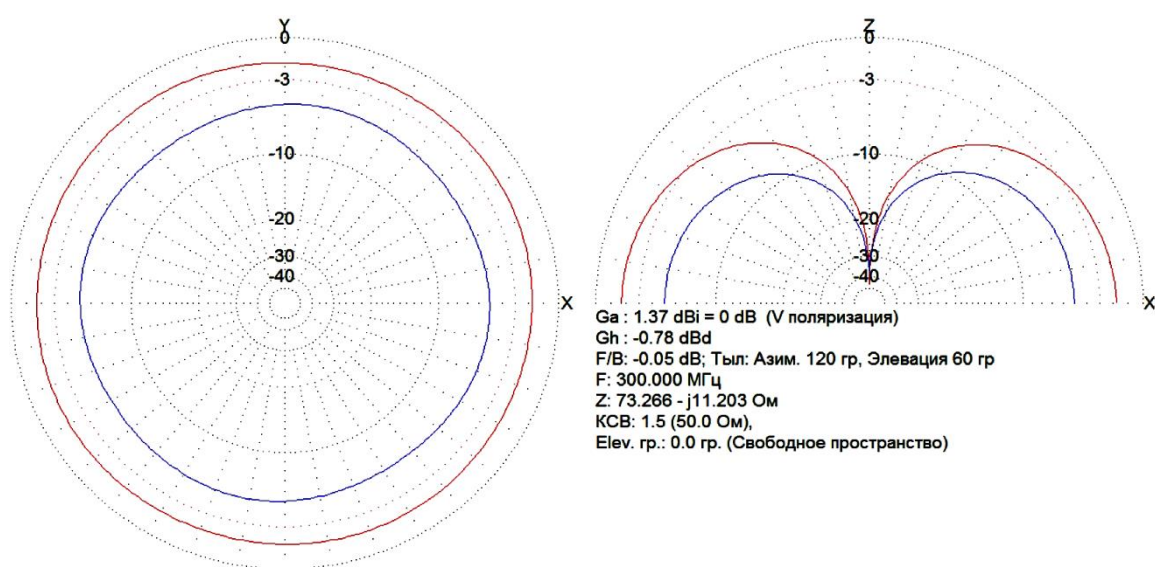


Рисунок 3.5 – Діаграма спрямованості антени у горизонтальній та вертикальній площині

Пропонована корисна модель є перспективною за електричними характеристиками, з точки зору погодження.

Версію антени у формі «зірки» можна змінити, додавши кілька елементів до конструкції антени. За допомогою цього введення елементів йде підвищення механічної надійності антени. Ця версія антени промодельована в програмі для розрахунку MMANA-GAL, що працює в операційній системі Windows. У цій

програмі була розрахована антена на 450 МГц, для зручнішого вимірювання її електричних характеристик (додаток А). Ця версія антени представлена на рисунку 3.6.

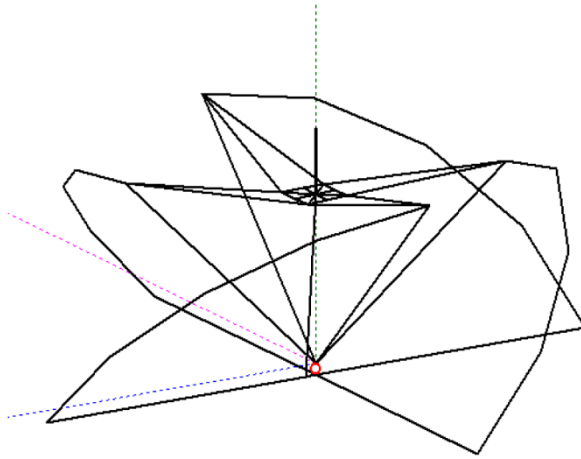


Рисунок 3.6 – Версія антени «зірка»

Основою моделювання цього типу антени, на відміну першої версії антени, зображеної на рисунку 3.4, коефіцієнт стоячої хвилі не показав великі зміни. Але при цьому збільшилася механічна жорсткість антенного пристрою, що є вагомим аргументом при встановленні даної антени безпілотні літальні апарати. Вертикальна та горизонтальна діаграма спрямованості антенного прототипу зображена на рисунку 3.7.

Ще одна головна перевага даного типу антени, це те що можна змінювати характеристики, залежно від того, в яких умовах її розмістили. Цей тип антени більш мобільний для встановлення на різних об'єктах.

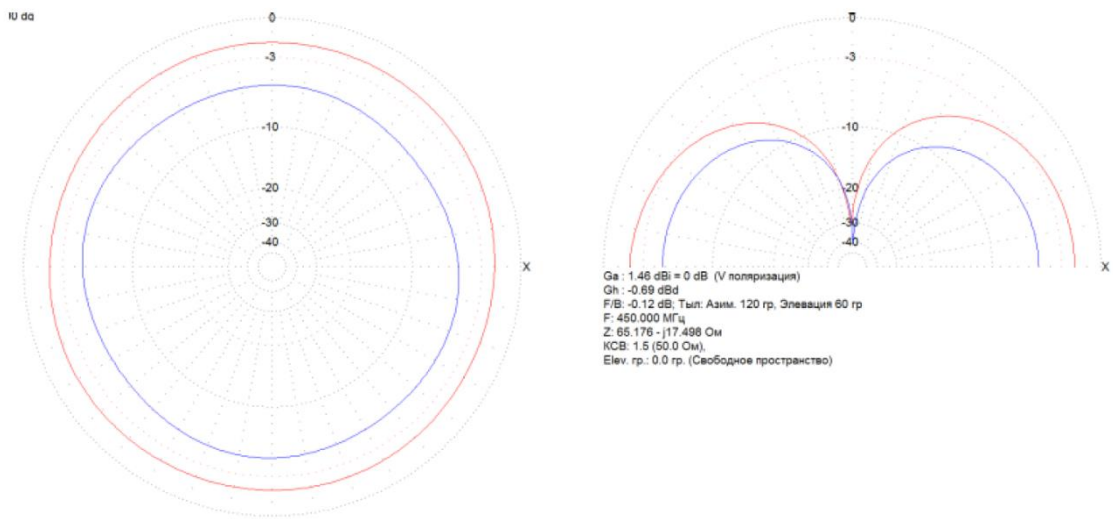


Рисунок 3.7 – Горизонтальна та вертикальна діаграма спрямованої антени

Висновок до 3 розділу

На основі теоретичних передумов доказово перевірені з використанням комп'ютерного моделювання та доведені до дослідних зразків у наближеннях до прикладного використання на промисловому рівні дослідні зразки та зроблено заробіток на майбутнє.

Для практичного використання результатів роботи необхідне розширене інформаційне забезпечення, що здійснюється в умовах шляхом участі з доповідями на конференціях та експонуванням на фінансово доступних виставках.

					КВРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОЗРОБЛЕНОЇ АНТЕНИ

4.1 Розробка діючого макету

Враховуючи вищевикладене, для натурних досліджень розробленого технічного рішення необхідне складання запропонованого натурального макета антени в лабораторних умовах, щоб виміряти її характеристики та підтвердити теоретичні передумови, отримані в програмі для розрахунку антен MMANA-GAL.

Антенний пристрій передавальної або приймальної станції вважається одним із тих ключових елементів всього комплексу споруд, що забезпечує необхідну якість роботи всієї системи в комплексі. Навіть найбільш досконалий передавач або приймач не може своїми високими якість пережити недоліки антени.

Одним з важливих положень при розробці діючого макету, є типізація антени в цілому і її елементів, переваги якої не тільки в здешевленні і спрощенні робіт на стадії розробки, але і в скороченні термінів налагодження антени в пусковий період.

Переважне поширення в антенних пристроях отримали вироби з міді та її сплавів, що пояснюється малими електричними втратами у ній і стійкістю під час роботи у атмосфері, навіть забрудненої промисловими газами. Для паяння міді та сталі застосовують сплави – припої.

Використовувався у цій антені універсальний припій з каніфоллю. Також в антені є металеві вироби з антикорозійною обробкою – металовироби: гвинти, гайки, шайби.

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Основні вимоги до провідників та кабелів з різних матеріалів антенного пристрою:

- висока провідність;
- максимальні межі міцності та плинності при розтягуванні;
- стійкість у роботі за атмосферних умов.

Найкращою конструкцією для антен – це провідник із матеріалу з високою поверхневою електричною провідністю, оскільки глибина проникнення струмів мала – скін-ефект.

Радіочастотні кабелі повинні бути морозостійкими, теплостійкими та відповідати вимогам щодо нагрівання. В антенах ультракоротких хвиль застосовують коаксіальні з поліетиленовою та спіненою ізоляцією кабелі з метою забезпечення мінімального згасання.

Важливе значення, для надійної роботи антенних пристроїв має високу якість електричної ізоляції проводів. Ізолятори піддаються різним атмосферним впливам та впливу температури. У ряді місцевостей доводиться зважати на пил, а поблизу моря – з випаром морської води, і відкладення солі на поверхнях антен.

Електроізоляційні матеріали, призначені для роботи в полі радіочастот, повинні мати малі електричні втрати, тому що при швидкому охолодженні атмосферною вологою перегрітий ізолятор може зруйнуватися і малу діелектричну проникність. При підвищенні температури діелектрика втрати в ньому зростають, характер нагрівання стає лавиноподібним, що призводить до електричного пробою ізолятора. Звідси випливає вимога до високої термічної стійкості при швидкій зміні температури ізолятора.

Струми проникають у метали на незначну глибину, причому тим меншу, ніж вище частота, тому доцільно застосування струмонесучих провідників та деталей, у яких зовнішній шар виконаний із кольорового металу.

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Початковою точкою підготовки при виготовленні макета антени є вибір матеріалу, для основних елементів антенного пристрою. Антенний пристрій може бути виконаний з будь-якого матеріалу: мідь, нержавіюча сталь, латунь, бронза, сталь. Велика роль у даній антені приділяється механічній надійності, так як постійна зміна її елементів положення в просторі має характеризуватись надійністю та стійкістю матеріалів, крім цього, вони повинні мати високу поверхневу провідність, тому матеріал, з якого буде виготовлена антена: мідь.

Зважаючи на те, що з метою глибокого дослідження роботи антени в діапазоні з прив'язкою до безліцензійного діапазону радіочастот (430 МГц) та з урахуванням того, що довжина плечей вібратора антени має бути $-\lambda - 70$ см, то при виготовленні чотирьох плечей потрібно не менше трьох метрів провідника для виготовлення. З урахуванням того, що плечі антени в просторових розмірах представляють, в принципі, тристоронню петлю, то для забезпечення механічної міцності діаметр провідника вибирається в межах трьох міліметрів.

Зважаючи на те, що діючий макет антен, пропонується виготовити для подальшого використання як посібник для лабораторних робіт, у тому числі з можливістю зміни електричних характеристик за рахунок просторової зміни конфігурації антени, є необхідність доповнити конструкцію антени елементів підвищеної міцності розміщеним у зоні нульового потенціалу. З цією метою найбільш підходящим матеріалом може служити біметалічний провідник, конструктивно виконаний у вигляді сталевго стрижня з змінням діаметром – двох міліметрів, довжиною в межах 20 см.

Для забезпечення кріплення плечей у вузлі живлення оптимальною конструкцією може бути реконструкція роз'єму СЛ–50 подовженої конструкції з укороченням різьбової частини, а пристроєм механізму кріплення ємнісного навантаження з можливістю переміщення вздовж осьового провідника – елементи роз'єму СЛ–50 з боковим різьбленням для фіксації. З урахуванням

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

того, що в розроблюваному макеті необхідна паяння елементів з прогріванням деталей великої маси доцільно використовувати кабель живлення зі склотканинної зовнішньої ізоляції і фторопластової внутрішньої ізоляції з розпаюванням роз'єму BNC (B-C111) гвинт, Ni/Pt. Зібраний макет антенного пристрою з перевіркою її правильності виконання представлений на рисунку 4.1.

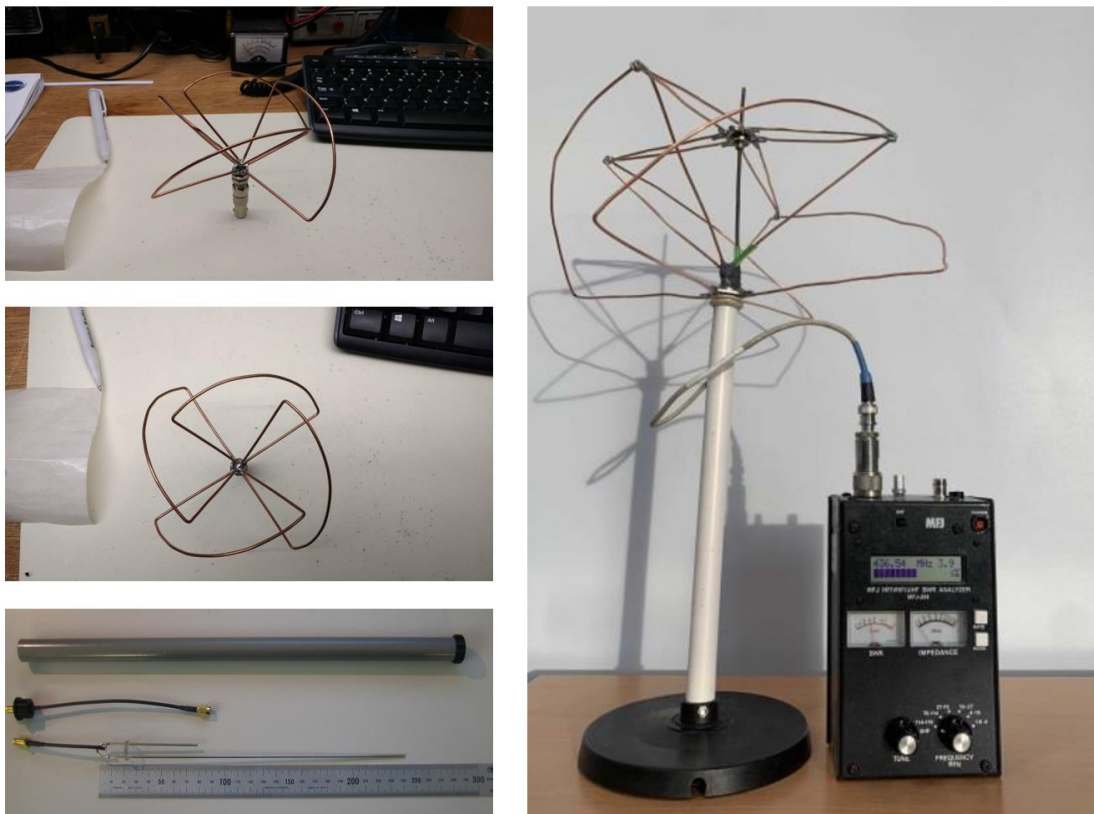


Рисунок 4.1 – Зібраний макет антени з ємнісним навантаженням та підтверджуючими показниками працездатності на приладі MFJ-269

Попередня перевірка працездатності макету розробленої антени проведена за допомогою вимірювання коефіцієнта стоячої хвилі приладом MFJ-269 в ліцензованому діапазоні частот відповідним робочому діапазону зазначеного приладу. Результати вимірювань, що не перевищують коефіцієнт

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

стоячої хвилі рівним 2, підтвердили прогнозовані результати комп'ютерного моделювання.

Глибокі дослідження проводилися з урахуванням спектр аналізатора Simple Vector Network Analyzer із застосуванням програмного забезпечення «VNA View» у діапазоні частот 50кГц – 3ГГц. Установка у зібраному вигляді показана на рисунку 4.2.



Рисунок 4.2 – Перевірка працездатності макету на базі аналізатора спектра Simple Vector Network Analyzer

4.2 Вибір приймально-передавального пристрою

Модуль CUL — це трансивер для прийому та відправки радіоповідомлень. По суті, він складається з мікроконтролера Atmel ATmega і

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

радіомодуля CC1101, а також інтерфейсу USB для підключення до персонального комп'ютера.

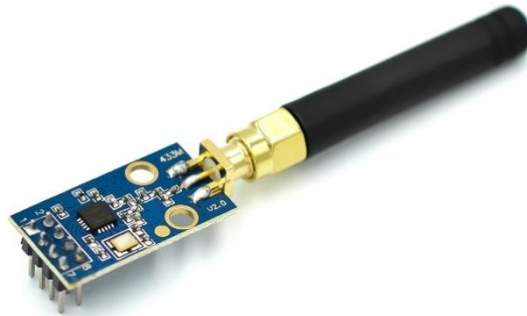


Рисунок 4.3 – Модуль DIY CUL

Arduinos - це широко використовуються плати з ATmega328p. Arduino nano особливо добре підходить для створення CUL самостійно. Він відносно невеликий, має інтерфейс USB і може забезпечити живлення 3,3 В для CC1101.

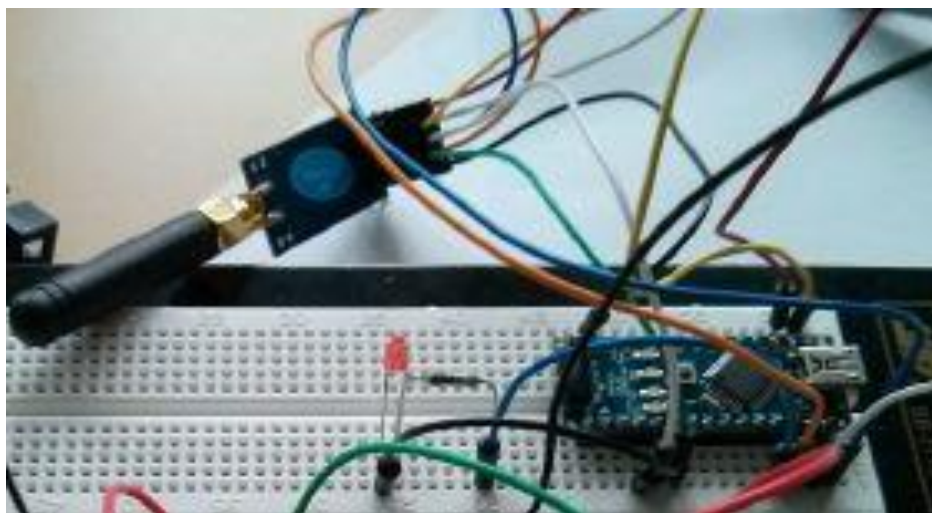


Рисунок 4.4 – Модуль DIY CUL на макетній дошці

Модулі з радіочіпом CC1101 доступні в різних версіях. Важливо розрізнити використовувані радіочастоти, для використання в Європі це 433 МГц і 868 МГц. В принципі, чіп можна налаштувати на обидві частоти – але для оптимальної продуктивності передачі та прийому кола антени повинен бути налаштований на використовувану частоту. Це мається на увазі не тільки саму антену, але й обладнання на модулі.

Хоча *culfw* може тимчасово перемикається на іншу частоту, це часто призводить лише до незадовільних результатів. Тому слід використовувати модуль, який відповідає радіопротоколу, який в основному буде використовуватися.

Схема 433 МГц складається з двох окремих компонентів, індуктивності та конденсатора. Версія 868 МГц, з іншого боку, має дві індуктивності, включені послідовно, і конденсатор на землі між ними. Версія 433 МГц має спочатку конденсатор, а потім індуктивність послідовно і між іншим конденсатором і залемлення.

CC1101 – це трансівер для роботи у всіх догігагерцових ISM-діапазонах. Представлений у 2007 році трансівер CC1101 є вдосконаленим, сумісним за розташуванням виводів та програмування аналогом CC1100.

Характеристики трансівера CC1101:

- розширений діапазон частот,
- підвищену вибірковість,
- хороший вхідний рівнем насичення та можливістю керування вихідною потужністю
- та характеристиками електроспоживання.

Завдяки малому споживаному струму, відмінним радіочастотним (РЧ) характеристикам (таблиця 4.1) та високому ступеню інтеграції він чудово підходить для реалізації бездротових компонентів систем безпеки: елементів

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

охоронних систем; контрольних приладів із автоматичним зчитуванням; пристроїв сигналізації, моніторингу та автоматизації.

У критичних до рівня електроспоживання пристроях із батарейним живленням разом із CC1101 часто використовуються мікроконтролери (МК) із сімейства MSP430 (TI). Для підключення до зовнішнього мікроконтролера передбачений чотирипровідний SPI-сумісний інтерфейс, а дві зайняті для цих цілей ліній введення-виводу мікроконтролера можуть бути компенсовані двома програмованими цифровими виходами CC1101. Завдяки високому ступеню інтеграції досягається спрощення зовнішнього підключення трансівера (рис. 4.5) та зниження навантаження на програму мікроконтролера.

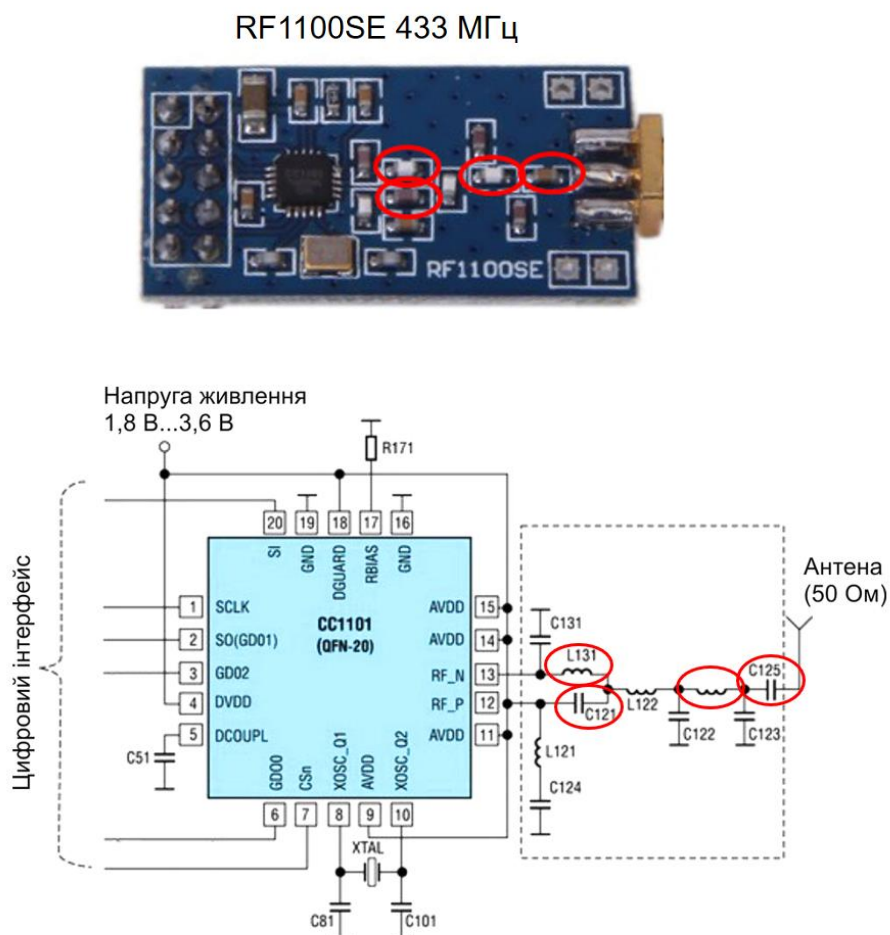


Рисунок 4.5 – Типова схема включення трансівера CC1101 для роботи в частотному діапазоні 315/433 МГц

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Останнє є наслідком інтеграції модема, що конфігурується, який розвантажує мікроконтролер від необхідності виконання критичних на час виконання завдань: обробки пакетів; буферизації даних; пакетної передачі; пошуку вільного каналу; оцінки якості каналу та відновлення активної роботи через радіочастотний канал.

Цей модем підтримує дуже широкі можливості конфігурації, в тому числі вибір схеми модуляції (ASK, 2-FSK, GFSK, MSK, OOK), що суттєво покращує гнучкість застосування трансивера. CC1101 розміщений в ультрамініатюрному корпусі QFN-20 (4x4 мм), що поряд з високим ступенем інтеграції дає додаткову перевагу при необхідності створення портативного пристрою.

Таблиця 4.1 – Основні технічні характеристики модуля CC1101 (433/868 МГц, 3.0 В, 25°C)

Найменування параметра	Мінімальне значення	Номінальне значення	Максимальне значення
Частотний діапазон, МГц	300 387 779	---	348 464 928
Робочий температурний діапазон, °C	-40	-	85
Робоче напруга харчування, В	1,8	-	3,6
Швидкість передачі (програмована), кбод	1,2	-	500
Вихідна потужність (програмована), дБм	-30	-	+12
Чутливість приймача, дБм (1,2 кбод, 868 МГц, частота помилок у пакеті 1%)	-	-113	-
Споживаний струм : - режим прийому, мА (вхідний сигнал суттєво вище порога чутливості) - режим передачі (0 дБм), мА - режим передачі (12 дБм), мА - режим відключення , мкА	-----	14,7 15,0 30,0 <1	-----

4.3 Результати дослідження у програмному середовищі VNA View

Результат цієї перевірки є графіком на персональному комп'ютері залежності: червоний маркер – коефіцієнта стоячої хвилі та синій маркер – імпеданс антени від частоти. Всі підсумкові дані представлені у кваліфікаційній роботі. На зображенні представлені характеристики антенного робочого макету при власній довжині кабелю, що становить 38 см (рис. 4.6).

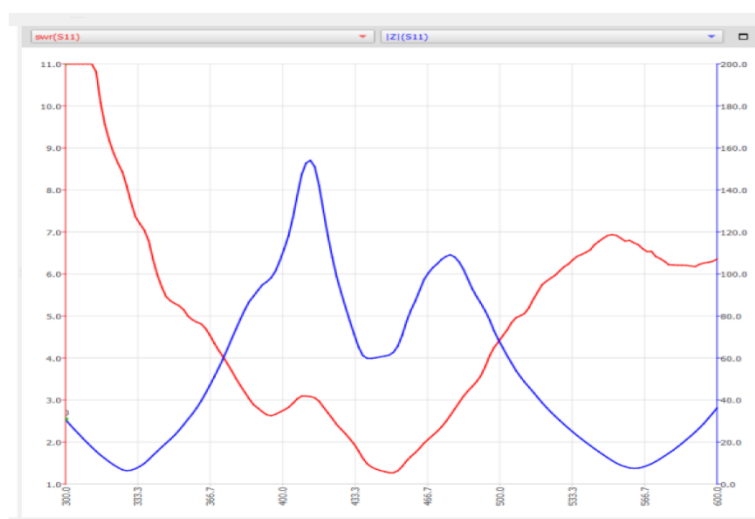


Рисунок 4.6 – Характеристики при довжині кабелю 38 см

Найкращий коефіцієнт стоячої хвилі спостерігається при частоті 440 МГц і становить 1.2, що відповідає результатам комп'ютерного моделювання, що підтверджує правильність складання макета, розробленого технічного рішення. З отриманих даних можна зробити висновок, що на практиці антенний макет показав більш високі характеристики, що не тільки підтверджує, але і дає уявлення про те, як вони виглядають у реальності.

Дослідження впливу на електричні характеристики також були проведені вимірювання в різних положеннях висоти ємнісного навантаження щодо вузла живлення, з метою планованого використання макета в діапазоні механічних змін конструкції антени. Додатково до цього досліджено електричні характеристики антени із застосуванням фідера живлення різних довжин.

Представлені результати вимірювання при довжині коаксіальної лінії живлення в 38 см, на рисунку 4.6 по яких видно, що характеристики більш згладжені, при розширенні смуги пропускання, але при цьому коефіцієнт стоячої хвилі при частоті 440 МГц збільшився і становить приблизно 1.7.

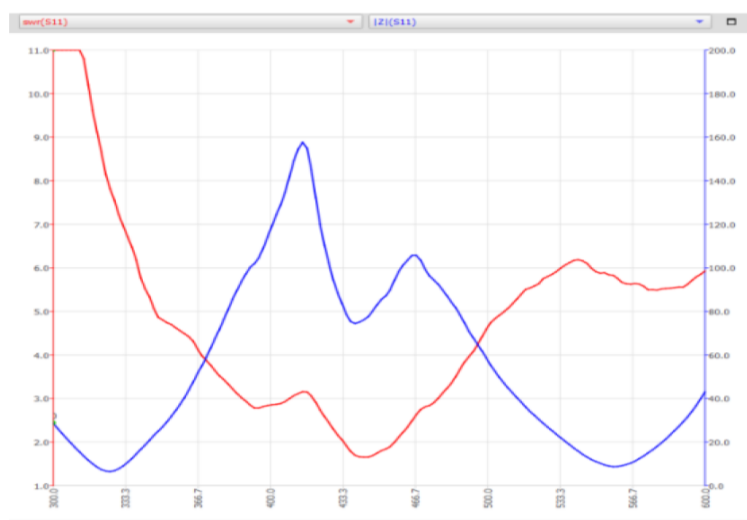


Рисунок 4.7 – Характеристики при довжині кабелю 38 см ємнісне навантаження з укороченим розміром щодо вузла живлення

Рисунок 4.8 демонструє підсумки дослідження, при якому ємнісне навантаження антенного пристрою встановлене з підвищеним розміром висоти від точки живлення. І для частоти в 440 МГц характеристика антени, а саме коефіцієнт стоячої хвилі досягає значення 1.9, при відповідних розмірах кабелю.

Подальша перевірка працездатності антени проводилася при додаванні різних довжин кабелів, що становлять 101 см та 124 см. Підсумкові значення 139 та 162 см відповідно. Результати проведення експерименту наведено на рисунку 4.9. та 4.10

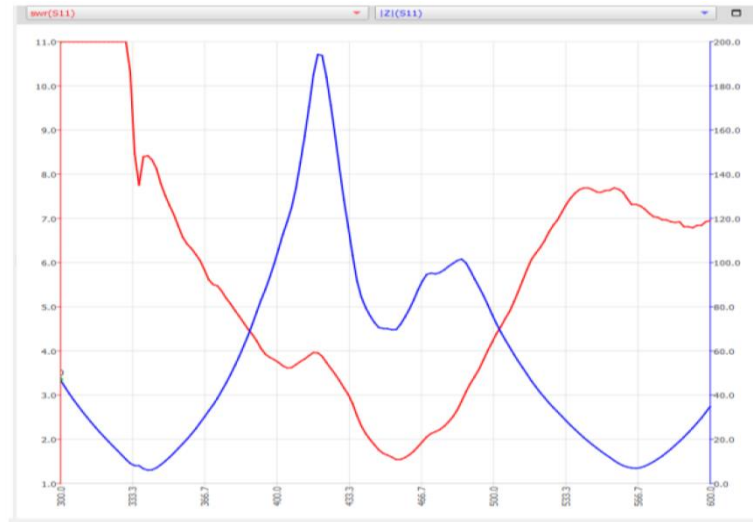


Рисунок 4.8 – Характеристики при довжині кабелю 38 см ємнісне навантаження з підвищеним розміром висоти від точки живлення

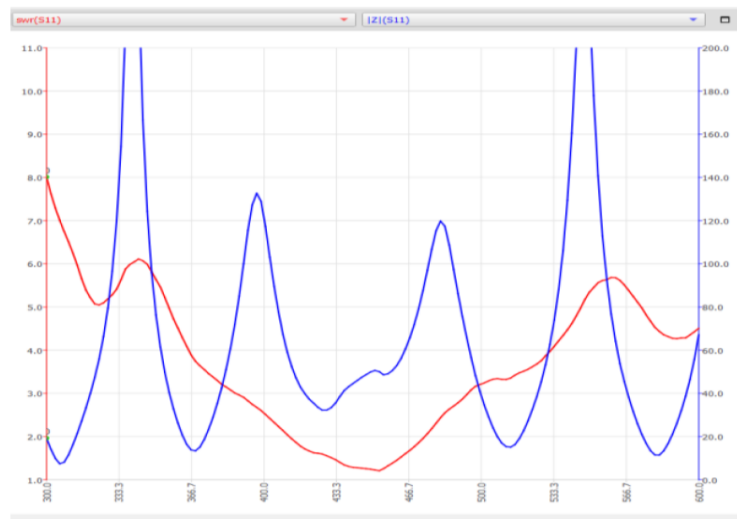


Рисунок 4.9 – Характеристики при довжині кабелю 139 см

При розмірі кабелю в 139 см коефіцієнт не зазнав сильної зміни на частоті 440 МГц, як у попередніх дослідях, але можна помітити, що відносно інших частот його значення зменшилося (стало ближче до 1).

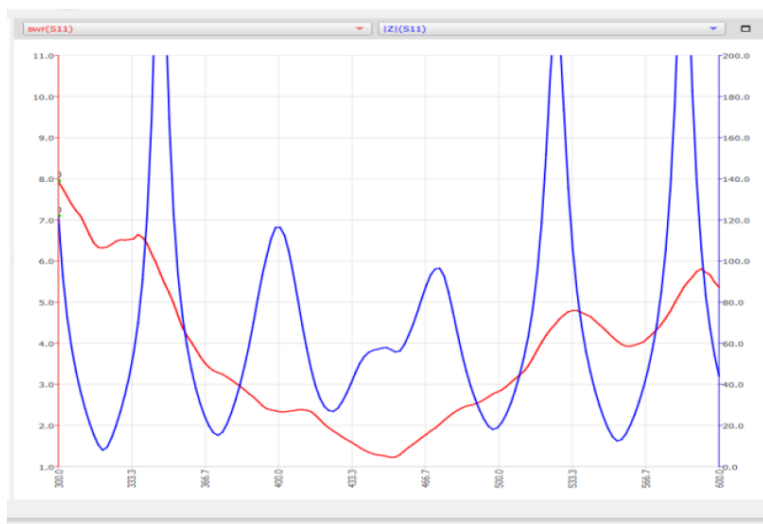


Рисунок 4.10 – Характеристики при довжині кабелю 162 см

При різниці у проведених вимірювань у 23 см істотних змін за результатами виведених досліджень не виявлено.

4.4 Економічна ефективність антени

Економічна ефективність конструкції антенних пристроїв має велике значення для конкурентоспроможності при масовому виробництві і тому враховується при проектуванні антен. При визначенні вартості варіантів враховують як вартість комплектуючих, а й вартість робіт при використувуваних технологіях складання. У кваліфікаційній роботі клеверна антена з ємнісним навантаженням пропонується до розміщення на безпілотних

літальних апаратах, тим самим є необхідність порівняння технологій, що використовуються в авіаційній техніці.

Комплексний аналіз із залученням елементів економіки та облік специфічних умов використання можуть призвести до змін від раніше наміченого варіанта антенного пристрою. При такому аналізі враховують також умови обслуговування, наприклад, при встановленні антени на наземних базових станціях, тому що важкодоступний огляд і роботи з налаштування або перемикання, наприклад, в умовах різних погодніх умов, можуть надати вирішальний вплив на остаточний вибір варіанта антенного пристрою.

Клеверні антени на сьогоднішній день є затребувані, тому можна зустріти безліч виробників та фірм даних антен. Наведемо кілька фірмових антен для порівняння їх характеристик з характеристиками нової версією клеверної антени з резонатором.

Комплект клеверних антен SpiroNET Immersion RC – одні з найпопулярніших у світі антен у діапазоні 5.8 ГГц для FPV польотів. Антени SpiroNET кругової поляризації – відмінний варіант замість штатних штирьових антен лінійної поляризації.

Основні характеристики

- коефіцієнт підсилення: 0.95dBi;
- діаграма спрямованості: 360 градусів;
- ціна: приблизно 1350 грн.

Антенa SpiroNET ImmersionRC має діаграму спрямованості 360 градусів, але низький показник коефіцієнта підсилення.

Ефективність клеверних антен проявляється за рахунок стабільного сигналу при різних просторових положеннях передавальної та приймаючої антен (рисунок 4.11)

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52



Рисунок 4.11 – Комплект клеверної антени SpiroNET ImmersionRC

Клеверна антена з ємнісним навантаженням не поступається фірмовим антенам за показниками діаграми спрямованості та за коефіцієнтом посилення антени. Виготовлення антени у процесі роботи представлено на рисунку 4.12.



Рисунок 4.12 – Процес виготовлення клеверної антени з ємнісним навантаженням

Наочно видно, що проблему з низькою надійністю скелетних конструкцій у першому випадку вирішили, помістивши антену у чохол, у другому випадку

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

проблема не вирішена. Так як фірмові антени є класичними клеверними антенами, то завадостійкість у них низька через складність узгодження антени з фідером, що в антені з резонатором вирішена шляхом додавання нового елемента-резонатора. У зв'язку з цим можна зробити висновок, що клеверна антена з резонатором є економічно ефективною і конкурентоспроможною моделлю. Що підтверджує реалізацію компетенції ПК-9.

Економічна частина. У кваліфікаційній роботі було проведено економічне обґрунтування розробки клеверної антени з ємнісним навантаженням та знайдено її собівартість. В результаті аналізу було встановлено, що пристрій має більш високий технічний рівень порівняно з аналогом, а також знизилася витрати на експлуатацію, що говорить про конкурентоспроможність проекрованої клеверної антени.

4.5 Техніка безпеки під час роботи з антенами

Важливо неухильне дотримання технік безпеки при виробництві антенних систем і проведенні профілактичних заходів з обслуговування антенних пристроїв.

Багаторічна практика людей дає підстави стверджувати, що будь-яка робота є небезпечною. Ця заява лягла в основу основного принципу безпеки життя: будь-яка діяльність може бути небезпечною.

Наявність будь-якого ризику може призвести до порушення нормального стану людини, завдати шкоди здоров'ю. Отже, під ризиками слід розуміти умови, процеси, речовини, які можуть прямо чи опосередковано завдати шкоди здоров'ю людини у конкретній ситуації, тобто вони згубно діють організм людини

Можливі причини цього явища, такі:

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

- поранення рук деталями при технічному обслуговуванні антени;
- термічний опік при ремонті із застосуванням паяння;
- забиття від неправильного використання інструменту;
- відмова опромінювача;
- збій рефлектора;
- відсутність напруги живлення.

Несправність опромінювача може бути викликана недотриманням правил експлуатації, недоліками під час виготовлення електрообладнання, помилками при встановленні.

Технічне обслуговування антенних пристроїв безпілотнолітальних апаратів є невід'ємною процедурою експлуатації під час передпольотної підготовки та ремонтно-відновлювальних робіт після застосування безпілотної у складних умовах використання. У свою чергу, проводиться планове технічне обслуговування і не виключається позачергове технічне обслуговування при відмови взаємодіючих комплектуючих пристроїв.

Ремонт електричних кіл антенно-фідерного високочастотного тракту, у якому антена є основою взаємодії з середовищем як при прийомі, і щодо електромагнітних хвиль, процес пайки можна застосувати до усієї її ділянок. При цьому не виключається використання як високотемпературних припоїв, так і паяльників з напругами живлення 12, 24, 220 вольт або газових паяльних ламп.

Основні інструменти при ремонтно-відновлювальних та регламентних роботах можуть бути використані, крім різних паяльників, викрутки, ключів, плоскозубців, молотків та інші інструменти, при неправильному використанні яких можливі забиті місця, порізи, затискання та здавлювання.

Розглянемо ще один потенційний випадок електричного збою – виробничий шлюб.

					КВРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Чинники, які можуть призвести до утворення дефектів: технічні неполадки або несправності обладнання, поганий матеріал і паяння. Їх також можна вважати натуральними.

Чинники, які можуть спричинити дефекти складання: ефекти, допуски на стики та кілька інших можливих станів.

Аналізуючи невдачу медитації, можна сказати, що фактори, які можуть призвести до цієї події, ті ж, що й причини порушення харчування.

Відсутність напруги живлення не розглядається, так як це може бути викликано безліччю факторів, для аналізу яких знадобиться інформація про конкретну область антени.

Причини відмови, розглянуті в попередньому абзаці, можуть визначати заходи щодо підвищення екологічності та забезпечення безпеки антенного обладнання.

Наступні фактори можуть бути першими випадками порушень техніки безпеки при експлуатації антенного обладнання: недотримання температурного режиму, підвищена вологість повітря, підвищена напруга живлення, поганий матеріал, удари, перегини, сильне нагрівання.

Нижче наведено кроки щодо підвищення надійності та безпеки антенного обладнання.

Потрібно:

- провести короткі бесіди з операторами обладнання;
- наявність кваліфікованого персоналу;
- розташування антени в погодних умовах, придатних для антени, яка була спроектована та відремонтована;
- при установці антен уникайте ударів, перегинів, тертя та інших факторів, що сприяють виходу антени з ладу;
- контакти з іншими пристроями, крім функції антени.

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Надзвичайна ситуація – це непередбачуване, раптове зовнішнє явище, що характеризується серйозними порушеннями встановленого процесу або явища і глибокий вплив на життя людей, економічні показники, соціальну сферу і навколишнє середовище.

Часто виникає пожежа під час перевірки та настроювання антени. Пожежа – це неконтрольований процес горіння, що супроводжується матеріальними збитками та небезпекою для життя людей. Другими наслідками пожежі можуть бути вибухи та витоку токсичних речовин або забруднюючих речовин у навколишнє середовище. Використання води для гасіння пожеж може завдати серйозних збитків будинкам і предметам, що зберігаються в ній [6].

Можлива причина спалаху - електрика, тому як у кімнаті стільки електроприладів. До причин електричного загоряння належать: коротке замикання, надмірне навантаження, високий контактний опір, щирість і щирість, статичну електрику. Струм короткого замикання досягає високих рівнів, а ефекти, пов'язані з температурою та потужністю, можуть спричинити пошкодження електрообладнання, загоряння. Правильний вибір проводів (вибір перерізу проводів із зазначенням струму, типу проводу та типу ізоляції), електронне обладнання, обладнання, а також планові перевірки, ремонт та випробування можуть запобігти короткочасному виникненню. Для швидкого вимкнення при короткому замиканні використовуються запобіжники та автоматичні вмикачі.

Причина пожежі може стати недбалим ставленням спеціаліста до правил техніки безпеки, а також куріння в непризначених для цього місцях.

Пожежі вимагають вживання екстрених заходів для їх наслідків та насамперед проведення рятувальних та інших невідкладних операцій. Щоб успішно вирішити ці проблеми, потрібно знати основні принципи безпеки:

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

- обов'язкове дотримання правил пожежної безпеки;
- завчасна підготовка та здійснення захисних заходів щодо підвищення пожежної безпеки;
- диференційований підхід до визначення, характеру, сфери охоплення та термінів здійснення цих видів діяльності, характер та масштаби захисних заходів встановлюватися залежно від типу джерел небезпечних та шкідливих факторів, а також від місцевих умов;
- всеосяжний характер захисних заходів для безпечного робочого середовища.

Основними вогнегасними речовинами є: вода, водяна пара, інертні гази, діоксид вуглецю, піна, галоїдовані вуглеводні, порошкові склади, пісок та покривала [7].

Здатність швидко ліквідувати пожежу багато в чому залежить від своєчасного повідомлення про надзвичайну ситуацію. Загальним засобом повідомлення є телефонна мережа, до якої підключена приймальна станція, що приймає сигнали від детекторів і передає їх пожежній бригаді. Детектори можуть бути ручними та автоматичними (дим, тепло, світло).

Найчастіше використовуються комбіновані автоматичні детектори, що реагують на тепло і дим. Знаходять застосування та ультразвукові детектори, що реагують на зміну ультразвукового поля під час пожежі.

Основними заходами щодо запобігання пожежам, які мають виконувати підприємства: забезпечення повного та своєчасного виконання правил та вимог пожежної безпеки; будівельних норм при проектуванні, будівництві та експлуатації об'єктів, що перебувають за його юрисдикцією; організувати на підприємстві пожежну охорону, добровільну пожежну команду та пожежно-технічну комісію; регулювання заохочення у змісті пожежної охорони підприємства; закупівлю засобів пожежогасіння; призначати відповідальних за

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

протипожежне попередження у цехах, лабораторіях, виробничих дільницях, базах, складах та інших виробничих будівлях підприємства.

Захист середовища, що тепер став однією з найважливіших міжнародних проблем нашого часу [8].

Використання ресурсів довкілля Землі та довкілля на користь сьогодення та майбутніх людей.

Виділяються у вентиляційному повітрі на ділянках пайки та лудіння токсичні гази (монооксид вуглецю, фторид водню), аерозолі (свинець та його сполуки)

Вода використовується для приготування технологічних розчинів, що застосовуються при травленні матеріалів і деталей та покриття, а також для промивання деталей та ванн після скидання відходів та обробки приміщень. Основні домішки стічних вод – пил, металева окалина, емульсії, луги та кислоти, важкі метали та ціан. Всі ці, потрапляючи до людини, викликають порушення його здоров'я. Так, оксид вуглецю система, потрапляючи через дихальну систему в організм, діє на нервову та серцево-судинну систему, викликаючи задуху. Під впливом свинцю порушується синтез гемоглобіну, робота сечостатевої системи, нервової системи.

Можна зробити висновок, що у виробництві обов'язкове регулярне відчищення як повітря, так і стічних вод.

Радикальне вирішення проблеми захисту навколишнього середовища від негативного впливу промислових об'єктів можливе при повсюдному використанні безвідходних та маловідходних технологій. Використання очисних пристроїв і споруд не дозволяє локалізувати токсичні викиди, а використання більш сучасних систем очищення завжди представляє собою експоненційну вартість процесу відчистки навіть тих випадків, коли це технічно можливо.

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Тому оптимальним для процесу виготовлення розробленої антени можна вважати:

– для очистки повітря – використання сухого пиловловлювача (наприклад, електростатичного електрофільтра), який вважається більш досконалим, ніж інші і, крім того, дозволяє повернути зібраний пил у виробництво;

- обробка стічних вод слід проводити відстоюванням, фільтрацією, а також використанням біофільтрів.

Висновок до 4 розділу

Проведено техніко-економічні характеристики розробленої антени. Для досліджень розробленого технічного рішення складено запропонований макета антени в лабораторних умовах, та виміряно її характеристики та підтверджено теоретичні передумови, щоотримані в програмі для розрахунку антен MMANA-GAL.

Зроблено перевірку працездатності макету розробленої антени проведена за допомогою вимірювання коефіцієнта стоячої хвилі приладом MFJ-269 в ліцензованому діапазоні частот відповідним робочому діапазону зазначеного приладу.

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

ВИСНОВКИ

Основою в результаті виконання кваліфікаційної роботи «Розробка клеверної антени з ємнісним навантаженням» спрямованої на створення перспективних антенних пристроїв, розроблено прикладний напрямок розвитку клеверних антен з підтвердженням створеним діючим макетом, попередньо розрахованим з застосуванням комп'ютерного моделювання, зразками версій на базі працездатного діючого макета.

Попередньо проаналізувавши патентні джерела та технічну літературу, інтернет-ресурси, з даної тематики, виявлено новий напрямок вдосконалення клеверних антен на базі аналізу із застосуванням ємнісних навантажень.

Мета, що поставлена у кваліфікаційній роботі, реалізована шляхом аналізу існуючих та інноваційних клеверних антен, з пропозицією інновацій щодо покращення експлуатаційних характеристик та електричних параметрів. Клеверна антена кругової поляризації з ємнісним навантаженням забезпечує підвищення надійності та експлуатаційних можливостей застосування такого типу антен, але й є перспективною для подальшого вдосконалення.

Базуючись на теоретичних передумовах і можливостях комп'ютерного моделювання при дослідженні роботи клеверних антен, зміни їх електричних схем, були вироблені інноваційні технічні рішення щодо поліпшення характеристики цього типу антен. За кожною версією було проаналізовано десятки комп'ютерних моделей, що з метою скорочення обсягу представлення матеріалу та спрощення підходів розгляду у запропонованій роботі втрачені.

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Антени та пристрої надвисоких частот: підручник. для вузів. /Л.Я. Ільницький, О.Я. Савченко, Л.В. Сібрук. – Київ, 2003. – 495 с.
2. Прудіус І.Н. Основи антенної техніки: посібник / І.Н. Прудіус. – Львів, 2000. – 220 с.
3. Мікрохвильові пристрої телекомунікаційних систем.- т. 1. Поширення радіохвиль. Антенні та частотно-виборчі пристрої. / М.З. Згуровський, М.Є. Ільченка, С.А. Кравчук та ін. – Київ, 2003. – 454 с.
4. Антенні пристрої засобів зв'язку: навч. посібник / А.П. Заїкін, О.О. Зеленський, О.В. Троцький та ін. –Харків, 2003. – 523 с.
5. Ільницький Л.Я., Савченко О.Я., Сібрук Л.В. «Антени та пристрої надвисоких частот»: Підручник для ВНЗ/ За ред. Л.Я. Ільницького. – К: Укртелеком, 2003. – 496с.
6. Ільницький Л.Я., Сібрук Л.В., Щербина О.А. «Пристрої надвисоких частот та антени»: Навч. посібник. – К: НАУ, 2013. – 188с.
7. Ільницький Л.Я., Сібрук Л.В., Слоболлдянюк П.В., Благодарний В.Г. «Антени телекомунікаційних та моніторингових систем», За ред Л.Я. Ільницького. – К., 2012. – 240 с.
8. Чернишов В. П. Антено-фідерні пристрої радіозв'язку і радіомовлення. Х .: -Зв'язок 1978
9. Чудінов В. Н., Терьохін А. А., Шаровари Ф. І. Зв'язок пожежної охорони М .: ВПІТШ 1980
10. RobertH. Mellen, CarlT. Milner. The Big Wheel on Two. QST, 1961, № 9, 42–48.
11. RobertH. Mellen, CarlT. Milner. The Skew-Planar Wheel Antenna. QST, 1963, № 11, 11–13.
12. Mellen R., Milner C. The Skew-Planar Wheel Antenna // ARRL QST 1963. Vol. XLVII. № 11. P. 11-13.

					КвРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

13. Гончаренко І.В. Комп'ютерне моделювання антен. Все про програму MMANA. - М: ІІ РадіоСофт, Журнал «Радіо». 2002 – 10 с.

14. C.E. Lesanu, A. Done.Parasitic Circular Polarized Vertical Antennas / 13th International Conference on DEVELOPMENT AND APPLICATION SYSTEMS, Suceava, Romania, May 19 – 21, 2016 – p. 143-149.

15. Finkenzeller K. RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification. 2nd Edition: John Wiley and Sons, 2004.

16. Nikitin P. V. and Rao K. V. S. Performance of RFID Tags with Multiple RF Ports // Proc. Int. Symp. IEEE AP. June 2007, Honolulu, HI, USA. PP. 5459-5462.

17. Ramakrishnan K. N. M. Performance Benchmarks for Passive UHF RFID Tags // Master's Thesis, Department of Electrical Engineering and Computer Science and the Faculty of Graduate School of the University of Kansas, October 17, 2005

18. Radio frequency identification transponder employing patch antenna <http://www.freepatentsonline.com/6215402.html>

19. Rossman, C.E., LoZ. Omnidirectional RFID Antenna // <http://www.wipo.int/pctdb/fr/ia.jsp?IA=US2006039599&REF=RSS&DISPLAY=DESC>

20. Jorgensen E., Lumholt M., Meicke P., Zhou M. New modelling capabilities in commercial software for high-gain antennas. 6th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP). 2012. P.855-859. <https://doi.org/10.1109/EuCAP.2012.6206621>

					КВРТР.2019024.01.04 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

ДОДАТОК А

Таблиця 1 – Закладання геометрії антени у програмі MMANA-GAL

№	X1, м	Y1, м	Z1, м	X2, м	Y2, м	Z2, м	R, мм
1	0	0	-0.0667	0.1667	0	0.03964	1.5
2	0	0	-0.0667	0.1667	0.0067	0.03965	1.5
3	0	0	-0.0667	0.1667	0	0.03966	1.5
4	0	0	-0.0667	0.1667	0.0067	0.03967	1.5
5	0	0	-0.0667	0.1667	0	0.03968	1.5
6	0	0	-0.0667	0.1667	0.0067	0.03969	1.5
7	0	0	-0.0667	0.1667	0	0.03970	1.5
8	0	0	-0.0667	0.1667	0,0067	0.03971	1.5
9	0	0	-0.0667	0.1667	0	0.03972	1.5
10	-0.167	0	-0.0667	0.1667	0,0067	0.03973	1.5
11	0	-0,167	-0.00667	0.04584	-0.15526	0.03964	1.5
12	0.167	0.03972	-0.00668	0.11785	0.0485	0.03965	1.5
13	-0.11	0.03973	-0.00669	-0.1178	-0.1	0.11785	1.5
14	0.08	0.03974	-0.00670	-0.1178	-0.0133	0.11786	1.5
15	0.119	0.03975	-0.00671	-0.1178	-0,0133	0.11787	1.5
16	0.08	0.03976	0.07973	-0.1178	-0.0133	0.11788	1.5
17	0.11951	0.03977	0.07974	-0.1178	-0.01333	0.11789	1.5
18	-0.084	0.03978	0.07975	-0.0458	-0.08449	0.11790	1.5
19	-0.04	0.03979	0.07976	-0.0458	-0.08449	0.11791	1.5
20	-0.1098	0.03980	0.07977	-0.0458	-0.01333	0.11792	1.5
21	0.0458	0.03981	0.07978	-0.0458	-0.08449	0.11793	1.5
22	-0.06	0.03982	0.07979	-0.0458	-0.08449	0.11794	1.5
23	0.10983	0.03983	0.10727	-0.0458	-0.08449	0.11795	1.5
24	0.04584	0.03984	0.03964	0.06487	0.06487	0.11796	1.5
25	0	0.03985	0.11785	0.06487	0.06487	0.0933	1.5

№	X1, м	Y1, м	Z1, м	X2, м	Y2, м	Z2, м	R, мм
26	-0.11	0.03986	0.11785	0.06487	0.06487	0.0933	1.5
27	0	0.03987	-0.11785	0	-0.01333	0.0933	1.5
28	0	0.03988	0.11785	0	0	0.0933	1.5
29	0.0133	0.03989	0.11786	0.06487	-0.01333	-0.0067	1.5
30	0.0133	0.03990	0.11787	0.06487	0.06487	0.0933	1.5
31	0	0.03991	0.11788	0.06487	0.06487	0.0933	1.5
32	0.117	0.03992	0.11789	0.06487	-0.01333	0.0933	1.5
33	0	0.03993	0.11790	0.06487	0.06487	0.0933	1.5
34	-0.11	0.03989	-0.11785	0.06487	0.06487	0.0933	1.5
35	-0.0133	0.03990	0.11785	0.06487	0.06487	0.0933	1.5
36	0	0.03996	0.11786	0	0	-0.0067	1.5
37	0	0.03997	0.11787	0	0	0.0933	1.5
38	0	0.03998	0.11788	0	0	0.0933	1.5
39	0	0.03999	0.11789	0	0	0.0933	1.5
40	-0.01	0.04000	0.09333	0.01333	-0.01333	0.0933	1.5
41	0.0133	0.04001	0.09334	0.01333	-0.01333	0.0933	1.5
42	-0.133	0.04002	0.09335	0.01333	-0.01333	0.0933	1.5
43	-0.01	0.04003	0.09336	0.01333	-0.01333	0.0933	1.5
44	-0.11	0.01333	0.09337	0.01333	-0.01333	0.0933	1.5
45	-0.1167	0.01333	-0.01333	0.01333	-0.01333	0.0933	1.5
46	0.0133	0.01333	0.09333	0.01333	-0.01333	0.0933	1.5
47	0	0.11785	0.09334	0	0.09333	0.0933	1.5
48	0	0.11785	0.09335	0	0.09334	0.0933	1.5
49	0	0.11785	0.09336	0	0.09335	0.0933	1.5
50	0	0.11785	0.09337	0	0.09336	0.0933	1.5
51	0	0.11785	0.09338	0	0.09337	0.0933	1.5
52	0	0	0.09339	0	0	0.155	1.

ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра автоматизації та
комп'ютерно-інтегрованих технологій

ТЕМА _____

АНТЕНА КРУГОВОЇ ПОЛЯРИЗАЦІЇ

Виконав:
студент групи ТР1с-19-1
ДОВГАНЬ А. В.

Науковий керівник:
кандидат техн. наук, доцент
ЯНОВИЦЬКИЙ О. К.



Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

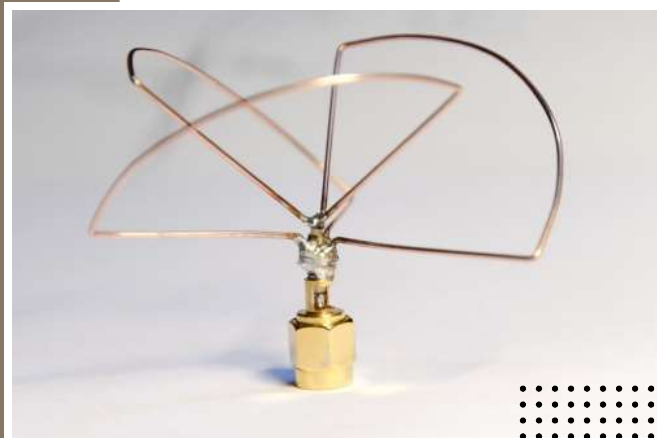
ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

Мета роботи:

- розробити клеверну антену з емнісним навантаженням.

Вихідні дані:

- літературні та інші джерела з антенно-фідерних пристроїв;
- програми моделювання антен MMANA – GAL.



слайд 3

МЕХАНІЗМ КРУГОВОЇ ПОЛЯРИЗАЦІЇ

Кругова поляризація утворюється при наявності двох сигналів приходу зі зсувом фази на 90°, а також через одночасне переміщення плоскополяризованих антен на 90°.

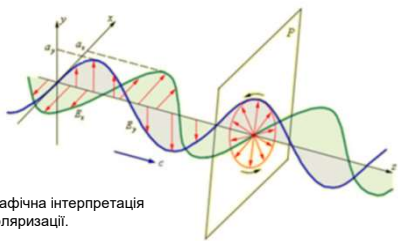


Рис. 1 – Графічна інтерпретація кругової поляризації.

Миттєве значення модуля вектора напруженості у точці:

$$E(z, t) = (e_x E_x + e_y E_y) e^{jkz - j\omega t} \quad (1)$$

$$E_x(z, t) = E_0 \cos(kz - \omega t) \quad (2)$$

$$E_y(z, t) = mE_0 \sin(kz - \omega t) \quad (3)$$

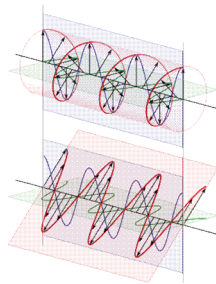
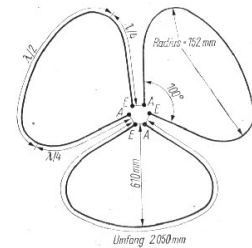


Рис. 2 - Відмінність хвиль із круговою та плоскою поляризацією



Антенa - BigWheel



Антенa - The Skew-planar Wheel (1961 р.)

2-метровe велике колесо для мобільного або стаціонарного використання

слайд 4

МЕХАНІЗМ КРУГОВОЇ ПОЛЯРИЗАЦІЇ

Хвиля з круговою поляризацією може обертатися в одному з двох можливих напрямів: **права кругова поляризація**, при якій вектор електричного поля обертається праворуч по відношенню до напрямку поширення, і **ліва кругова поляризація**, при якій вектор обертається вліво.

Рисунок показує, як можна визначити, в якому напрямку налаштована ваша антенa.

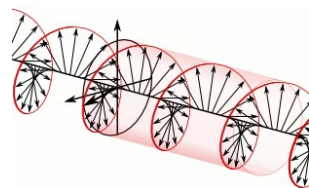
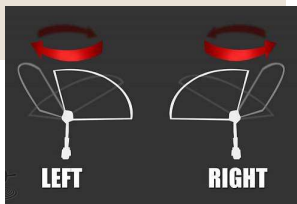


Рис. 1 – Хвиля із правою круговою поляризацією

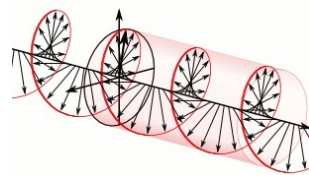


Рис. 2 – Хвиля із лівою круговою поляризацією

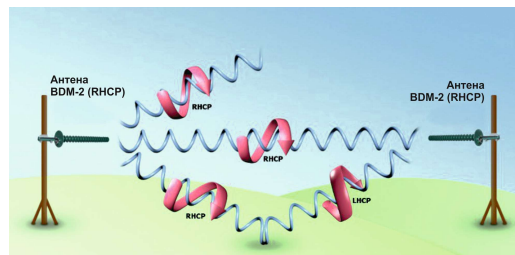


Рис. 3. Права кругова поляризація (а перевідбита вже ліва)

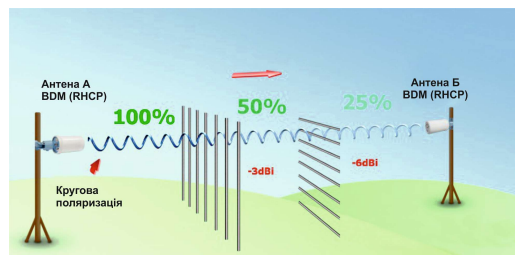


Рис. 4. Ослаблення хвилі з круговою поляризацією під час проходження через перешкоди

слайд 5

КЛЕВЕРНА АНТЕНА

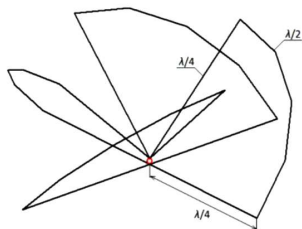


Рис.1 – Класична клеверна антена

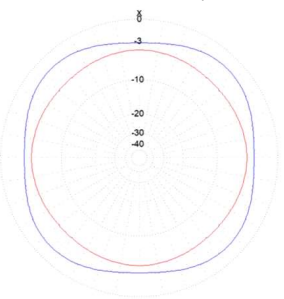
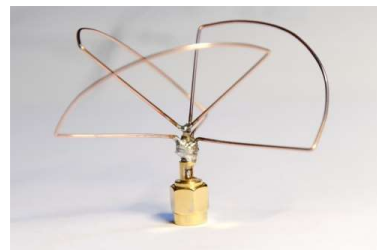
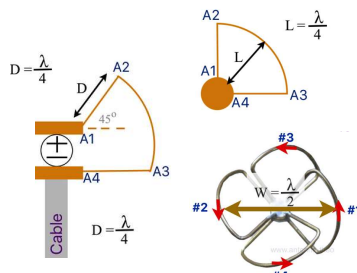
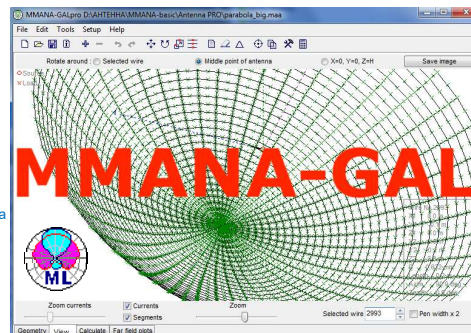


Рис. 2 – Ескіз клеверної антени з електричними параметрами

Ga: 0.95 dBi = 0 dB (H поляризація)
 Gh: -1.2 dBi
 FSI: -0.75 dB; Тип: Азим. 120 гр. Елевація 60 гр.
 F: 433.000 МГц
 Z: 113.165 + j 15.186 Ом
 KСХ: 2.3 (50.0 Ом)
 Elev. гр.: 29.0 гр. (Вільного простору)
 (Для зенітного кута 0.0 гр. підсилення = -0.8 dBi)

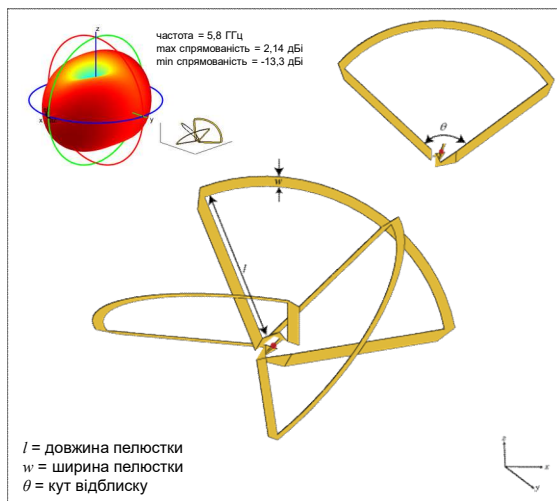
вертикальна площина
 горизонтальна площина



слайд 6

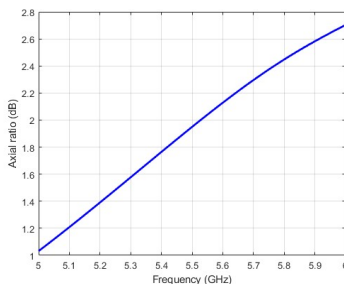
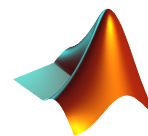
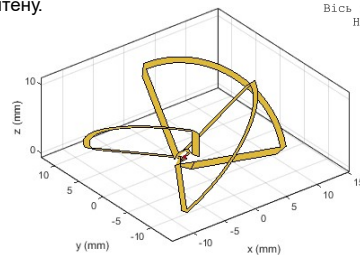
МОДЕЛЮВАННЯ КЛЕВЕРНОЇ АНТЕНИ В MATLAB

Клевер має 3 пелюстки і працює на частоті близько 5,8 ГГц. Він має широкопasmову кругову поляризацію та всенаправлену антену.



```

c1 = NumPetals = 3;
клевер з властивостями:
Число пелюсток: 3
Довжина пелюстки: 0,0515
Ширина пелюстки: 8.0000e-04
Кут відблиску: 105
Провідник: [1x1 метал]
Нахил: 0
Вісь нахилу: [1 0 0]
Навантаження: [1x1 lumpedElement]
    
```



Побудовано графік осьового відношення антени від 5 ГГц до 6 ГГц.

```

freq = linspace(5e9,6e9,101);
axial Ratio(c1,freq,theta,theta);
    
```

Рис. 1 – Графік осьового відношення показує, що антена підтримує кругову поляризацію у всьому діапазоні частот.

слайд 7

АНАЛІЗ РОБОТИ КЛЕВЕРНИХ АНТЕН

Квазішунтований клевер з резонатором

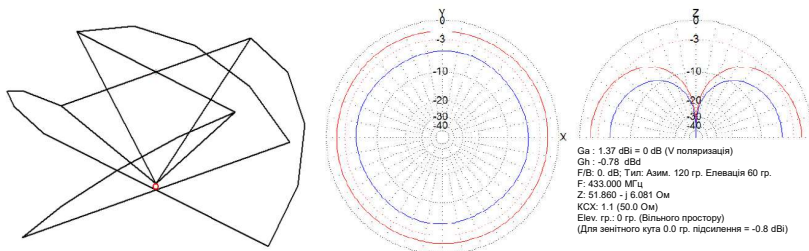


Рис. 1 – Квазішунтований клевер з резонатором: геометрія та діаграма спрямованості та параметри

Частота 430 МГц
 KCX = 1.1

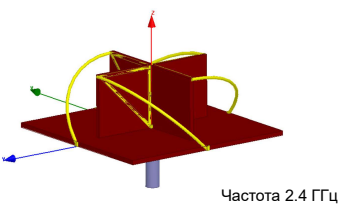


Рис. 2 – Модель квазішунтового клевера

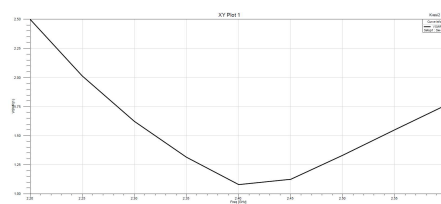


Рис. 3 – Графік залежності KCX від частоти

слайд 8

АНАЛІЗ РОБОТИ КЛЕВЕРНИХ АНТЕН

Клеверна антена з ємнісним навантаженням

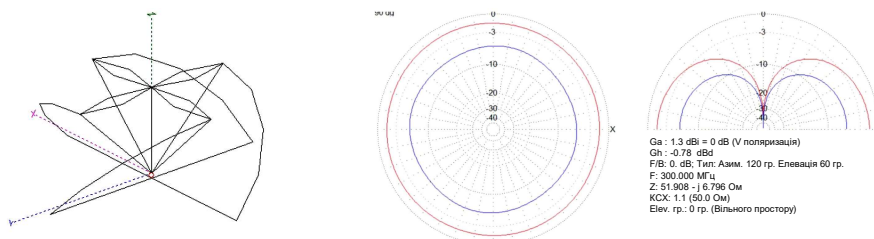


Рис. 1 – Клеверна антена кругової поляризації з ємнісним навантаженням, з рознесеними на відстань провідників, що розташовані у горизонтальних площинах: геометрія та діаграма спрямованості та параметри

Частота 300 МГц
 KCX = 1.1

Зміна електричної ємності антенного пристрою забезпечує узгодження антени з кабелем живлення і для налаштування антени необхідно змінювати довжину малої осі ромбоподібних плечей квазішунтів.

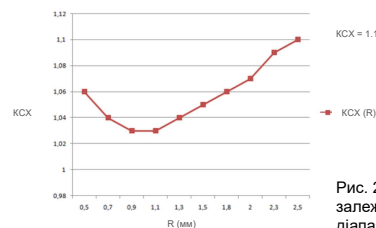


Рис. 2 – Графік залежності у робочому діапазоні частот

слайд 9

АНАЛІЗ РОБОТИ КЛЕВЕРНИХ АНТЕН

Клеверна антена з ємнісним навантаженням



Змінено ємнісне навантаження, розташоване в горизонтальній площині, що нагадує форму зірки, але не має загальної точки перетину, при цьому з'єднуються в загальну точку зі зворотного боку під кутом.

Частота 300 МГц
КСХ = 1,5

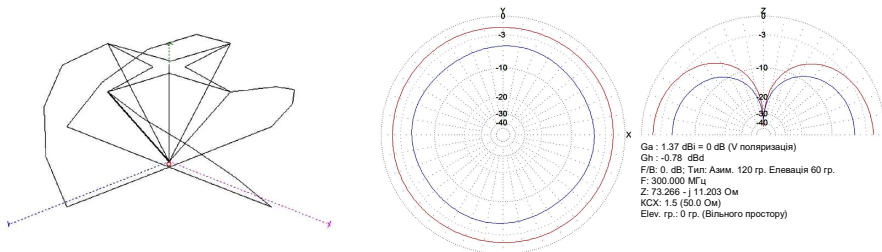


Рис. 1 – Нова версія клеверної антени у формі зірки: геометрія та діаграма спрямованості та параметри



слайд 10

АНАЛІЗ РОБОТИ КЛЕВЕРНИХ АНТЕН

Клеверна антена з ємнісним навантаженням



Версію антени у формі «зірки» змінено: додано кілька елементів до конструкції антени. За допомогою чого можна підвищити механічну надійність антени

Частота 450 МГц
КСХ = 1.1

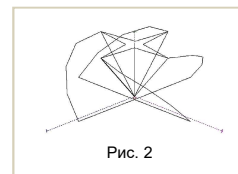
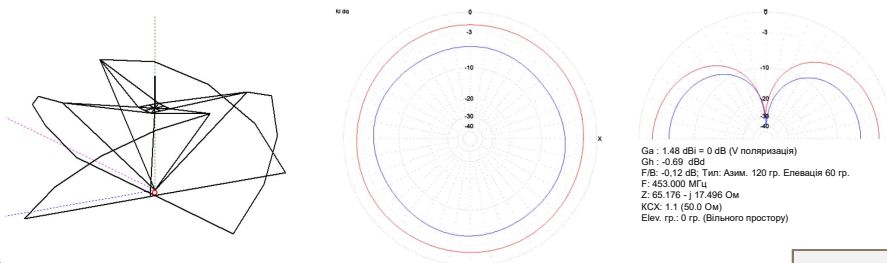


Рис. 1 – Нова версія клеверної антени у формі «зірки»: геометрія та діаграма спрямованості та параметри

Цей тип антени більш мобільний для встановлення на різних об'єктах.

ПЕРЕВАГИ:

- збільшилася механічна жорсткість антенного пристрою,
- можна змінювати характеристики, залежно від того, в яких умовах її розмістили



слайд 11

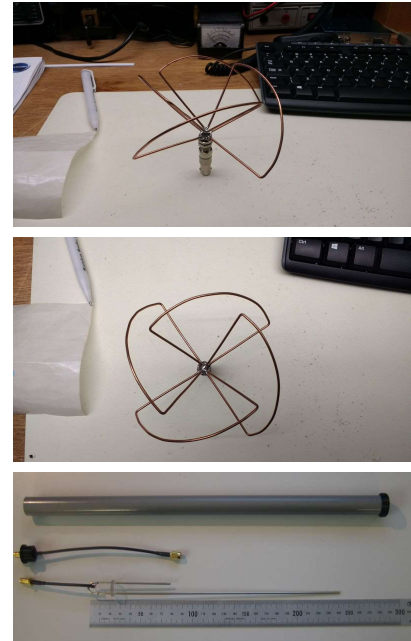
КЛЕВЕРНА АНТЕНА. РОЗРОБКА МАКЕТА



Рис. 1 – Зібраний макет антени з ємнісним навантаженням та підтверджуючими показниками працездатності на аналізаторі MFJ-269



Рис. 2 – Макет на базі аналізатора спектра Simple Vector Network Analyzer та ПЗ «VNA View»



- діапазон радіочастот = 430 МГц;
- довжина плечей вібратора антени – $\lambda = 70$ см

слайд 12

ВИБІР ПРИЙМАЛЬНО-ПЕРЕДАВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

Модуль CUL transceiver – це трансивер для прийому та відправки радіоповідомлень.

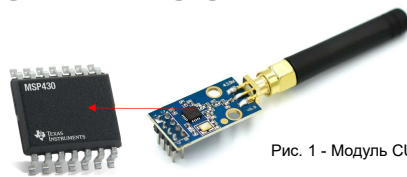


Рис. 1 - Модуль CUL

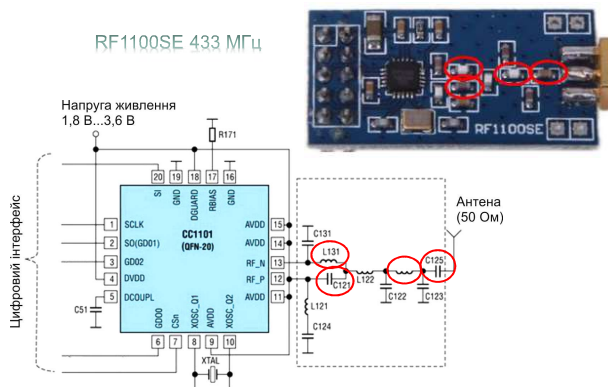


Рис. 2 – Типова схема включення радіомодуля CC1101 для роботи в частотному діапазоні 315/433 МГц

Основні технічні характеристики трансивера CC1101 (433/868 МГц, 3.0 В, 25°C)

Найменування параметра	Мінімальне значення	Номинальне значення	Максимальне значення
Частотний діапазон, МГц	300 387 779	---	348 464 928
Робочий температурний діапазон, °C	-40	-	85
Робоче напруга харчування, В	1,8	-	3,6
Швидкість передачі (програмована), кбод	1,2	-	500
Вихідна потужність (програмована), дБм	-30	-	+12
Чутливість приймача, дБм (1,2 кбод, 868 МГц, частота помилок у пакеті 1%)	-	-113	-
Споживаний струм:			
- режим прийому, мА (вхідний сигнал суттєво вище порога чутливості)	----	14,7 15,0	----
- режим передачі (0 дБм), мА		30,0 <1	
- режим передачі (12 дБм), мА			
- режим відключення, мкА			

слайд 12

Результати перевірки

При частоті 440 МГц
 — імпеданс антени від частоти
 — коефіцієнта стоячої хвилі (КСХ)

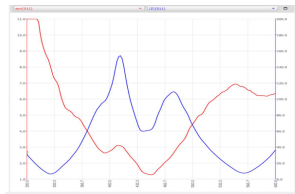


Рис. 1 – Характеристики при довжині кабелю 38 см

КСХ = 1,2

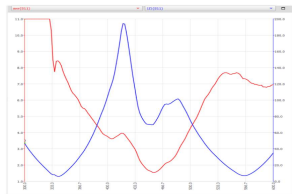


Рис. 2 – Характеристики при довжині кабелю 38 см емнісне навантаження з укороченим розміром щодо вузла живлення

КСХ = 1,7 ↑

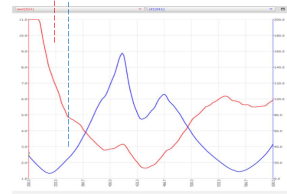


Рис. 3 – Характеристики при довжині кабелю 38 см емнісне навантаження з підвищеним розміром висоти від точки живлення

КСХ = 1,9 ↑

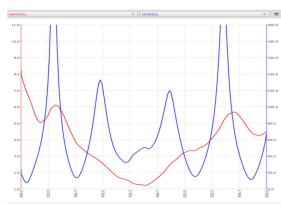


Рис. 1 – Характеристики при довжині кабелю 139 см

КСХ ≈ 1 ↓

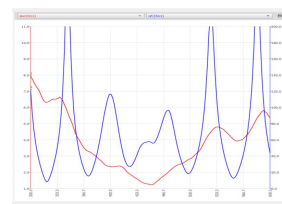
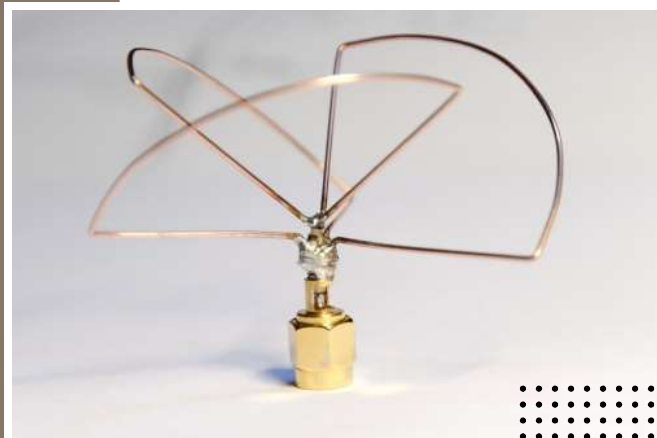
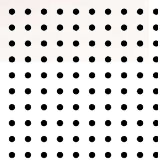


Рис. 2 – Характеристики при довжині кабелю 162 см



ВИСНОВКИ

- проведено аналіз існуючих та сучасних клеверних антен, з пропозицією щодо покращення експлуатаційних характеристик та електричних параметрів.
- проведено моделювання клеверних антен за допомогою програмного забезпечення «MMANA – GAL», «VNA View» .





ДЯКУЮ
ЗА УВАГУ!

Ім'я користувача:
Кафедра АКІТІТК

ID перевірки:
1011529002

Дата перевірки:
09.06.2022 23:38:40 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet

Дата звіту:
09.06.2022 23:46:20 EEST

ID користувача:
100005862

Назва документа: КвРТР_Довгань_ТР1с-19-1_ант_пл (1)

Кількість сторінок: 64 Кількість слів: 9543 Кількість символів: 78195 Розмір файлу: 2.18 MB ID файлу: 1011402199

1.63% Схожість

Найбільша схожість: 0.76% з Інтернет-джерелом (http://ni.biz.ua/14/14_1/14_14656_vhodnoy-impedans-antenni.html)

1.63% Джерела з Інтернету

89

Сторінка 66

Пошук збігів з Бібліотекою не проводився

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Fri Jun 10 12:16:30 EEST 2022, Федела Микола Васильович, Хмельницький національний університет, ХНУ

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальное совпадение с одним документом 1.0%

Словари проверки: en_US, ru_RU, ua_UA. Ошибка в документах: 8%

ID: 104992 Название: Бакалаврська кваліфікаційна робота Добавлено в БД: 2022-06-10 Авторы: Довгань А. Руководители: Яновський О.К. Консультанты: Опоненты:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	65792	1005	779 (1%)	13 (1%)

Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы

МІНІСТЕРСТВО ОВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Довгань Андрій Вікторович

Тема роботи: Антенна кругової поляризації

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Обсяг кваліфікаційної роботи

Кількість листів креслень 0 Кількість сторінок записки 62

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень в результаті виконаного наукового дослідження Мета кваліфікаційної роботи полягає в розробці клеверної антени з ємнісним навантаженням.

Опрацьовано інформаційні літературні джерела з антени. Виконати патентний пошук. За підсумками аналізу виявлених аналогів виробити технічне рішення антенного пристрою. Провести комп'ютерне моделювання із застосуванням прикладного програмного забезпечення MMANA-GAL. За отриманими результатами створити макетний зразок та провести електричні дослідження.

В результаті виконання кваліфікаційної роботи розроблено технічне рішення широкосмугової антени із спрощеним погодженням. Діючий макет клеверної антени з ємнісним навантаженням призначається для використання в навчальному процесі при проведенні лабораторних робіт та виконанні наукових робіт студентами. Позитивний ефект від використання ємнісного навантаження, в розробленому макеті з можливістю її зміни, проявляється у зміні електричних характеристик антени з метою подальших досліджень.

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: У першому розділі в результаті досліджень застосувань кругової поляризації у сфері створення перспективних ізотропних антенних пристроїв, розроблено новий науково-прикладний напрямок розвитку антен кругової поляризації при підтвердженні із застосуванням комп'ютерного моделювання, створеними зразками перспективних, конкурентоспроможних новаційних технічних рішень з більш високими електричними, технологічними та експлуатаційними параметрами. У Другому розділі результатом комбінації квазішунтового клевера і рамоквих перевипромінювачів створено інноваційне технічне рішення, яке запатентовано як «Антенна кругової поляризації клевера з рамоквими перевипромінювачами».

що покращують характеристики антен кругової поляризації клевера нестачі клеверних антен, який стримує їх розширене використання. У третьому розділі на основі теоретичних передумов доказово перевірені з використанням комп'ютерного моделювання та доведені до дослідних зразків у наближеннях до прикладного використання на промисловому рівні дослідні зразки та зроблено заробіток на майбутнє.

4. Позитивні сторони роботи: демонструє розгляд напрямів удосконалення клеверних антен, що розробляються на базі проведення комп'ютерного моделювання за допомогою програмного забезпечення MMANA-GAL.

5. Негативні сторони роботи: У роботі бажано було б більш детально розглянути питання моделювання клеверних антен. 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

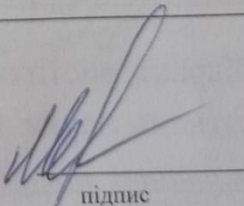
7. Відгук про роботу в цілому: В цілому кваліфікаційно робота виконано на високому технічному рівні, вона має безперечну актуальність в області сучасних технологій телекомунікацій

8. Інші зауваження: немає

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

10. Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, місце роботи) Мишан Віктор Володимирович – к.т.н., доцент кафедри ТМІТ

«07» червня 2022р.


підпис

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

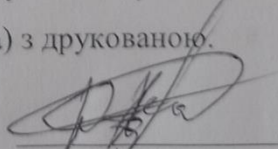
ЗАЯВА

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

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: Антенa кругової поляризації

Автор: Довгань Андрій Вікторович

Спеціальність: 172 Телекомунікації та радіотехніка

Науковий керівник: к.т.н., доцент Яновицький Олександр Костянтинівич

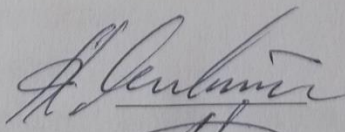
Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	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: Виявлені запозичення не є плагіатом так як розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження (є власні терміни, визначення тощо), складають 1,63% та мають посилання на приведений список літературних джерел.

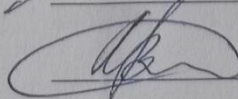
«09» червня 2022 р.

Науковий керівник



Яновицький О.К.

Завідувач кафедрою АКІТ



Мартинюк В.В.