

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Радіотехнічний факультет

Кафедра радіоінженерії

«На правах рукопису»
УДК 621.396.67

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Сергій Мартинюк

«__» _____ 2024р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-науковою програмою «Радіoeлектронна інженерія» зі
спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

на тему: «Біконічна рупорна антена з похилою поляризацією»

Виконав:

студент II курсу, групи РІ-21мн
Ляшко Дмитро Геннадійович

Науковий керівник:

д.т.н., проф.
Дубровка Федір Федорович

Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2024 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Радіотехнічний факультет
Кафедра радіоінженерії

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-наукова програма «Радіоелектронна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. зав. кафедри

_____ Сергій МАРТИНЮК

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Ляшко Дмитру Геннадійовичу

1. Тема дисертації «Біконічна рупорна антена з похилою поляризацією», науковий керівник дисертації Дубровка Федір Федорович, д.т.н., проф., затверджені наказом по університету від «28» __ 03 __ 2024 р. №1483-С
2. Термін подання студентом дисертації: 12 червня 2024 року.
3. Об'єкт дослідження: процеси збудження поширення та випромінювання електромагнітних хвиль біконічними рупорними антенами з похилою поляризацією.
4. Предмет дослідження: характеристики відбиття, обертання площини поляризації та діаграм спрямованості біконічних рупорних антен з похилою поляризацією.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Дослідження біконічної рупорної антени з ротатором поляризації. Отримання характеристик узгодження, випромінювання та підсилення біконічної рупорної антени для різних кутів нахилу площини поляризації. Презентація результатів дослідження зі слайдами.
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Ілюстрації біконічних рупорних антен для різних кутів повороту площини поляризації. Частотні залежності основних характеристик: узгодження, діаграм спрямованості та коефіцієнтів підсилення. Презентація зі слайдами.
7. Орієнтовний перелік публікацій 4 найменувань у переліку посилань.
9. Дата видачі завдання 17. 10. 2023 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
	Вступ	25 жовтня	Виконано
1	Огляд літератури по біконічним рупорним антенам та задачі дисертації	26 грудня	Виконано
2	Результати досліджень	23 лютого	Виконано
3	Розробка стартап проекту	24 квітня	Виконано
4	Висновок. Список використаних джерел	30 травня	Виконано

Студент Дмитро ЛЯШКО

Науковий керівник Федір ДУБРОВКА

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка магістерської дисертації має обсяг 98 сторінок, містить 85 рисунків та ілюстрацій, і 4 найменування у переліку літератури. Всього дисертація має загальні висновки і висновки до кожного розділу.

Актуальність теми зумовлена потребою сьогодення у створенні ультраширококутових всеспрямованих в азимутальній площині антен для систем радіоелектронної боротьби, здатних працювати на лінійних та колових поляризаціях.

Метою роботи є дослідження впливу ротатора поляризації на характеристики узгодження та випромінювання біконічної рупорної антени.

Об'єкт дослідження: процеси збудження, поширення та випромінювання електромагнітних хвиль біконічними рупорними антенами з похилою поляризацією.

Предметом дослідження є характеристики відбиття, обертання площини поляризації та діаграм спрямованості біконічних рупорних антен з похилою поляризацією.

Методом дослідження є електродинамічне моделювання біконічної рупорної антени з ротатором поляризації у програмному середовищі CST Microwave Studio.

Ключові слова: біконічна рупорна антена, діаграма спрямованості, коефіцієнт підсилення, S параметри.

ABSTRACT

The explanatory note of the master's thesis has a volume of 98 pages, contains 85 drawings and illustrations, and 4 titles in the list of literature. In total, the dissertation has general conclusions and conclusions for each chapter.

The relevance of the topic is due to the current need to create ultra-broadband omnidirectional antennas in the azimuth plane for electronic warfare systems capable of working on linear and circular polarizations.

The purpose of the work is to study the influence of the polarization rotator on the matching and radiation characteristics of the biconical horn antenna.

The object of the study: the processes of excitation of propagation and emission of electromagnetic waves by biconical horn antennas with oblique polarization.

The subject of the research is the characteristics of reflection, rotation of the polarization plane and directional diagrams of biconical horn antennas with oblique polarization.

The research method is electrodynamic modeling of a biconical horn antenna with a polarization rotator in the CST Microwave Studio software environment.

Key words: biconical horn antenna, directional diagram, gain factor, S parameters.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до магістерської дисертації

На тему: «Біконічна рупорна антена з похилою поляризацією»

Київ 2024

ЗМІСТ

Перелік скорочень	8
Вступ	9
1. Огляд літератури по біконічних рупорних антенах та задачі дисертації 10	
Висновок до розділу	19
2. Результати дослідження	20
2.1 Дослідження біконічної рупорної антени	20
2.2 Дослідження біконічної рупорної антени з 1 шаром ротатора поляризації під кутом 0°	37
2.3 Дослідження біконічної рупорної антени з 3 шарами ротатора поляризації під кутом 0° , 22.5° та 45°	54
2.4 Дослідження біконічної рупорної антени з 5 шарами ротатора поляризації під кутом 0° , 11.25° , 22.5° , 33.75° та 45°	71
2.5 Висновок до розділу	87
3. Розробка стартап проекту	89
3.1 Опис стартап проекту	89
3.2 Технологічний аудит ідеї проекту	90
3.3 Аналіз ринкових можливостей запуску проекту	92
3.4 Розроблення маркетингової програми проекту	95
3.5 Висновки до розділу	97
Висновок	98
Список використаних джерел	99

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

SPOA - всеспрямована антена з похилою поляризацією

UWB - Ultra wide band, ультра широка смуга частот

КСХ - Коефіцієнт стоячої хвилі

КСХН - Коефіцієнт стоячої хвилі за напругою

CST - Computer Simulation Technology

БПЛА - Безпілотний літальний апарат

VSWR - Voltage Stand Wave Ratio, КСХН

ВСТУП

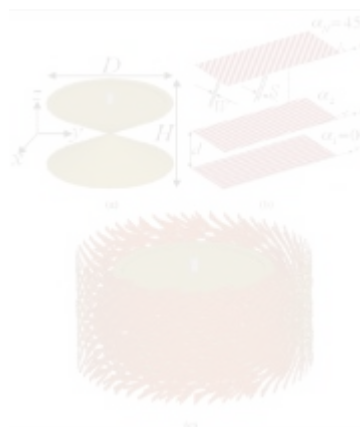
На сьогоднішній день, в умовах війни однією з найважливіших проблем в радіотехніці є створення новітніх систем радіоелектронної боротьби, здатних працювати у різних діапазонах частот і на різних поляризаціях радіосигналів, як в системах радіоелектронної розвідки так і в системах радіоелектронного подавлення ключовими елементами є ультраширококутові поляризаційно-інваріантні антени із всеспрямованими діаграмами спрямованості і потрібним коефіцієнтом підсилення. У найбільш повній мірі відповідає цим вимогам біконічні рупорні антени з лінійною поляризацією в інтер-кординальній площині (під кутом 45°).

Завданням магістерської дисертації було розробка багатошарового поляризатора та дослідження впливу окремих шарів ротатора на характеристики узгодження та випромінювання в ультраширокому діапазоні частот.

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ПО БІКОНІЧНИХ РУПОРНИХ АНТЕНАХ ТА ЗАДАЧІ ДИСЕРТАЦІЇ

Дослідження біконічної рупорної антени з ротатором поляризації було обумовлено необхідністю мати антену, що здатна приймати декілька видів поляризації, наприклад: горизонтальна поляризація, вертикальна поляризація, ліва колова поляризація та права колова поляризація. Тому було вирішено, що має сенс дослідити чи можливо зробити широкосмугову біконічну рупорну антену з кутом нахилу поляризації до 45° . Найбільш близькими по тематиці наукового дослідження є статті та дослідження деяких вітчизняних та закордонних авторів.

Найбільш близькою по тематиці наукового дослідження є стаття А. Дастранжа і Б. Аббасі-Аранда, що була опублікована в журналі Transactions IEEE on Antennas and Propagation, в лютому 2016 році. Науковці дослідили та розробили надширокосмугову всенаправлену антену з похилою поляризації. Результатом дослідження була антена, що закрита обтічником і складається з широкосмугової біконічної антени, що забезпечує всенаправлене випромінювання з вертикальною поляризацією та багатоекранним поляризатором, який перетворює вертикальну поляризацію в похилу поляризацію 45° .



11

Рисунок 1.1 - Конфігурація антени, (а) біконічна антена, (б) геометричні параметри багатоекранного поляризатора, (в) біконічна антена, оточена багатоекраним циліндричним поляризатором.

Для досягнення високих характеристик випромінювання **ВОНИ ОПТИМІЗУВАЛИ** геометричні розміри багатоекранного поляризатора. Як інструмент оптимізації був **ВИКОРИСТАНИЙ** алгоритм оптимізації інвазивних бур'янів. У процедурі оптимізації цілями оптимізації була смуга пропускання імпедансу антени, пульсація діаграми спрямованості в азимутальній площині та співвідношення коефіцієнта підсилення з однополяризацією/посиленням з перехресною поляризацією. Було виготовлено та виміряно прототип 45° SPOA. Загальна висота і діаметр обтічника антени становлять 50 і 70 мм відповідно. Вимірний коефіцієнт стоячої хвилі напруги антени менше 2,15. Крім того, експериментальні результати показують цю закономірність пульсації в азимутальній площині нижчі за ± 1 дБ, а відношення ко-поляризованого підсилення/перехресно-поляризованого підсилення вище 26 дБ у діапазоні частот 2–40 ГГц. Ефективність виготовленої антени як у смугі пропускання, так і в оптимальності результатів порівнюється з низкою комерційно доступних широкосмугових 45° SPOA. Результати порівняння показують, що розроблена антена перевершує інші 45° SPOA.

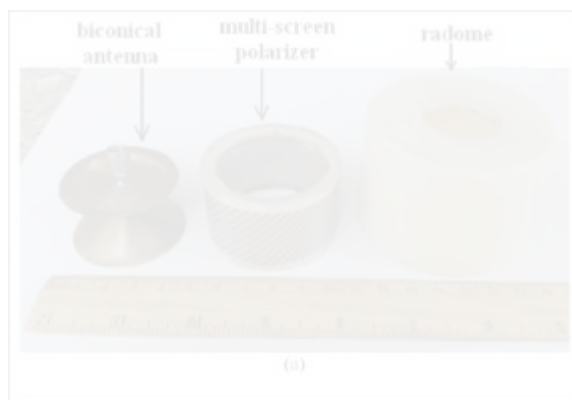




Рисунок 1.2 - Виготовлений прототип 45° SPOA, (a) і (b) розібрані види, (c) зібраний вигляд.

Наскільки запевняють автори, розроблена антена є першою широкосмуговою 45° всеспрямованою антеною з похилою поляризацією, яка охоплює частотний діапазон 2-66 ГГц. Виходячи з отриманих результатів, розроблений невеликий високоефективний 45° SPOA є чудовим кандидатом для використання в мікрохвильових і міліметрових хвилях ультраширокосмугових (UWB) додатках [1].

Окрім дослідження, що було проведено А. Дастранж і Б. Аббасі-Аранд, не завадить звернути увагу на ще декілька статей в яких досліджено та описано вплив повороту поляризації на властивості антени. Серед багатьох існуючих джерел дослідження було також розглянуто статтю за авторством Семеніхін А.І., Семеніхіна Д.В. та Юханов Ю.В., що була опублікована в IEEE Radio and Antenna Days of the Indian Ocean, в 2016 році. Дослідниками на основі методу скінченних елементів було проаналізовано роботу широкосмугового поляризатора в апертурі скануючої антенної решітки в діапазоні частот від 8 до 18 ГГц. Оцінено вплив широкосмугового чотирисіткового 45° ротатора поляризації на характеристики лінійної решітки паралельних пластинчастих хвильоводів (КСХ, підсилення, діаграму спрямованості) в секторі сканування $\pm 45^\circ$ в Е-площині.

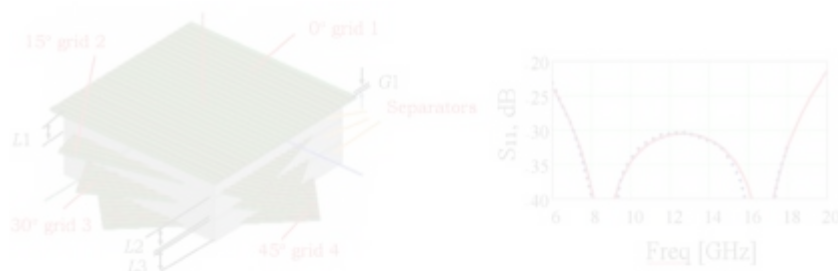
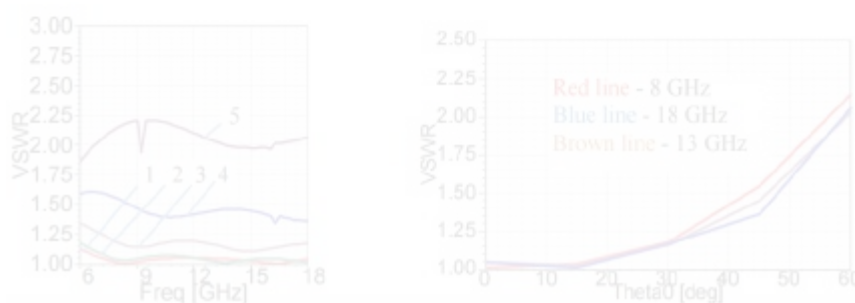


Рисунок 1.3 - Модель чотирисіткового поляризатора (ліворуч) та його зворотні втрати (пунктирна лінія – FEM; суцільна лінія – імпедансний метод) (праворуч).

Основною метою роботи було закладено аналіз роботи антенної решітки з поляризатором у заданому секторі сканування решітки та з'ясування впливу поляризатора на характеристики антенної решітки (у вигляді лінійної хвильової решітки) в цьому секторі кутів. Також було передбачено можливість зміни ПЛОЩИНИ поляризації, що може змінюватися за допомогою поляризаційних ротаторів (поляризаторів), розташованих в отворі антенної решітки.



14

Рисунок 1.4 - Частотні залежності КСХ решітки з поляризатором в апертурі при різних кутах сканування: 1 - 0° , 2 - 15° , 3 - 30° , 4 - 45° , 5 - 60° (ліворуч) та КСХН кутові залежності при скануванні в Е-площині (праворуч).

В результаті в роботі автори виявили, що очікуваний КСХ елемента фазованої решітки з поляризатором менше 1,6 в діапазоні частот 8...18 ГГц, зменшення підсилення антенної решітки приблизно на 1,5 дБ, а також збільшення ширини променя головного пелюстка та різниця величин ортогональних складових дальнього поля близько 3 дБ на межі сектора сканування 45° [2].

Дослідження, що було проведено такими науковцями як: Омід Манучехрі, Амін Дарвазебан, Мохаммед Алі Саларі, Сейран Халедян, Данило Ерріколо, Бесма Смід, що було опубліковано в журналі Microwave and Optical Technology Letters, в жовтні 2017 році, було зосереджено трішки в іншому напрямку. Вони запропонували надширокосмугову подвійну поляризовану структуру на основі біконічної антени для застосування в пеленгації від 2 до 18 ГГц. Окрім пеленгації, пропонована структура може бути використана для широкосмугового зв'язку та радіолокаційних систем. Структура складається з біконічної антени, яка оточена 5 шарами поляризаторів, які створюють похилу поляризацію для прийому як вертикально, так і горизонтально поляризованих сигналів. КСХН нижче 2,5 у робочій смузі частот.

У цій роботі автори **розробили** поляризатори, які оточують біконічну антену, щоб структура, отримана в результаті комбінації поляризаторів і біконічної антени, могла реагувати на сигнали, які мають як горизонтальну, так і вертикальну поляризацію. Зокрема, кілька шарів поляризаторів використовуються для обертання площини поляризації горизонтально та вертикально поляризованих падаючих сигналів таким чином, щоб вони стали поляризованими під кутом нахилу 45° . Таким чином, ця антена може отримати обидві поляризації за рахунок втрат 3 дБ для вертикального поляризованих падаючих сигналів. Крім того, щоб зменшити прийом сигналів, відбитих від землі, дослідники розробили асиметричну біконічну

15

антену так, щоб максимум діаграми спрямованості зміщувався в бік верхнього конуса та подалі від землі. Автори висунули наступні вимоги до конструкції антени: всеспрямована діаграма випромінювання з пульсацією $<0,5$ дБ в азимутальній площині, ширина променя 3 дБ принаймні 20° у площині місця, смуга пропускання від 2 до 18 ГГц і КСХН нижче 2,5. Процедура проектування виглядає наступним чином. По-перше, біконічна антена розроблена та оптимізована без поляризаторів для отримання необхідного КСХН та діаграми спрямованості. Потім автори спроектували та оптимізували поляризатори, які оточують біконічну антену. Результат їх моделювання полягає в тому, що 5 шарів поляризаторів необхідні для задоволення їх вимог до конструкції.

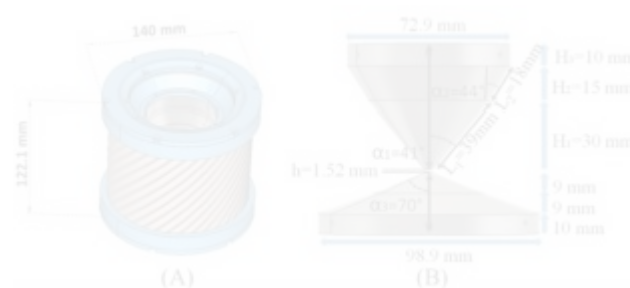


Рисунок 1.5 - Розміри біконічної антени з поляризаторами і механічні пристосування (а). Розміри асиметричної біконічної антени (б).

На малюнку 1.5 показана остаточна конструкція, що складається з біконічної антени, оточеної поляризаторами.

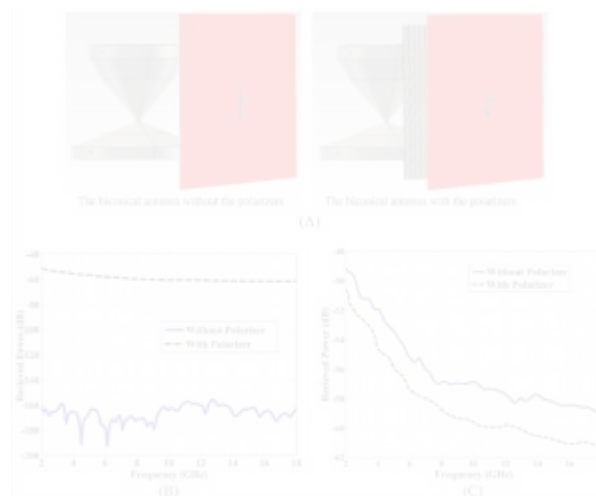


Рисунок 1.6 - Моделювання ефекту поляризаторів шляхом освітлення конструкції горизонтально поляризованою електромагнітною хвилею (А) антени без і з поляризаторами. (В) Отримана потужність горизонтального поляризованого електромагнітного поля з поляризаторами та без них. (С) Отримана потужність вертикально поляризованого електромагнітного поля з поляризаторами та без них.

Вся конструкція була змодельована за допомогою програмного забезпечення CST, виготовлена та виміряна. В роботі спостерігається хороша узгодженість між вимірюваннями та змодельованими результатами [3].

Також була досліджена надширокосмугова компактна легка біконічна антена з можливістю прийому різних поляризацій для сучасних застосувань у БПЛА, на основі цього дослідження була опублікована стаття авторами Федір Дубровка, Степан Пільтяй, Микола Мовчан та Іван Захарчук, а сама стаття була опублікована в журналі IEEE Transactions on Antennas and Propagation, в квітні 2023 року.

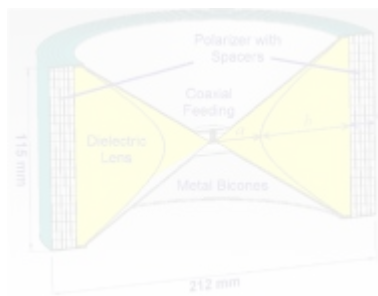


Рисунок 1.7 - Внутрішня структура надширокосмугової біконічної антени з поляризатором.

У цій статті представлені результати чисельного моделювання, оптимізації, виготовлення та вимірювання характеристик нової біконічної антени для сучасних застосувань БПЛА. Розроблена антена ефективно поєднує набір фундаментальних конструктивних і електромагнітних вимог, які включають компактну конструкцію і невеликі загальні розміри, малу вагу і надширокосмуговий діапазон робочих частот з можливістю прийому або передачі як кругової, горизонтальної, вертикальної, так і однієї з похилих лінійних поляризацій. Вперше за допомогою вимірювань виявлено ефект багаторазових резонансних відображень у структурі біконічної антени з поляризатором та погіршення характеристик узгодження та підсилення антени на ряді частот. У статті проведено теоретичний аналіз спостережуваних резонансів. Наведено можливі способи виключення резонансів. У більшій частині робочого діапазону частот 2–18 ГГц розроблена антена забезпечує КСХН менше 2 і посилення більше 3 дБ для похилої поляризації – 45°, тоді як похила поляризація + 45° дискримінується більш ніж на 15 дБ.

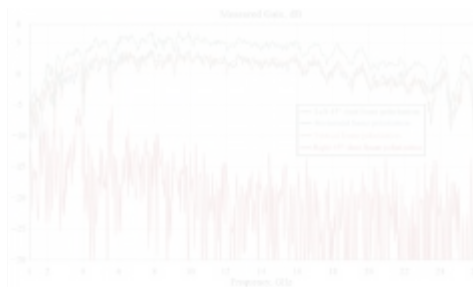


Рисунок 1.8 - Виміряне посилення (в дБ) розробленої біконічної антени в залежності від частоти для різних типів лінійної поляризації падаючих електромагнітних хвиль.

Відхилення вимірних всенаправлених діаграм спрямованості в азимутальній площині знаходяться в межах $\pm 1,1$ дБ від середніх значень. Розроблена антена відповідає сукупності перерахованих вимог і забезпечує ефективну роботу на сигналах як з круговою, горизонтальною, вертикальною, так і з усіма іншими лінійними поляризаціями, крім крос-поляризації при нахилі вектора електричного поля $+45^\circ$.

Як запевняють автори, розроблена надширокосмугова компактна біконічна антена була ефективно застосована в сучасній системі НВЧ радіомоніторингу на базі БПЛА виробництва НВЦ «Інфозахист» [4].



Рисунок 1.9 - БПЛА з надширокосмуговою біконічною антеною.

У цій магістерській дисертації виконано дослідження характеристик узгодження та випромінювання біконічної рупорної антени з похилою поляризацією з різною кількістю шарів ротатора поляризації.

Висновок до розділу: Було проведено огляд та дослідження статей як закордонних, так і вітчизняних авторів, що провели власні дослідження як самої антени так і ротатора поляризації, представили свої варіанти побудови антени, виходячи з яких можна сказати, що біконічна антена з ротатором поляризації має широкий спектр застосування. Представляє практичний інтерес мінімізації кількості шарів ротатора поляризації та дослідження впливу окремих шарів ротатора поляризації на характеристики узгодження та випромінювання електромагнітних хвиль біконічними рупорними антенами.

2. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Дослідження біконічної рупорної антени

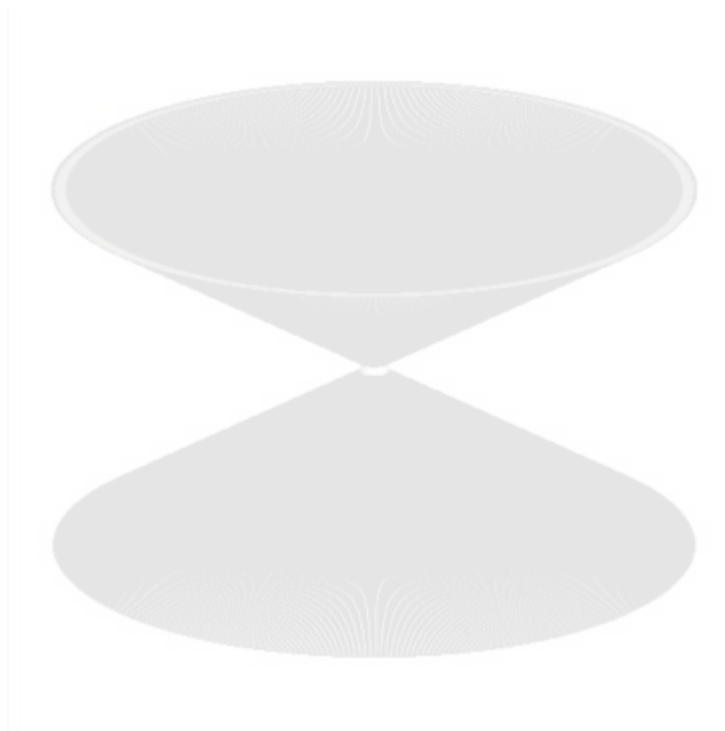


Рисунок 2.1.1 - Біконічна рупорна антена.

Для досліджень характеристик біконічної рупорної антени з ротатором поляризації ця антена була створена та просимульована в програмному середовищі CST Studio Suite 2021. Біконічна рупорна антена в апертурі становить 25.5 мм, а в діаметрі 44 мм. Антена живиться коаксіальним кабелем типу RG405, довжиною 12.57 мм. Рупори біконічної антени створені з матеріалу PEC, товщина стінок рупорів становить 0.1 мм.

21

Ротатор поляризації, що розташований навколо антени має наступні параметри. Висота діелектричного шару становить 25.5 мм, товщиною 0.15 мм з матеріалу Rogers RT5880 (loss free) з ϵ 2.2 та μ 1. Металеві стрічки створюються навколо діелектричного шару з матеріалу РЕС товщиною 0.1 мм, шириною 0.96 мм та відстанню між стрічками 1.37 мм. Відстань між шаром з металевими стрічками до наступного діелектричного шару становить 0.67 мм.

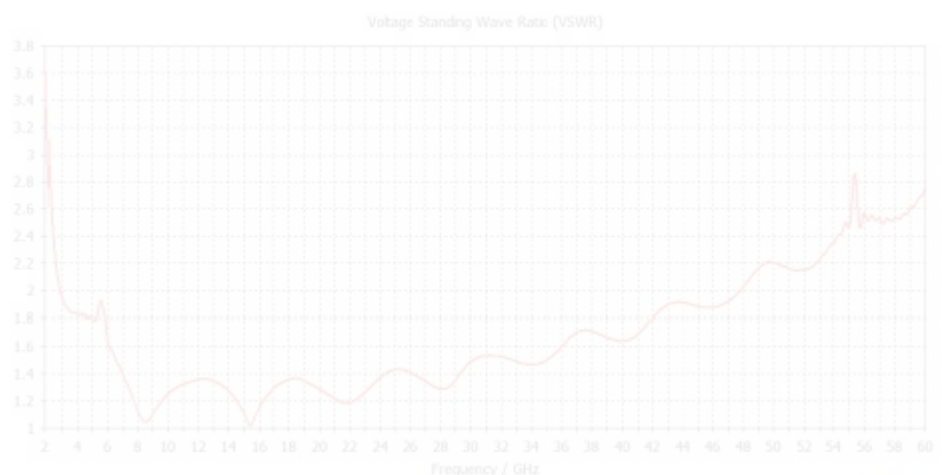


Рисунок 2.1.2 - КСХН біконічної рупорної антени.

Як показано на рисунку 2.1.2 робоча смуга частот біконічної рупорної антени лежить від 2.96 до 47.8 ГГц.

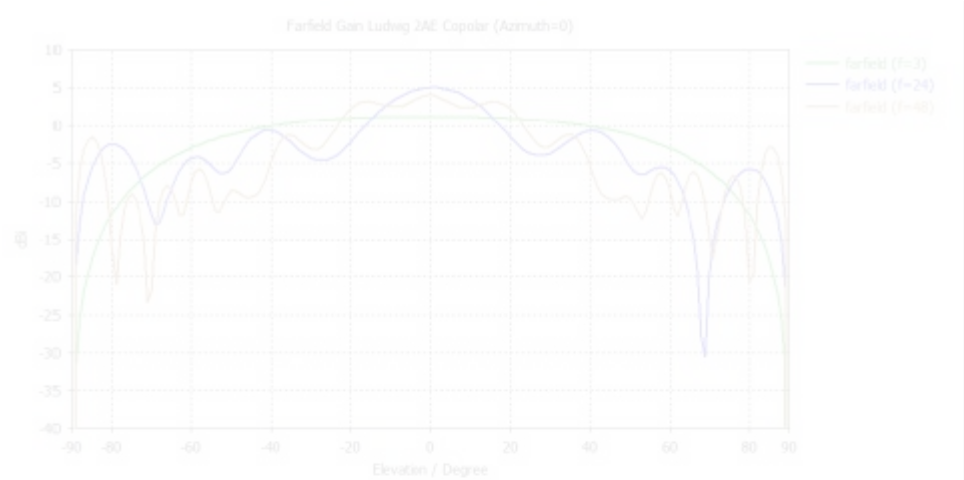


Рисунок 2.1.3 - Порівняння коефіцієнтів підсилення біконічної рупорної антени у вертикальній площині на вертикальній поляризації. Параметр: робоча частота.

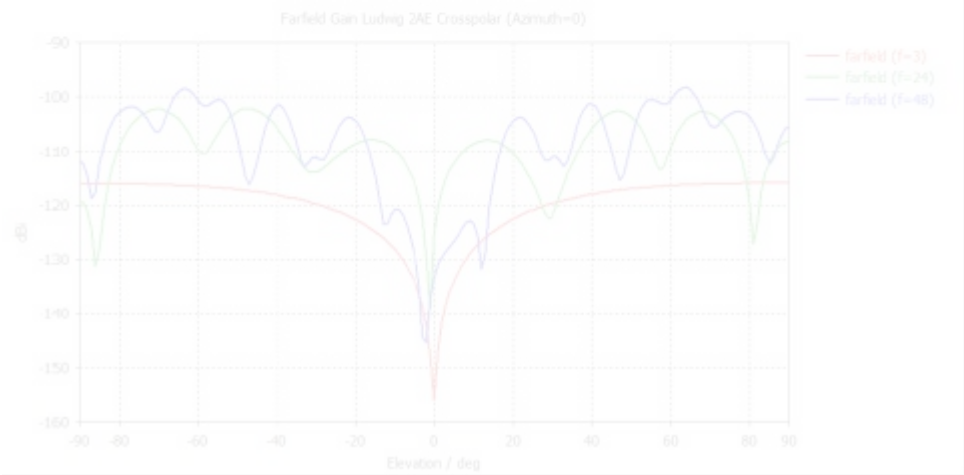


Рисунок 2.1.4 - Порівняння коефіцієнтів підсилення біконічної рупорної антени у вертикальній площині на горизонтальній поляризації. Параметр: робоча частота.

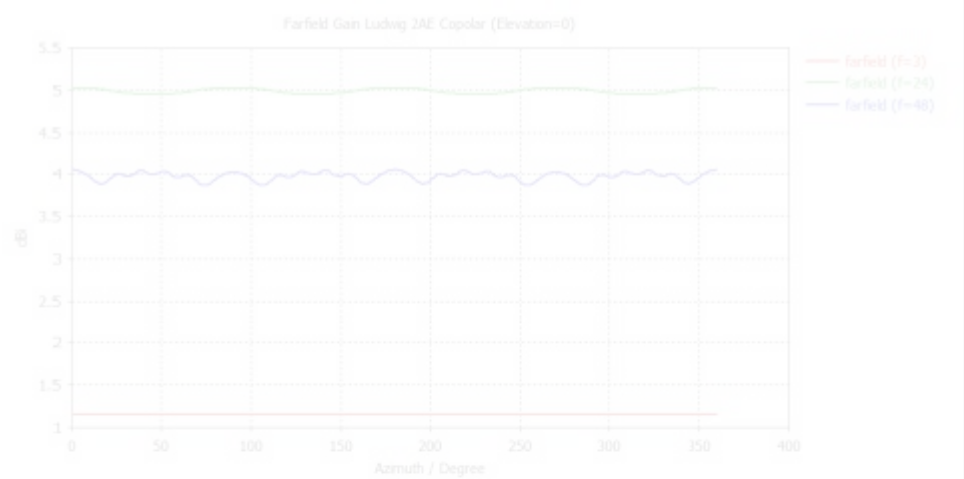


Рисунок 2.1.5 - Порівняння коефіцієнтів підсилення біконічної рупорної антени у горизонтальній площині на вертикальній поляризації. Параметр: робоча частота.

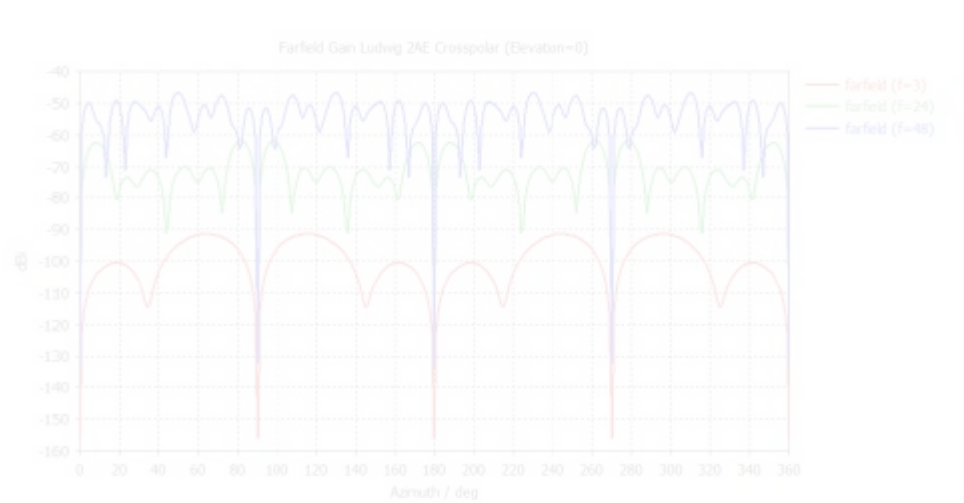


Рисунок 2.1.6 - Порівняння коефіцієнтів підсилення біконічної рупорної антени у горизонтальній площині на горизонтальній поляризації. Параметр: робоча частота.

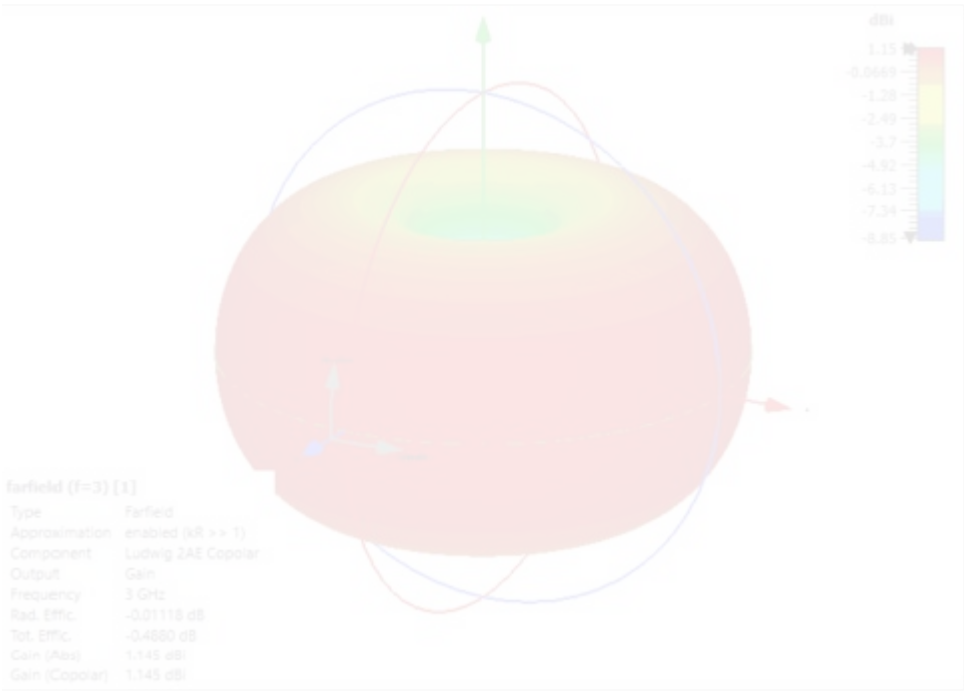


Рисунок 2.1.7 - 3D діаграма спрямованості біконічної рупорної антени на частоті 3 ГГц на основній поляризації.

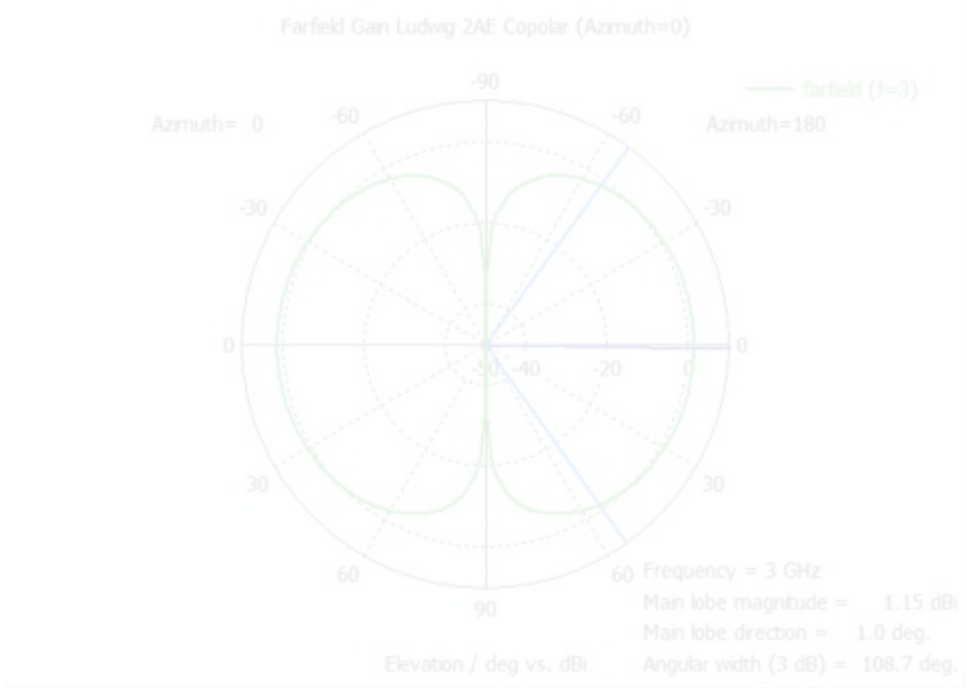


Рисунок 2.1.8 - Діаграма спрямованості біконічної рупорної антени у вертикальній площині на вертикальній поляризації на частоті 3 ГГц.



Рисунок 2.1.9 - Діаграма спрямованості біконічної рупорної антени у горизонтальній площині на вертикальній поляризації на частоті 3 ГГц.

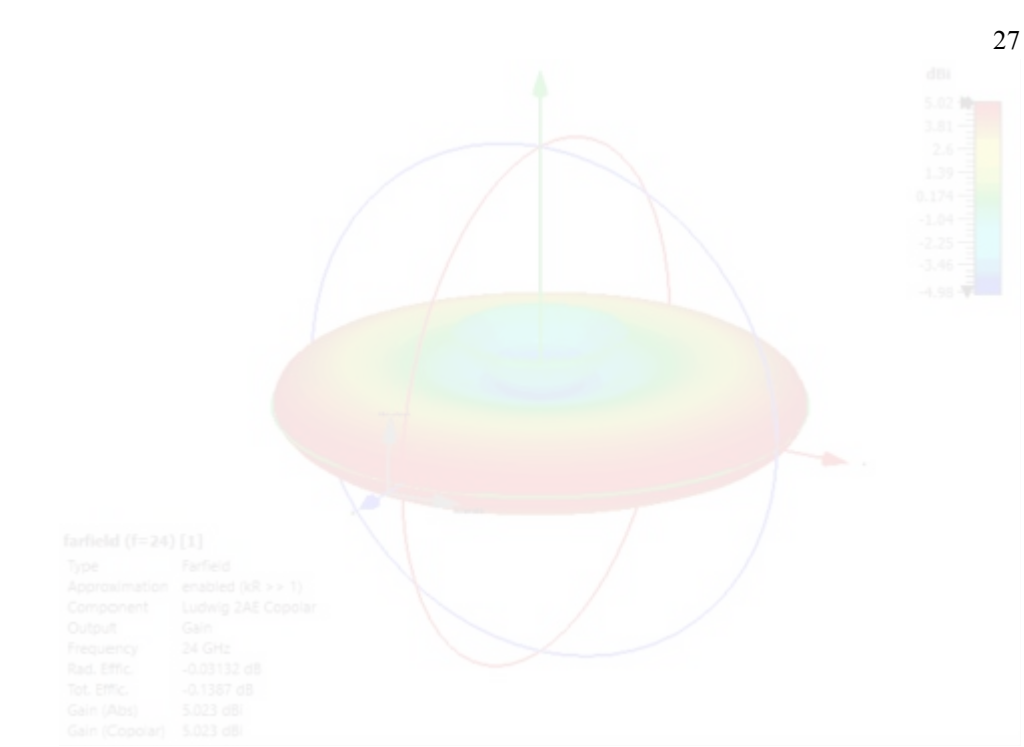


Рисунок 2.1.10 - 3D діаграма спрямованості біконічної рупорної антени на частоті 24 ГГц на основній поляризації.

28



Рисунок 2.1.11 - Діаграма спрямованості біконічної рупорної антени у вертикальній площині на вертикальній поляризації на частоті 24 ГГц.



Рисунок 2.1.12 - Діаграма спрямованості біконічної рупорної антени у горизонтальній площині на вертикальній поляризації на частоті 24 ГГц.

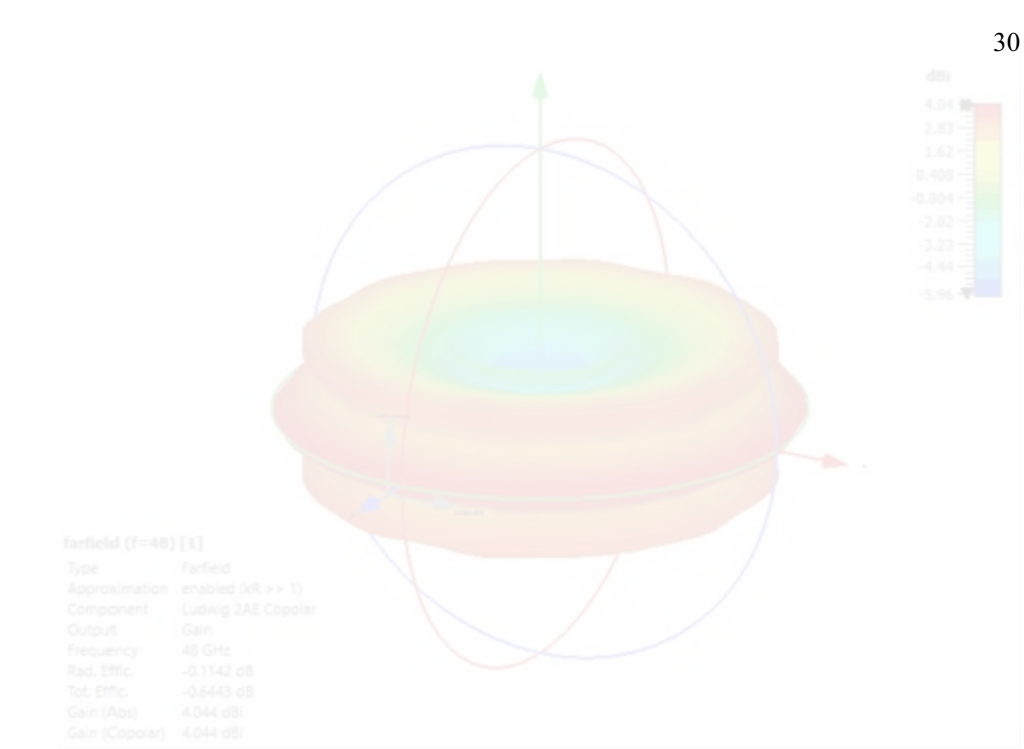


Рисунок 2.1.13 - 3D діаграма спрямованості біконічної рупорної антени на частоті 48 ГГц на основній поляризації.

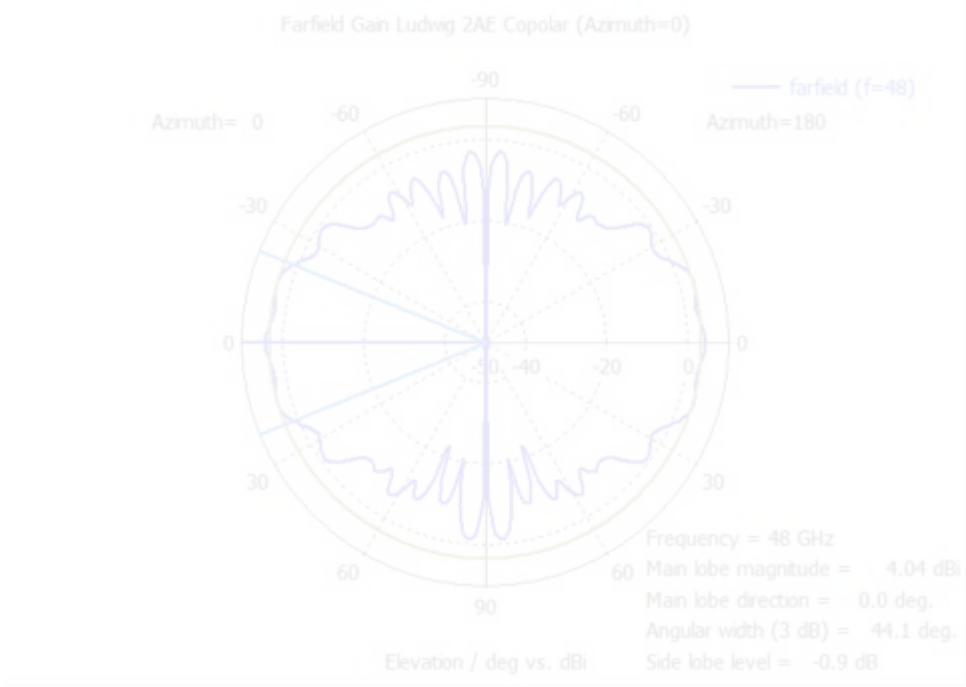


Рисунок 2.1.14 - Діаграма спрямованості біконічної рупорної антени у вертикальній площині на вертикальній поляризації на частоті 48 ГГц.

32

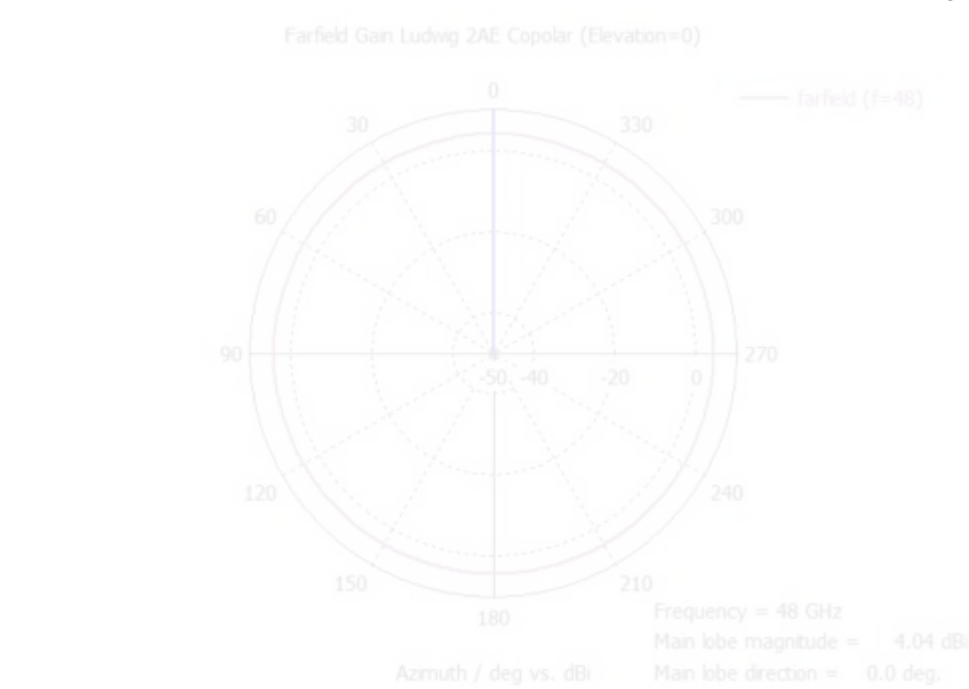


Рисунок 2.1.15 - Діаграма спрямованості біконічної рупорної антени у горизонтальній площині на вертикальній поляризації на частоті 48 ГГц.

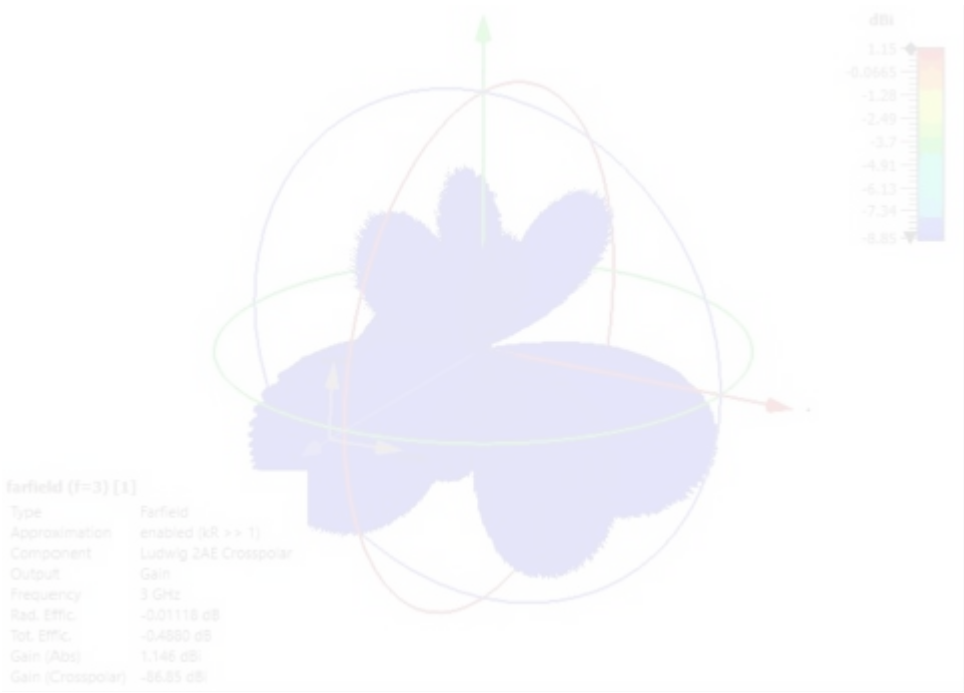


Рисунок 2.1.16 - 3D діаграма спрямованості біконічної рупорної антени на частоті 3 ГГц на горизонтальній поляризації.

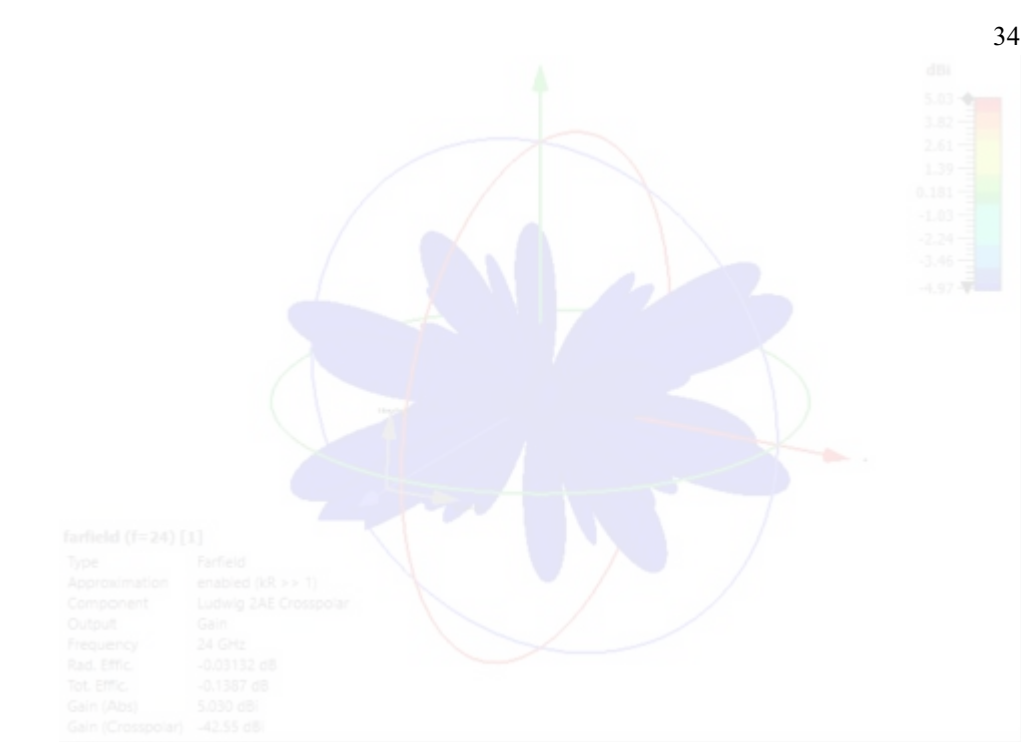


Рисунок 2.1.17 - 3D діаграма спрямованості біконічної рупорної антени на частоті 24 ГГц на горизонтальній поляризації.

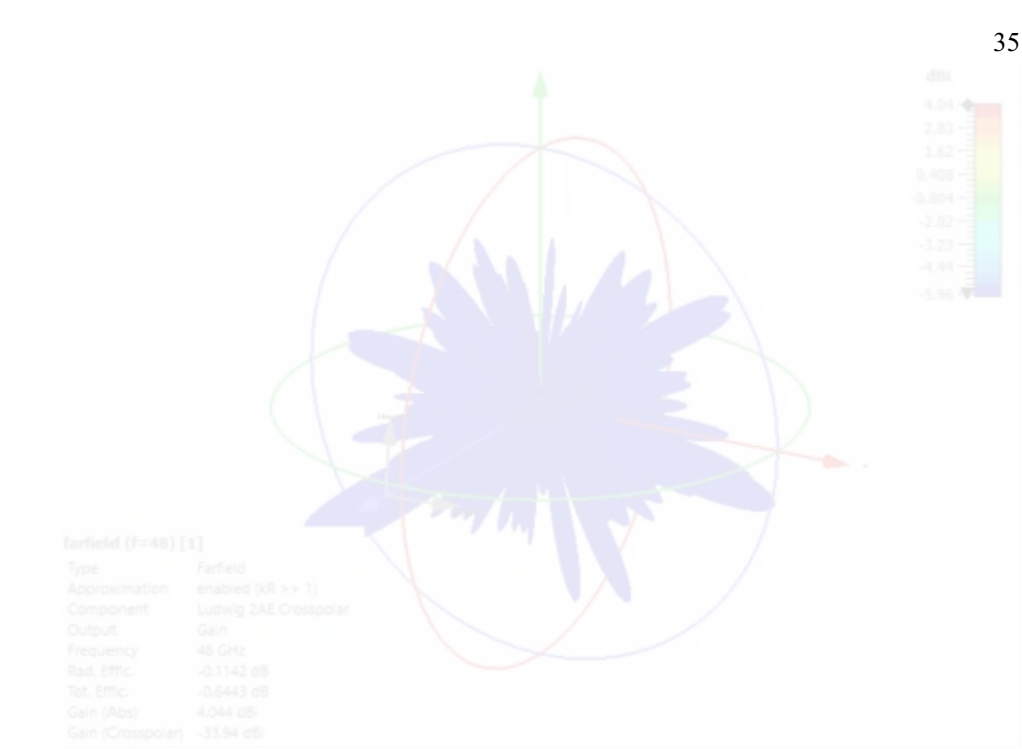


Рисунок 2.1.18 - 3D діаграма спрямованості біконічної рупорної антени на частоті 48 ГГц на горизонтальній поляризації.

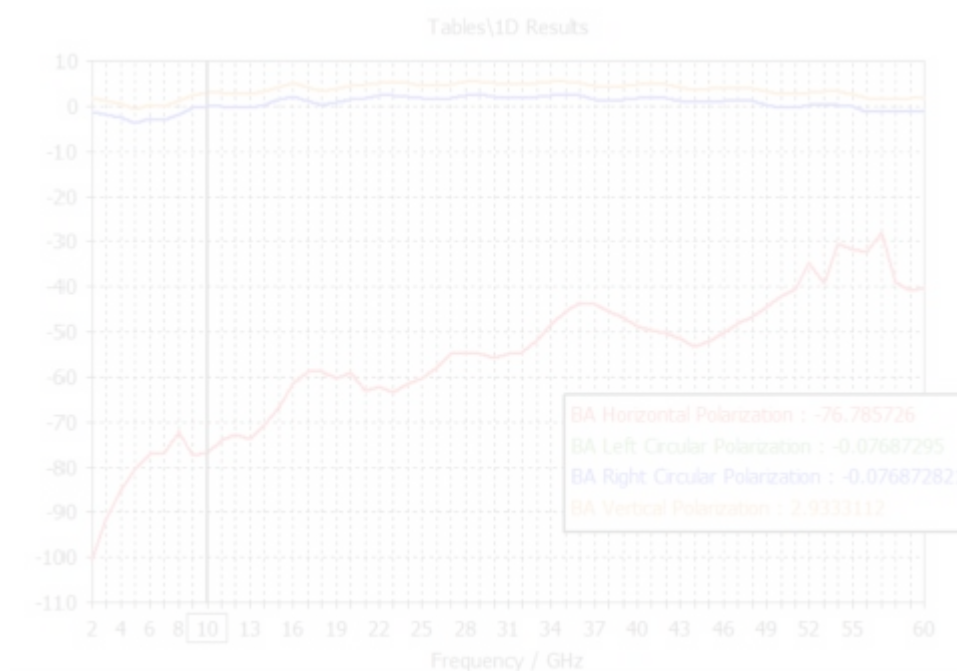


Рисунок 2.1.19 - Розраховані коефіцієнти підсилення біконічної рупорної антени в діапазоні частот 2 - 60 ГГц. Параметр: тип поляризації.

З отриманих характеристик можна зробити наступні висновки біконічна антена є вісесиметричної в азимутальній площині на всій робочій смузі частот, гарний КСХН та має непоганий коефіцієнт підсилення для вертикальної поляризації.

37

2.2 Дослідження біконічної рупорної антени з 1 шаром ротатора поляризації під кутом 0° .

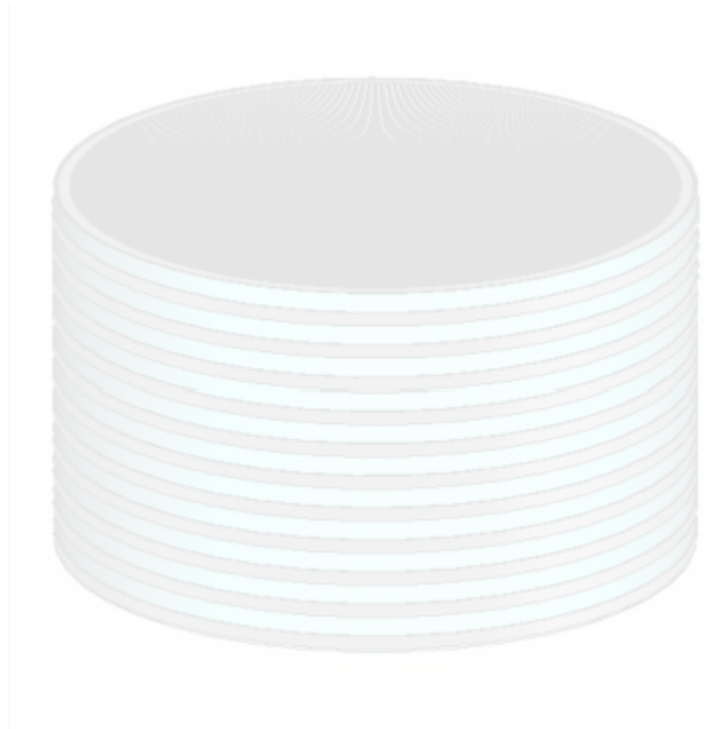


Рисунок 2.2.1 - Біконічна рупорна антена з 1 шаром ротатора поляризації під кутом 0° .

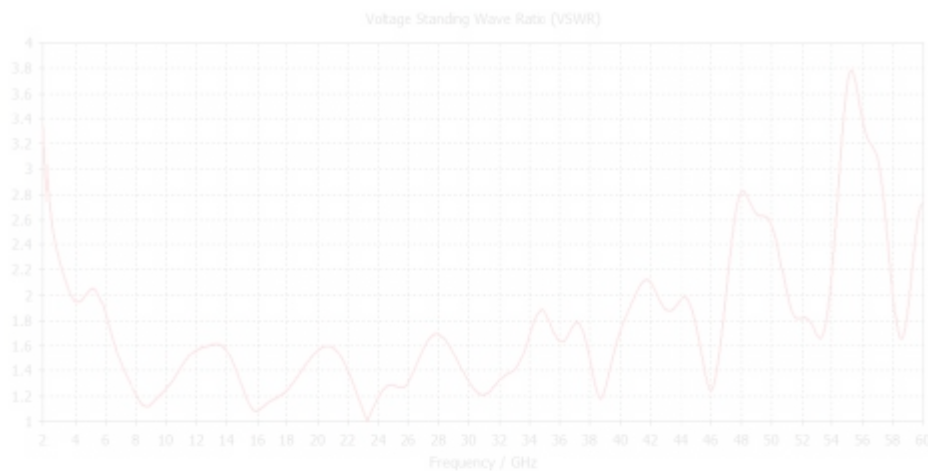


Рисунок 2.2.2 - КСХН біконічної рупорної антени з 1 шаром ротатора поляризації під кутом 0° . Параметр: робоча частота.

Як показано на рисунку 1.2.2 робоча смуга частот біконічної рупорної антени з 1 шаром ротатора поляризації під кутом 0° лежить від 3.7 до 41 ГГц.

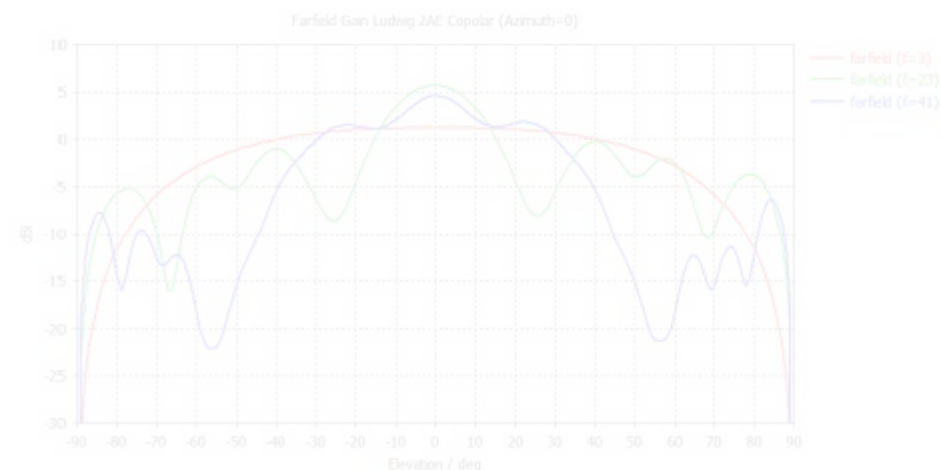


Рисунок 2.2.3 - Порівняння коефіцієнтів підсилення біконічної рупорної антени у вертикальній площині на вертикальній поляризації. Параметр: робоча частота.

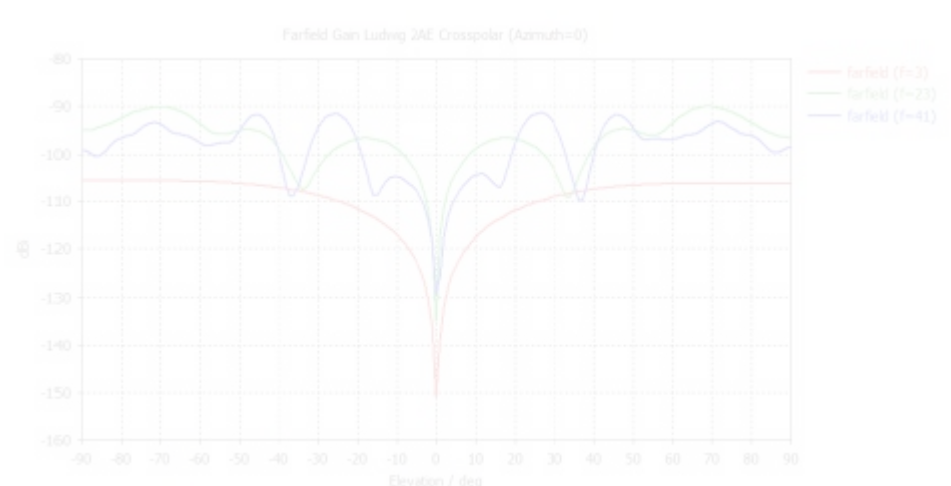


Рисунок 2.2.4 - Порівняння коефіцієнтів підсилення біконічної рупорної антени у вертикальній площині на горизонтальній поляризації. Параметр: робоча частота.

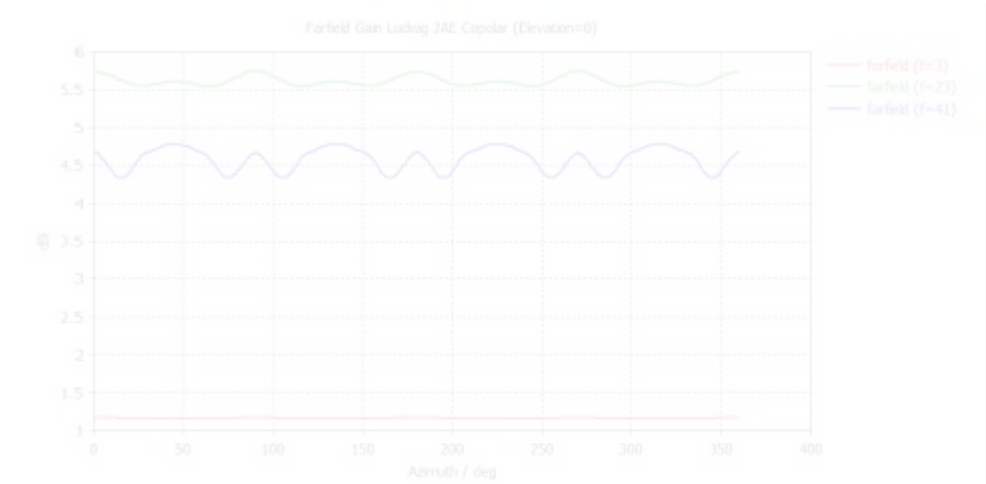
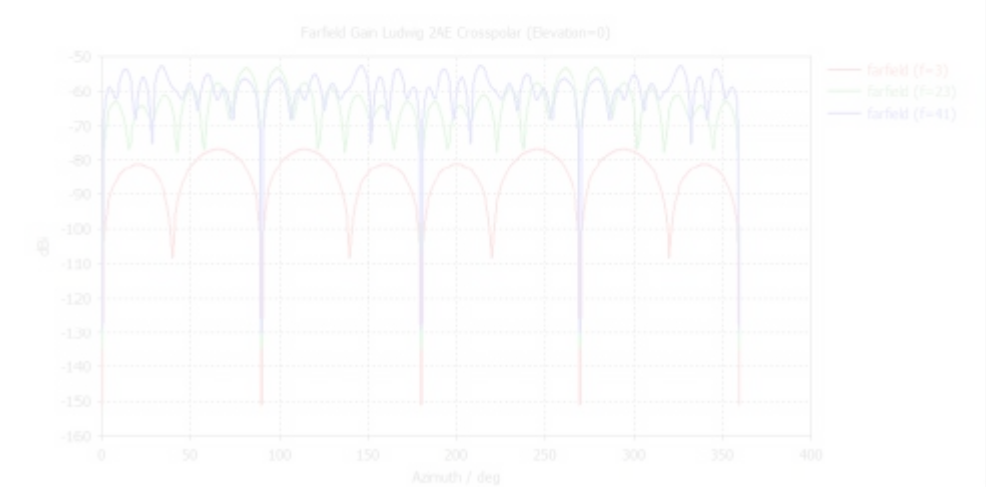


Рисунок 2.2.5 - Порівняння коефіцієнтів підсилення біконічної рупорної антени у горизонтальній площині на вертикальній поляризації. Параметр: робоча частота.



41

Рисунок 2.2.6 - Порівняння коефіцієнтів підсилення біконічної рупорної антени у горизонтальній площині на горизонтальній поляризації. Параметр: робоча частота.

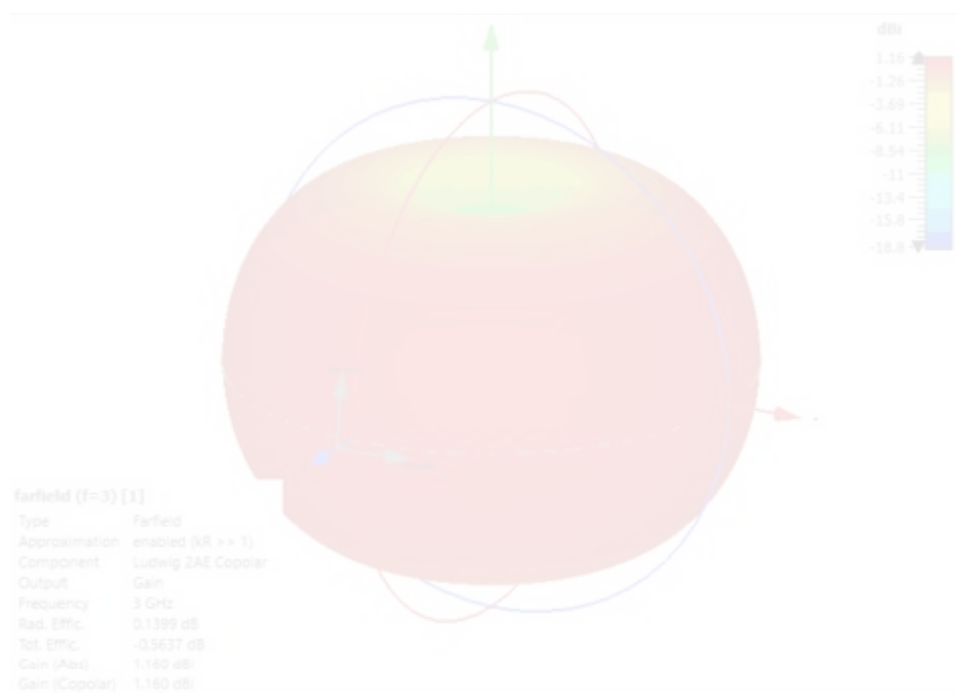


Рисунок 2.2.7 - 3D діаграма спрямованості біконічної рупорної антени з 1 шаром ротатора поляризації під кутом 0° на частоті 3 ГГц на основній поляризації.

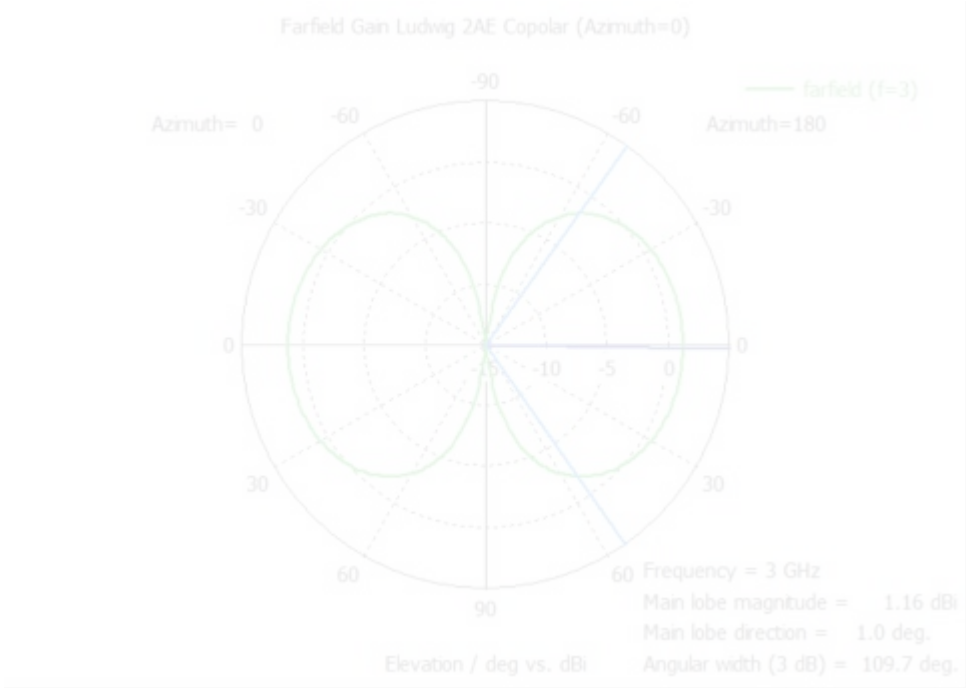


Рисунок 2.2.8 - Діаграма спрямованості біконічної рупорної антени у вертикальній площині на вертикальній поляризації.

43

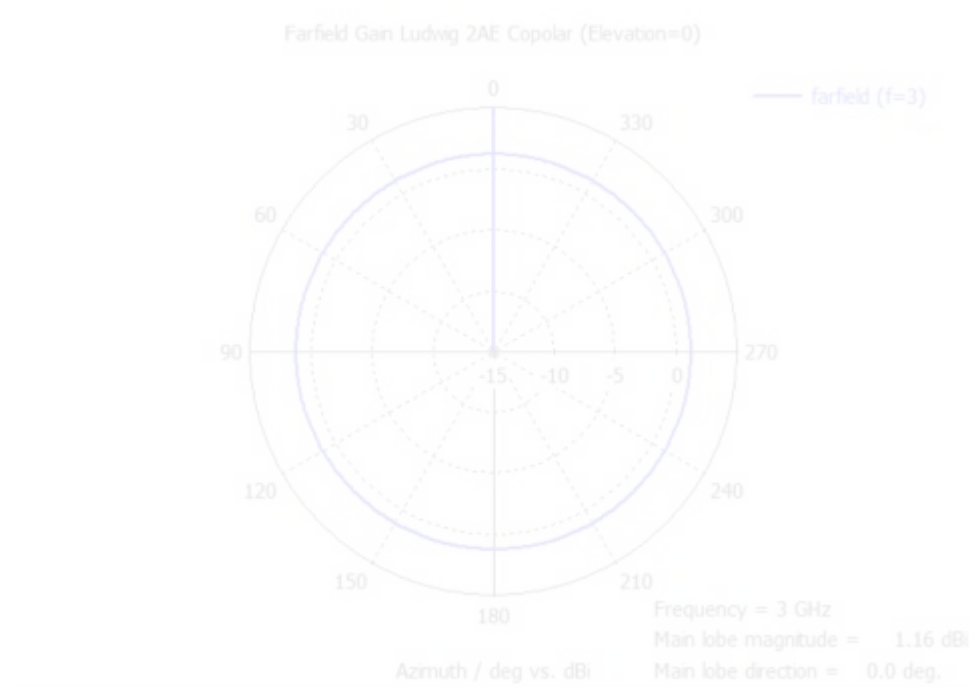


Рисунок 2.2.9 - Діаграма спрямованості біконічної рупорної антени у горизонтальній площині на вертикальній поляризації.

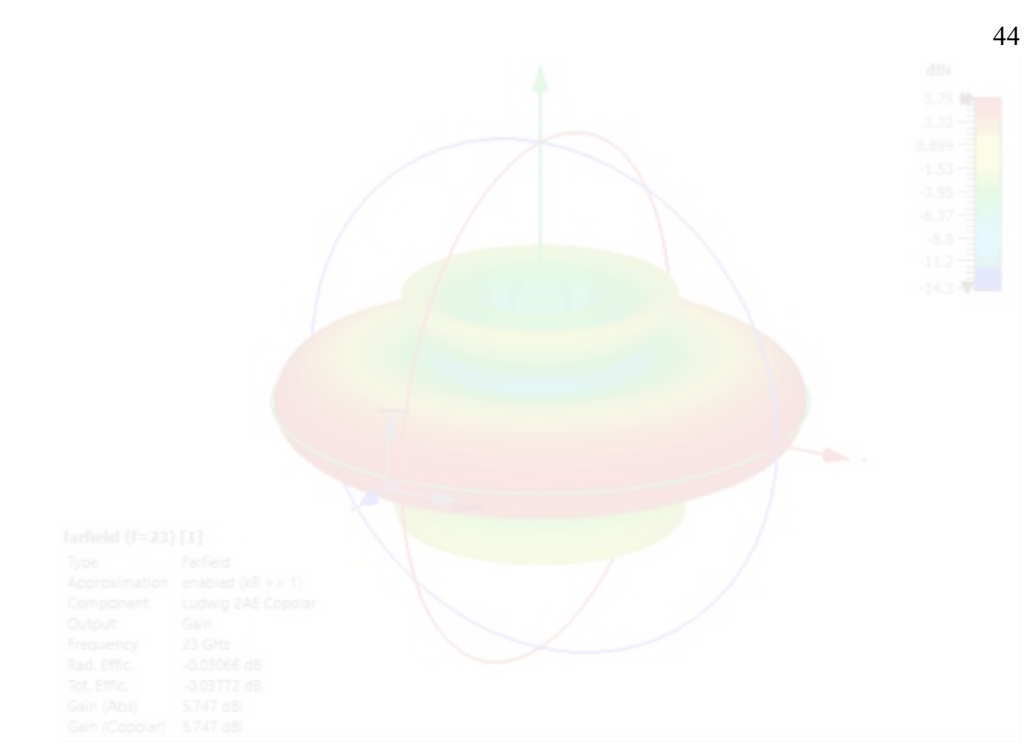


Рисунок 2.2.10 - 3D діаграма спрямованості біконічної рупорної антени з 1 шаром ротатора поляризації під кутом 0° на частоті 23 ГГц на основній поляризації.

45

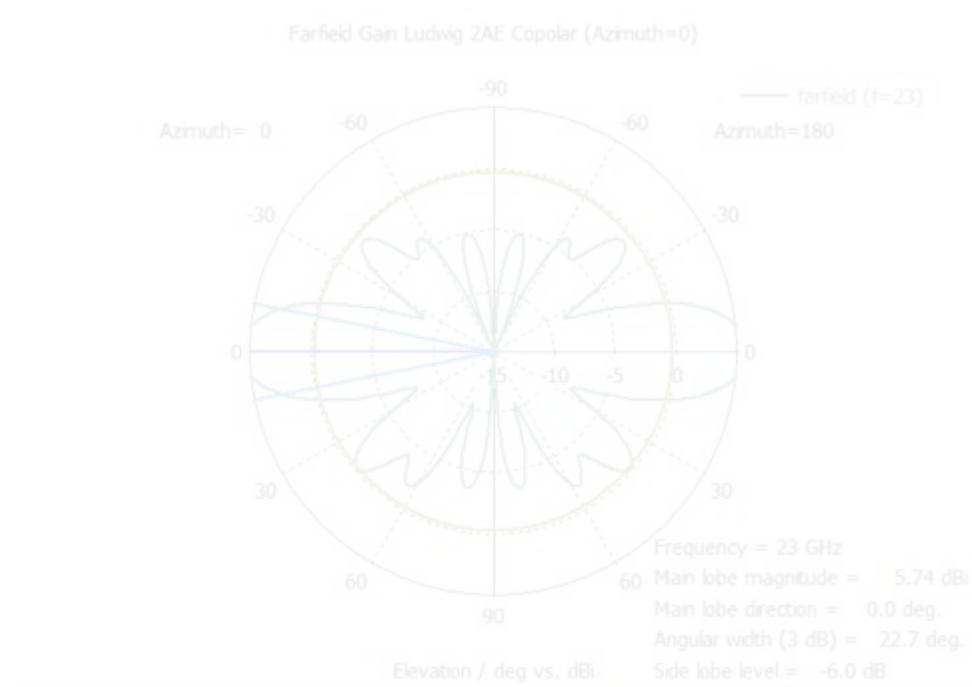


Рисунок 2.2.11 - Діаграма спрямованості біконічної рупорної антени у вертикальній площині на вертикальній поляризації.

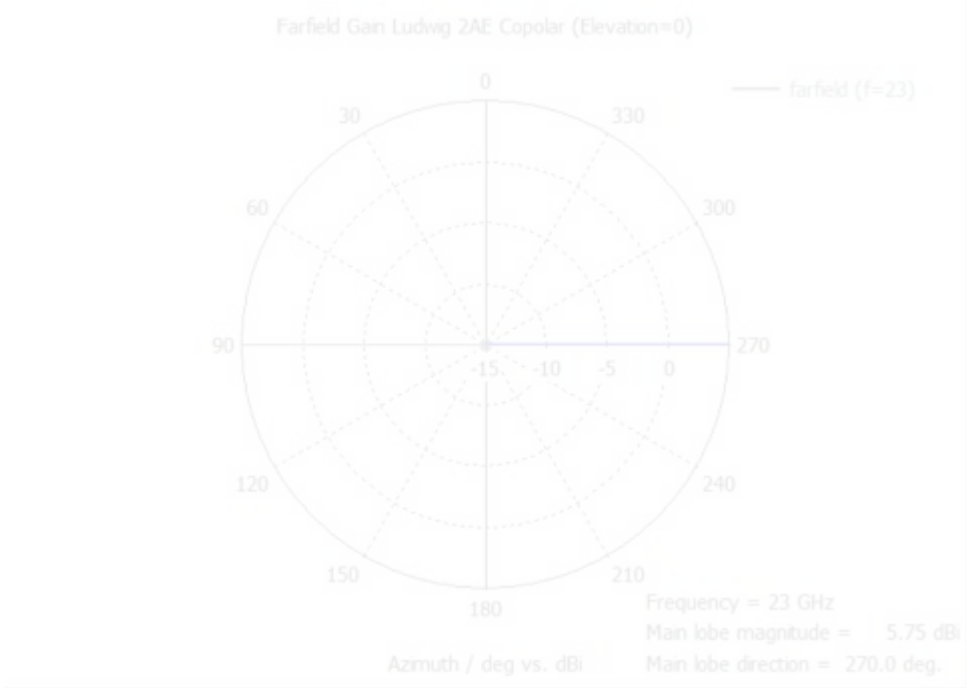


Рисунок 2.2.12 - Діаграма спрямованості біконічної рупорної антени у горизонтальній площині на вертикальній поляризації.

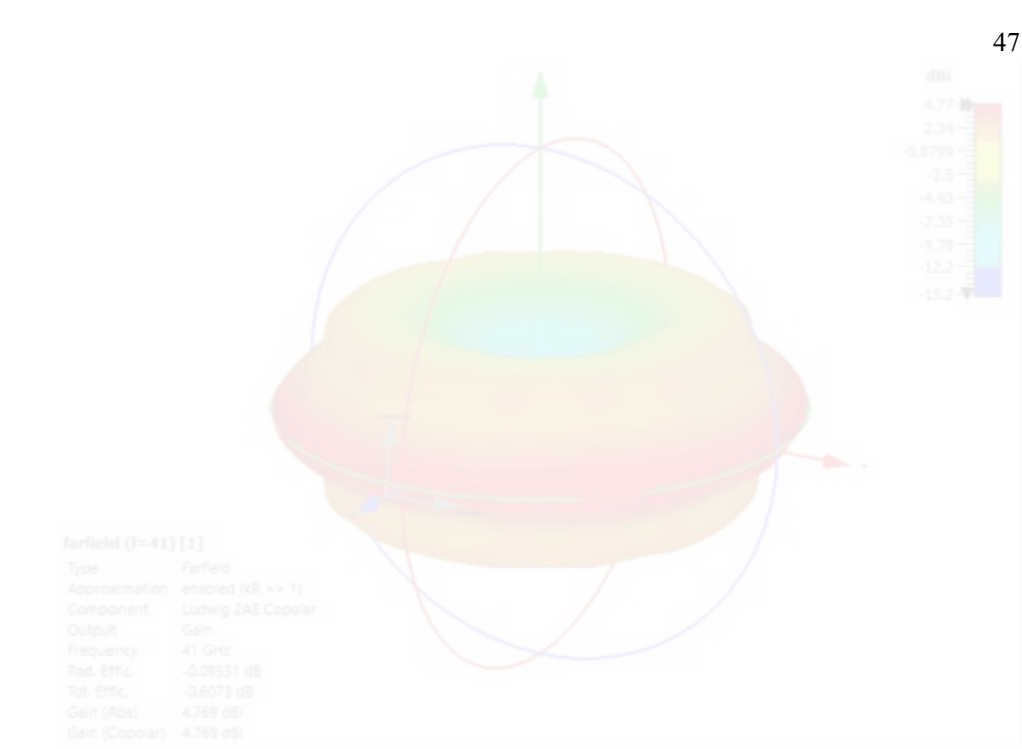


Рисунок 2.2.13 - 3D діаграма спрямованості біконічної рупорної антени з 1 шаром ротатора поляризації під кутом 0° на частоті 41 ГГц на основній поляризації.

48

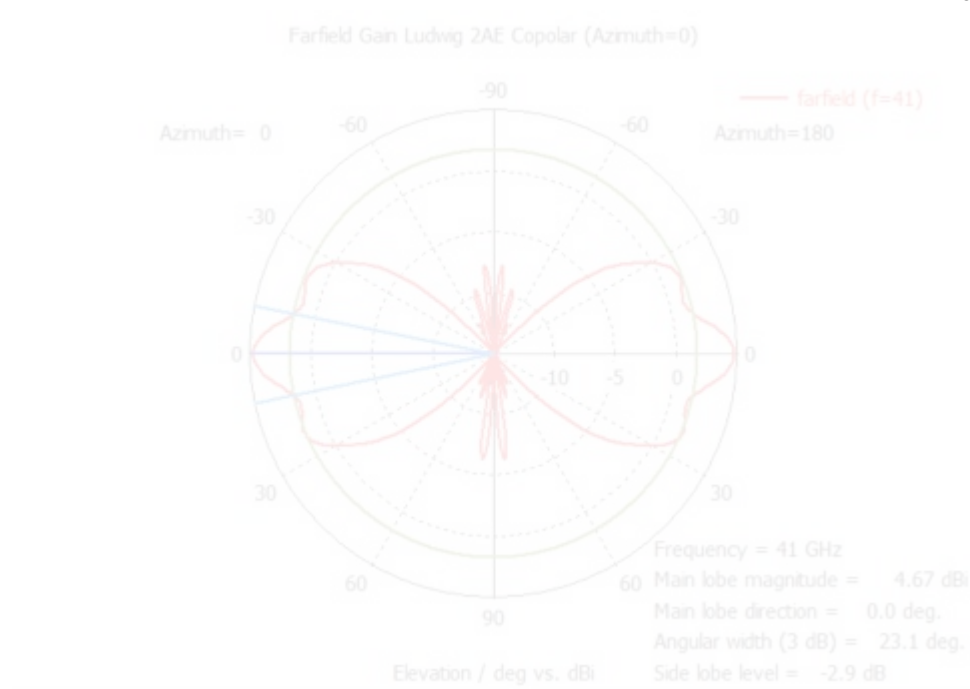


Рисунок 2.2.14 - Діаграма спрямованості біконічної рупорної антени у вертикальній площині на вертикальній поляризації.

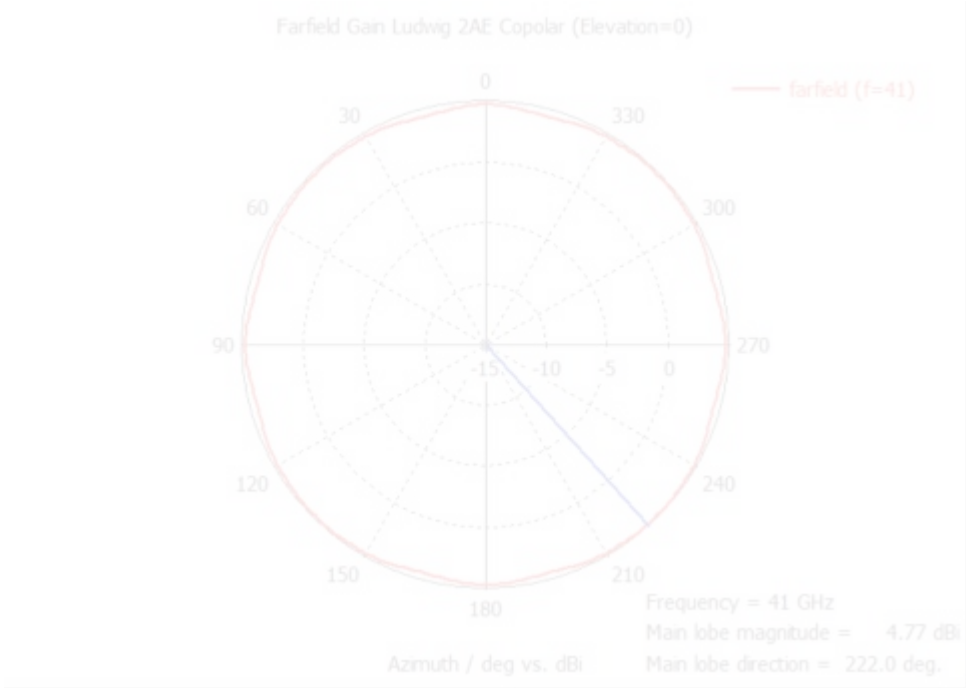


Рисунок 2.2.15 - Діаграма спрямованості біконічної рупорної антени у горизонтальній площині на вертикальній поляризації.

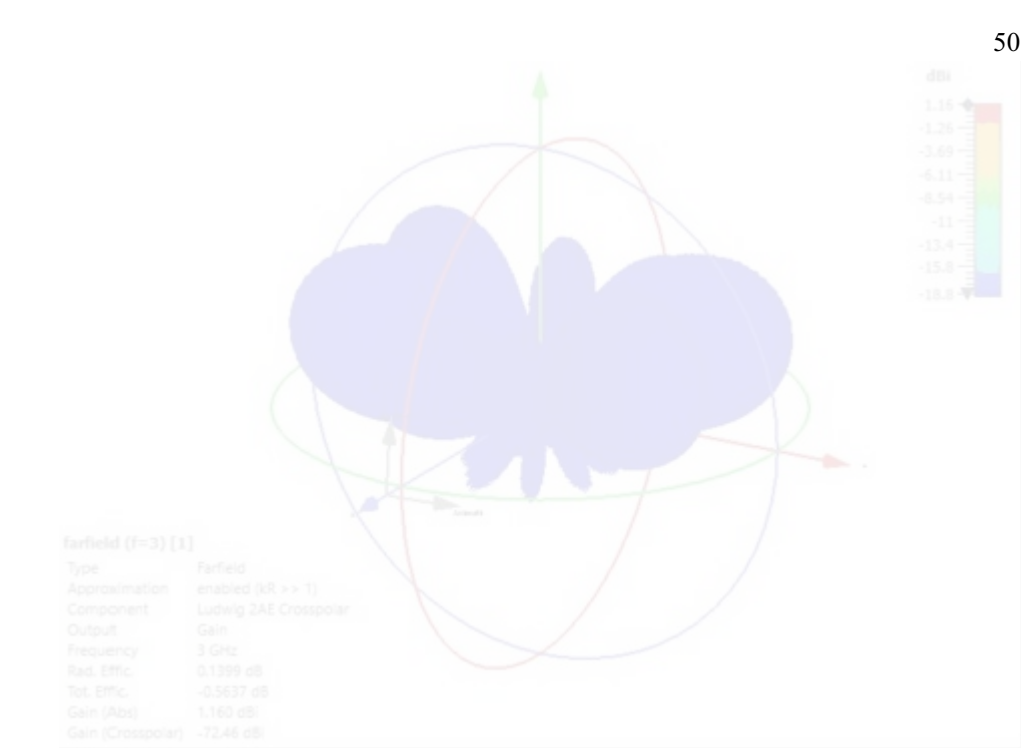


Рисунок 2.2.16 - 3D діаграма спрямованості біконічної рупорної антени з 1 шаром ротатора поляризації під кутом 0° на частоті 3 ГГц на горизонтальній поляризації.

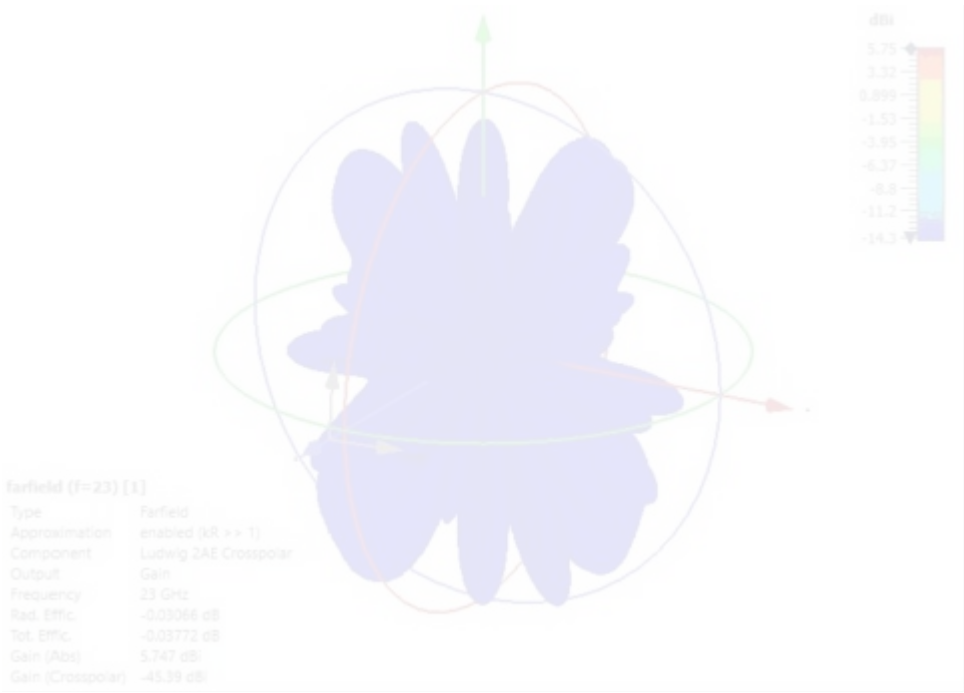


Рисунок 2.2.17 - 3D діаграма спрямованості біконічної рупорної антени з 1 шаром ротатора поляризації під кутом 0° на частоті 23 ГГц на горизонтальній поляризації.

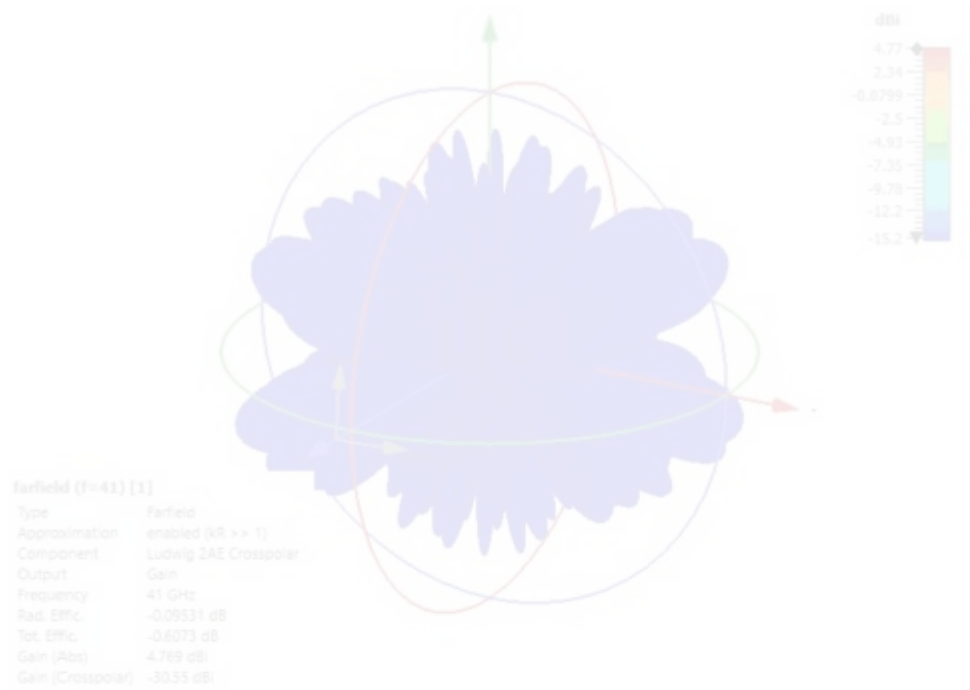


Рисунок 2.2.18 - 3D діаграма спрямованості біконічної рупорної антени з 1 шаром ротатора поляризації під кутом 0° на частоті 41 ГГц на горизонтальній поляризації.

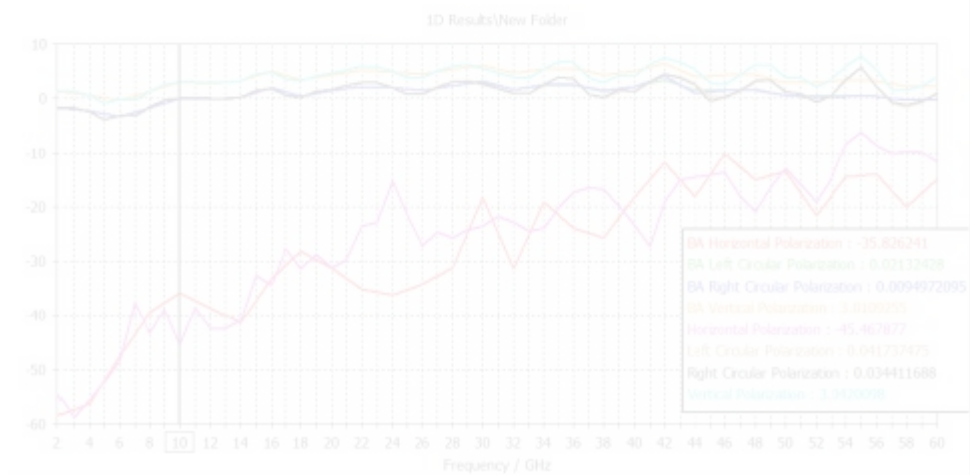


Рисунок 2.2.19 - Розраховані коефіцієнти підсилення біконічної рупорної антени та біконічної рупорної антени з 1 шаром ротатора поляризації під кутом 0° .

Параметр: тип поляризації.

З отриманих характеристик можна зробити наступні висновки біконічна антена з 1 шаром ротатора поляризації під кутом 0° є вісесиметричної в азимутальній площині на всій робочій смузі частот, гарний КСХН, коефіцієнт підсилення для вертикальної поляризації в порівнянні з біконічною антеною через вплив ротатора поляризації трохи збільшився, а для горизонтальної поляризації зменшився. Інакше кажучи ротатор поляризації під кутом 0° в біконічній рупорній антені виконав роль фіксатора вертикальної поляризації.

54

2.3 Дослідження біконічної рупорної антени з 3 шарами ротатора поляризації під кутом 0° , 22.5° та 45° .



Рисунок 2.3.1 - Біконічна рупорна антена з 3 шарами ротатора поляризації під кутом 0° , 22.5° та 45° .

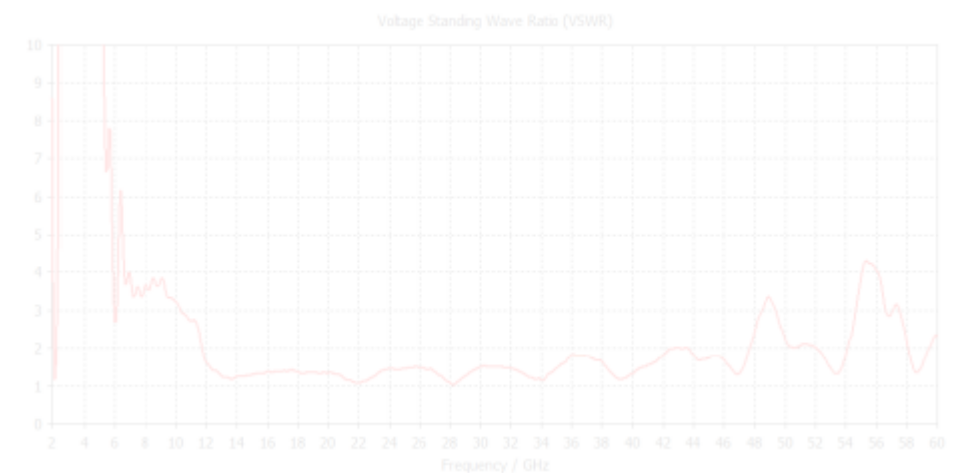


Рисунок 2.3.2 - КСХН біконічної рупорної антени з 3 шарами ротатора поляризації під кутом 0° , 22.5° та 45° .

Як показано на рисунку 1.7.2 робоча смуга частот біконічної рупорної антени з 3 шарами ротатора поляризації під кутом 0° , 22.5° та 45° лежить від 12 ГГц до 43 ГГц.

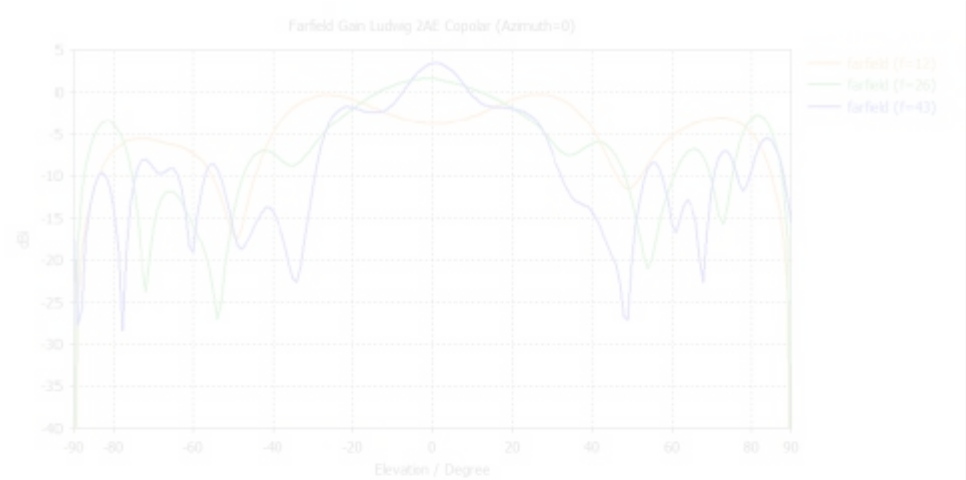


Рисунок 2.3.3 - Порівняння коефіцієнтів підсилення біконічної рупорної антени у вертикальній площині на вертикальній поляризації. Параметр: робоча частота.

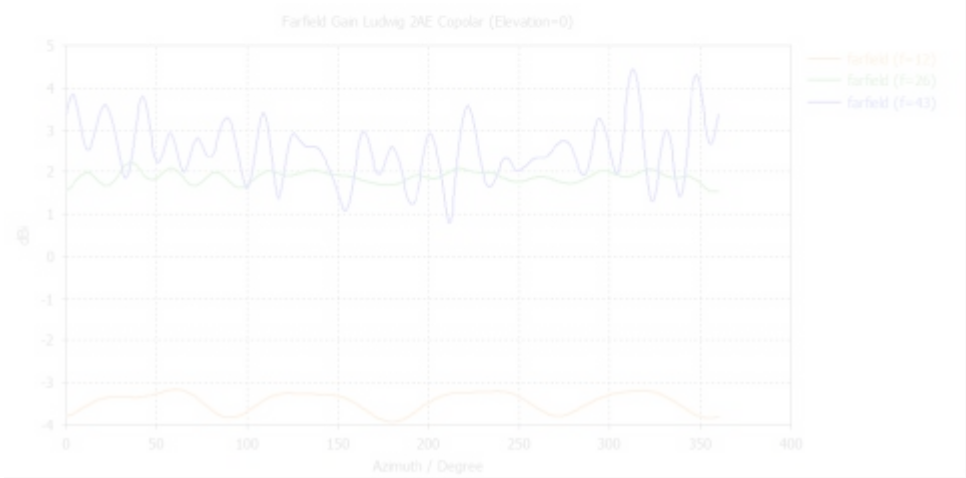


Рисунок 2.3.4 - Порівняння коефіцієнтів підсилення біконічної рупорної антени у горизонтальній площині на вертикальній поляризації. Параметр: робоча частота.

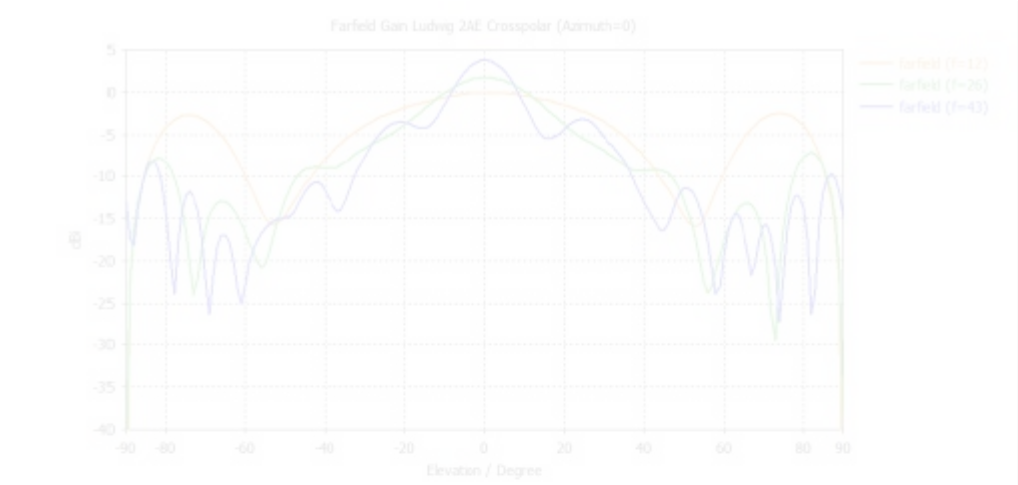


Рисунок 2.3.5 - Порівняння коефіцієнтів підсилення біконічної рупорної антени у вертикальній площині на горизонтальній поляризації. Параметр: робоча частота.



Рисунок 2.3.6 - Порівняння коефіцієнтів підсилення біконічної рупорної антени у горизонтальній площині на горизонтальній поляризації. Параметр: робоча частота.

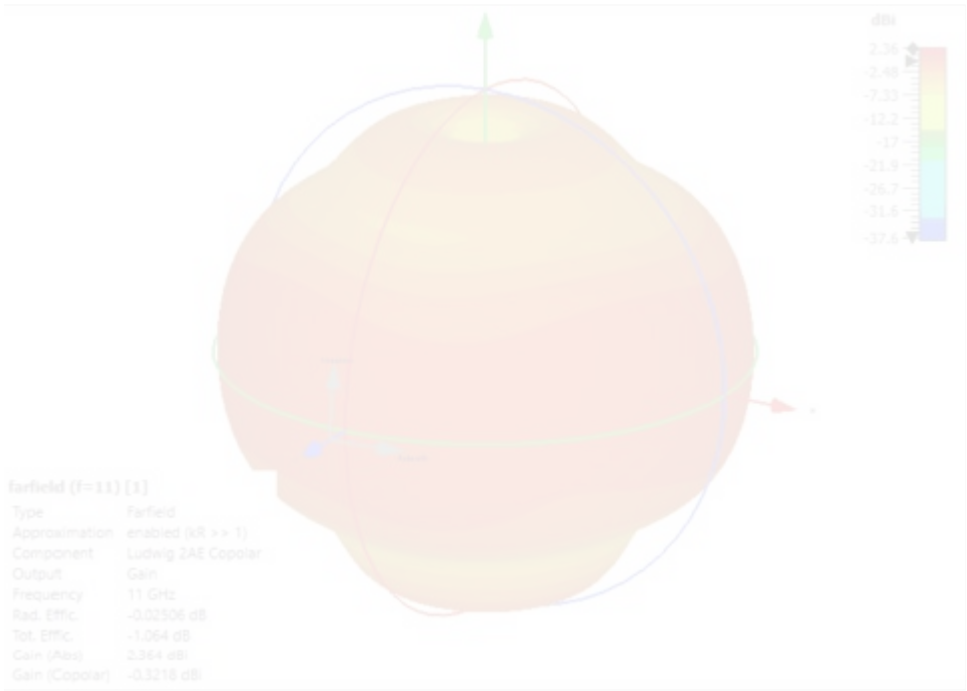


Рисунок 2.3.7 - 3D діаграма спрямованості біконічної рупорної антени з 3 шарами ротатора поляризації під кутом 0°, 22.5° та 45° на частоті 11 ГГц на основній поляризації.

59

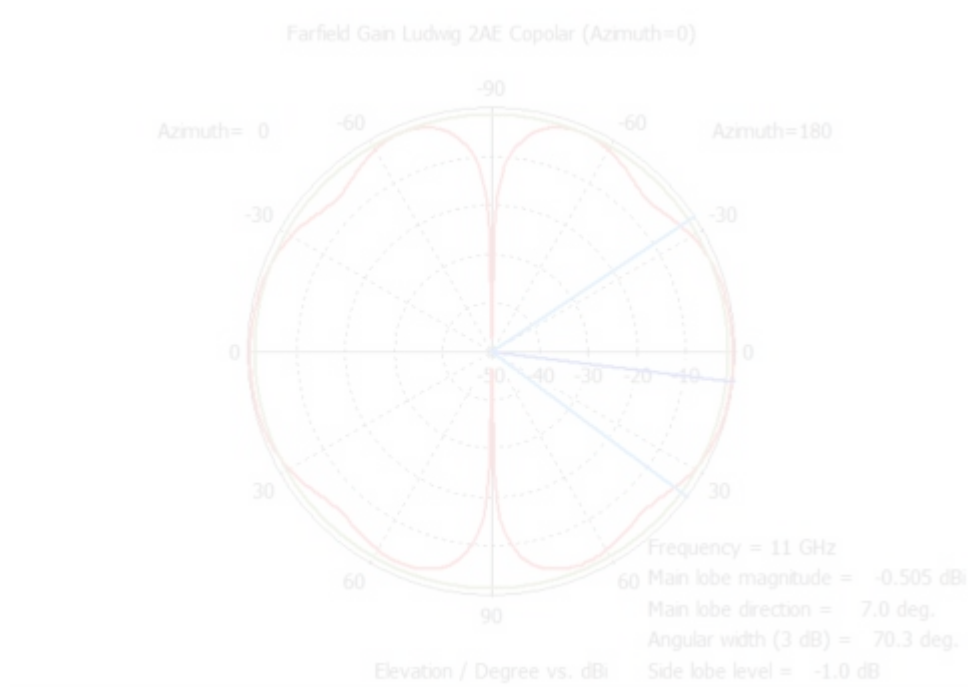


Рисунок 2.3.8 - Діаграма спрямованості біконічної рупорної антени у вертикальній площині на вертикальній поляризації.

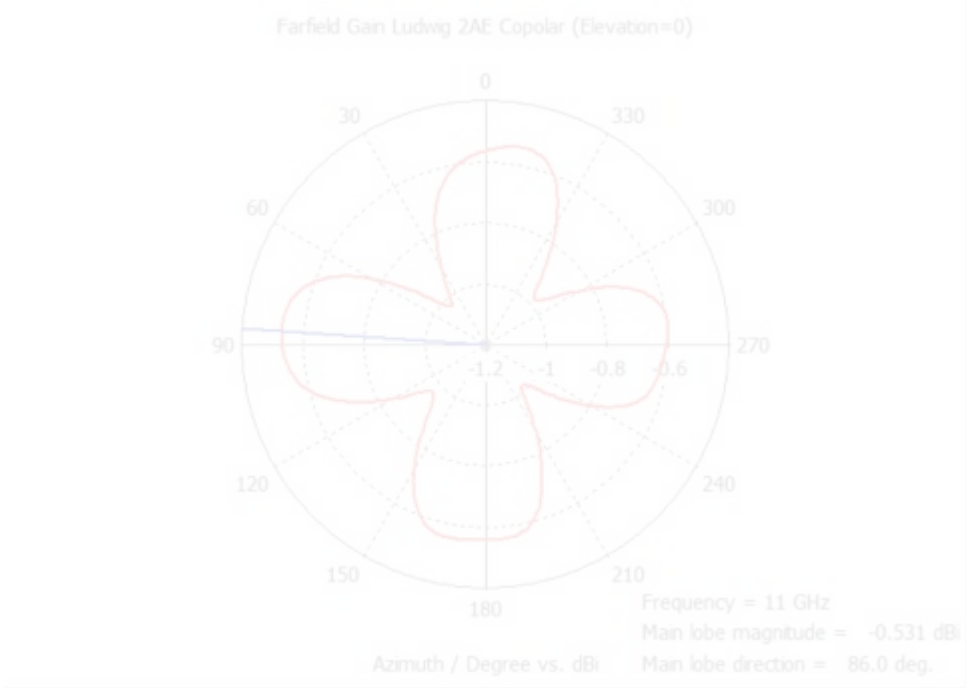


Рисунок 2.3.9 - Діаграма спрямованості біконічної рупорної антени у горизонтальній площині на вертикальній поляризації.

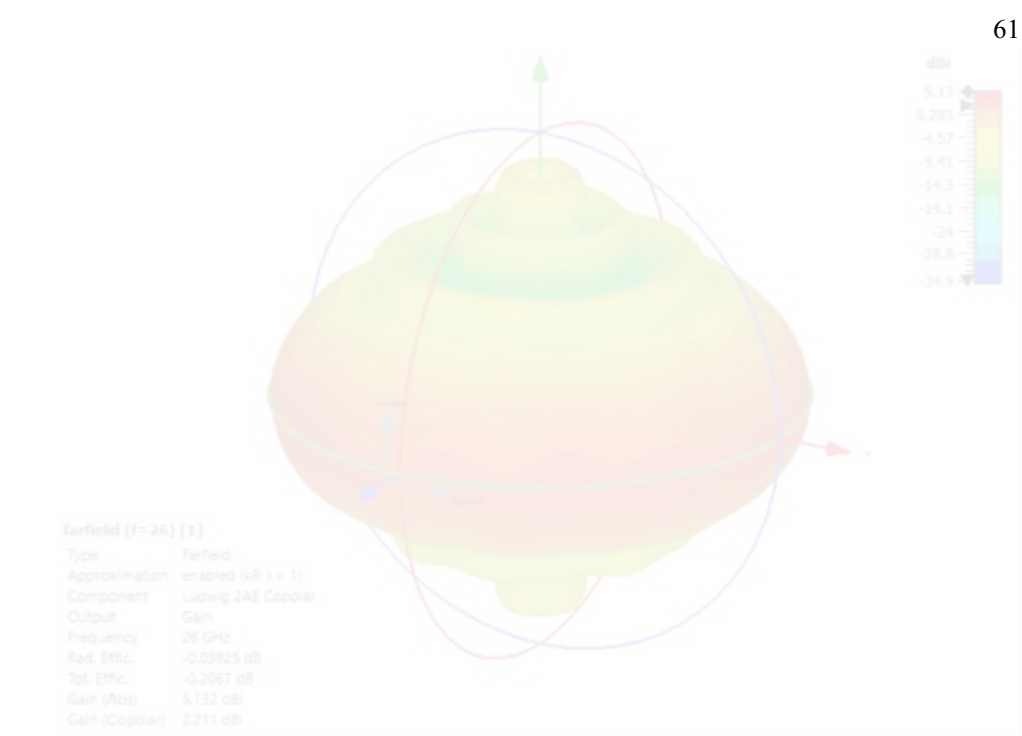


Рисунок 2.3.10 - 3D діаграма спрямованості біконічної рупорної антени з 3 шарами ротатора поляризації під кутом 0°, 22.5° та 45° на частоті 26 ГГц на основній поляризації.

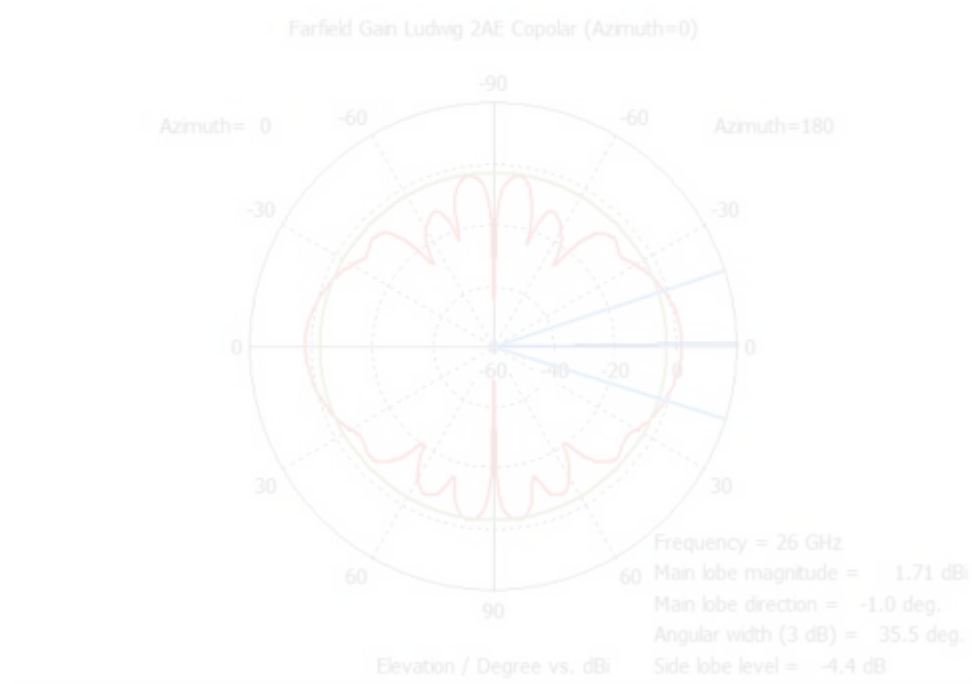


Рисунок 2.3.11 - Діаграма спрямованості біконічної рупорної антени у вертикальній площині на вертикальній поляризації.

63

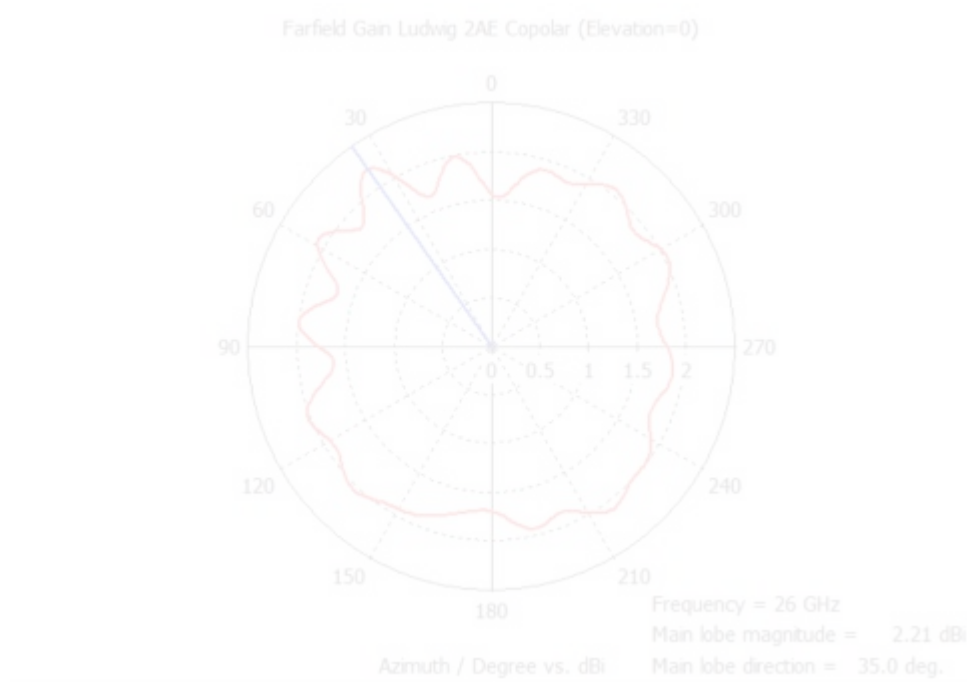


Рисунок 2.3.12 - Діаграма спрямованості біконічної рупорної антени у горизонтальній площині на вертикальній поляризації.

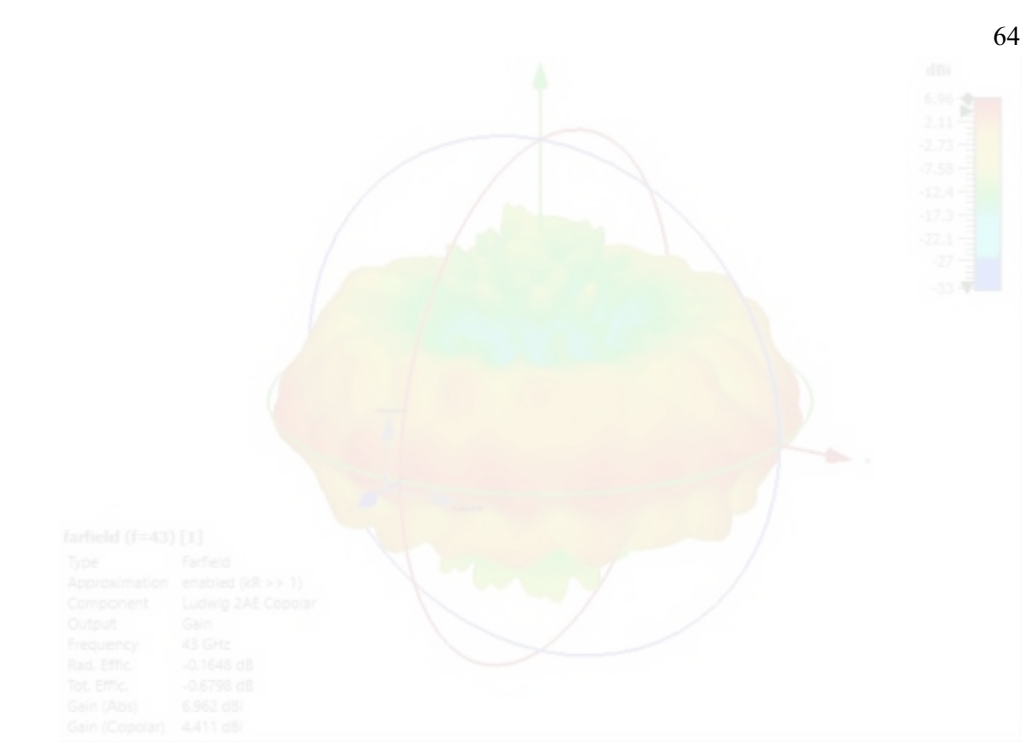


Рисунок 2.3.13 - 3D діаграма спрямованості біконічної рупорної антени з 3 шарами ротатора поляризації під кутом 0°, 22.5° та 45° на частоті 43 ГГц на основній поляризації.

65

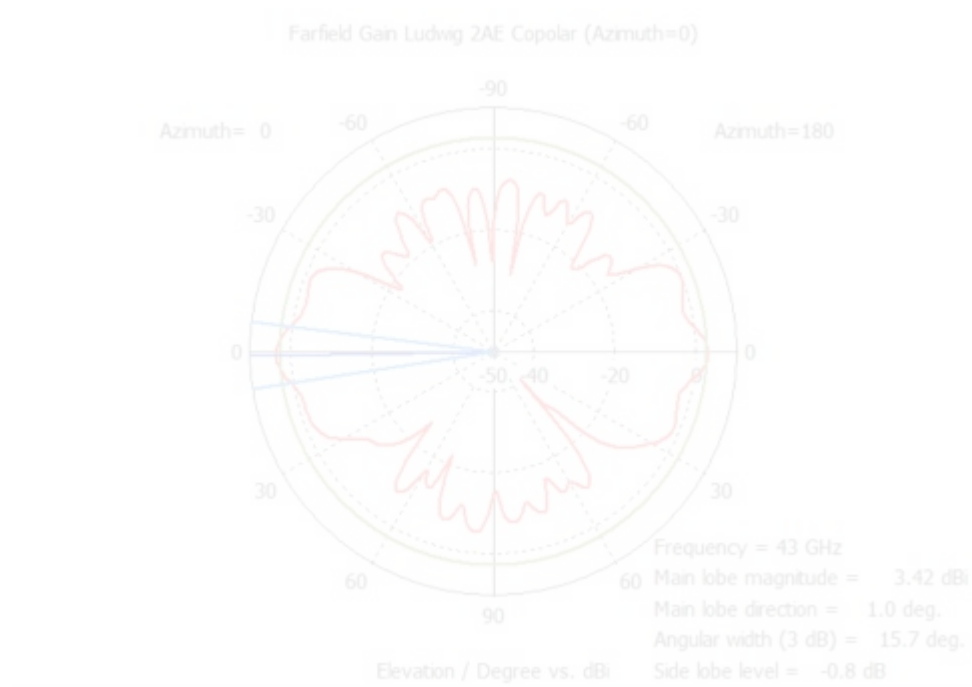


Рисунок 2.3.14 - Діаграма спрямованості біконічної рупорної антени у вертикальній площині на вертикальній поляризації.

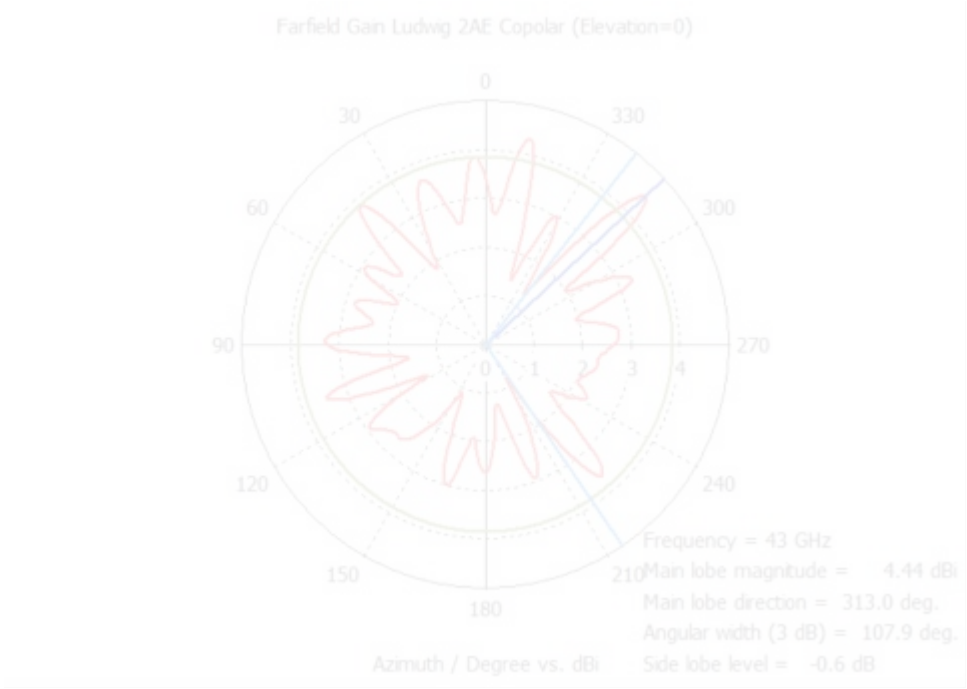


Рисунок 2.3.15 - Діаграма спрямованості біконічної рупорної антени у горизонтальній площині на вертикальній поляризації.

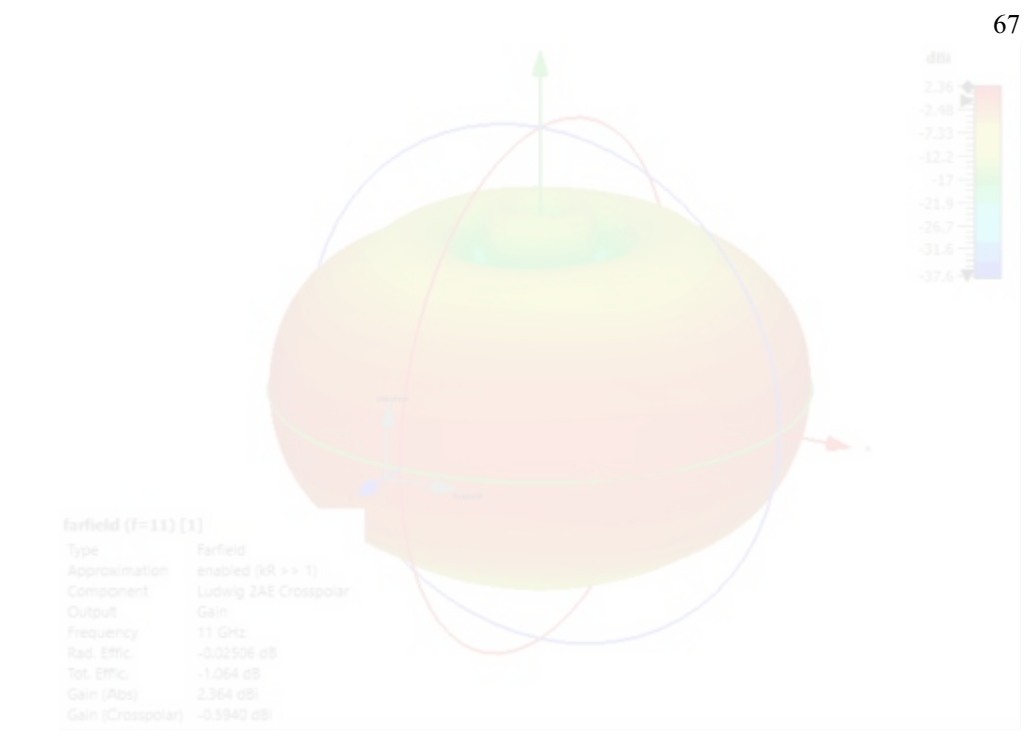


Рисунок 2.3.16 - 3D діаграма спрямованості біконічної рупорної антени з 3 шарами ротатора поляризації під кутом 0°, 22.5° та 45° на частоті 11 ГГц на горизонтальній поляризації.

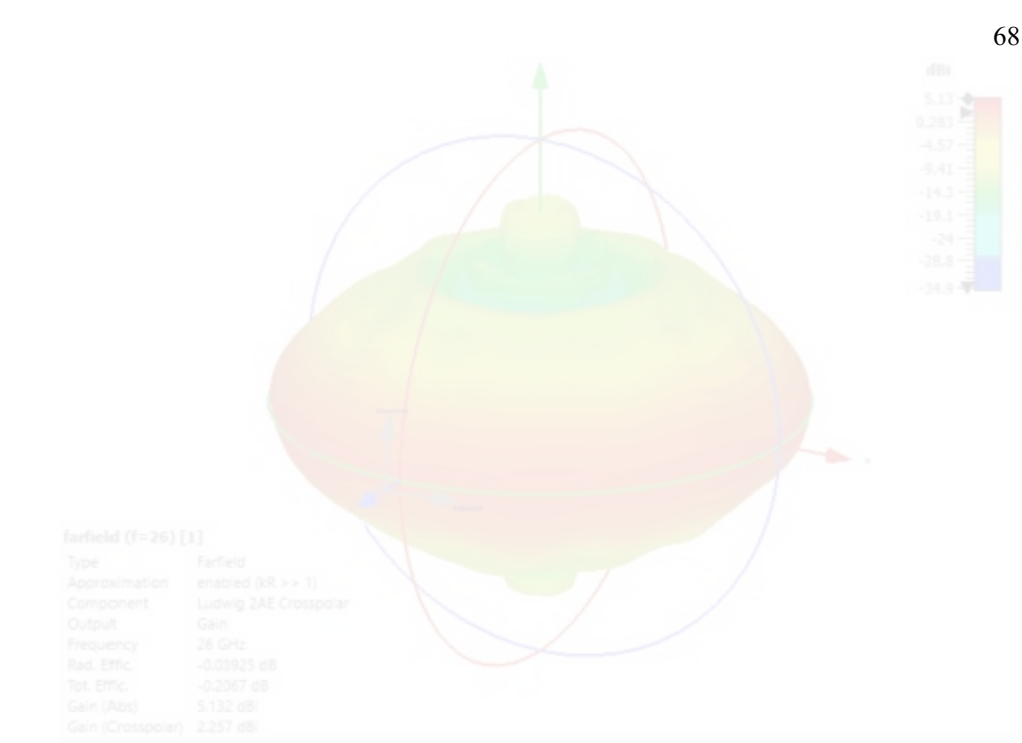


Рисунок 2.3.17 - 3D діаграма спрямованості біконічної рупорної антени з 3 шарами ротатора поляризації під кутом 0°, 22.5° та 45° на частоті 26 ГГц на горизонтальній поляризації.

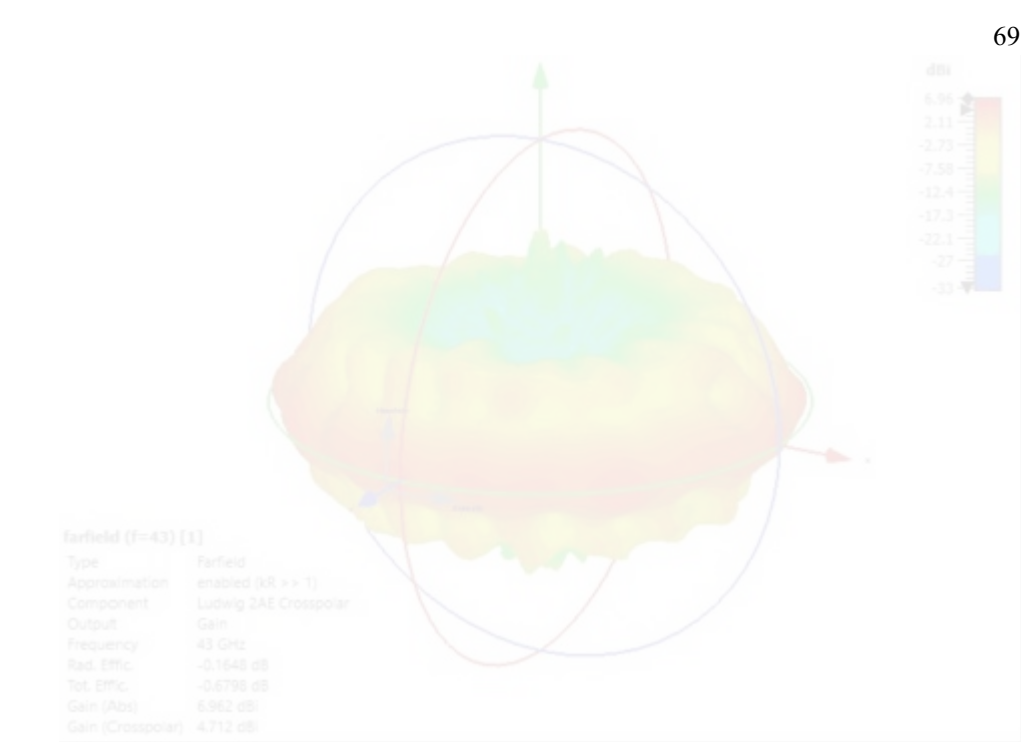


Рисунок 2.3.18 - 3D діаграма спрямованості біконічної рупорної антени з 3 шарами ротатора поляризації під кутом 0°, 22.5° та 45° на частоті 43 ГГц на горизонтальній поляризації.



Рисунок 2.3.19 - Розраховані коефіцієнти підсилення біконічної рупорної антени з 3 шарами ротатора поляризації під кутом 0° , 22.5° та 45° . Параметр: тип поляризації.

В результаті можна зробити висновки, що біконічна антена з 3 шаром ротатора поляризації є вісесиметричною в азимутальній площині на всій робочій смузі частот, відхилення від вісесиметричної азимутальної площини становить $\pm 0,6$ дБ, малий рівень бічних пелюсток, а з розрахованих коефіцієнтів підсилення можна сказати, що ротатор поляризації виконує функцію повороту поляризації.

71

2.4 Дослідження біконічної рупорної антени з 5 шарами ротатора поляризації під кутом 0° , 11.25° , 22.5° , 33.75° та 45° .



Рисунок 2.4.1 - Біконічна рупорна антена з 5 шарами ротатора поляризації під кутом 0° , 11.25° , 22.5° , 33.75° та 45° .

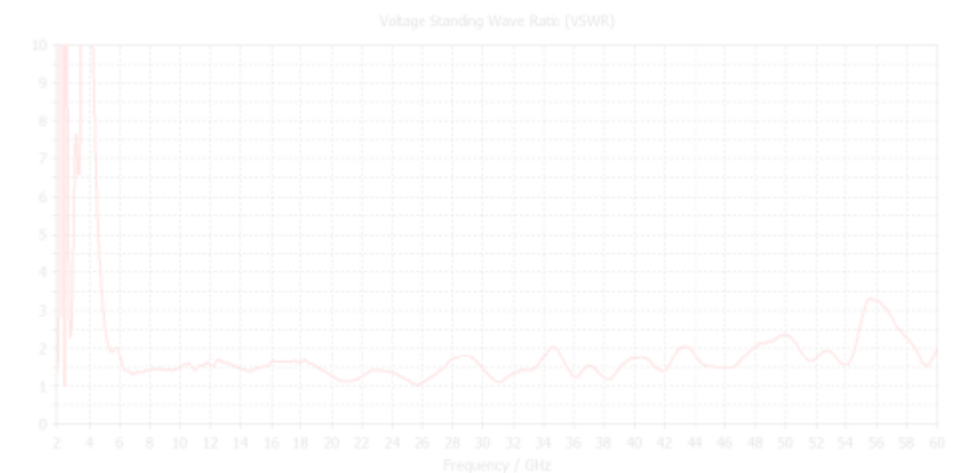


Рисунок 2.4.2 - КСХН біконічної рупорної антени з 5 шарами ротатора поляризації під кутом 0° , 11.25° , 22.5° , 33.75° та 45° .

Як показано на рисунку 1.8.2 робоча смуга частот біконічної рупорної антени з 5 шарами ротатора поляризації під кутом 0° , 11.25° , 22.5° , 33.75° та 45° лежить від 6 ГГц до 35 ГГц.

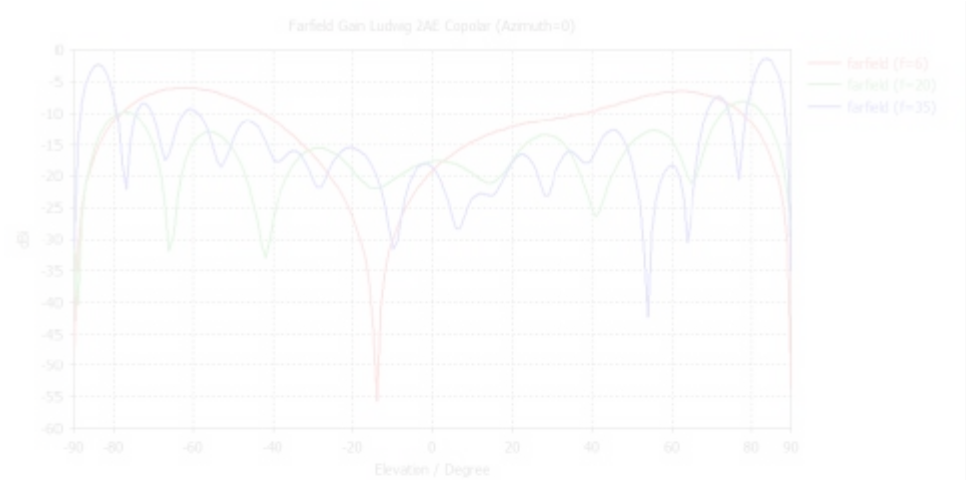


Рисунок 2.4.3 - Порівняння коефіцієнтів підсилення біконічної рупорної антени у вертикальній площині на вертикальній поляризації. Параметр: робоча частота.

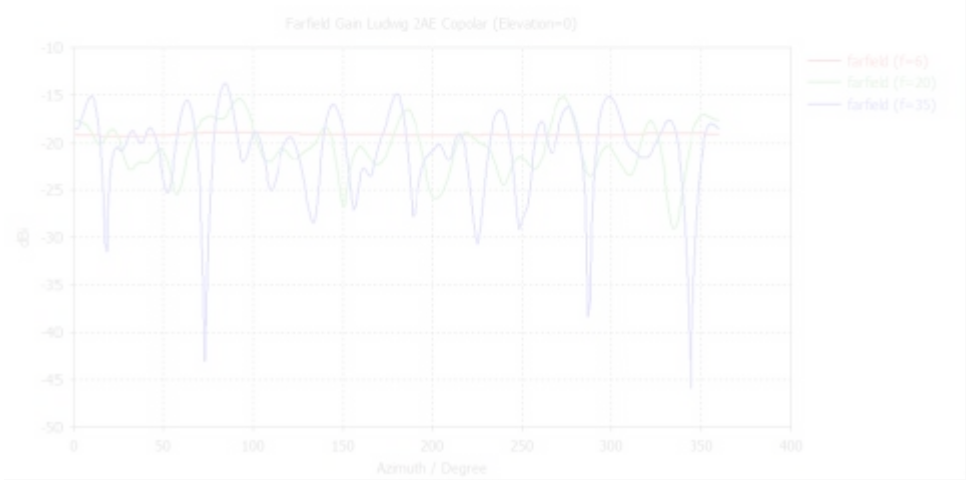


Рисунок 2.4.4 - Порівняння коефіцієнтів підсилення біконічної рупорної антени у горизонтальній площині на вертикальній поляризації. Параметр: робоча частота.

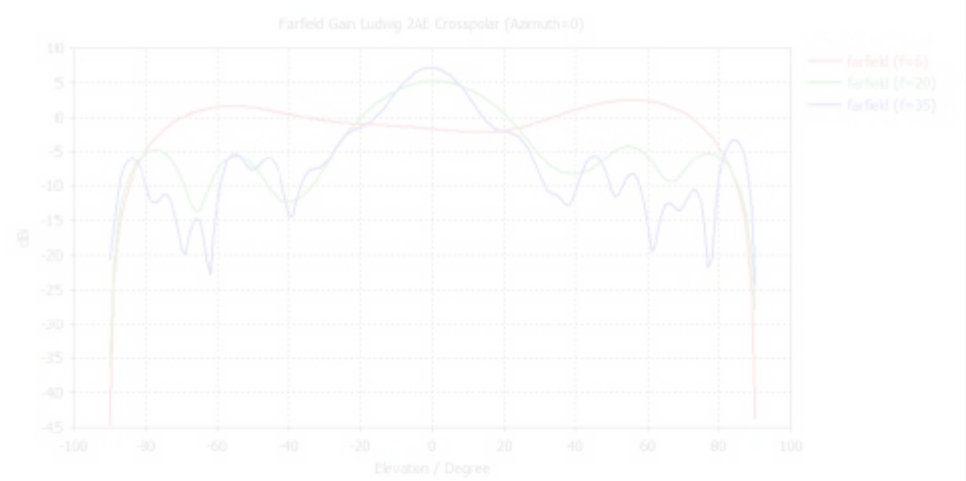
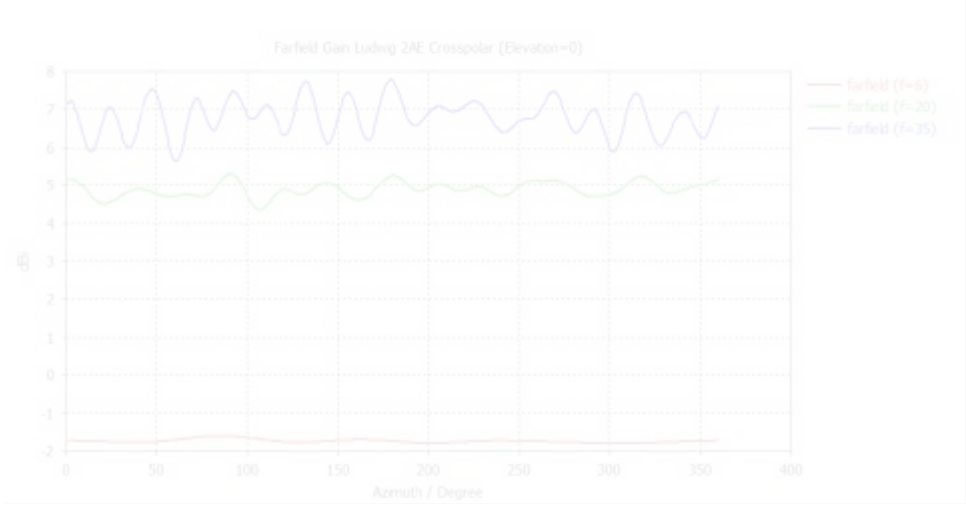


Рисунок 2.4.5 - Порівняння коефіцієнтів підсилення біконічної рупорної антени у вертикальній площині на горизонтальній поляризації. Параметр: робоча частота.



75

Рисунок 2.4.6 - Порівняння коефіцієнтів підсилення біконічної рупорної антени у горизонтальній площині на горизонтальній поляризації. Параметр: робоча частота.

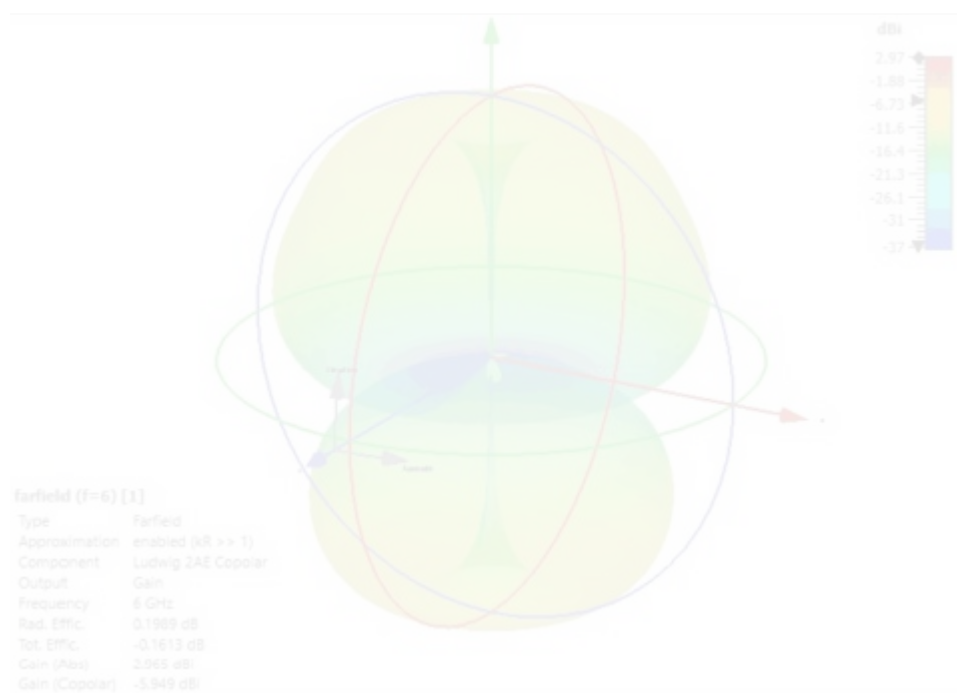


Рисунок 2.4.7 - 3D діаграма спрямованості біконічної рупорної антени з 5 шарами ротатора поляризації під кутом 0° , 11.25° , 22.5° , 33.75° та 45° на частоті 6 ГГц на основній поляризації.

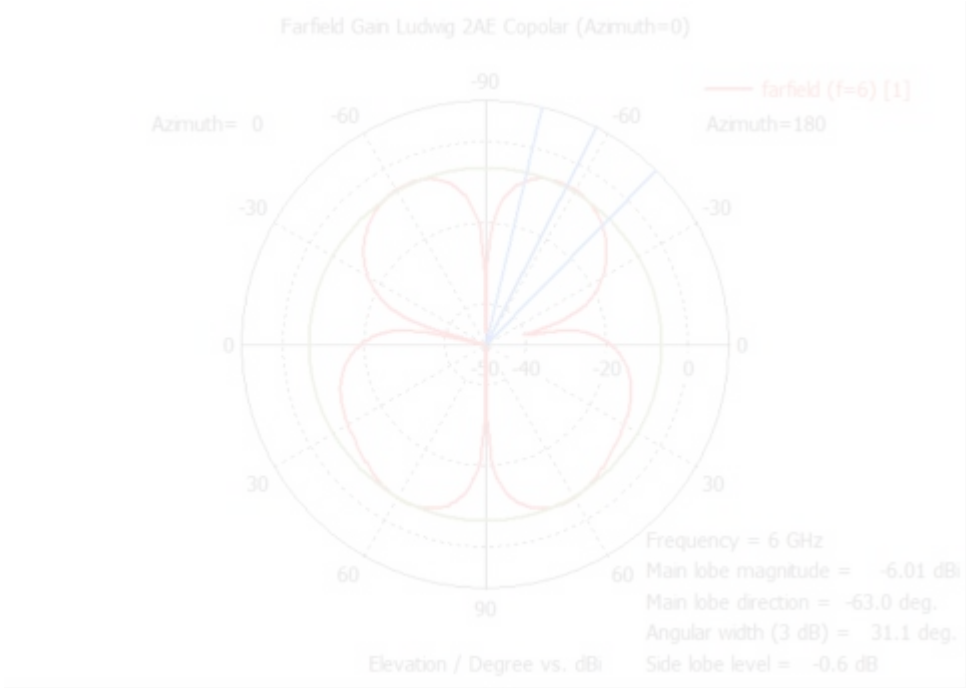


Рисунок 2.4.8 - Діаграма спрямованості біконічної рупорної антени у вертикальній площині на вертикальній поляризації.

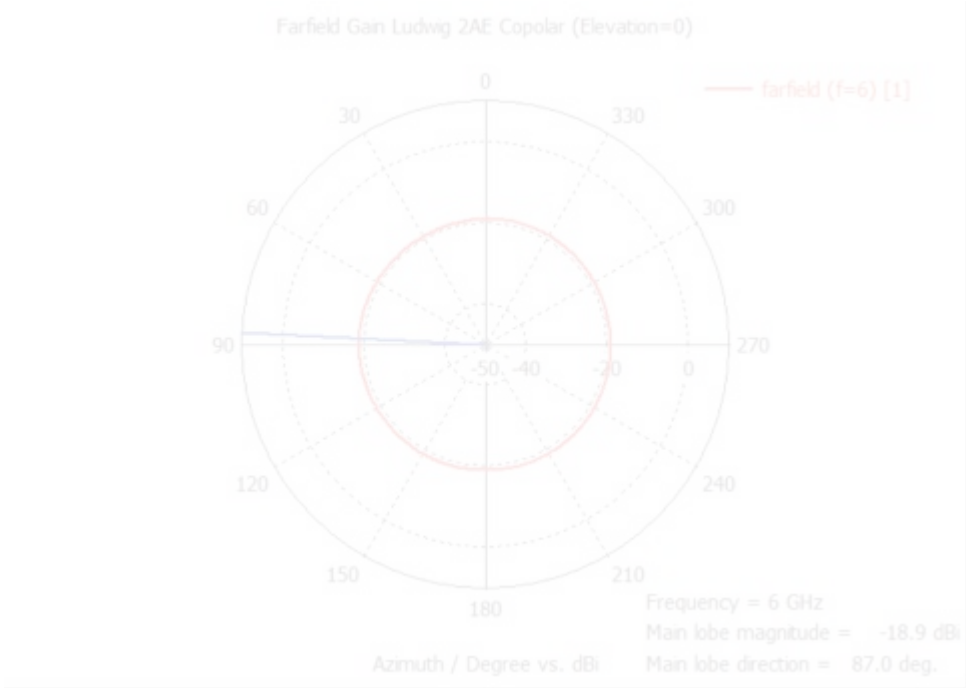


Рисунок 2.4.9 - Діаграма спрямованості біконічної рупорної антени у горизонтальній площині на вертикальній поляризації.

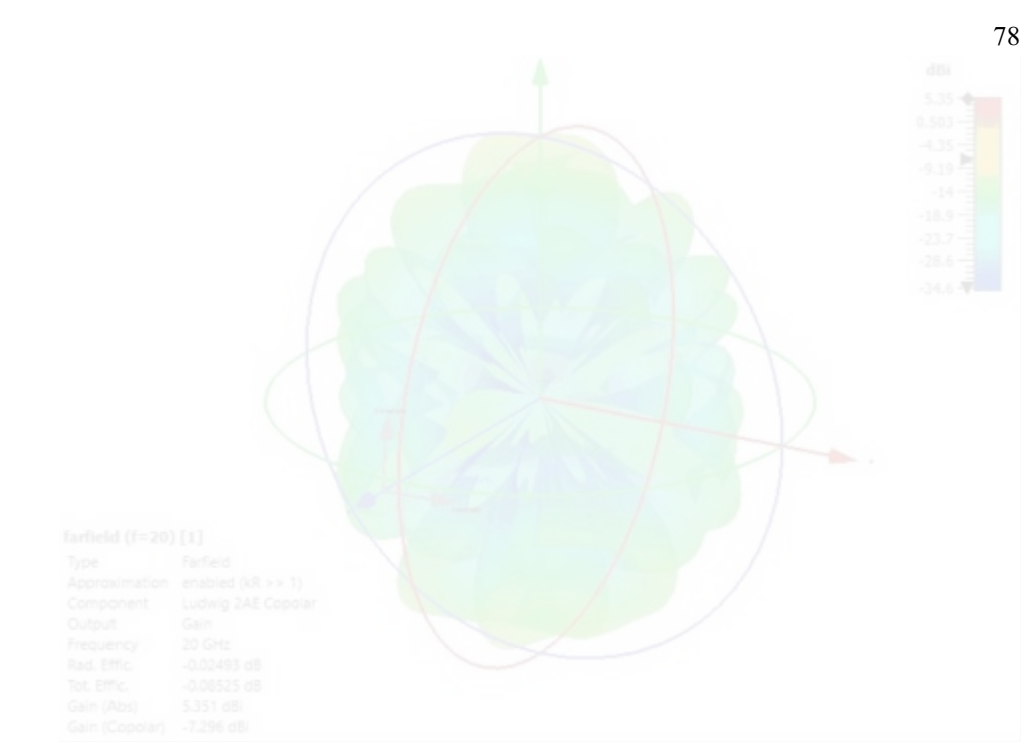


Рисунок 2.4.10 - 3D діаграма спрямованості біконічної рупорної антени з 5 шарами ротатора поляризації під кутом 0°, 11.25°, 22.5°, 33.75° та 45° на частоті 20 ГГц на основній поляризації.



Рисунок 2.4.11 - Діаграма спрямованості біконічної рупорної антени у вертикальній площині на вертикальній поляризації.

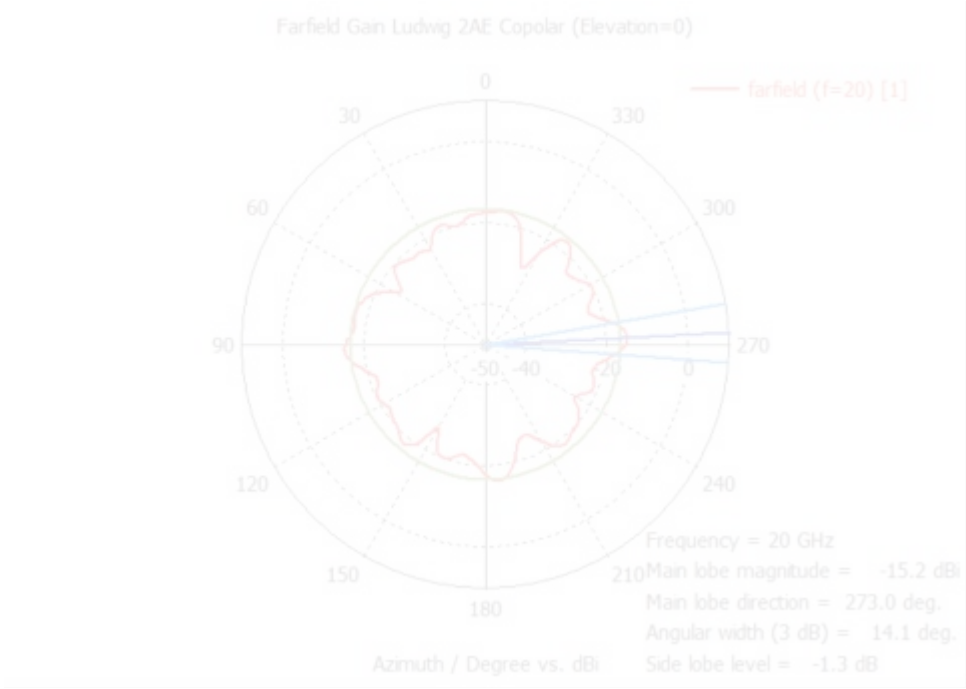


Рисунок 2.4.12 - Діаграма спрямованості біконічної рупорної антени у горизонтальній площині на вертикальній поляризації.

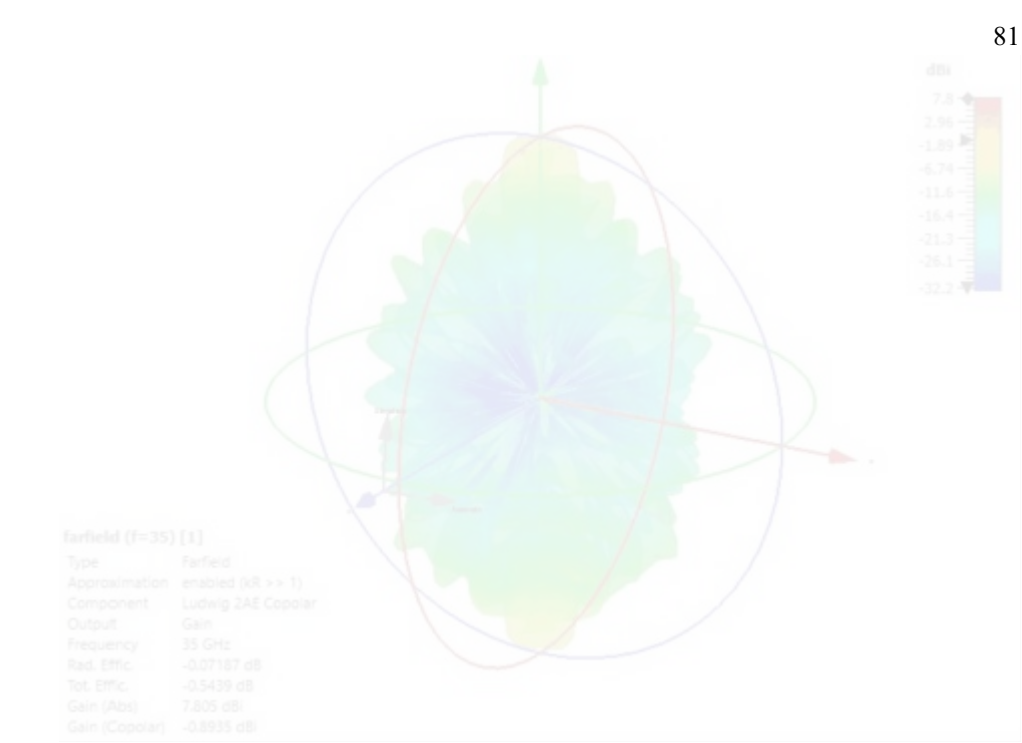


Рисунок 2.4.13 - 3D діаграма спрямованості біконічної рупорної антени з 5 шарами ротатора поляризації під кутом 0°, 11.25°, 22.5°, 33.75° та 45° на частоті 35 ГГц на основній поляризації.

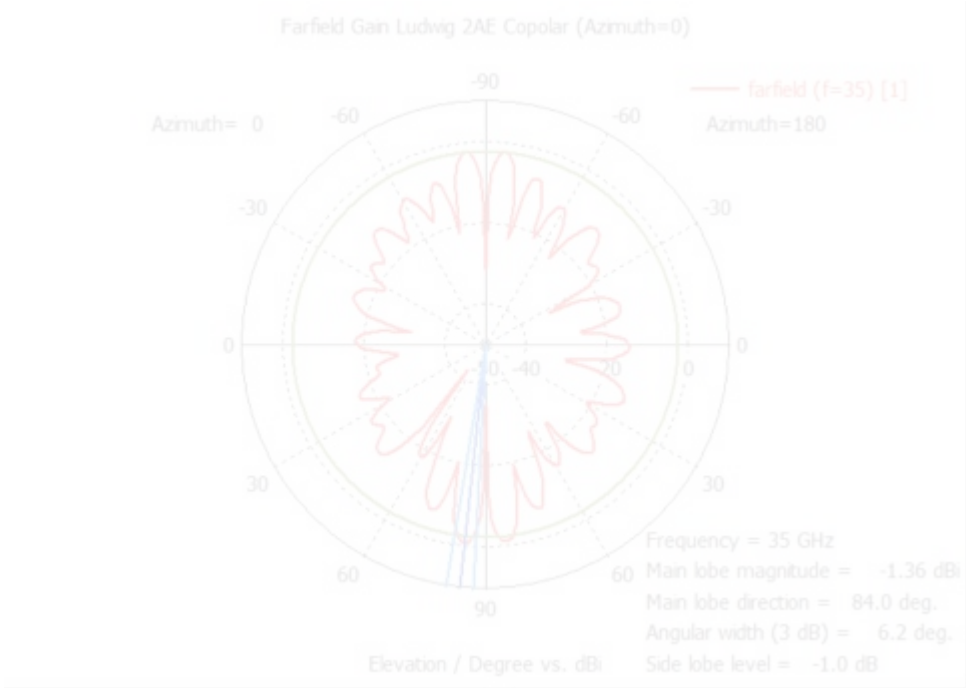


Рисунок 2.4.14 - Діаграма спрямованості біконічної рупорної антени у вертикальній площині на вертикальній поляризації.

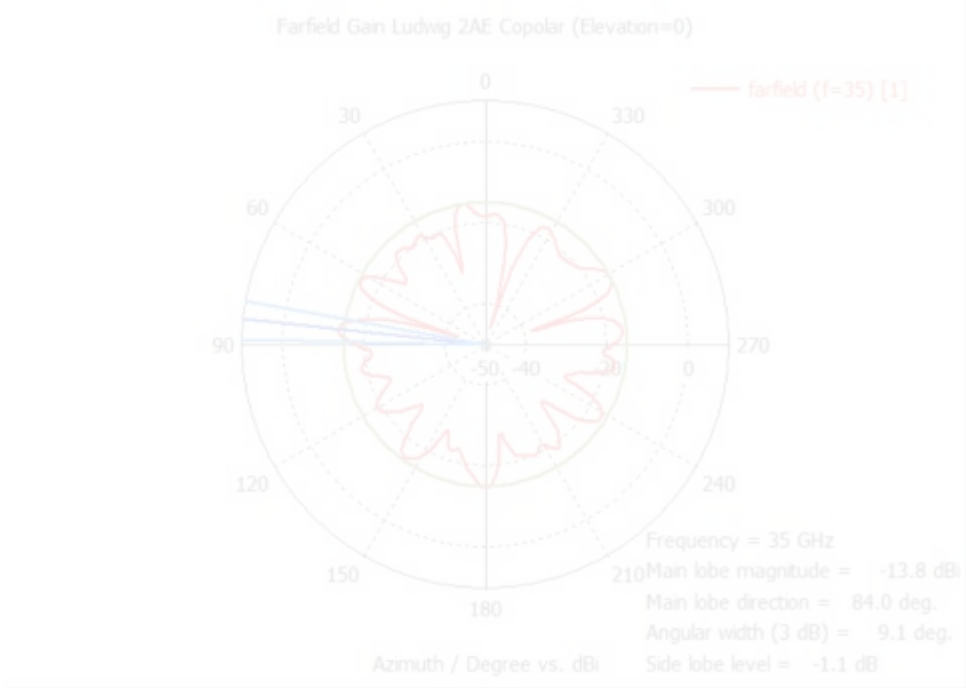


Рисунок 2.4.15 - Діаграма спрямованості біконічної рупорної антени у горизонтальній площині на вертикальній поляризації.

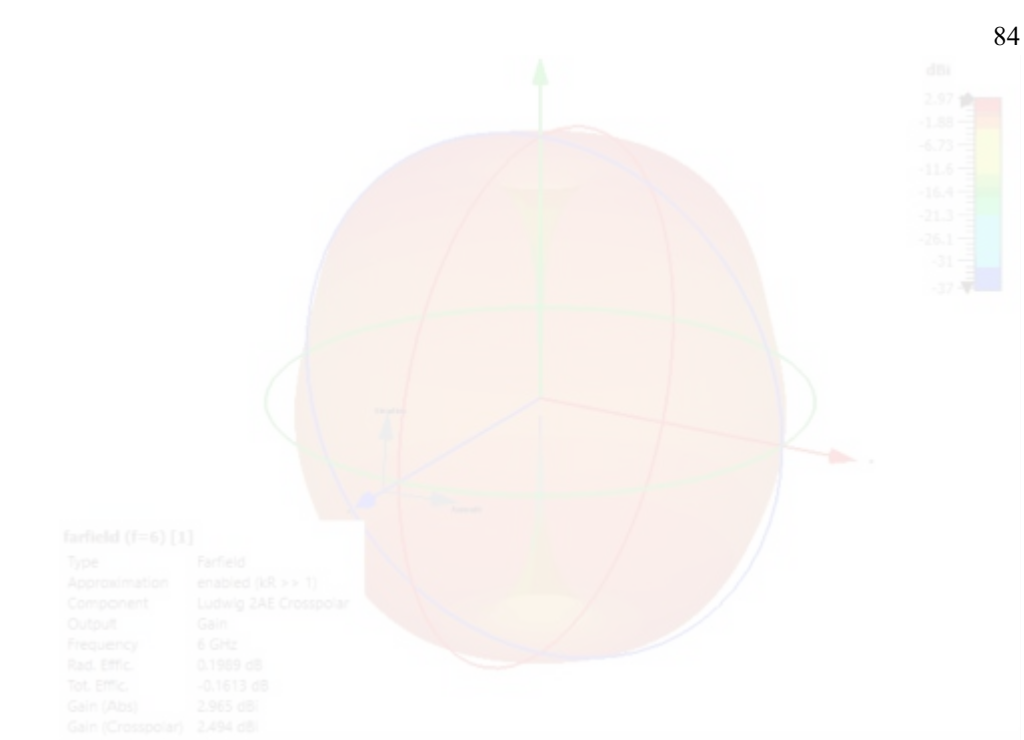


Рисунок 2.4.16 - 3D діаграма спрямованості біконічної рупорної антени з 5 шарами ротатора поляризації під кутом 0°, 11.25°, 22.5°, 33.75° та 45° на частоті 6 ГГц на горизонтальній поляризації.

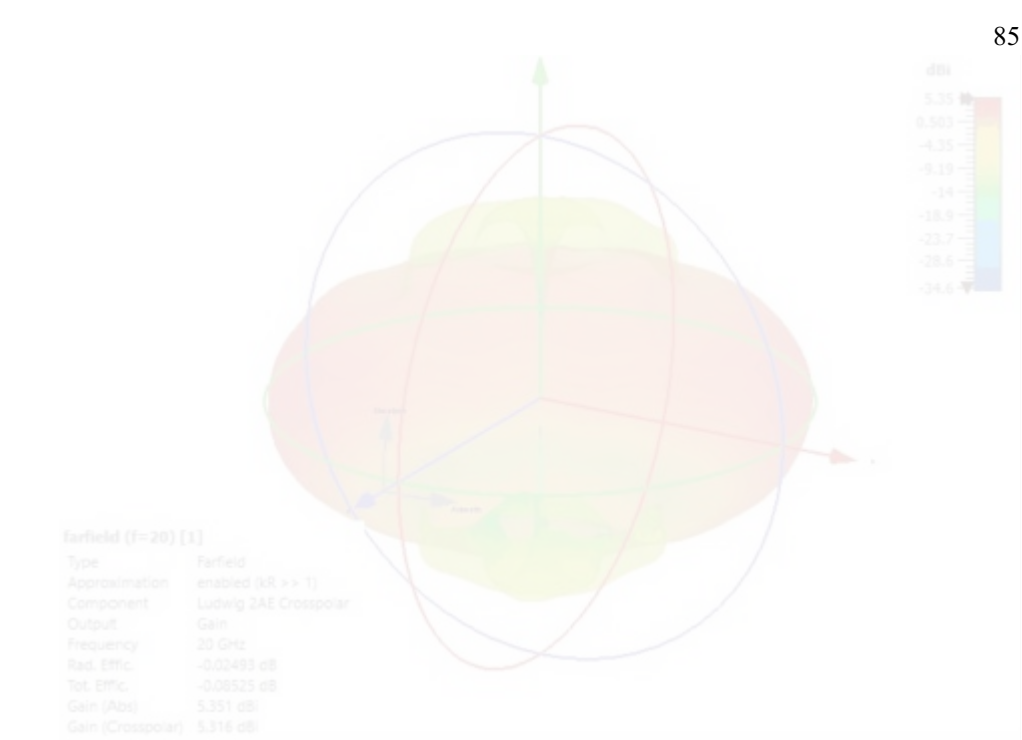


Рисунок 2.4.17 - 3D діаграма спрямованості біконічної рупорної антени з 5 шарами ротатора поляризації під кутом 0°, 11.25°, 22.5°, 33.75° та 45° на частоті 20 ГГц на горизонтальній поляризації.

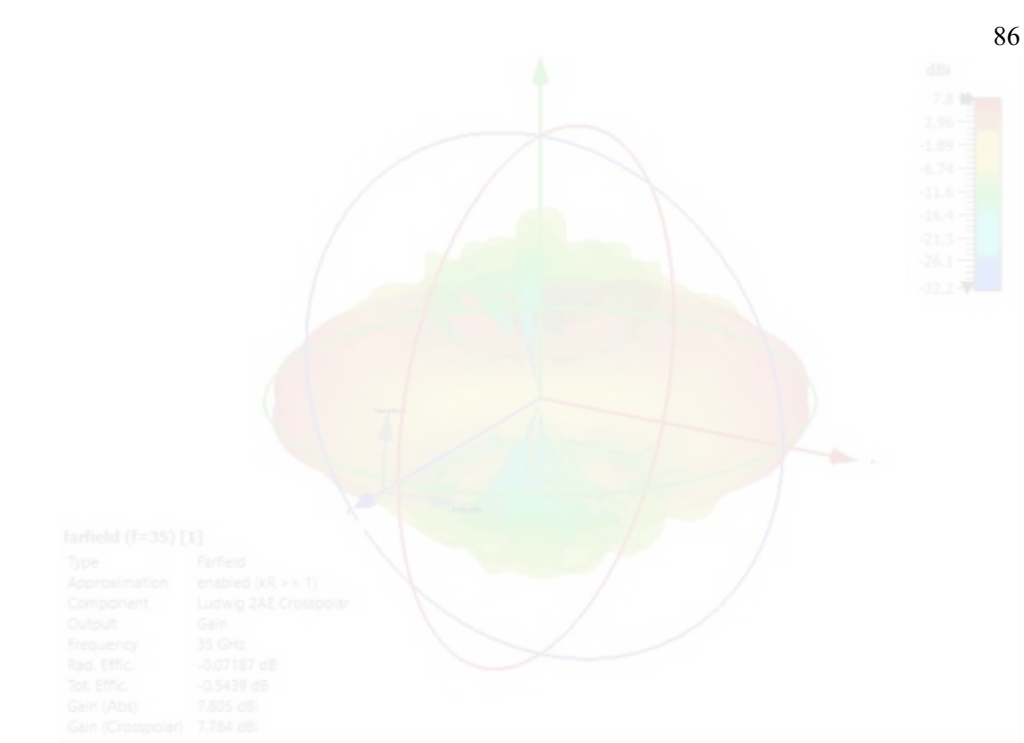


Рисунок 2.4.18 - 3D діаграма спрямованості біконічної рупорної антени з 5 шарами ротатора поляризації під кутом 0°, 11.25°, 22.5°, 33.75° та 45° на частоті 35 ГГц на горизонтальній поляризації.

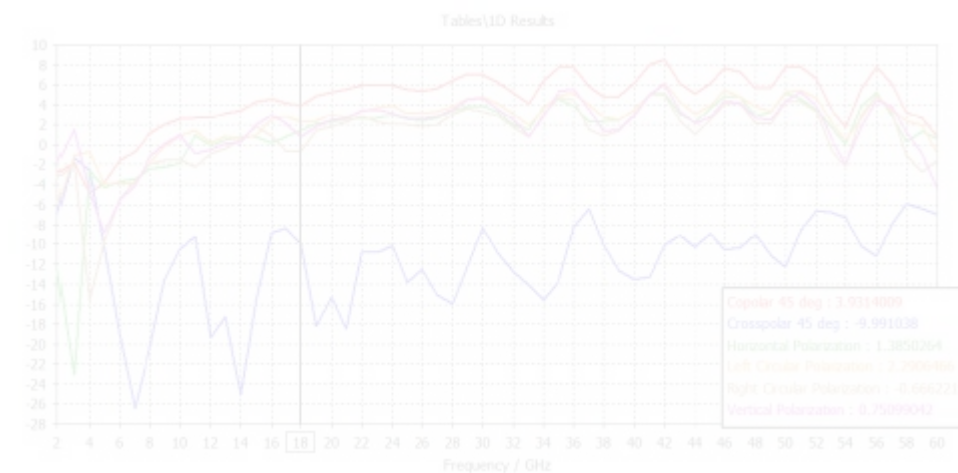


Рисунок 2.4.19 - Розраховані коефіцієнти підсилення біконічної рупорної антени з 5 шарами ротатора поляризації під кутом 0° , 11.25° , 22.5° , 33.75° та 45° . Параметр: тип поляризації.

Можна зробити висновки, що біконічна антена з 5 шаром ротатора поляризації є вісесиметричною в азимутальній площині на всій робочій смузі частот, відхилення від вісесиметричної азимутальної площини становить ± 1.1 дБ, малий рівень бічних пелюсток, а з розрахованих коефіцієнтів підсилення та після порівняння з коефіцієнтами підсилення для 3 шарів можна сказати, що ротатор поляризації з 5 шарами краще виконує функцію повороту поляризації.

2.5 Висновок до розділу

У цьому розділі було досліджено біконічну рупорну антену з ротатором поляризації, в результаті чого були отримані необхідні характеристики біконічної рупорної антени.

88

В результаті встановлено, що біконічна рупорна антена має робочу смугу частот, яка лежить від 2.96 до 47.8 ГГц. Коефіцієнт підсилення становить 2.93 дБ. Діаграма спрямованості є вісесиметрична в азимутальній площині, відхилення від вісесиметричної азимутальної площини становить $\pm 0,9$ дБ.

Біконічна рупорна антена з одним шаром горизонтальної поляризації має робочу смугу частот, яка лежить від 12 до 43 ГГц. Коефіцієнт підсилення становить 1.77 дБ. Діаграма спрямованості є вісесиметрична в азимутальній площині.

При 3 шарах ротатора поляризації біконічна рупорна антена має робочу смугу частот, яка лежить від 3.7 до 41 ГГц. Коефіцієнт підсилення становить 3,67 дБ. Діаграма спрямованості є вісесиметрична в азимутальній площині, відхилення від вісесиметричної азимутальної площини становить $\pm 0,6$ дБ.

При 5 шарах ротатора поляризації біконічна рупорна антена має робочу смугу частот, яка лежить від 3.7 до 41 ГГц. Коефіцієнт підсилення становить 3.9 дБ. Діаграма спрямованості є вісесиметрична в азимутальній площині, відхилення від вісесиметричної азимутальної площини становить ± 1.1 дБ.

Таким чином встановлено, що біконічна рупорна антена з 5 шарами ротатора поляризації забезпечує кращі характеристики біконічна рупорна антена з ротатором поляризації на основі 3 шарів.

3. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЄКТУ

3.1 Опис стартап проєкту

Процес розробки стартап-проєкту так само важливий, як і розробка будь-якого продукту. Зрештою, це універсальний спосіб оцінити проєкт і розробити план його продажу. Загальна стратегія розробки маркетингової стратегії складається з 7 частин: дослідження споживачів, дослідження ринку, конкурентний аналіз, оцінка та вибір каналів продажів, розробка маркетингових пакетів, оцінка економіки та перегляд попередніх кроків для переоцінки або зміни рішень.

Оскільки ця магістерська робота є дослідницькою роботою, дуже незвично оформляти дослідження як стартап-проєкт. У таблиці 3.1.1 наведено опис ідеї, що лежить в основі дослідження, і об'єкта дослідження біконічної рупорної антени з ротатором поляризації, що має певні особливості при формуванні її як продукту.

Таблиця 3.1.1 - Опис ідеї стартап проєкту

Опис ідеї	Напрямок застосування	Вигода для користувача
Дослідження впливу повороту площини поляризації антени, що матиме на меті покращити ефективність застосування для певного частотного діапазону.	Подальше проєктування виготовлення об'єкту дослідження.	Вигодою є те, що залежно від потреб користувача буде сформовано відповідний профіль що відповідатиме ергономічним вимогам, характеристикам тощо.

Застосування такої широкосмугової антени від 2 до 60 ГГц має багато типів. Антени з всеспрямованою спрямованістю випромінювання є ключовими елементами сучасних радіотехнічних систем телекомунікацій, телебачення, радіоелектронної боротьби, радіомоніторингу, бортових і безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Вимога широкосмугового частотного сканування навколишнього середовища в системах моніторингу та необхідність багатоканальної передачі інформації в телекомунікаціях призводять до надширокосмугових робочих діапазонів частот антен, які інтегровані в системи. Крім того, БПЛА та інші літальні апарати, що несуть радіообладнання, мають жорсткі обмеження щодо маси та габаритних розмірів застосовуваних бортових антен [4].

Встановлена може бути як на фіксованому чи рухомому об'єкті. Замовниками Для подальшого використання можуть стати різні радіомовні, радіонавігаційні, радіопеленгаційні служби.

3.2 технологічний аудит ідеї проєкту

Реалізація стартап проєкту базується на використанні методики дослідження. У другому розділі магістерської дисертації представлено різні варіації біконічної рупорної антени з ротатором поляризації. Найкращі характеристики спостерігається для антени з 5 шарами ротатора поляризації. Для проведення дослідження антени кут нахилу стрічок для антени з одним шаром поступово змінювався, як і кількість шарів. Ідеї зміни конструкції антени і технології реалізації наведені у таблиці 3.2.1.

Таблиця 3.2.1 - Технологічна здійсненність ідеї проєкту

№	Ідея проєкту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Зміна кількості шарів ротатора поляризації та кутів нахилу стрічок	Зміна кількості шарів ротатора поляризації та кутів нахилу стрічок в програмному середовищі	Технологія не є надскладною, адже потребує лише базових навичок роботи з програмним середовищем для подальшого моделювання конструкції антени.	За умови доступу до програмних середовищ: Matlab, CST Microwave Studio чи їх аналогів, які можуть забезпечити якісне створення конструкції антени і подальше отримання характеристик.
2	Зміна розмірів біконічної рупорної антени	За допомогою програмного середовища можливо задати необхідні розміри антени в меню parameter list	Потрібен Доступ до програмного середовища, що дозволить провести симуляцію антени.	За умови доступу до програмних середовищ: Matlab, CST Microwave Studio чи їх аналогів, які можуть забезпечити якісне створення конструкції антени і подальше отримання характеристик.

Продовження таблиці 3.2.1

3	Зміна розмірів шайби між рупорами біконічної антени	За допомогою програмного середовища можливо задати необхідні розміри антени в меню parameter list або провести операцію оптимізації антени до необхідних характеристик за допомогою операції optimizer.	Потрібен доступ до програмного середовища, що дозволив би провести симуляцію та оптимізацію антени.	За умови доступу до програмних середовищ: Matlab, CST Microwave Studio чи їх аналогів, які можуть забезпечити якісне створення конструкції антени і подальше отримання характеристик.
---	---	---	---	---

3.3 Аналіз ринкових можливостей запуску проєкту

Ринкові можливості є важливим фактором при плануванні продажу ідей. У разі продажу унікального підходу до дослідження антени ви завжди можете розраховувати на отримання грантів від великих компаній в області телекомунікацій або супутникового зв'язку. Це пов'язано з тим, що такі компанії зацікавлені в новому баченні і зацікавлені в розробці нових продуктів, які допоможуть

збільшити прибуток. Дослідження, які не потребують великих витрат і дають реальні результати, можуть бути цікавими та корисними для майбутніх проектів. В таблиці 3.3.1 наведено характеристику клієнтів, що є важливим чинником при формуванні цільової аудиторії.

Таблиця 3.3.1 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці у різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Потреба в унікальній конструкції антени, що матиме ширшу смугу частот чи кращі характеристики випромінювання	Працівники оборонного комплексу, телекомунікаційні чи супутникові компанії, урядові організації.		Стабільність, якість і можливість обслуговування

Дуже цікавим є характеристика для певних показників ринку, що зазначена у таблиці 3.3.2. Наразі ми маємо зростаючу динаміку ринку через невинний ріст технологій та появи нових ідей для

застосування різноманітних конструкцій антен, зокрема біконічної структури. Через те, що основна ідея для продажу ідеї є продаж дослідження біконічної рупорної антени з ротатором поляризації то фактичних вимог до сертифікації чи обмежень ми не маємо, бо замовник може зазначити що саме варто оптимізувати та задати певні вимоги до дослідження: предмету чи об'єкту. Кількість конкурентів також має зростаючий характер через специфіку застосування конструкцій антен та вимог замовників. Наприклад більшість великих супутникових компаній мають свої відділи, що займаються проектуванням та дослідженням в області антенних систем, зокрема створенні нових прототипів, що задовольняли б вимогам майбутніх користувачів.

Таблиця 3.3.2 - Попередня характеристика потенційного ринку

№	Показники стану ринку	Характеристика
1	Динаміка ринку	Зростає
2	Наявність обмежень для входу	Немає
3	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Немає
4	Кількість конкурентів	Зростає

Іншим важливим аспектом, що допоможе в аналізі проєкту це представлення сильних сторін, слабких сторін, можливостей і загроз, що представлено у таблиці 3.3.3.

Таблиця 3.3.3 - SWOT-аналіз проекту

Сильні сторони: новизна, конкурентно-спроможність, простота підходу	Слабкі сторони: коонкуренція, трудомісткість і індивідуальний підхід
Можливості: велика кількість продажу дослідження як гранту, велика кількість компаній, зацікавлених в нових технологіях	Загрози: ймовірність запозичення ідеї, бо є складність у визнанні дослідження як чогось унікального і у привласненні ідеї

3.4 Розроблення маркетингової програми проекту

Розробка маркетингового комплексу маркетингу має бути сформована на підставі результатів проведених досліджень споживача, ринку, конкурентів і збуту. Тільки після виконання цих кроків сформована маркетингова програма буде ефективною. У таблиці 3.4.1 наведено визначення ключових переваг концепції потенційного товару [5].

Таблиця 3.4.1 - Потенційні переваги продукту

№	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
1	Унікальність профілю конструкції антени	Запропоноване дослідження надає можливість розробити конструкцію антени, що має хороші характеристики залежно від потреби в ергономічності.	Простота методу не створює перешкод для проведення дослідження, адже є потреба лише в програмному середовищі.
2	Певні характеристики антени	Біконічну рупорну антену з ротатором поляризації можна оптимізувати таким чином, що вона задовольнятиме потребам.	Перевагами є те, що для великих виробників потрібно отримати велику кількість дозволів для проведення дослідження, що створює складнощі. А представлений метод дослідження не потребує велику кількість ресурсів для тестування змодельованого

			прототипу.
--	--	--	------------

3.5 Висновки до розділу

Підводячи підсумки та проаналізувавши усі сформовані у таблицях чинники дослідження стартап проекту біконічної рупорної антени з ротатором поляризації можна стверджувати, що цей стартап проєкт має гарні шанси зайняти свою нішу в області розробки антенних конструкцій, також є високою та доцільною можливість вдосконалення та впровадження цієї антени на ринок.

ВИСНОВОК

Виконано огляд літератури по біконічних рупорних антенах, проведений порівняльний аналіз та проаналізовано представлені в статтях широкосмугові біконічні антени.

Виконано побудову та дослідження біконічної рупорної антени з ротатором поляризації з 1, 3 та 5 шарами ротатора поляризації та було встановлено, що біконічна рупорна антена з 5 шарами ротатора поляризації забезпечує кращі характеристики біконічна рупорна антена з ротатором поляризації на основі 3 шарів. Також були отримані характеристики узгодження, коефіцієнти підсилення та діаграми спрямованості, що цілком задовольняє цілям магістерської дисертації.

Створено стартап проєкт, сформовано опис проєкту, проведено технологічний аудит ідеї проєкту. Виконано аналіз ринкових можливостей запуску проєкту і розроблено маркетингову програму проєкту. За результатами загального маркетингового аналізу встановлено, що результат дослідження - біконічна рупорна антена з ротатором поляризації є рентабельним проєктом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. A. Dastranj and B. Abbasi-Arand, "High-performance 45° slant-polarized omnidirectional antenna for 2–66 GHz UWB applications," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol 64, no. 2, pp. 815–820. February 2016. DOI: 10.1109/TAP.2015.2509010.
2. A I Semenikhin, D V Semenikhina and Y V Yukhanov, Modelling of Polarization Rotator of the Broadband Scanning Antenna Array, IEEE Radio and Antenna Days of the Indian Ocean (IEEE RADIO 2015) IOP Publishing, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 120 (2016) 01 2016. doi:10.1088/1757-899X/120/1/012016
3. O. Manoochehri et al., "A dual-polarized biconical antenna for direction finding applications from 2 to 18 GHz," Microw. Opt. Technol. Lett. vol. 60, no. 6, pp. 1552–1558. June 2018. DOI: 10.1002/mop.31195.
4. Fedor Fedorovich Dubrovka, Stepan Piltyay, Mykola Movcnan, and Ivan Zakharchuk, "Ultrawideband Compact Lightweight Biconical Antenna With Capability of Various Polarizations Reception for Modern UAV Applications" IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol 71, no. 2, pp. 2922–2929. April 2023.