

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

**Радіотехнічний факультет
Кафедра радіосистемної інженерії**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Сергій МАРТИНЮК

«__» _____ 2023 р.

Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньою програмою «Радіосистемна інженерія»
спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
на тему: «Широкосмугова антена L діапазону»

Виконав (-ла): Покарець Максим Сергійович
студент (-ка) IV курсу, групи РС-91
Покарець Максим Сергійович

Керівник:
Старший викладач, кандидат технічних наук, доцент
Мартинюк Сергій Євстафійович

Рецензент:
Посада, науковий ступінь, вчене звання,
Прізвище, ім'я, по батькові

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.
Студент (-ка)

Київ – 2023 року
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Радіотехнічний факультет

Кафедра радіоінженерії

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Радіосистемна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Сергій МАРТИНЮК

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

**на дипломний проєкт студенту
Покарець Максиму Сергійовичу**

1. Тема проєкту Ширококуткова антена L діапазону
керівник проєкту (роботи) Мартинюк Сергій Євстафійович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «30» травня 2023 р. № 2061-с

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 15 червня 2023 р. _____

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Ширококуткова антена L-діапазону: діапазон робочих частот 1000...1850 МГц, КСХН<1,7; коефіцієнт підсилення не менше 10 дБ, тип входу – коаксіальний роз'єм N-типу. _____

4. Зміст (дипломної роботи) розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити)

Необхідно опрацювати такі завдання:

- Зробити огляд можливих аналогів;

- Створити тривимірну електродинамічну модель антени;

- Розрахувати характеристики випромінювання і узгодження антени в діапазоні частот 1000...1850 МГц;

- розробити креслення антени;

- Експериментально виміряти і налагодити дослідний зразок антени

5. Перелік (ілюстративного) графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, плакатів тощо) Креслення топології плат подільника потужності і вібраторного випромінювача.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 20 квітня 2023 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
	Огляд аналогів	10.04-15.04	+
	Розробка 3D моделі антени	15.04-15.05	+
	Розрахунки характеристик антени	15.04-18.05	+
	Експериментальні дослідження антени	18.05 – 5.06	+
	Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки	1.06 – 12.06	+

Студент

Максим ПОКАРЕЦЬ

Керівник

Сергій МАРТИНЮК

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота присвячена розробці для дослідженню широкопasmової антени L діапазону. Метою роботи є створення антенної системи, здатної ефективно працювати в діапазоні частот від 1000 до 1850 МГц, забезпечуючи стабільні параметри діаграми направленості та маючи значення коефіцієнту стоячої хвилі нижче 1,7.

В проєкті було зроблено огляд сучасних антен, які працюють в L-діапазоні і мають широкопasmові характеристики. Антена була розроблена в програмному середовищі CST Studio Suite, розраховано коефіцієнт відбиття хвилі, коефіцієнт стоячої хвилі, коефіцієнт направленої дії антени. Останній розділ присвячено вимірюванню та експериментальному налаштуванню дослідних зразків антен. Результати експериментів підтверджують адекватність створеної 3D моделі.

Ключові слова: Широкопasmова антена L діапазону, коефіцієнт повернутих втрат, КСХ, КСД, коефіцієнт спрямованості, подільник потужності, мікросмужкова лінія, шар паразитних елементів.

ANNOTATION

The diploma thesis is dedicated to the development of a wideband L-band antenna for research purposes. The aim of the work is to create an antenna system capable of efficiently operating in the frequency range from 1000 to 1850 MHz, providing a high directivity pattern and minimizing the standing wave ratio.

During the process, antennas that operate approximately in the same frequency range were reviewed. The antenna was designed and optimized using the CST Studio Suite software, and results such as the reflection coefficient, standing wave ratio, and antenna directivity were calculated. The final step involves the measurement and adjustment of test antennas.

The obtained results will be examined and analyzed. Additionally, the potential applications of the wideband antenna will be discussed.

Keywords: wide band antenna L band, return loss, SWR, Directivity, Power Divider, Microstrip Line, Parasitic Element Array.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

на тему: Широкопугова антена L діапазону

Київ — 2023 року

Зміст

Перелік скорочень	9
Вступ	10
1 Актуальність антен та сфера застосування.....	12
1.1 Актуальність антен.....	12
1.2 Важливість застосування широкосмугових антен	14
1.3 Сфера застосування широкосмугової антени з частотою від 1000 до 1850 МГц	15
Висновки до першого розділу	16
2 Аналоги доступні для купівлі на ринку	17
2.1 Антена 3VTV-04/EB	17
2.2 Антена Kathrein 1800/900 МГц	18
2.3 Антена cellmax 12072x	21
2.4 Антена Стріла Aspro T1727 900/1700-2700 МГц	22
Висновки другого розділу.....	23
3 Електродинамічна модель широкосмугової антени І-діапазону	24
3.1 Побудова екрана та роз'єму	24
3.2 Побудова подільника потужності та вертикального переходу	27
3.3 Побудова планарних широкосмугових вібраторів та чвертьхвильового шлейфу КЗ	36
3.4 Побудова паразитних мікросмужкових пластин	36

					<i>PC91.464661.001 ПЗ</i>			
<i>ЗМ</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
		<i>Покапель</i>			<i>Широкосмугова антена</i>	<i>Літ</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
		<i>ПІБ</i>					7	70
<i>Ч Кошт</i>		<i>ПІБ</i>			<i>PC-91 РТФ</i>			
		<i>Мартинчук</i>						

3.5	Позиціювання вібратора, шарів паразитних мікросмушкових елементів відносно підкладинки та побудова стійок та кришки антени.....	38
3.6	Розрахунок характеристик антени	41
3.7	Коефіцієнт спрямованої дії широкосмугової антени L діапазону.....	42
	Висновки третього розділу	54
4	Результати вимірювань дослідного зразка антени	55
	Висновки третього розділу	65
	Висновки.....	67
	Перелік джерел посилань	68
	Додаток А	69
	Додаток Б.....	74
	Додаток В	75
	Додаток Г.....	82

					РС91.464661.001 ПЗ			
<i>ЗМ</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
		<i>Покапешь</i>			<i>Широкасмугова антена</i>	<i>Літ</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
		<i>ПІБ</i>					8	70
					<i>L діапазону</i>	РС-91 РТФ		
<i>Ч Кошт</i>		<i>ПІБ</i>						
		<i>Мартинюк</i>						

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

КСХ – коефіцієнт стоячої хвилі

МСЛ – мікросмужкова лінія

КСД – коефіцієнт спрямованої дії

ПД – подільник потужності

БПЛА – безпілотний літаючий апарат

ГГц – гігагерц

МГц – мегагерц

КЗ – коротке замкнення

					РС91.464661.001 ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дата		9

- Дослідження характеристик антен та вплив різних елементів антени на її основні електродинамічні характеристики
- Розробити та дослідити експериментально широкосмугову антену L-діапазону
- Досліджено та модифіковано схему узгодження для подільника потужності

Предметом дослідження є широкосмугові антенні пристрої L-діапазону, **Об'єктом дослідження** є процеси, що відбуваються в малоелементних антенних решітках на основі широкосмугових друкованих вібраторних випромінюючих елементів.

В дипломному проєкті буде розглянута актуальність створення антен у сучасному світі вивчено потенційні області застосування широкосмугових антен та виявлено їх значення. Далі буде розроблена антена широкого діапазону з використанням аналітичних розрахунків. Для практичної перевірки буде виготовлений дослідницький зразок антени, після чого будуть зняті та проаналізовані його характеристики.

Отже, антени залишаються важливими технологічними компонентами, які забезпечують безпроводний обмін інформацією, зв'язок на великі відстані та використовуються в різних сферах, включаючи комунікації, науку, транспорт та оборону. Також не було зачеплено такі функції, як bluetooth, Wi-Fi, NFC, якими користуються, якщо не кожна перша, то кожна друга людина на нашій Землі.

1.2 Важливість застосування широкосмугових антен

До першого пункту важливості широкосмугових антен можна віднести найочевидніше — це універсальність. Антени широкого діапазону можуть працювати на різних частотах або ж на різних діапазонах частот. Завдяки цьому можна використовувати їх у різних системах зв'язку та пристроях, яким потрібен широкий спектр частот. Замість того, щоб використовувати кілька окремих антен для кожного діапазону, можна встановити одну антену широкого діапазону, що перекриє всі необхідні частоти. Завдяки цьому витікають позитивні наслідки, такі як спрощення конструкції виробу та знижує вартість.

Наступний пункт — гнучкість. Антени широкого діапазону можуть налаштовуватись на різні частоти або діапазони частот з високою гнучкістю. Це дає доступ до використання антен в змінних умовах, де необхідно змінювати робочі частоти або пристосуватися до змінних вимог систем зв'язку.

Ефективність ресурсів: Використання антен широкого діапазону дозволяє ефективніше використовувати обмежені ресурси, такі як місце на масивах антен, доступні частотні діапазони або, як вище згадано, зробити конструкцію виробу меншою, тому що замість кількох антен буде використовуватися одна. Замість виділення окремих антен для кожного діапазону, антени широкого діапазону можуть обслуговувати декілька діапазонів одночасно.

На останній пункт я б виніс економію витрат. Адже використання антен широкого діапазону може знизити витрати на закупівлю, установку та

						РС91.464661.001 ПЗ	Лист
Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата			14

обслуговування окремих антен для кожного діапазону. Одна антена замість декількох може спростити процес планування та управління мережею, призведе до зменшення витрат ресурсів, які керують антенами. Також знизить загальні витрати на інфраструктуру зв'язку.

Перегляд цих факторів роблять антени широкого діапазону важливими для забезпечення ефективного зв'язку, оптимального використання спектра частот, покращення продуктивності використання ресурсів та покращення продуктивності комунікаційних систем у різних галузях. Це все неодмінно впливає спрощення систем та зменшення витрат.

1.3 Сфера застосування широкосмугової антени з частотою від 1000 до 1850 МГц.

Якщо звернутись до національної таблиці розподілу смуг радіочастот України (додаток А)[2], то можна побачити широкий спектр застосування даної антени. Якщо проаналізувати даний спектр, то можна визначити основні пристрої та технології, які можуть працювати в даному діапазоні.

Отже, в даному діапазоні працюють деякі мережі мобільного зв'язку, такі як 2G(GSM), 3G(UMTS), 4G(LTE), 5G. Також можуть використовувати частоти в діапазоні 1000-1850 МГц для передачі голосу та даних між мобільними пристроями та базовими станціями.

Бездротові технології, наприклад Wi-Fi, можуть використовувати частоти в діапазоні від 1000 МГц до 1850 МГц для передачі даних між бездротовими маршрутизаторами та підключеними пристроями в мережі бездротового інтернету.

Супутникові системи зв'язку можуть використовувати частоти в цьому діапазоні для передачі сигналів між землею та супутниками.

Однією з найвідоміших радіонавігаційних систем є Глобальна система позиціонування (GPS). Вона складається з супутників, які надають сигнали, та приймачів GPS, які отримують ці сигнали та обробляють їх для визначення місцезнаходження та навігаційної інформації.

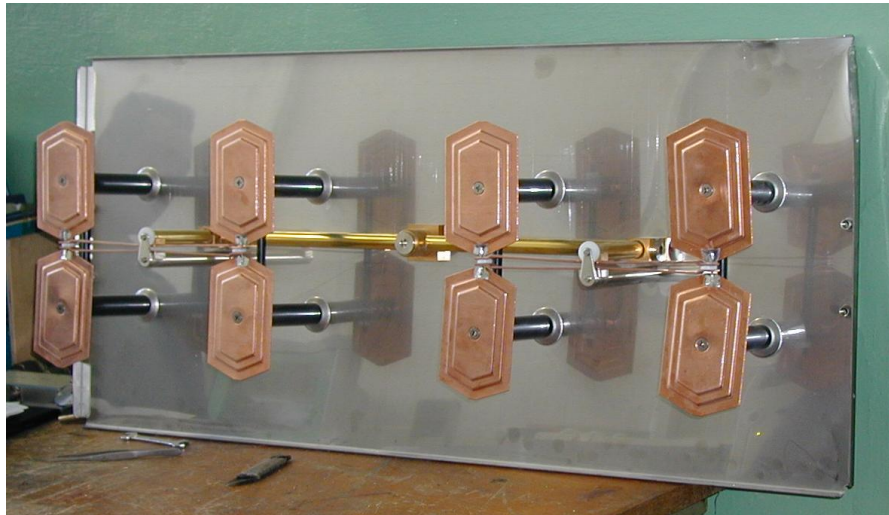


Рисунок 2.1.1 — Антена 3VTV-04/ЕВ.

Посилення (дБ)

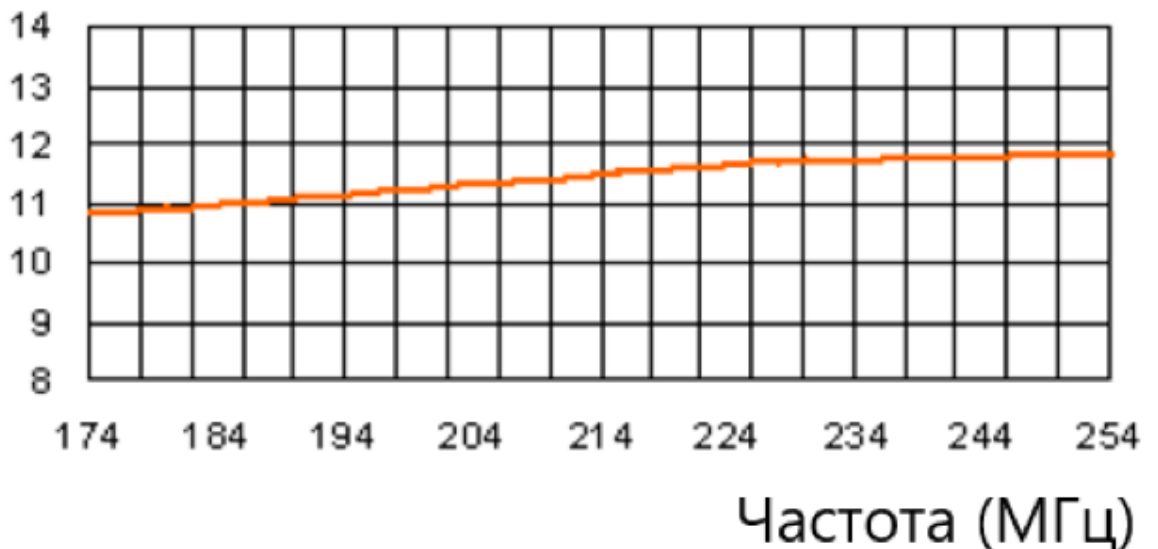


Рисунок 1.1.2 — Коефіцієнт підсилення антени 3VTV-04/ЕВ.

Розміри антени 3VTV-04/ЕВ: 1300x1300x532 мм. Вага ж цієї антени 84 кг, що важко назвати легкою антеною.

2.2 Антена Kathrein 1800/900 МГц

Одним з аналогів антени, яка працює приблизно на цих же частотах – є антена Kathrein 1800/900 МГц. Коефіцієнт підсилення даної антени складає 7 дБі. Діаграма направленості 90 градусів. Має вертикальну поляризацію та

габарити антени 231x140x50 мм. Поляризація антени вертикальна. Дана антена використовується для мобільних широкосмугових технологій GSM (2G), так і для 3G. Вона також має опції для дистанційного електричного нахилу (ДЕН). Всередині ми знайдемо фазоперетворювачі, розгалужувачі (рис. 2.2.1), суматори та елементи антени 1800/900 МГц. Вхідний сигнал проходить через розгалужувач сигналу, де сигнали 1800 і 900 МГц розділяються або комбінуються. [7]

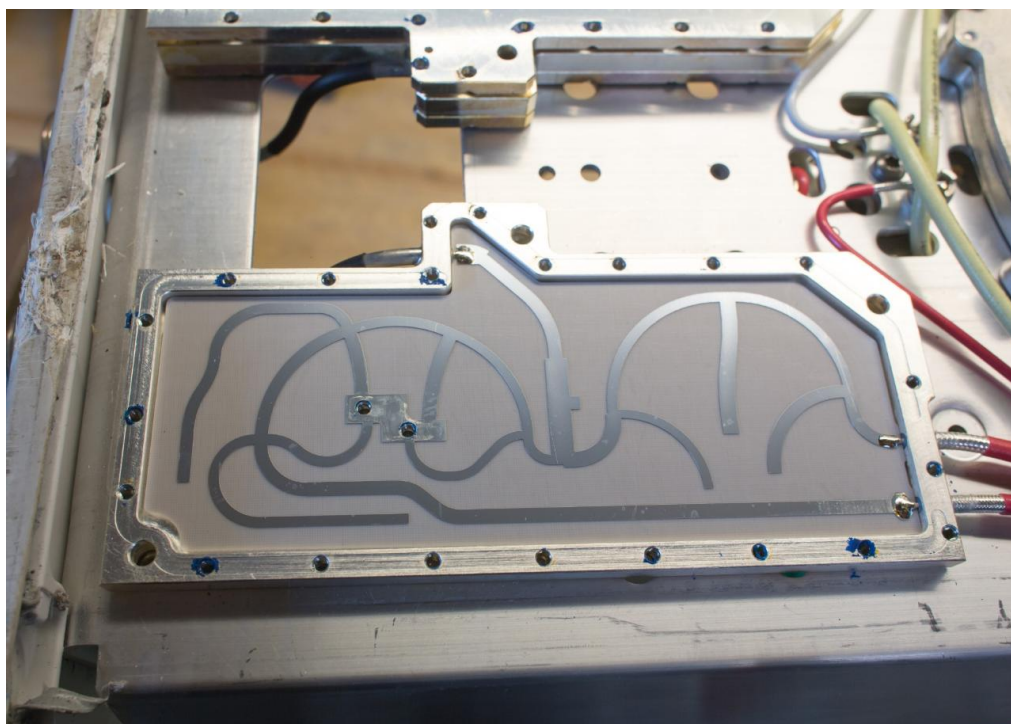


Рисунок 2.2.1 — Розгалужувач антени Kathrein 1800/900 МГц.

Основа/задня пластина антени Kathrein (рис. 2.2.2) має похилу бічну стінку. [7]

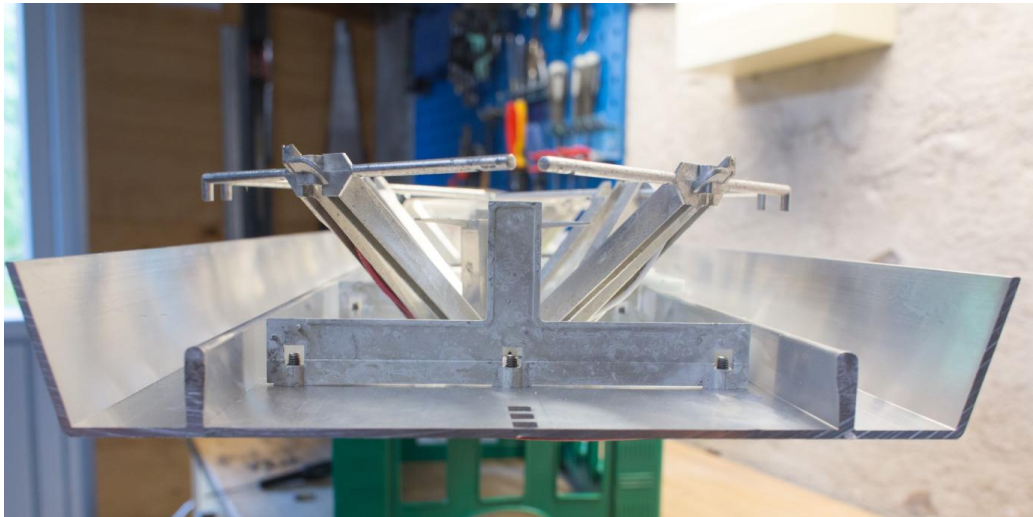


Рисунок 2.2.2 - Основна\задня пластина Kathrein.

Антенна решітка складається з випромінюючих елементів 1800, так і з 900 МГц (рис. 2.2.3). Деякі елементи є статичними, а деякі подаються через опцію дистанційного електричного нахилу. Тому він здатний змінювати форму пелюстка антени.[7]



Рисунок 2.2.3 — Елементи антени.

Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дата

PC91.464661.001 ПЗ

Лист

20

Функція дистанційного електричного нахилу (ДЕН) — це простий двигун, який регулює ізольований стрижень до механізму фазозміщення (рис.2.2.4), який може змінювати фазу сигналу на 15 градусів.[7]



Рисунок 2.2.4 — Механізм фазозміщення антени.

Коаксіальна проводка (рис. 2.2.5) виконана з посрібленого дроту та міститься в червоному або білому ізоляційному матеріалі для розрізнення сигналів 1800 і 900 МГц. Усі дроти мають спеціальні опори, особливо для роботи всередині антени. Причиною довгих і зігнутих кабелів є узгодження опорів між різними проводами та уникнення небажаного зсуву фаз.[7]

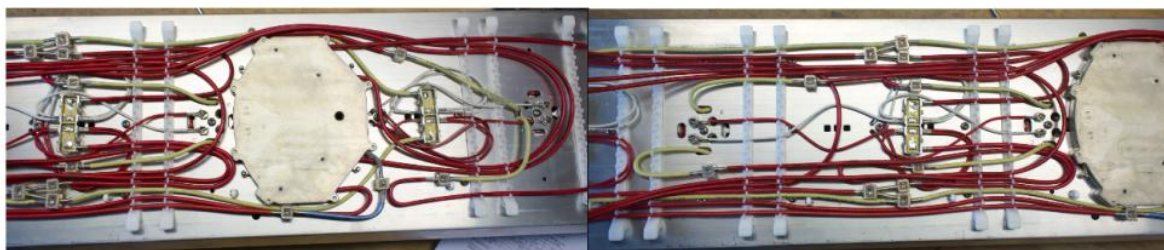


Рисунок 2.2.5 — ДЕН та кабеля антени.

2.3 Антена cellmax 12072x

Антена cellmax 12072x (рис. 2.3.1) працює на частотах 1695-2690 МГц та 698-960 МГц. Коефіцієнт підсилення даної антени на частоті 698-960 МГц складає 18 дБі. Діаграма направленості 65 градусів. А на діапазоні 1695-2690 МГц підсилення 22 дБі та діаграма направленості тіж самі 65 градусів. Дана антена має повернуті втрати -14 дБ, що в перерахунку в КСХ дорівнює 1.5.

Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дата



Рисунок 2.3.1 — Антена cellmax 12072x

2.4 Антена Стріла Aspor T1727 900/1700-2700 МГц

Антенa Стріла Aspor T1727 (рис. 2.4.1) працює на частоті 900/1700-2700 МГц. Має підсилення сигналу в 21 дБ. Довжина антени 101 см та 0.4 кг.

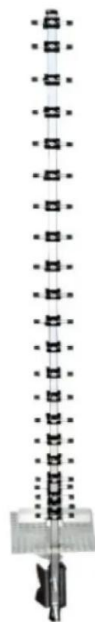


Рисунок 2.4.1 — Антенa Стріла Aspor T1727

					<i>PC91.464661.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		22

КСХ даної антени можна побачити на рис. 2.4.2. На частоті 900 МГц КСХ 1.17, проте до 1200 МГц значення погіршуються і до 1800 МГц значення КСХ більше 2, що не є прийнятними значеннями. На 1800 МГц значення КСХ 1,68. Далі по частотам характеристики покращуються та на частоті 2100 МГц КСХ складає 1,27, на частоті 2600 МГц КСХ – 1,98, на частоті 2700 МГц КСХ 1,93.

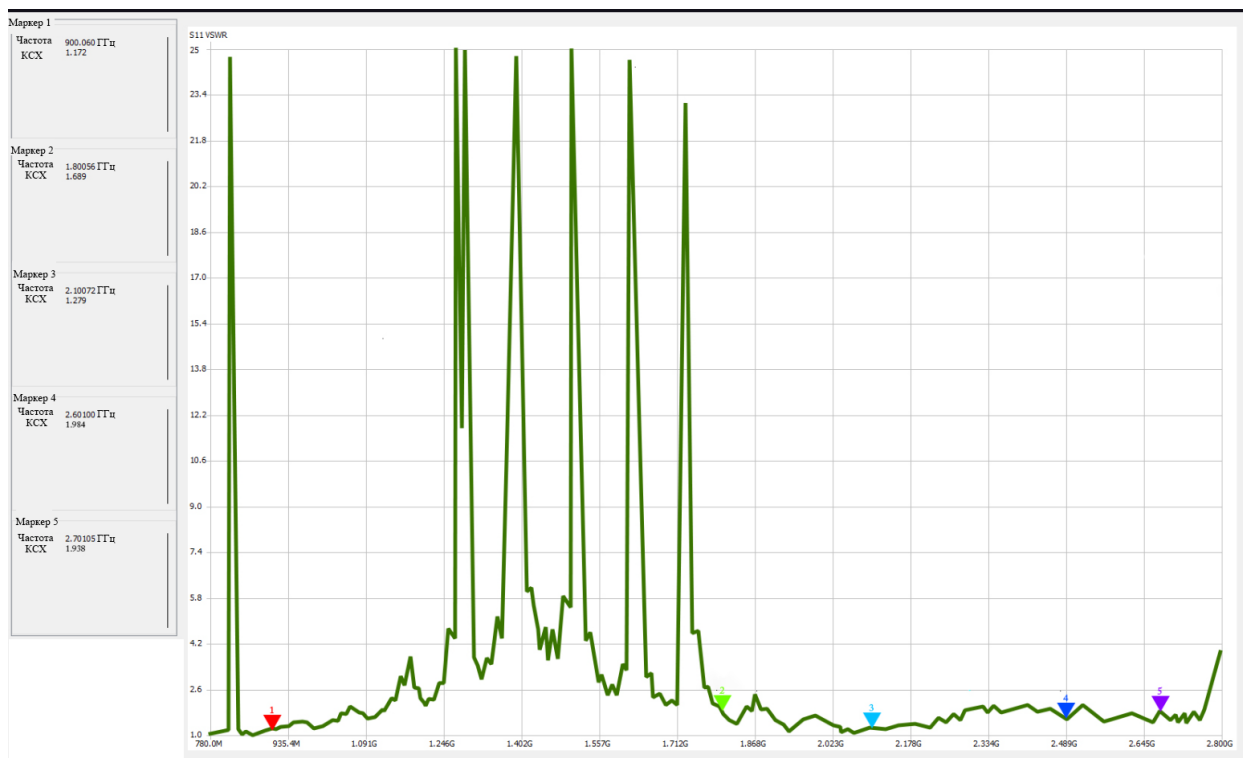


Рисунок 2.4.2 — Графік КСХ антенної стіли Aspor T1727

Як висновок, можна відмітити, що антена *Aspor T1727* має незадовільні піки КСХН, відповідно провали в коефіцієнті підсилення на цих частотах, тобто не може бути рекомендована в якості широкосмугових випромінювача. Проте широкосмугова антена L діапазону має стабільно працювати на частотах від 1000 МГц до 1850 МГц.

3 ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ ШИРОКОСМУГОВОЇ АНТЕНИ L-ДІАПАЗОНУ

В цьому розділі представлено результати моделювання характеристик випромінювання та узгодження широкосмугової антени L-діапазону. Для моделювання використано програмний пакет CST Microwave Studio.

Широкасмугова антенна L діапазону (рис. 3.1) по суті є двоелементною антенною решіткою, де в якості випромінювача використано широкосмугові планарні вібратори над екраном. Функціонально антена (Рис. 3.1) складається з широкосмугового мікросмужкового подільника потужності, двох вібраторів з паразитними мікросмужковими елементами зв'язку, які використано для розширення робочої смуги частот.

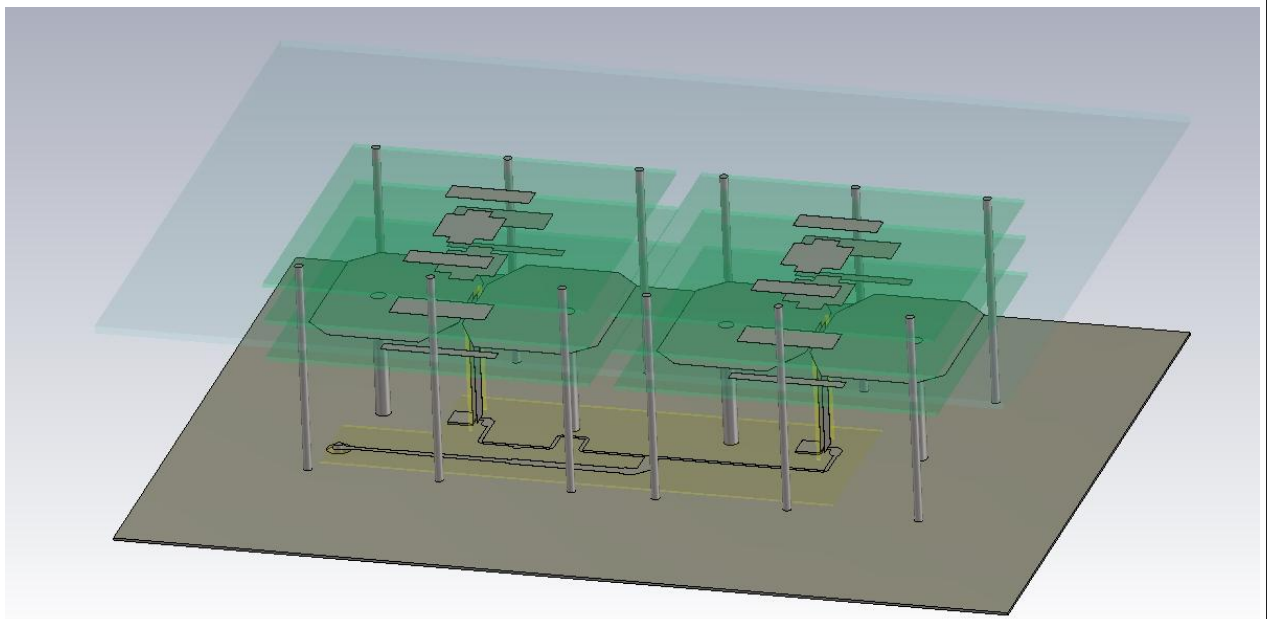


Рисунок 3.2 — Широкасмугова антена L діапазону.

3.1 Побудова екрана та роз'єму.

Будову антени можна побачити на рис. 3.1.1. Пунктом 1 позначено екран антени, який є конструктивною основою антени і також слугує для придушення заднього випромінювання; 2 – Коаксіальний вхід/вихід антени,

використано коаксіальний роз'єм N типу; 3 – стійка і як можна побачити на антені – їх 12 штук; 4 – мікросмушковий широкосмуговий подільник потужності; 5 – узгоджувальний шлейф; 6 – другий шар антени, на якому знаходяться вібратори та шар паразитних елементів; 7 – третій шар антени, який складається з шару паразитних елементів та 8 – це четвертий шар антени, в якому теж знаходиться шар паразитних елементів; 9 – це антенне радіопрозоре укриття, яке по суті накриває антену (кришка).

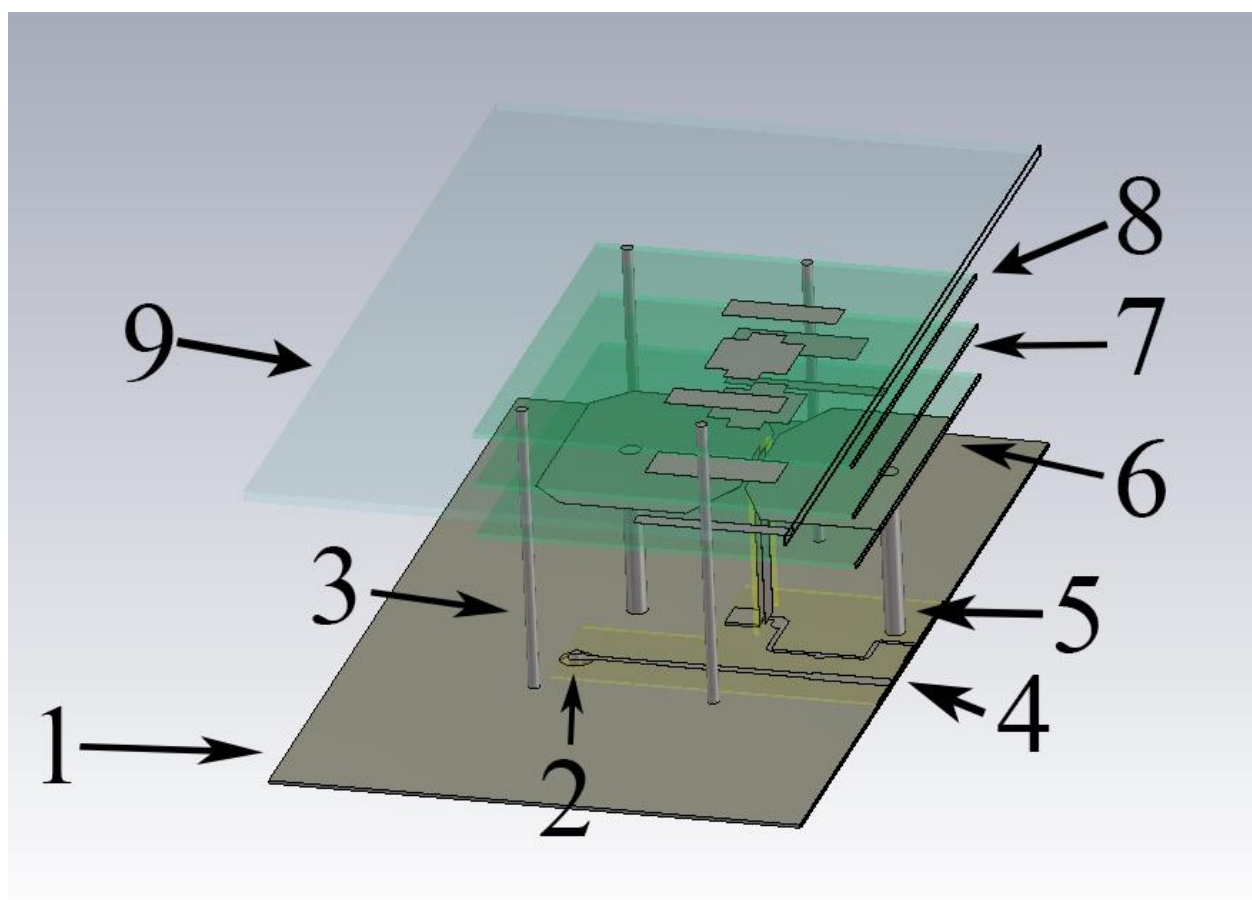


Рисунок 3.1.1 — Будова широкосмугової антени. 1- Екран, 2- вхід N-типу, 3 – стійка, 4- подільник потужності, 5 – узгоджувальний шлейф, 6 – другий шар антени, 7 – третій шар антени, 8 – четвертий шар антени, 9 - кришка

На першому етапі розглянемо екран широкосмугової антени. Екран використовується для блокування небажаного випромінювання або приймання сигналу з небажаного напрямку, що може викликати перешкоди або спотворення сигналу. Екран зменшує випромінювання або приймання сигналу в небажаному напрямку, через що і поліпшує спрямованість антени.

Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дата

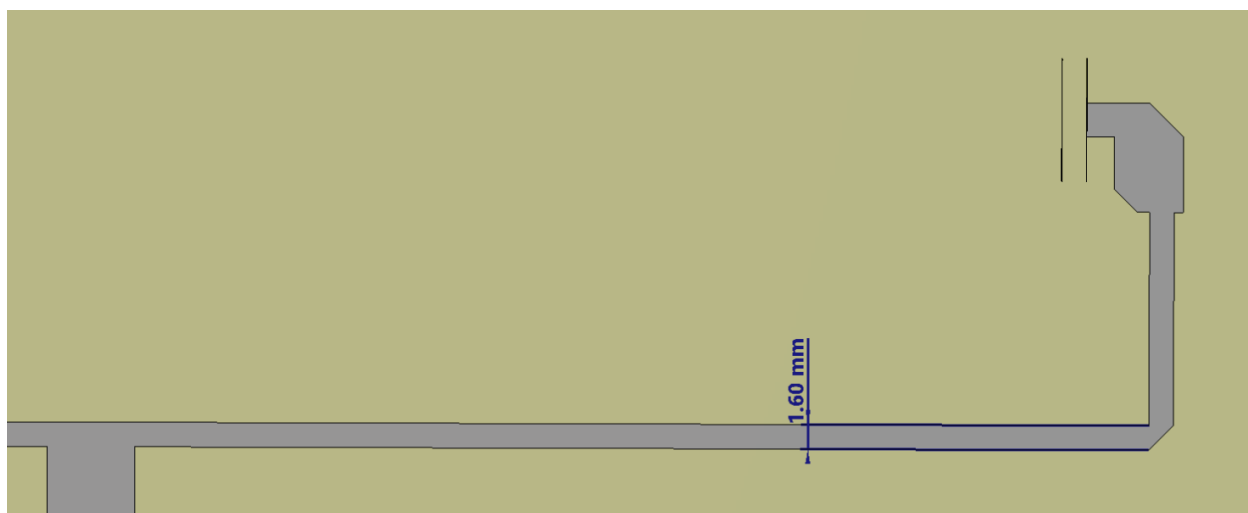


Рисунок 3.2.4 — Права частина розгалуження подільника потужності.

Також потрібно обрахувати характеристики даного подільника потужності. Для цього потрібно поставити порти на кінець подільника потужності. Порахували параметр S_{11} (рис. 3.2.5). S -параметр — це універсальна матриця для аналізу будь-яких НВЧ-кіл з багатьма входами. Вона визначає співвідношення між комплексними амплітудами падаючих та відбитих хвиль на входах приладу на заданій частоті.

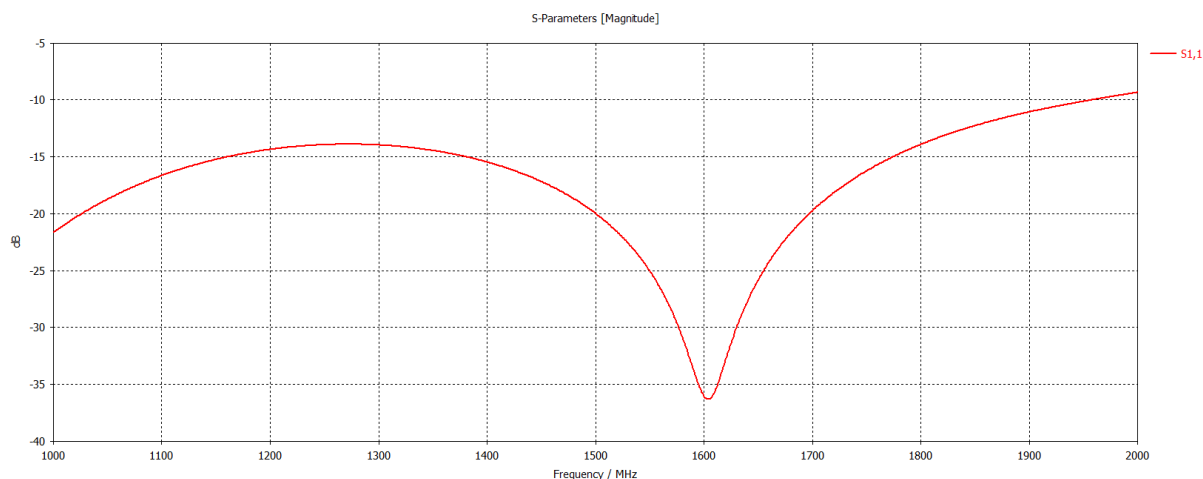


Рисунок 3.2.5 — Параметр S_{11} подільника потужності.

Після цього розглянемо вертикальний перехід, який з'єднає горизонтальний подільник потужності та широкосмуговий вібратор, який розташований над провідною площиною екрана.

Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дата

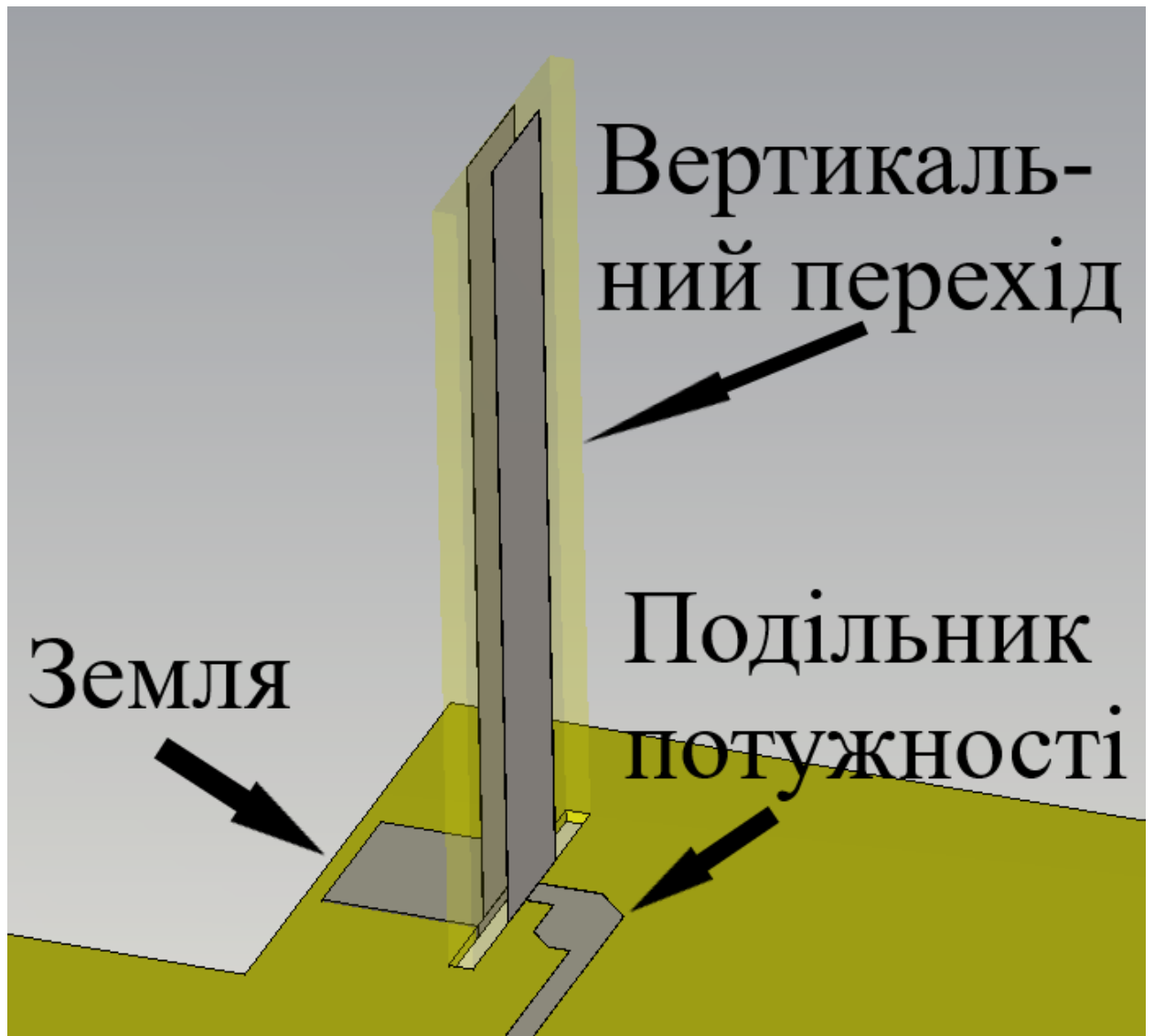


Рисунок 3.2.7 — Вигляд з'єднання землі, вертикального переходу та подільника потужності.

Після побудови вертикального переходу було пораховано параметр S22. Даний параметр вказує на коефіцієнт відбиття. (рис. 3.2.8). Видно, що загалом перехід має задовільне узгодження в діапазоні частот 1000-2000 МГц.

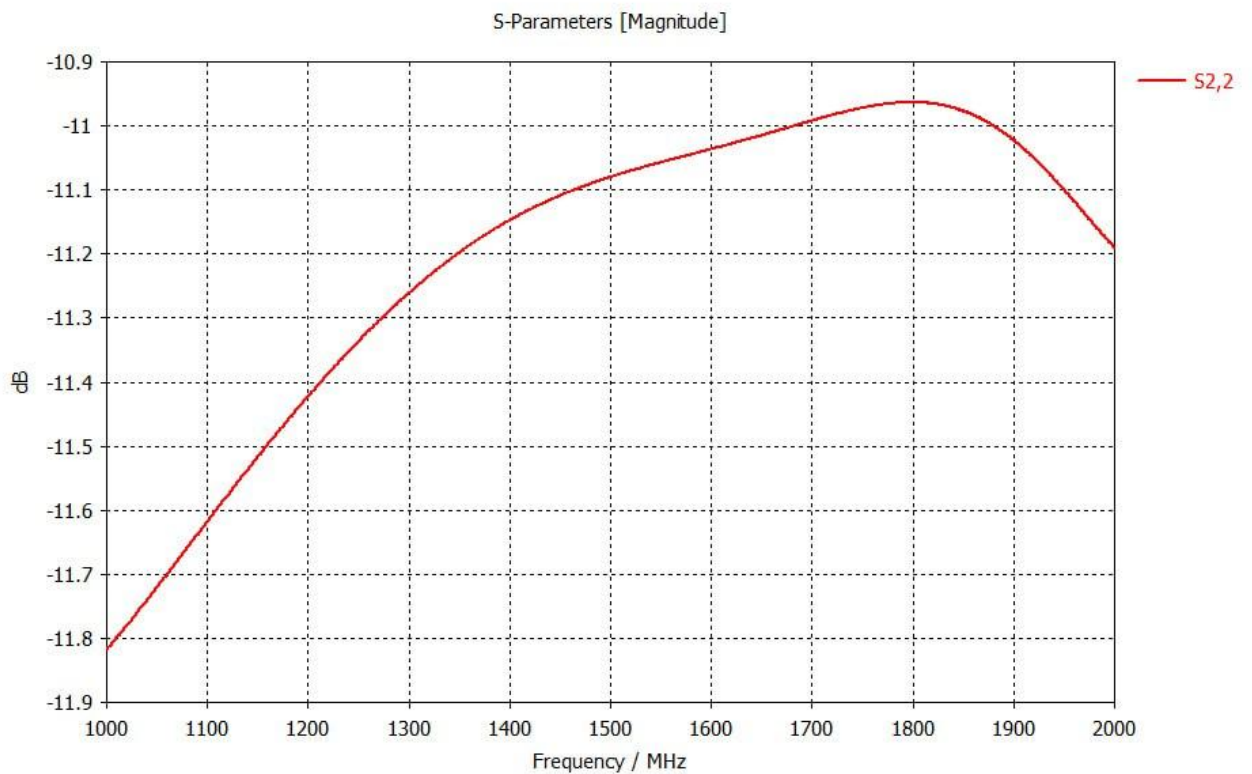


Рисунок 33.2.8 — S22 вертикального переходу.

3.3 Побудова планарних широкосмугових вібраторів та чвертьхвильового шлейфу КЗ.

На наступному етапі розглянемо планарні широкосмугові вібратори. Вібратор є антенним пристроєм, який використовується для випромінювання електромагнітних хвиль певної частоти. Його головна функція полягає у перетворенні коливань електричного струму або напруги, що призводить до випромінювання електромагнітної енергії у вигляді радіохвиль. Вібратор є ключовим компонентом антени, який перетворює електричну енергію в електромагнітні хвилі й випромінює їх у простір. Форма вібратора може бути неоднорідною і нерівномірною, наприклад, у вигляді восьмикутника, як на широкосмуговій антені L діапазону (рис. 3.3.1), що розглядається в дипломному проекті.

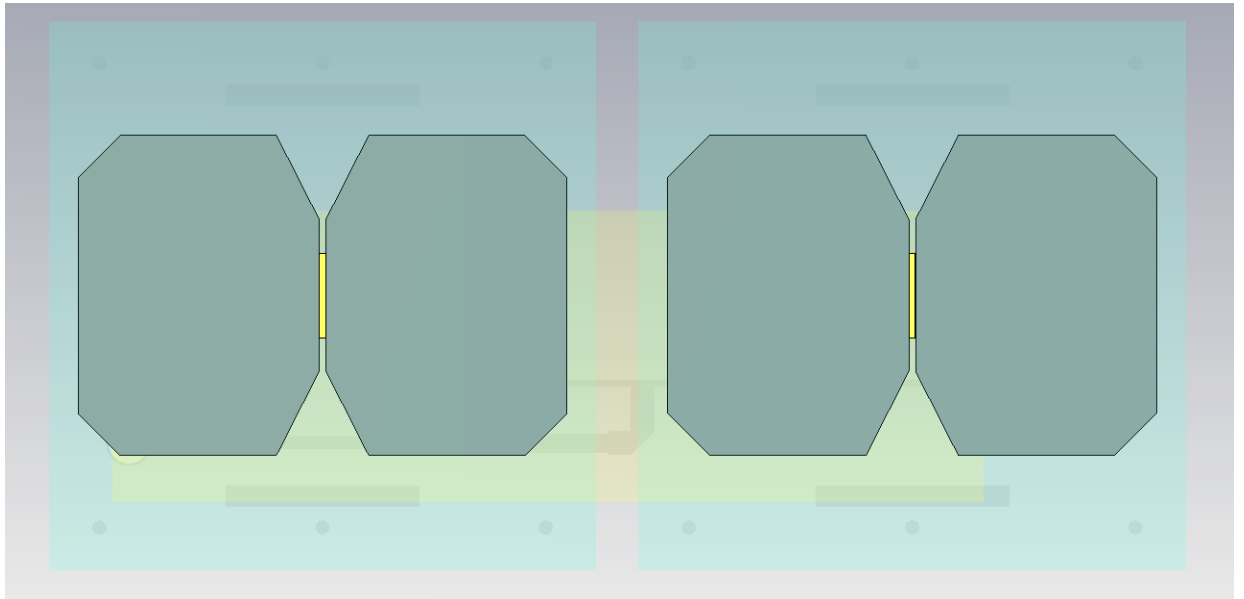


Рисунок 3.3.1 — Загальний вигляд вібраторів. Вигляд зверху

Вібратор має вигляд прямокутника, в якого були зрізані кути для його узгодження. Він встановлений на підкладку NX9245. Розміри вібратора зображені на рисунку 3.3.2, а висота МСЛ вібратора становить 0,04 мм, як і для всіх мікросмужкових елементів. Є чотири ідентичні вібратори, при чому два з них є дзеркальними відображеннями, так щоб сторона довжиною 36 мм підключена до вертикального переходу. Вибраний матеріал для моделювання провідників вібратора - PEC (Perfect Electric Conductor), про який згадувалося раніше.

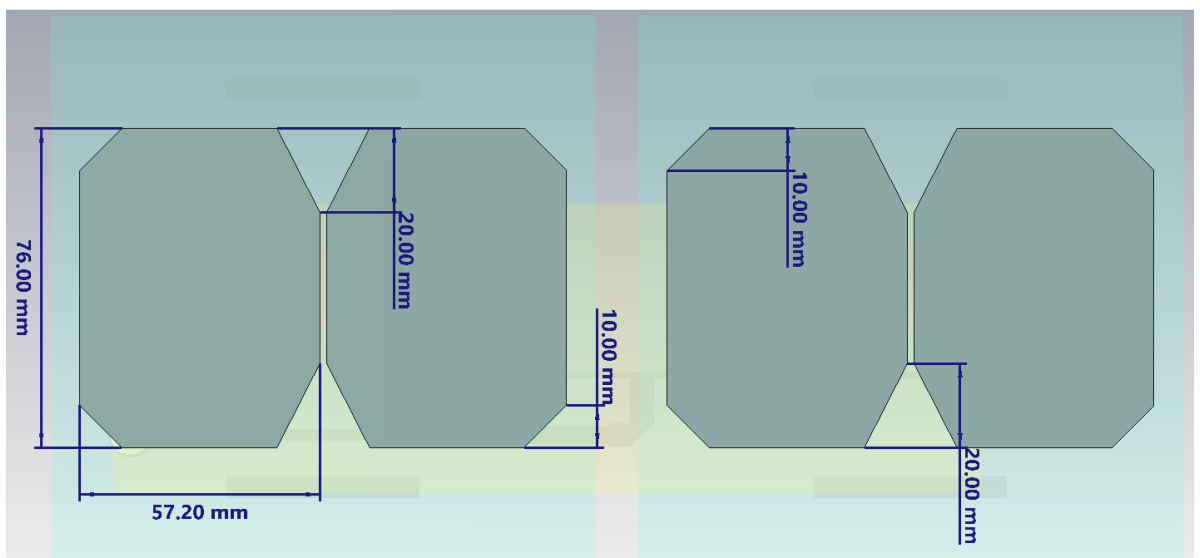


Рисунок 3.3.2 — Розміри вібраторів

						<i>PC91.464661.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			34

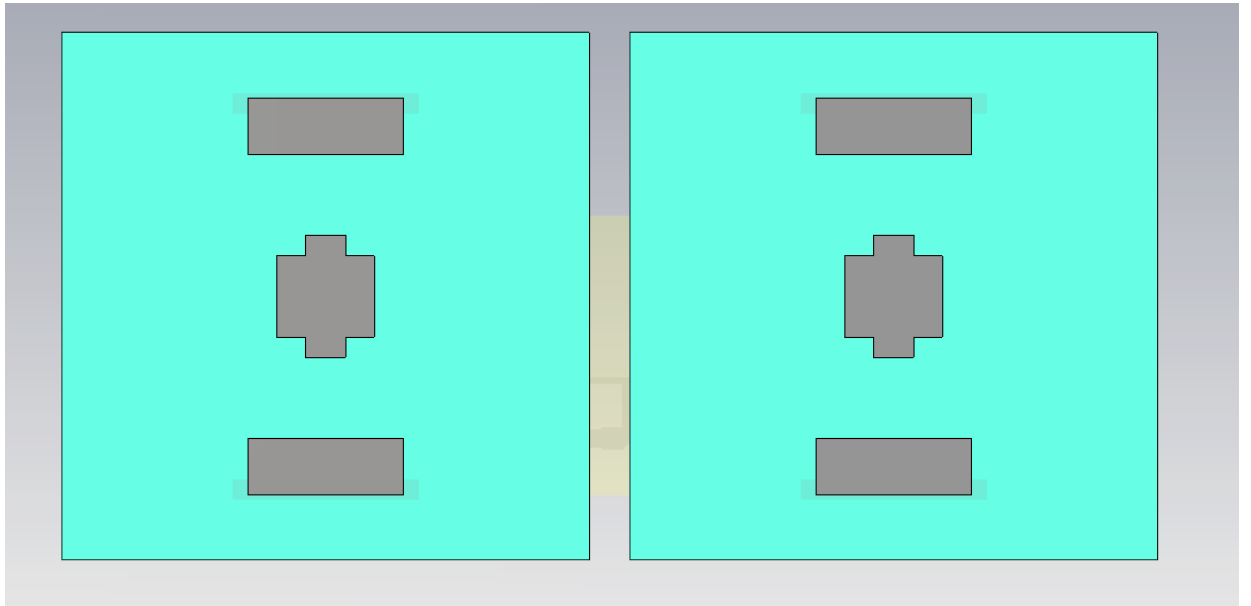


Рисунок 3.4.1 — Загальний вигляд зверху шару паразитних елементів

Розміри з однієї та іншої сторони ідентичні, тому будуть показані тільки з однієї сторони. Розміри приведені на рис. 3.4.2.

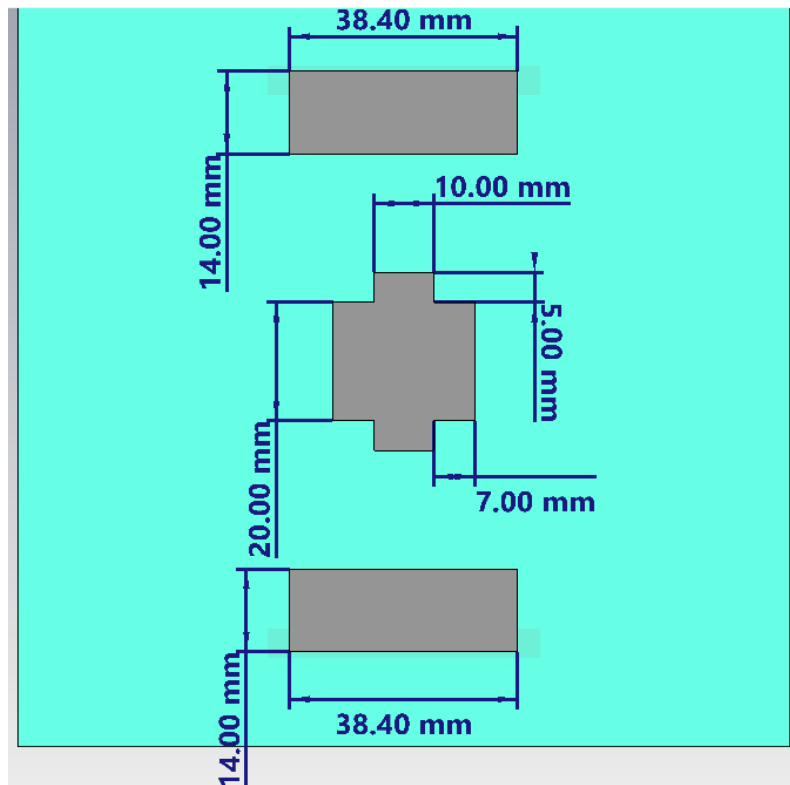


Рисунок 3.4.2 — Розміри шару паразитних елементів.

Та розміри останнього, верхнього шару, будуть схожі. Підкладинка, як і на попередньому шарі буде така сама, а саме 130x130 мм, та товщина 1,60 мм. Розміри самих мікросмужкових елементів зображені на рис. 3.4.3.

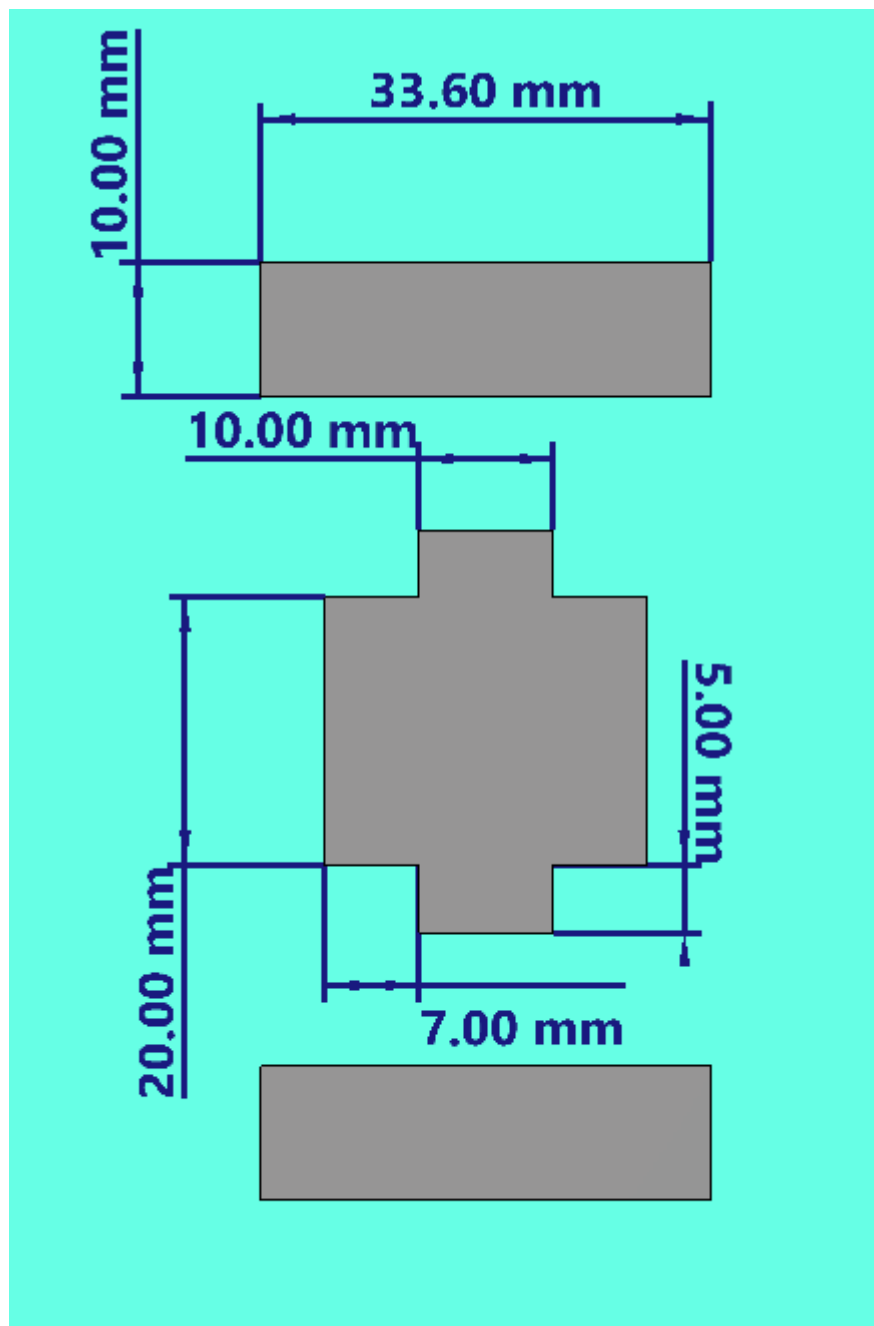


Рисунок 3.4.3 5— Розміри шару паразитних розмірів.

3.5 Позиціонування вібратора, шарів паразитних мікросмужкових елементів відносно підкладинки та побудова стійок та кришки антени.

Оскільки розміри підкладки в вібратора та на інших шарах паразитних мікросмужкових елементів однакові (130x130 мм), то відштовхуючись від

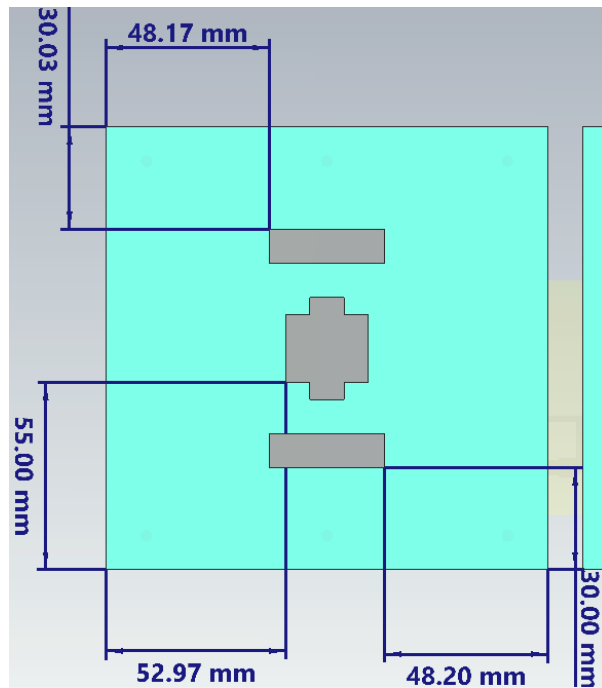


Рисунок 3.5.38 — Четвертий шар. Позиціонування шару паразитних елементів відносно підкладки.

Останні 2 етапи антени – це кріплення самої антени та кришка. Для надійного кріплення антени було використано по 6 стійок на одну систему (рис. 3.5.4).

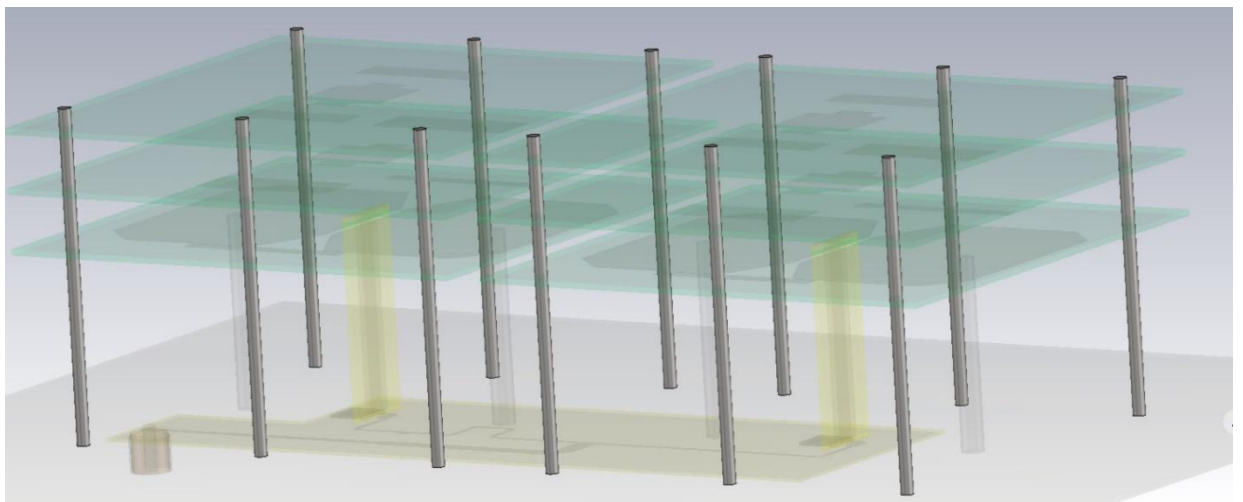


Рисунок 3.5.4 — Стійки широкопasmової антени.

Стійка – це циліндр, який з однієї сторони кріпиться до екрана, а з другої до верхнього шару підкладок і має висоту 86,75 мм та діаметр 3,40 мм.

Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дата

PC91.464661.001 ПЗ

Лист

40

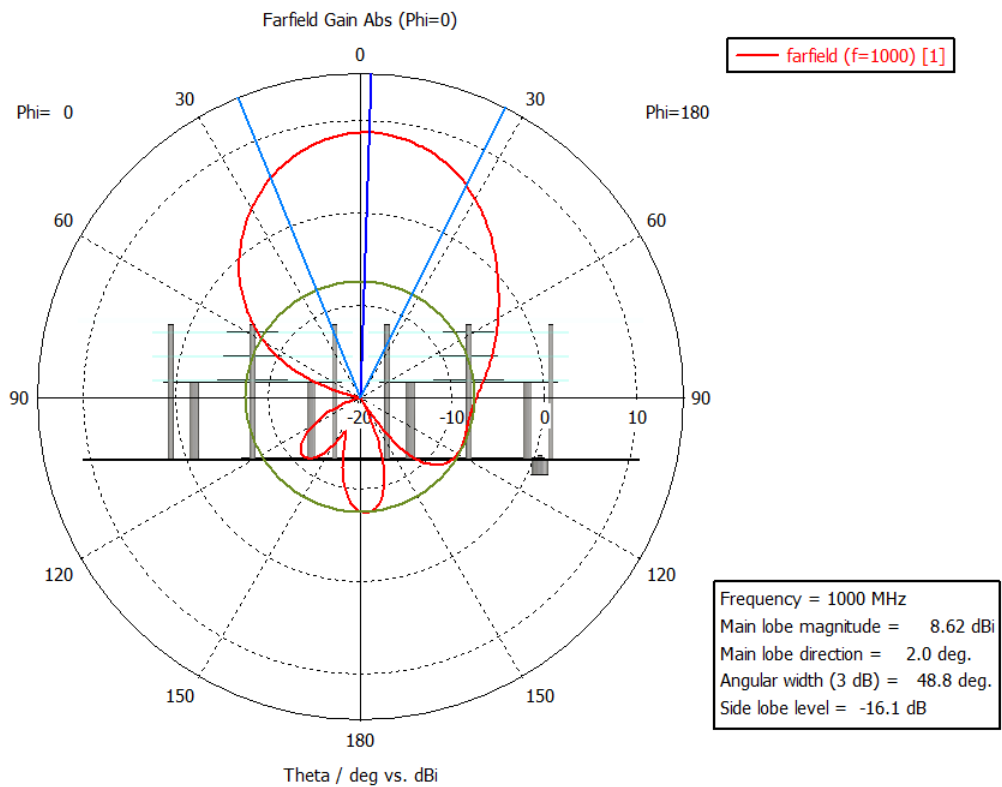


Рисунок 3.7.212 — Направленість антени на 1D рисунку. Частота 1000 МГц.

Повернувши антену на 90 градусів по ϕ (рис. 3.7.3) кутова ширина дорівнює 86,5 градусів

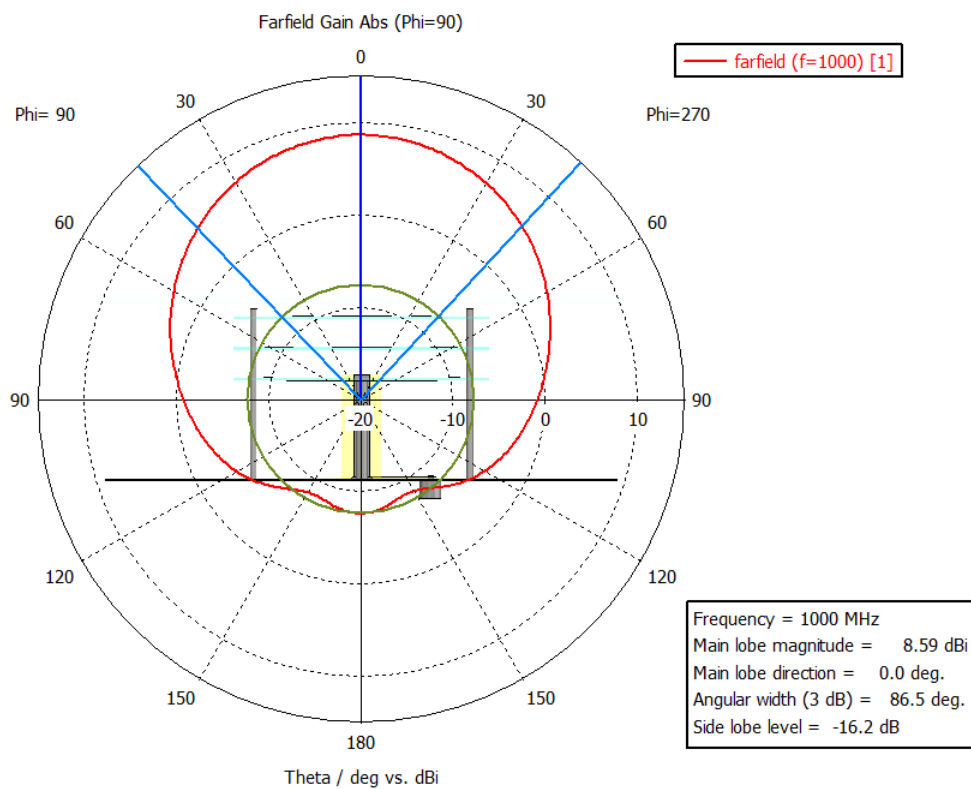


Рисунок 3.7.3 — Направленість антени на 1D рисунку. Частота 1000 МГц. Φ = 90.

Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата

Направленість антени на частоті 1200 МГц. Знову ж таки на рисунку 3.7.4 можна побачити 3Д направленість антени. А на рисунку 3.7.5 зображено 1Д малюнок.

Направленість антени на головній пелюстці 9,9 дБі. Направленість головної пелюстки змістилося на ліву сторону порівняно з рисунком на частоті 1000 МГц. Направленість головної пелюстки прирівнюється 10 градусам, а кутова ширина – 40,1 градуса. Рівень бокової пелюстки дорівнює -18,6 дБ. Заднє випромінювання приблизно дорівнює -9,5 дБі. Таким чином можна порахувати співвідношення переднього та заднього випромінювання.

$$9,9 \text{ дБі} - (-9,5 \text{ дБі}) = 19,4 \text{ дБі}$$

Співвідношення збільшилося на 3,3 дБі.

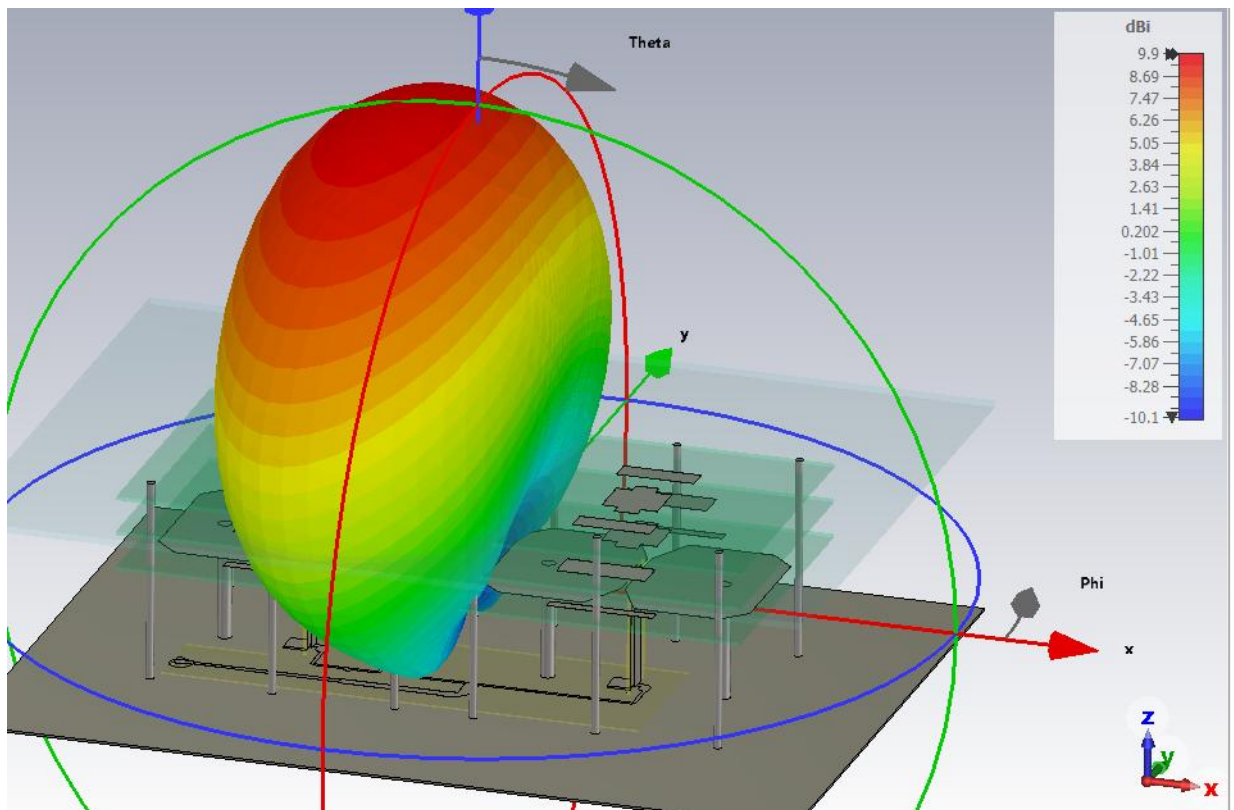


Рисунок 3.7.4 — Направленість антени на 3D рисунку. Частота 1200 МГц.

Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата

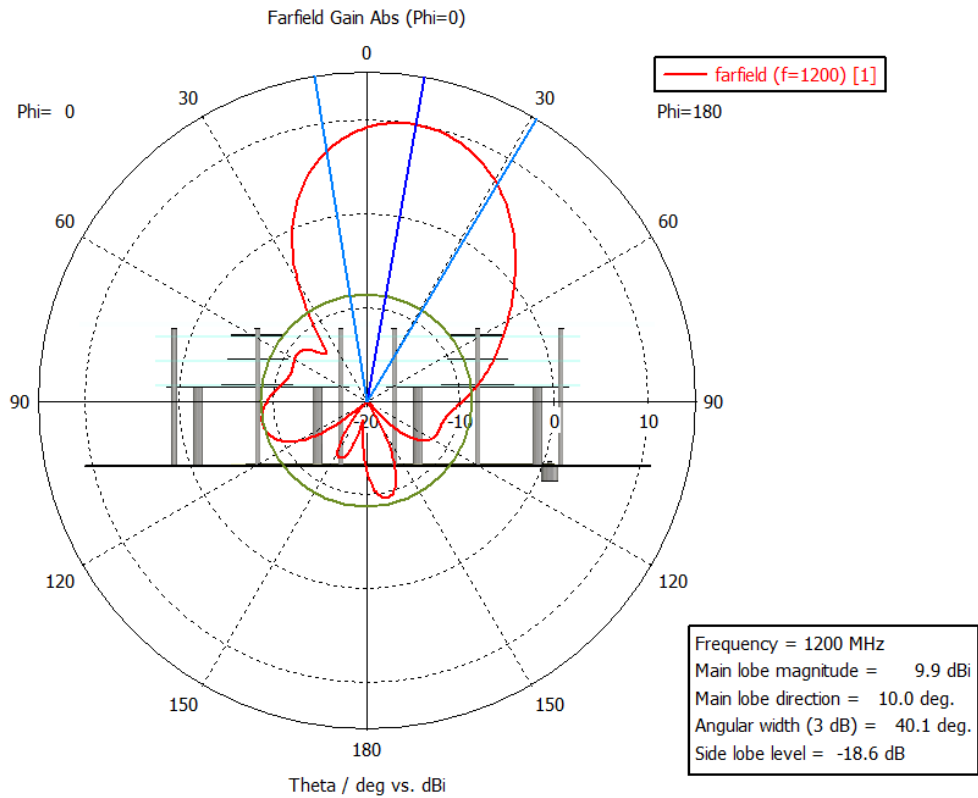


Рисунок 3.7.513 — Направленість антени на 1D рисунку. Частота 1200 МГц.

Повернувши антену на 90 градусів по ϕ (рис. 3.7.6) кутова ширина дорівнює 78,8 градусів.

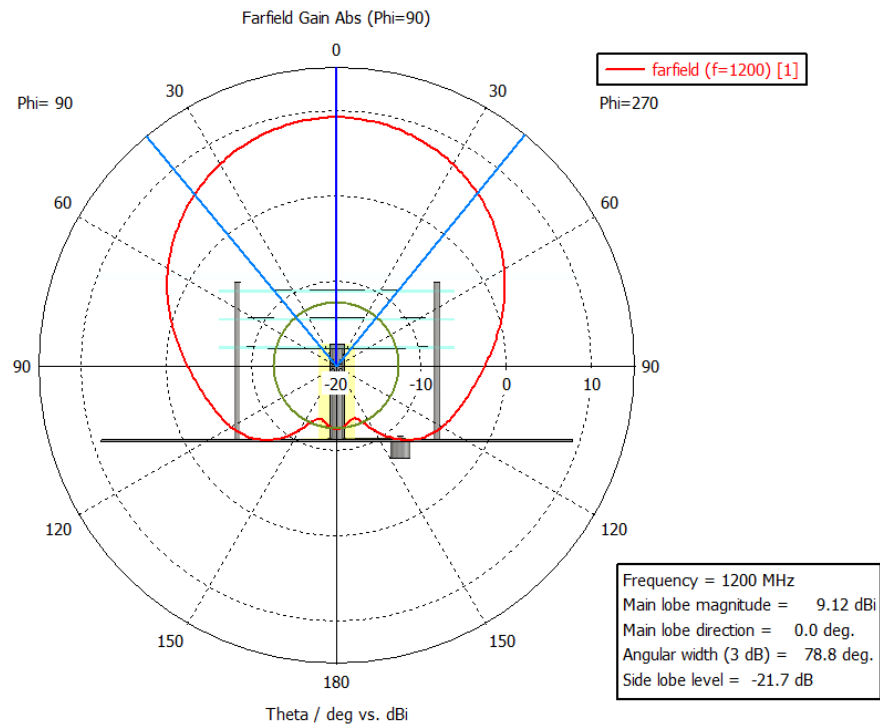


Рисунок 3.7.614 — Направленість антени на 1D рисунку. Частота 1200 МГц. $\Phi_i = 90$.

Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата

Напрявлення антени на частоті 1400 МГц (рис. 3.7.7). Направленість антени (рис. 3.7.8) на головній пелюстці 10,6 дБі. Направленість головної пелюстки знову змістилось, але вже в праву сторону порівняно з рисунком на частоті 1200 МГц. Направленість головної пелюстки прирівнюється 8 градусам, а кутова ширина – 36,2 градуса. Рівень бокової пелюстки дорівнює -15,3 дБ. Заднє випромінювання приблизно дорівнює -13,58 дБі. Співвідношення направленостей:

$$10,6 \text{ дБі} - (-13,6 \text{ дБі}) = 24,2 \text{ дБі}$$

Співвідношення на даній частоті збільшилося в порівнянні з 1000 МГц на 8,1 дБі, а на 1200 МГц на 4.8 дБі

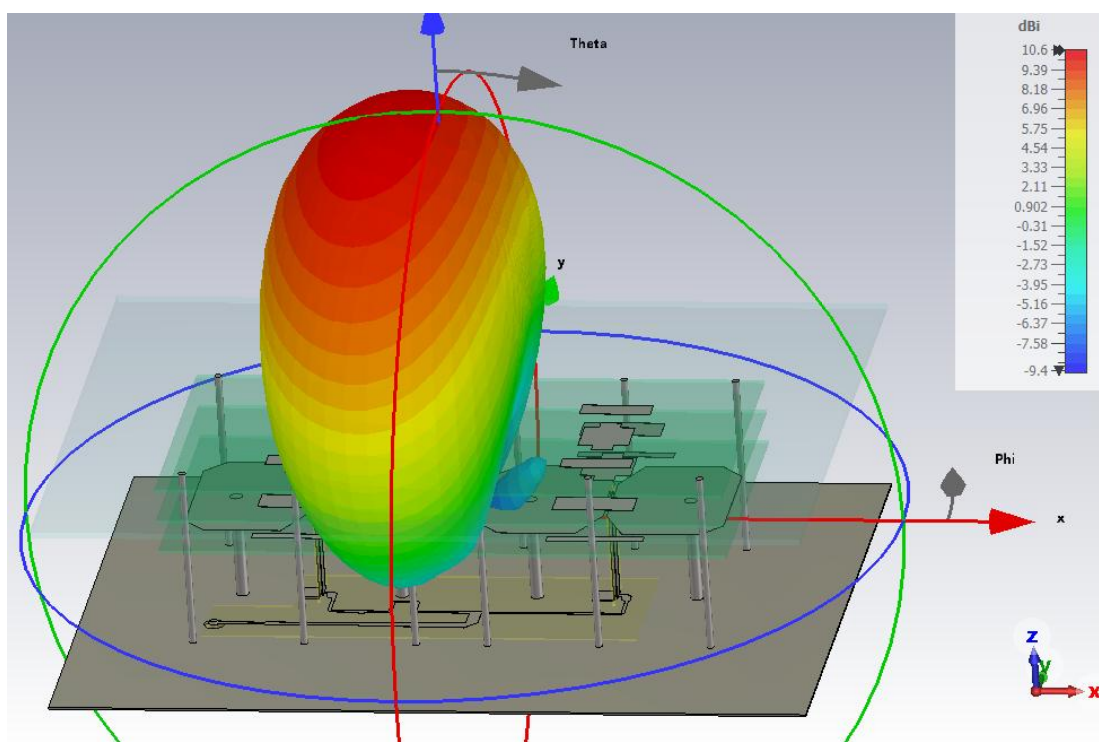


Рисунок 3.7.7 — Направленість антени на 3D рисунку. Частота 1400 МГц.

Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата

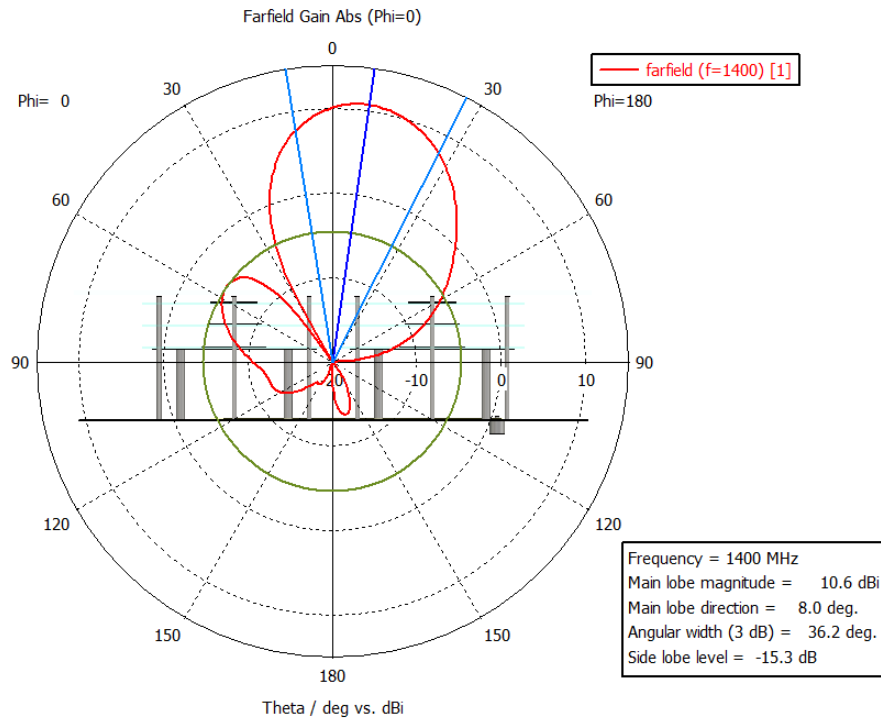


Рисунок 3.7.815 — Направленість антени на 1D рисунку. Частота 1400 МГц.

Повернувши антену на 90 градусів по ϕ (рис. 3.7.9) кутова ширина дорівнює 80,3 градуси.

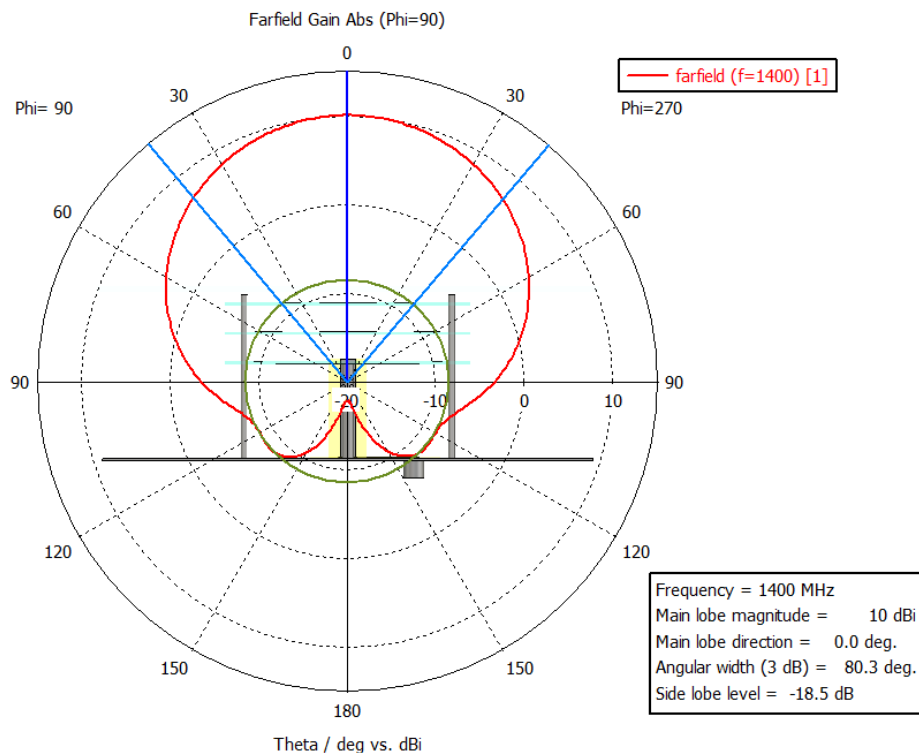


Рисунок 3.7.9 — Направленість антени на 1D рисунку. Частота 1400 МГц. Φ = 90.

Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата

Напрявленнтя антени на частоті 1600 МГц. Напрявленнтя на даній частоті в 3Д вигляді можна побачити на рис. 3.7.10, а 1Д на рис. 3.7.11. Напрявленість антени на головній пелюстці 11,7 дБі. Можна побачити, як напрявленість знову повертається до 0. Напрявленість головної пелюстки прирівнюється 4 градусам, а кутова ширина – 32 градуса. Рівень бокової пелюстки дорівнює -13,3 дБ. Заднє випромінювання приблизно дорівнює -12,9 дБі. Співвідношення напрявленостей:

$$11,7 \text{ дБі} - (-12,9 \text{ дБі}) = 24,6 \text{ дБі}$$

Також зі збільшенням частоти з'являється ще одна пелюстка.

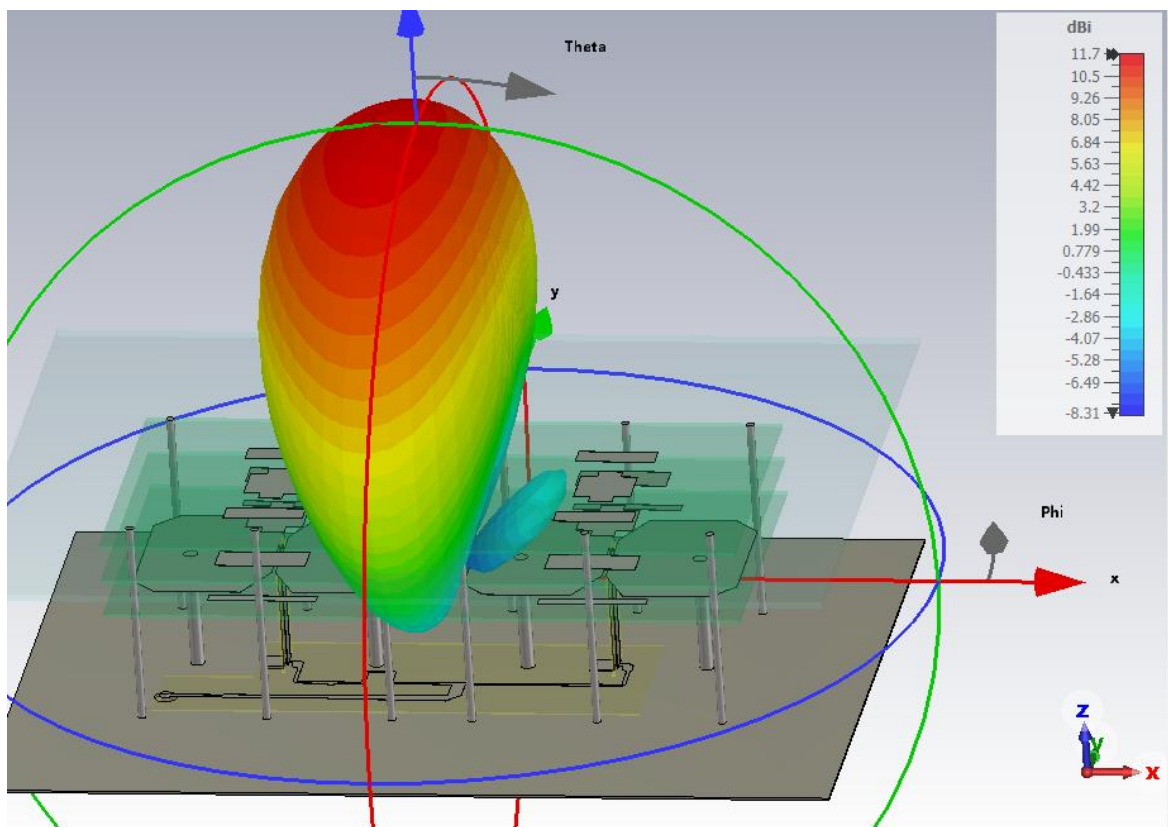


Рисунок 3.7.10 — Напрявленість антени на 3D рисунку. Частота 1400 МГц.

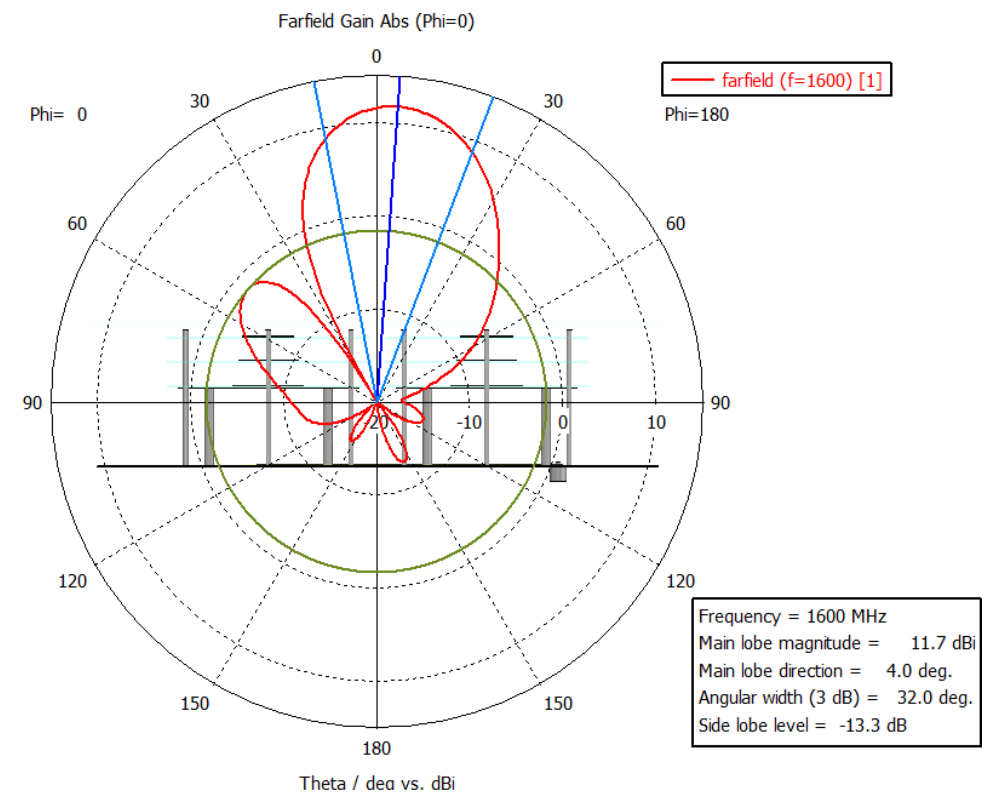


Рисунок 3.7.1116 — Направленість антени на 1D рисунку. Частота 1600 МГц.

Повернувши антену на 90 градусів по ϕ (3.7.12) кутова ширина дорівнює 72,3 градуси.

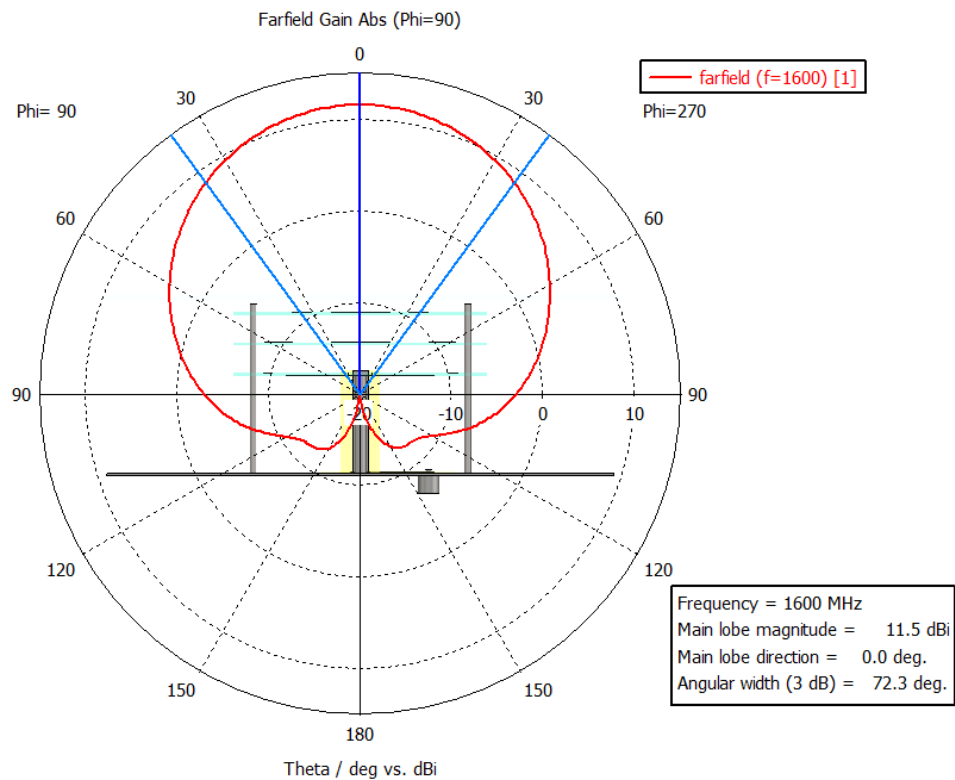


Рисунок 17 — Направленість антени на 1D рисунку. Частота 1600 МГц. $\Phi_i = 90$.

Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата

Останнє направлення антени буде на частоті 1800 МГц. Направлення на даній частоті в 3Д вигляді можна побачити на рис. 3.7.13. Якщо подивитися на рис. 3.7.14 , то направленість антени на головній пелюстці 12,8 дБі. Головна пелюстка майже повернулася на 0. Направленість головної пелюстки як і на частоті 1000 МГц дорівнює 2 градусам. Кутова ширина – 27,4 градуса. Рівень бокової пелюстки дорівнює -11,7 дБ. Заднє випромінювання приблизно дорівнює -13,9 дБі. Співвідношення направленостей:

$$12,8 \text{ дБі} - (-13,9 \text{ дБі}) = 26,7 \text{ дБі}$$

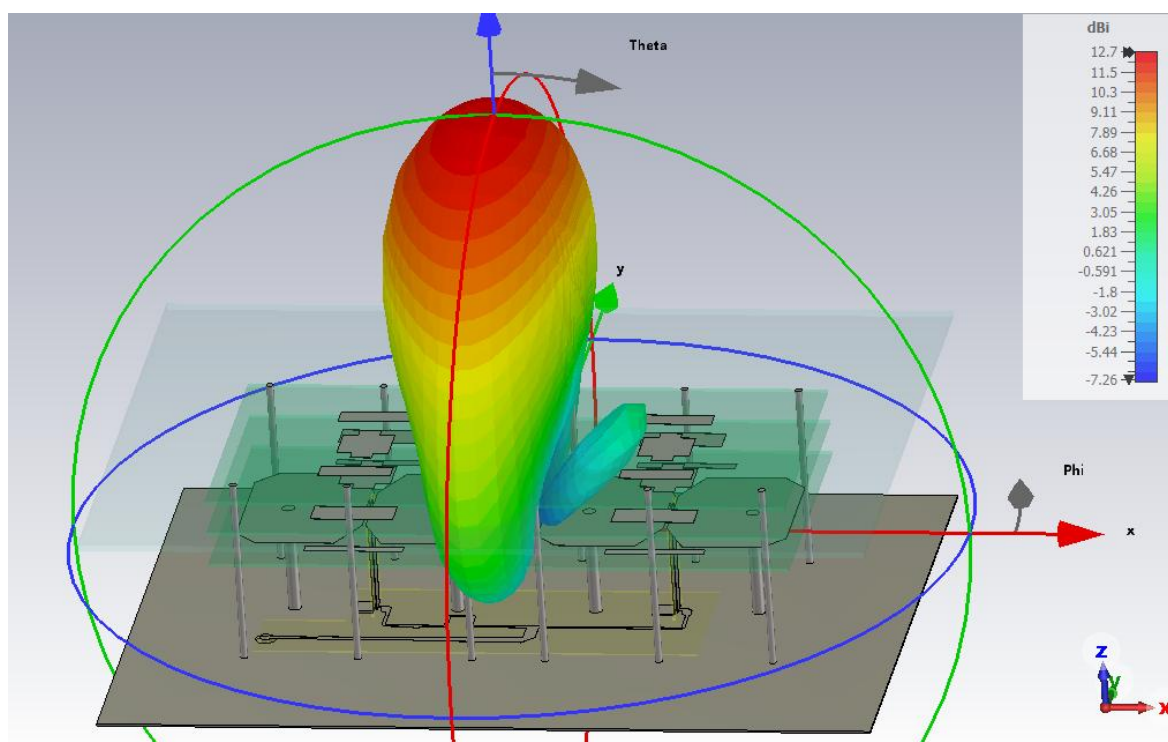


Рисунок 3.7.14 — Направленість антени на 3D рисунку. Частота 1800 МГц.

Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата

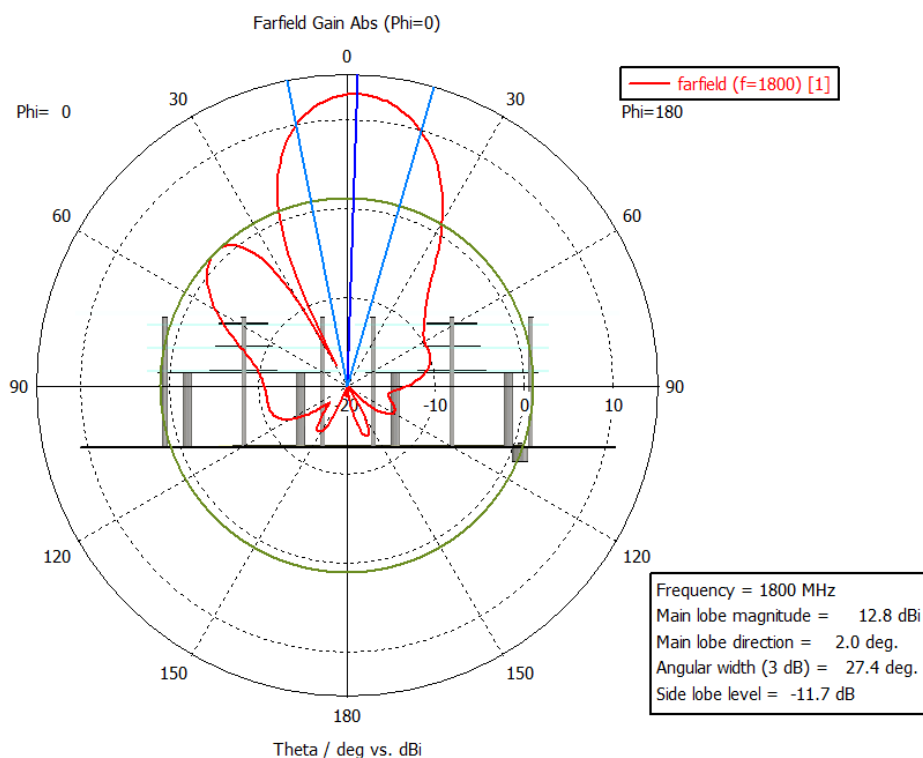


Рисунок 3.7.1518 — Направленість антени на 1D рисунку. Частота 1800 МГц.

Та повернувши антену на 90 градусів по ϕ (рис. 3.7.16) кутова ширина дорівнює 55,5 градуси.

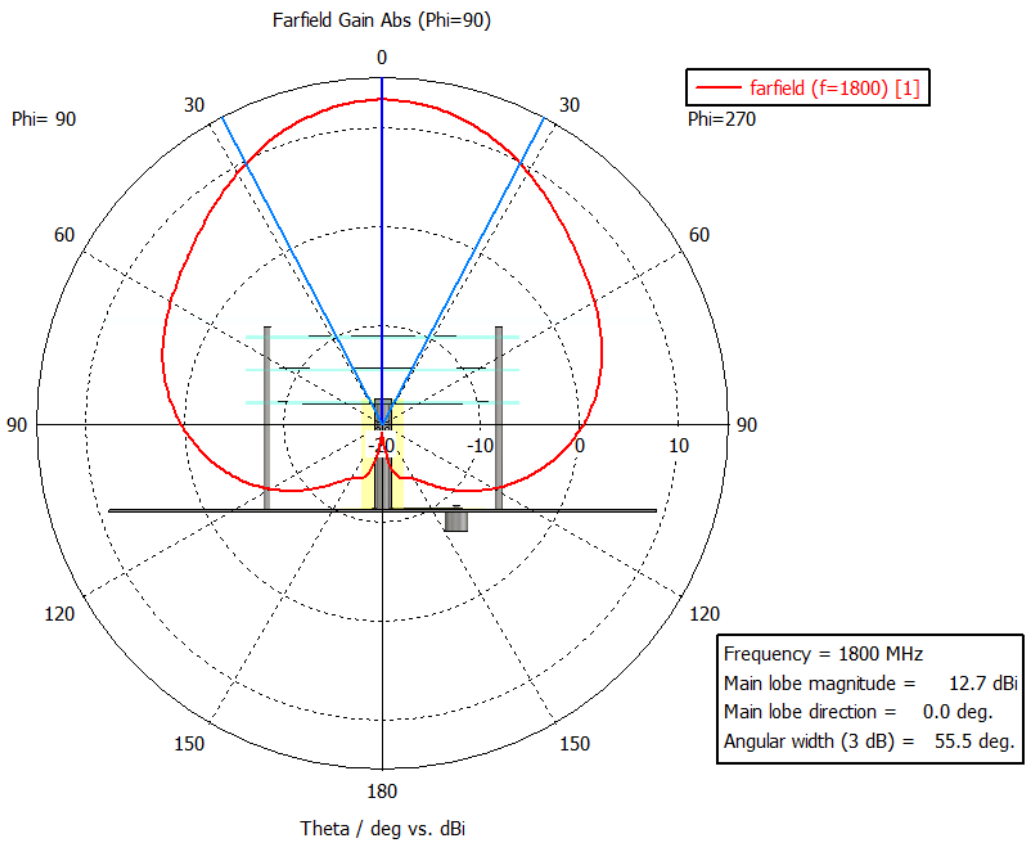


Рисунок 3.7.16 — Направленість антени на 1D рисунку. Частота 1800 МГц. $\Phi_i = 90$.

Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата

РС91.464661.001 ПЗ

4. РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАНЬ ДОСЛІДНОГО ЗРАЗКА АНТЕНИ

Розроблену антену було виготовлено в якості прототипу та виміряно її характеристики. Дослідний зразок антени з антенним укриттям виглядає наступним чином (рис. 4.1).

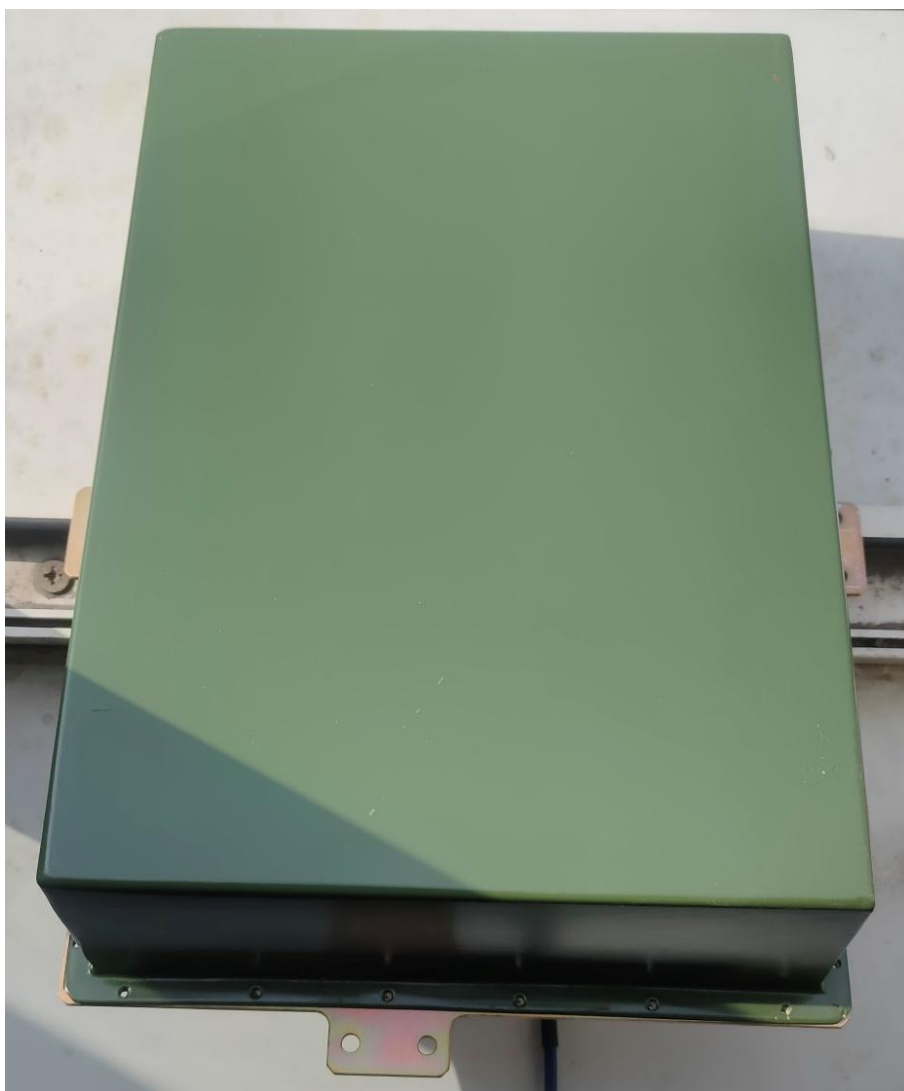


Рисунок 4.19 — Вигляд широкопasmової антени L діапазону.

Вигляд антени без укриття показаний на рис. 4.2.

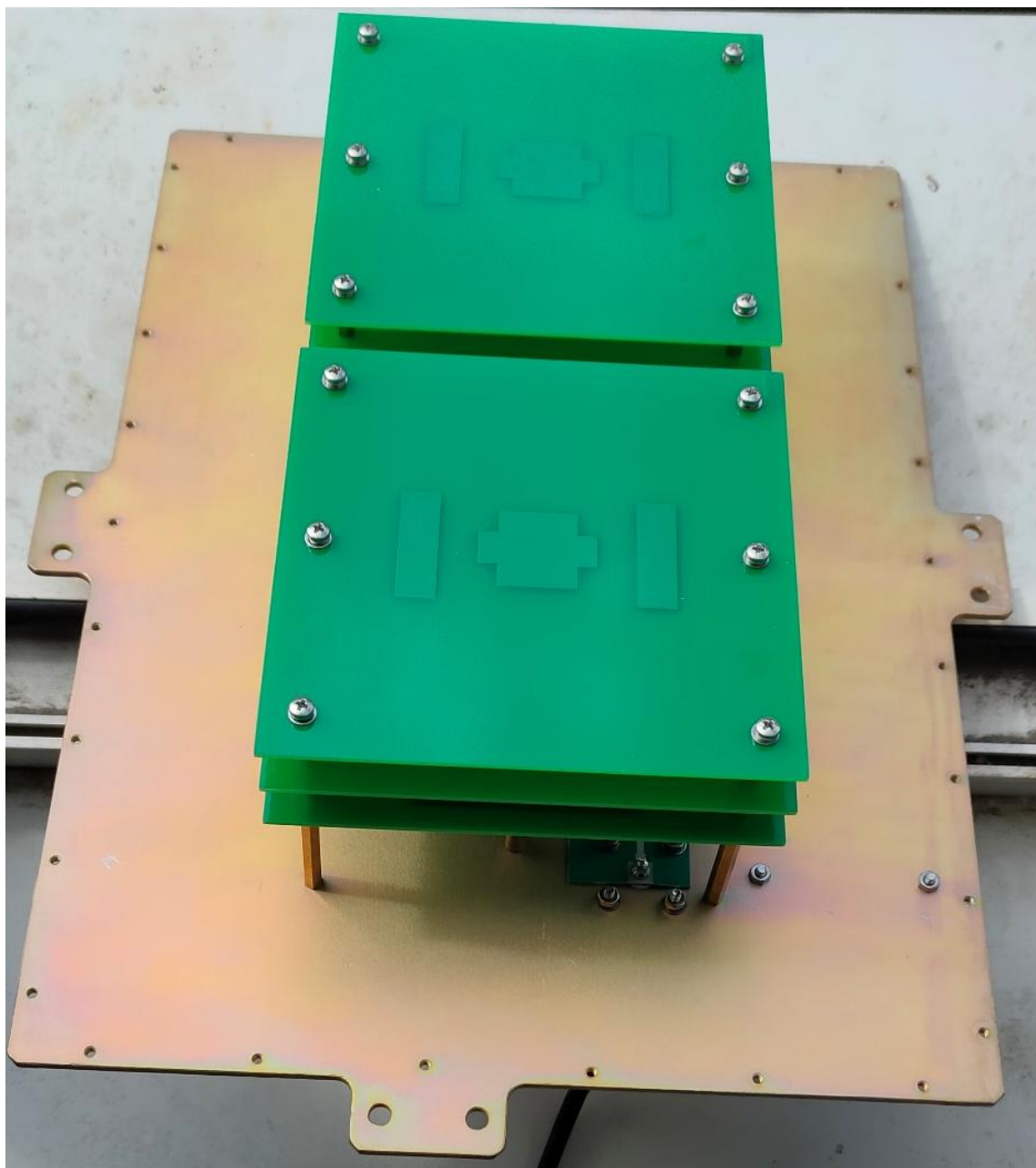


Рисунок 4.20 — Вигляд антени без укриття.

Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дата

РС91.464661.001 ПЗ

Лист

56

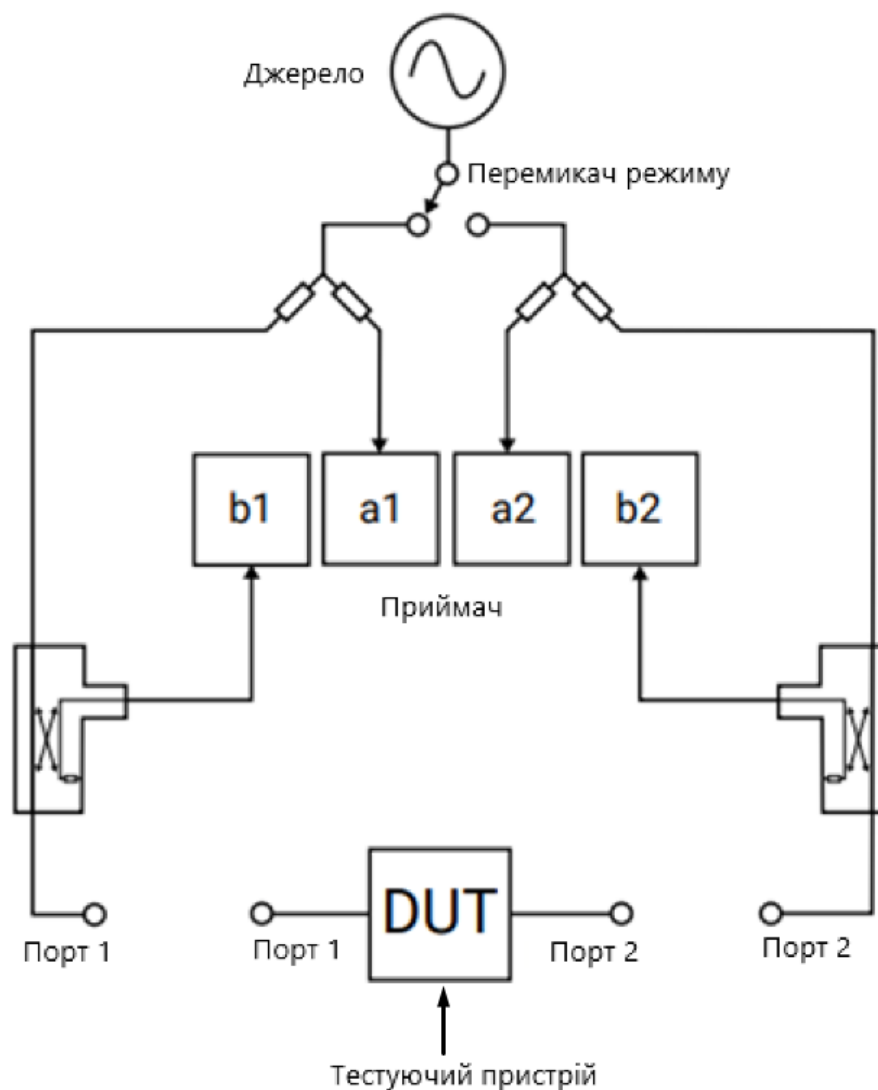


Рисунок 4.4 — Схема векторного аналізатора мереж

Аналізатор працює зі зв'язкою програми PicoVNA2 Control. Запустивши дану програму її потрібно налаштувати. Починає вимірювати аналізатор з частотної точки 1000 МГц та закінчує на 2000 МГц. Вибрано параметр S11 в меню та проведено процедуру калібрування приладу для вимірювань параметру S11. Процедура калібрування приладу передбачає підключення до його входу по чергово навантаження, КЗ та холостий хід (рис. 4.5).

Також для зручності та кращого бачення результатів вибрано тільки один графік S11 та поставили маркери на 1000 МГц, 1850 МГц та 1900 МГц.

Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дата

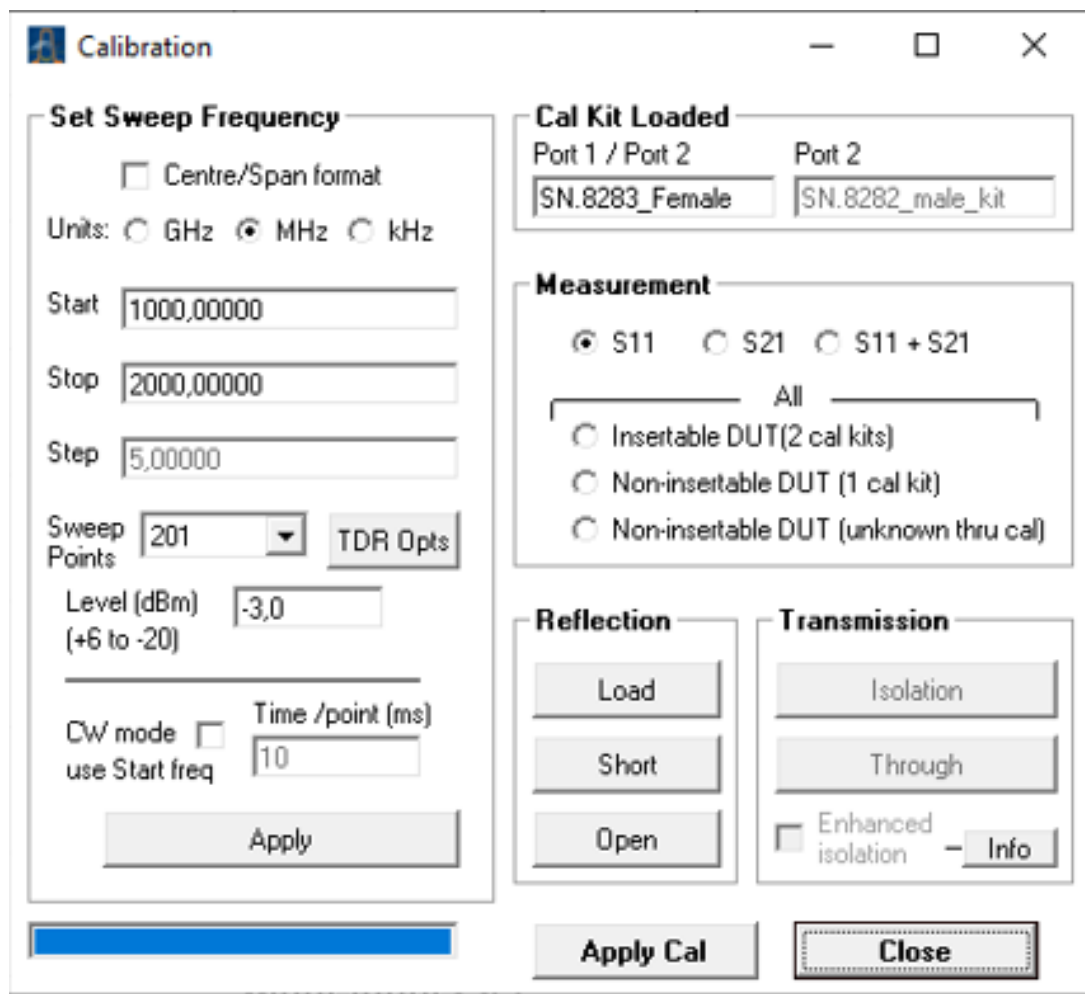


Рисунок 4.22 — Калібрування векторного аналізатора кіл.

Після остаточного калібрування пристрою до нього підключили широкосмугову антену L діапазону (рис. 4.6).

Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата

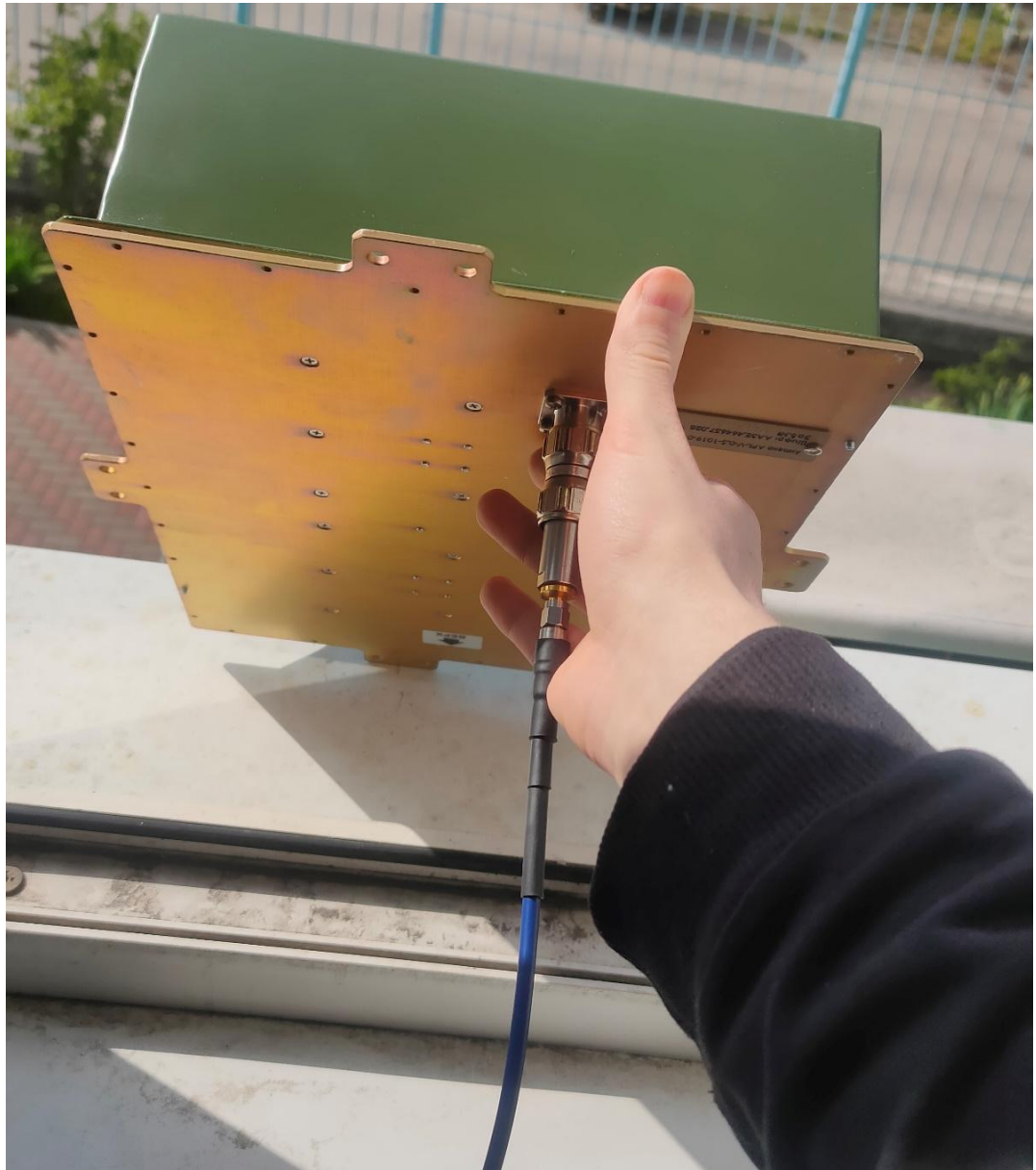


Рисунок 4.23 — Підключення широкосмугової антени L діапазону.

Було проведено експерименти з підключення зібраної антени до VNA (рис. 4.7). Відразу видно відмінність характеристик спроектованої антени та виготовленої.

На частоті 1850 МГц рівень відбитої хвилі дорівнює -12,3 дБ, якщо перевести дане значення на КСХН, то це приблизно 1,67.

Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дата

PC91.464661.001 ПЗ

Лист

60

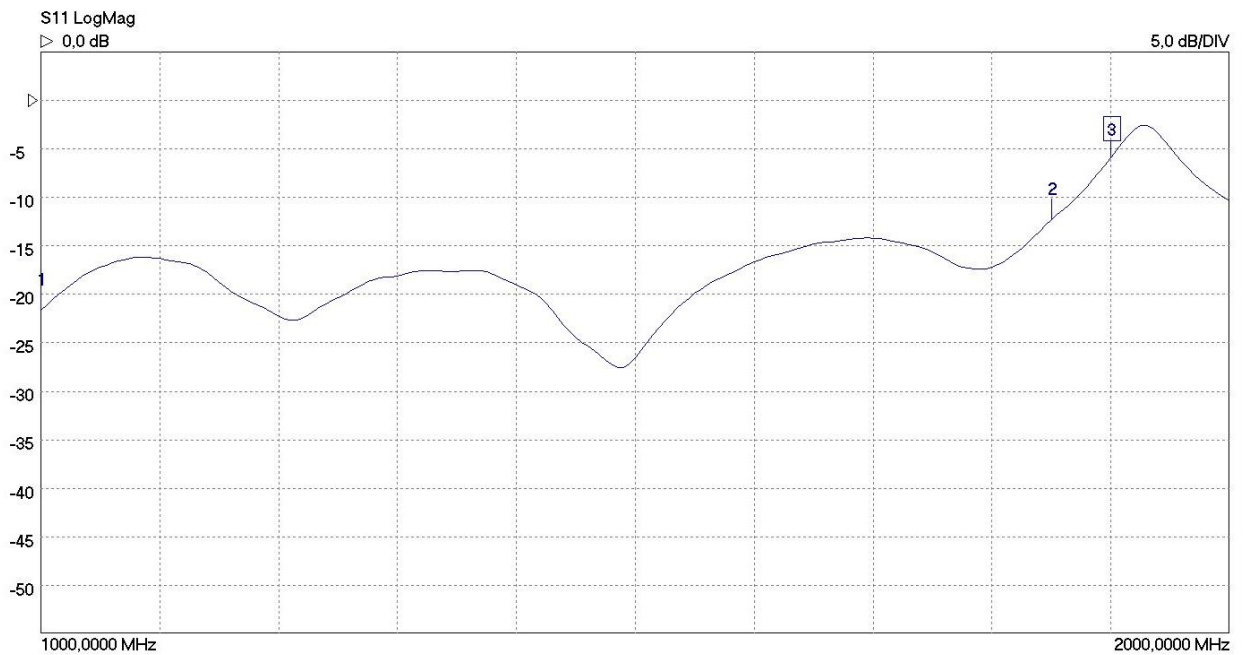


Рисунок 4.24 – Параметр коефіцієнту відбиття хвилі.

Після цього також виміряно значення коефіцієнту відбиття хвилі без укриття. Для цього зняли укриття та отримали наступні значення: рис. 4.8. Значення антени погіршились, тому з цього можна зробити висновок, що укриття не тільки захищає антену, але його характеристики враховані при оптимізації розмірів антени.

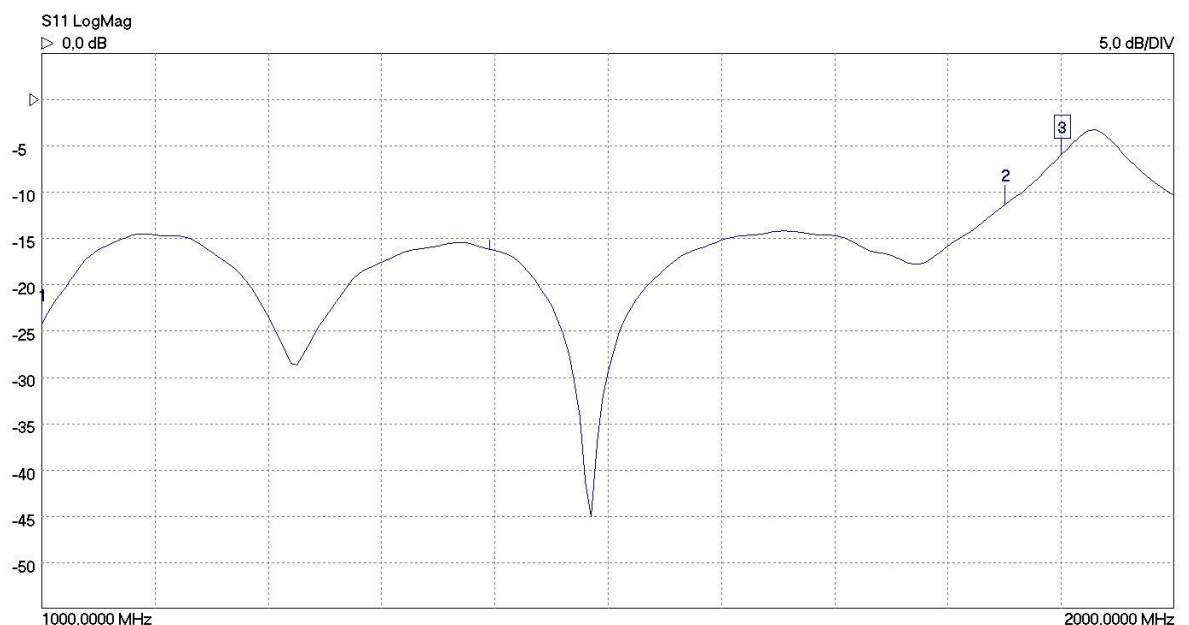


Рисунок 4.25 Значення коефіцієнту відбиття хвилі без укриття.

Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата

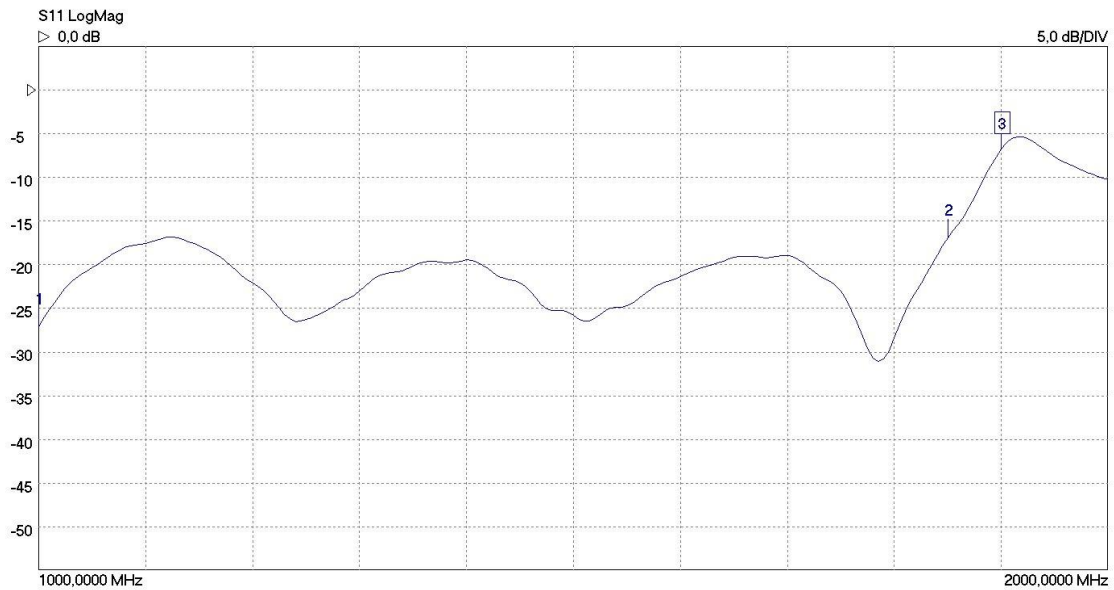


Рисунок 4.27 — Коефіцієнт відбитої хвилі налаштованої антени.

Після цього було проведено експеримент, як впливають паразитні шари мікросмушкових елементів. Для початку було знято останній шар (рис. 4.11) знову розраховано коефіцієнт відбитої хвилі.

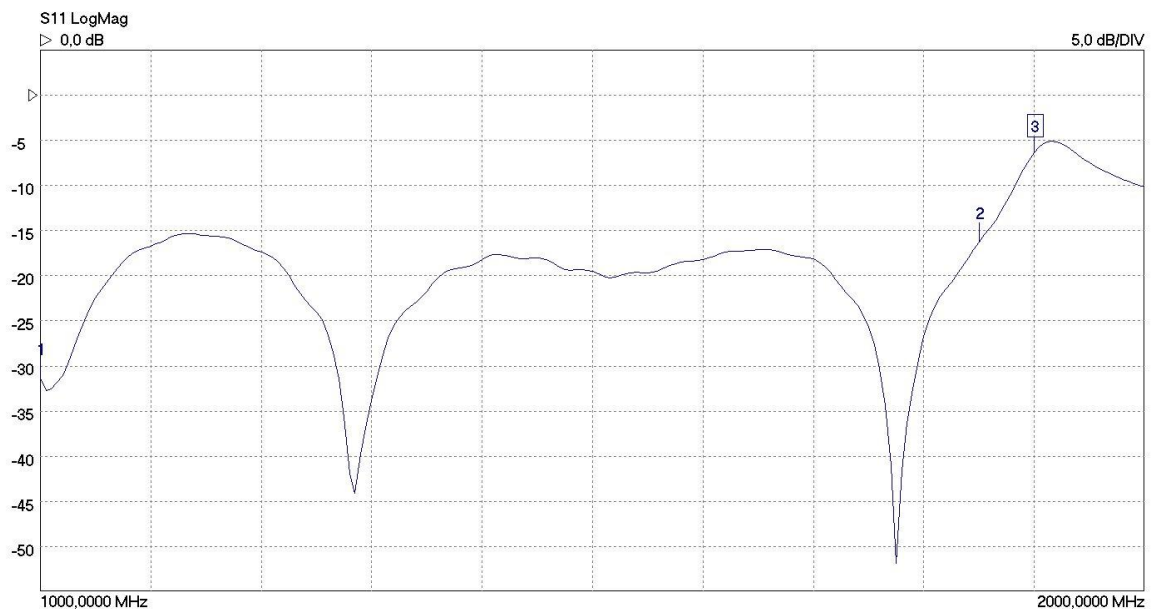


Рисунок 4.28 — Коефіцієнт відбитої хвилі без останнього шару паразитних елементів.

Як висновок можна сказати, що шар паразитних елементів не має сильного впливу на коефіцієнт відбитої хвилі, а слугує для корекції характеристики направленості антени.

Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Після цього також знято всі шари паразитних елементів, окрім тих, що знаходяться на одній пластині разом з вібратором. Тепер антена виглядає наступним чином: рис. 4.12.

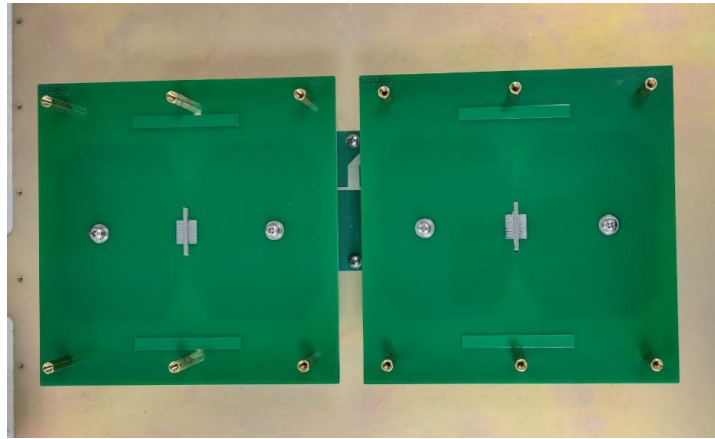


Рисунок 4.29 — Вигляд антени без шарів паразитних мікросмушкових елементів.

Вимірjana характеристика коефіцієнту відбиття хвилі в дБ зображено на рис. 4.13

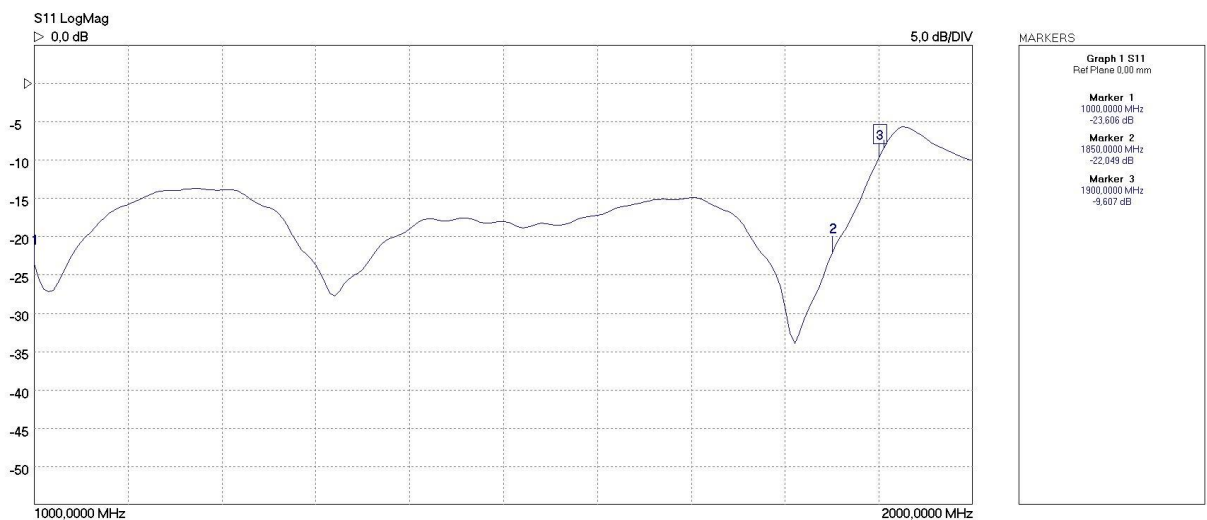


Рисунок 4.30 — розрахунок параметра відбитої хвилі з наявним тільки з шаром вібраторів.

На частоті ближче до 1850 МГц параметри відбитої хвилі відчутно покращились та на початку параметри погіршилились.

Оскільки було виготовлено декілька зразків таких антен, то необхідно було провести фінальне налаштування кожного зразка. Коефіцієнт відбиття даних антен показано на рис. 4.14 та рис. 4.15.

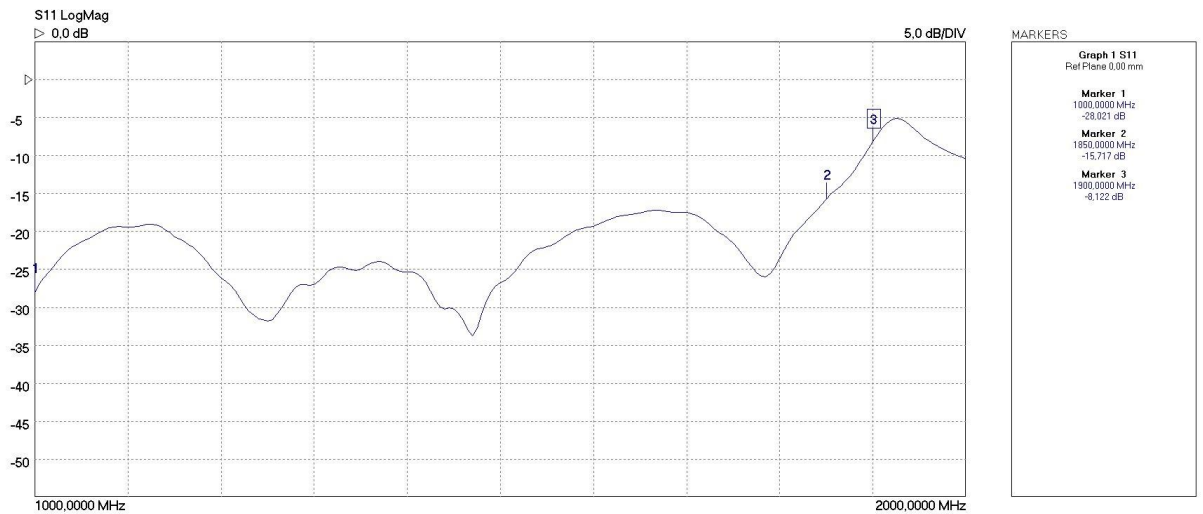


Рисунок 4.31 — Коefіцієнт відбитої хвилі налаштованої антени

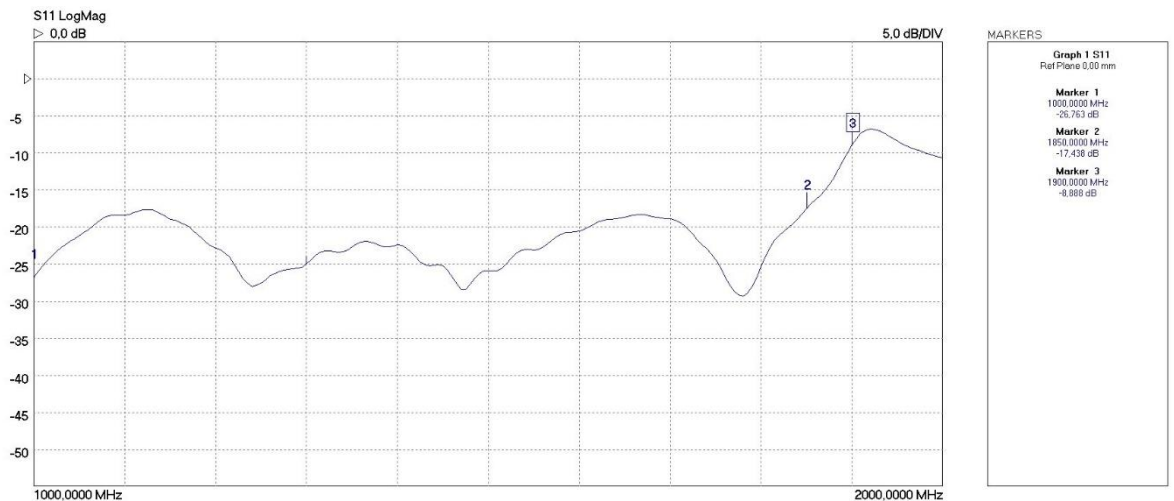


Рисунок 4.32 — Коefіцієнт відбитої хвилі налаштованої антени

Налаштування всіх дослідних зразків антени відбувалося одним і тим же способом, а саме шляхом додавання ємності в місці ступінчастого переходу, як було описано вище.

Також для захисту на подільник потужності було нанесено лак. Після того як лак висохнув також були зняті характеристики, які не показали змін коefіцієнта відбитої хвилі.

Висновок: в даному розділі було виготовлено дослідних зразків антени та знято характеристики даної антени та проведено досліди над антеною. Характеристики показали, що коefіцієнт відбитої хвилі дещо відрізняється від теоретичних розрахунків. Проведені досліди показали, що шари паразитних елементів негативно впливають, проте досить не відчутно на

Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата

антену та слугують більше для збільшення смуги частот. Також радіопрозорі укриття теж незначно впливає на антену, проте покращує характеристику антени. Також було налаштовано подільник потужності, завдяки чому було покращено результати. До налаштувань подільника потужності КСХ антени в найгіршій точці (1850 МГц) дорівнювало приблизно 1.67, а після налаштування антени в найгіршій точці приблизно дорівнює 1.33.

Також було виміряно ще 2 дослідних зразка, в яких характеристики були дуже схожі та після такого ж налаштування характеристики там само покращились, з чого можна зробити висновок, що і інші антени будуть мати такі самі характеристики та будуть налаштовуватись таким самим чином. Нанесений лак для захисту подільника потужності, наприклад, від вологи, не впливає на характеристики антени. Після цього також була зважена антена та її вага складає приблизно 3 кілограми. Також для розуміння розмірів антени було зроблено фото (рис. 4.33), на якому антена порівняно з людиною.



Рисунок 4.33 — Антена в порівнянні з людиною

						РС91.464661.001 ПЗ	Лист
Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата			66

ВИСНОВКИ

1. В дипломному проєкті створено тривимірну електродинамічну модель широкопasmової антени L-діапазону, яка працює в діапазоні частот 1000-1850 МГц.

2. Розроблена антена має КСХН < 1,8 коефіцієнт підсилення більше 11,5 дБ в широкій смузі робочих частот.

3. Розроблено креслення антени, по яким виготовлено дослідні зразки антен.

4. Виміряно характеристики узгодження дослідних зразків антени в широкій смузі частот, проведено додаткове налагодження характеристик узгодження шляхом введення додаткових елементів в подільник потужності. Вимірювання підтвердили гарні широкопasmові заявлені характеристики КСХН.

					РС91.464661.001 ПЗ	Лист
Зм	Лис	№ докум	Підпис	Дата		67

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Диполь-антена>
2. <https://www.kmu.gov.ua/npas/25976178>
3. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Аеронавігація>
4. <https://uk.wikipedia.org/wiki/L-діапазон>
5. Garg R. Microstrip antenna design handbook. – (Artech House antennas and propagation library). 2001 ARTECH HOUSE, INC.
6. Sira sistem radio antenn catalogue 2009
7. <https://kaizerpowerelectronics.dk/teardown/teardown-of-kathrein-1800-900-mhz-antenna-for-mobile-phone-base-station/>
8. https://uk.wikipedia.org/wiki/Конектор_N_типу
9. <https://www.farnell.com/datasheets/3154523.pdf>

					РС91.464661.001 ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дата		68

Додаток А

ПОГОДЖЕНО

Керівник дипломного проекту
к.т.н., доцент, Мартинюк С.Є.

(дата)

(підпис)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри
радіосистемної інженерії
Мартинюк С.Є.

(дата)

(підпис)

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ
«Підсилювач носимої системи
радіоелектронного подавлення С-
діапазону»

1 НАЗВА І ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Назва дипломного проекту «Широкосмугова антена L діапазону».

Підставою для виконання є завдання, видане кафедрою радіоконструювання та виробництва радіоапаратури від «___»_____2023 р.

2 ВИКОНАВЕЦЬ

Виконавець — студент групи РС-91 Покарець Максим Сергійович.

3 МЕТА ВИКОНАННЯ ДП І ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКЦІЇ

Мета дипломного проекту: розробка та експериментальне дослідження широкосмугової антени L-діапазону. Пристрій призначений прийомо-передачі сигналів

4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

4.1 Призначення

Прийомо-передача сигналу

4.2 Надійності

Середній строк служби не менше 1-го року.

4.3 Конструкції

Прилад може мати довільну форму, і з'єднуватись через N -роз'єм.

Габаритні параметри, Ш×Д×В, не більше, мм:

270×370×95.

Наявність вихідного роз'єму: N-тип

Маса: до 3 кг.

4.4 Уніфікації і стандартизації

Вибір елементної бази — довільний.

4.5 Дизайну, ергономіки та технічної естетики

Антенні елементи мають бути строго технічних розмірів.

4.6 Експлуатації, зручності технічного обслуговування та ремонту

Забезпечити можливість розбору пристрою для заміни елементів та ремонту.

4.7 Транспортування і зберігання

Умови відсутні

4.8 Якості і технічного рівня

Відповідає світовому рівню.

5 ВИМОГИ ДО СИРОВИНИ, МАТЕРІАЛІВ І ПКВ

Корпус виконаний з металу.

6 ВИМОГИ ДО КОНСЕРВАЦІЇ, ПАКУВАННЯ І МАРКУВАННЯ

Маркування: не передбачено.

Пакування: не передбачено.

Консервація: не передбачено.

7 ВИМОГИ ДО РОЗРОБЛЮВАНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Оформлення документації згідно ДСТУ 3008:2015.

Склад конструкторської документації:

1. Текстова документація (пояснювальна записка).
2. Графічна документація (креслення подільника потужності, вібраторної пластини).

7.1 Орієнтовний зміст дипломного проекту:

Завдання на дипломний проект;

Зміст;

Вступ;

1. Актуальність та сфера застосування;
2. Аналоги доступні на ринку;
3. Електродинамічна модель широкосмугової антени l-діапазону;
4. Результати вимірювань дослідного зразка антени;

Висновок;

Перелік джерел посилань;

Додаток А Технічне завдання

Додаток Б Відомість до

дипломного проекту

Додаток В Таблиця розподілу смуг радіочастот України

Додаток Г Креслення подільника потужності, вібраторної пластини;

8 ВИМОГИ ДО КОНСЕРВАЦІЇ, ПАКУВАННЯ І МАРКУВАННЯ

Робота виконується в 6 етапів.

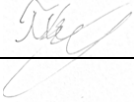
№	Назва етапу	Термін виконання	Форма звітності
1	Огляд актуальності та сфери застосування	05.04-10.04	Розділ 1
2	Огляд аналогів	10.04-15.04	Розділ 2
3	Розробка 3D моделі антени	15.04-15.05	Розділ 3
4	Розрахунки характеристик антени	15.04-18.05	Розділ 3
5	Експериментальні дослідження антени	18.05 – 05.06	Розділ 4
6	Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки	01.06 – 12.06	

9 ПОРЯДОК ПРИЙМАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

1. Представлення проміжних результатів дипломного проекту керівникув зазначені терміни;
2. Представлення завершеного дипломного проекту керівнику;
3. Перевірка дипломного проекту на наявність плагіату;

4. Представлення кафедрі завершеного дипломного проекту за 2 дні до дати захисту;
5. Захист дипломного проекту перед екзаменаційною комісією.

Виконавець

Покарець М. С.  _____

Керівник

к.т.н., доцент Мартинюк С.Є. _____

Додаток В

НАЦІОНАЛЬНА ТАБЛИЦЯ

розподілу смуг радіочастот України

Частота (МГц)	Розподіл Смуг Радіочастот Між Радіослужбами Для Району 1	Розподіл Смуг Радіочастот Між Радіослужбами В Україні
960 - 1164	Повітряна Радіонавігація 5.328	Повітряна Радіонавігація У031 У093
1164 - 1215	Повітряна Радіонавігаційна 5.328 Радіонавігаційна Супутникова (Космос – Земля) (Космос – Космос) 5.328 А, 5.328 В	Повітряна Радіонавігаційна Радіонавігаційна Супутникова (Космос – Земля) (Космос – Космос) У031
1215-1240	Супутникова Служба Дослідження Землі (Активна) Радіолокаційна Радіолокаційна Супутникова (Космос – Земля) (Космос – Космос) 5.328в 5.329 5.329а Служба Космічних Досліджень (Активна) 5.330 5.331 5.332	Супутникова Служба Дослідження Землі (Активна) Радіолокаційна Радіолокаційна Супутникова (Космос – Земля) (Космос – Космос) Служба Космічних Досліджень (Активна) У031
1240 - 1300	Супутникова Служба Дослідження Землі (Активна) Радіолокаційна Радіолокаційна Супутникова (Космос – Земля) (Космос – Космос)	Супутникова Служба Дослідження Землі (Активна) Радіолокаційна Радіолокаційна Супутникова (Космос – Земля) (Космос – Космос)

	5.329 5.329a 5.Ва02 Служба Космічних Досліджень (Активна) Аматорська 5.282 5.330 5.331 5.332 5.333 5.334 5.335 5.335a	Служба Космічних Досліджень (Активна) Аматорська У031 У032
1300 - 1350	Повітряна Радіонавігаційна 5.337 Радіолокаційна Радіолокаційна Супутникова (Земля – Космос) 5.149 5.337a	Повітряна Радіонавігаційна Радіолокаційна Радіолокаційна Супутникова У025 У031 У093
1350 - 1400	Фіксована Рухома Радіолокаційна 5.149 5.338 5.339 5.339a	Фіксована Рухома Радіолокаційна У025 У031 У093
1400 - 1427	Супутникова Служба Дослідження Землі (Пасивна) Радіоастрономічна Служба Космічних Досліджень (Пасивна) 5.340 5.341	Супутникова Служба Дослідження Землі (Пасивна) Радіоастрономічна Служба Космічних Досліджень (Пасивна) У031 У046 У093
1427 - 1429	Служба Космічної Експлуатації (Земля – Космос) Фіксована Рухома, За Винятком Повітряної Рухомої 5.341	Служба Космічної Експлуатації (Земля – Космос) Фіксована Рухома, За Винятком Повітряної Рухомої У031 У032 У093
1429 - 1452	Фіксована Рухома, За Винятком Повітряної Рухомої 5.339a 5.341 5.342	Фіксована Рухома, За Винятком Повітряної Рухомої У031 У047 У093
1452 - 1492	Фіксована Рухома, За	Фіксована Рухома, За

	Винятком Повітряної Рухомої Радіомовна 5.345 5.347	Винятком Повітряної Рухомої Радіомовна Радіомовна Супутникова Повітряна Рухома У031 У047 У093
1492 – 1518	Фіксована Рухома, За Винятком Повітряної Рухомої 5.341 5.342	Фіксована Рухома, За Винятком Повітряної Рухомої Повітряна Рухома У031 У047 У093
1518 - 1525	Фіксована Рухома, За Винятком Повітряної Рухомої Рухома Супутникова (Космос — Земля) 5.348 5.348а 5.348в 5.348с 5.341 5.342	Фіксована Рухома, За Винятком Повітряної Рухомої Рухома Супутникова (Космос — Земля) Повітряна Рухома У031 У047 У093
1525 – 1530	Служба Космічної Експлуатації (Космос — Земля) Фіксована Рухома Супутникова (Космос — Земля) 5.347а 5.351а Супутникова Служба Дослідження Землі Рухома, За Винятком Повітряної Рухомої 5.349 5.341 5.342 5.350 5.351 5.352а 5.354	Служба Космічної Експлуатації (Космос — Земля) Фіксована Рухома Супутникова (Космос — Земля) Супутникова Служба Дослідження Землі Рухома, За Винятком Повітряної Рухомої Повітряна Рухома У031 У032 У047 У093
1530 - 1535	Служба Космічної Експлуатації (Космос — Земля) Рухома Супутникова (Космос — Земля) 5.347а 5.353а 5.351а Супутникова Служба	Повітряна Рухома Служба Космічної Експлуатації (Космос — Земля) Рухома Супутникова (Космос — Земля) Супутникова Служба

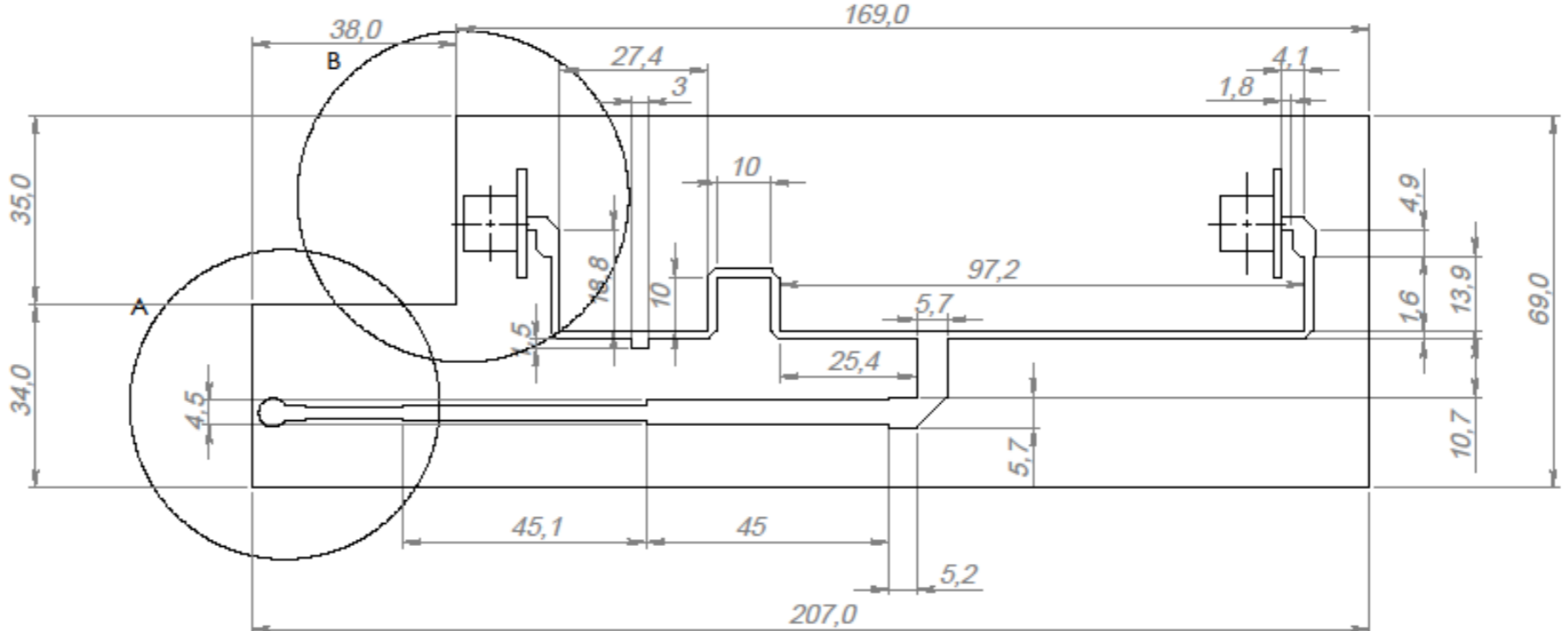
	Дослідження Землі Фіксована Рухома, За Винятком Повітряної Рухомої 5.341 5.342 5.351 5.354	Дослідження Землі Фіксована Рухома, За Винятком Повітряної Рухомої У031 У032 У047 У048 У093
1535 - 1559	Рухома Супутникова (Космос — Земля) 5.347а 5.351а 5.341 5.351 5.353а 5.354 5.355 5.356 5.357 5.357а 5.359 5.362а	Рухома Супутникова (Космос — Земля) Фіксована У010 У031 У046 У048 У049 У050 У093
1559 - 1610	Повітряна Радіонавігаційна Радіонавігаційна Супутникова (Космос — Земля) (Космос — Космос) 5.328в 5.329а 5.341 5.362в 5.362с 5.363	Повітряна Радіонавігаційна Радіонавігаційна Супутникова (Космос — Земля) (Космос — Космос) Фіксована У031 У032 У050 У051 У093
1610 - 1610,6	Рухома Супутникова (Земля — Космос) 5.351а Повітряна Радіонавігаційна 5.341 5.355 5.359 5.363 5.364 5.366 5.367 5.368 5.369 5.371 5.372	Рухома Супутникова (Земля — Космос) Повітряна Радіонавігаційна Фіксована У031 У050 У051 У093
1610,6 - 1613,8	Рухома Супутникова (Земля — Космос) 5. 351а Радіоастрономічна Повітряна Радіонавігаційна 5.149 5.341 5.355 5.359 5.363 5.364 5.366 5.367 5.368 5.369 5.371 5.372	Рухома Супутникова (Земля — Космос) Радіоастрономічна Повітряна Радіонавігаційна Фіксована У025 У031 У050 У051 У093

1668,4 - 1670	Допоміжна Служба Метеорології Фіксована Рухома, За Винятком Повітряної Рухомої Рухома Супутникова (Земля — Космос) 5.348с 5.379в 5.379с Радіоастрономічна 5.149 5.341 5.379d 5.379е	Допоміжна Служба Метеорології Фіксована Рухома, За Винятком Повітряної Рухомої Рухома Супутникова (Земля — Космос) Радіоастрономічна У025 У032 У050 У093
1670 — 1675	Допоміжна Служба Метеорології Фіксована Метеорологічна Супутникова (Космос — Земля) Рухома 5.380 Рухома Супутникова (Земля — Космос) 5.348с 5.379в 5.341 5.379d 5.379е 5.380а	Допоміжна Служба Метеорології Фіксована Метеорологічна Супутникова (Космос — Земля) Рухома Рухома Супутникова (Земля — Космос) У031 У032 У050 У093
1675 - 1690	Допоміжна Служба Метеорології Фіксована Метеорологічна Супутникова (Космос — Земля) Рухома, За Винятком Повітряної Рухомої 5.341	Допоміжна Служба Метеорології Фіксована Метеорологічна Супутникова (Космос — Земля) Рухома, За Винятком Повітряної Рухомої У031 У032 У050 У093
1690 - 1700	Допоміжна Служба Метеорології Метеорологічна Супутникова (Космос - Земля) Фіксована Рухома, За Винятком Повітряної Рухомої	Допоміжна Служба Метеорології Метеорологічна Супутникова (Космос - Земля) Фіксована Рухома, За Винятком Повітряної Рухомої

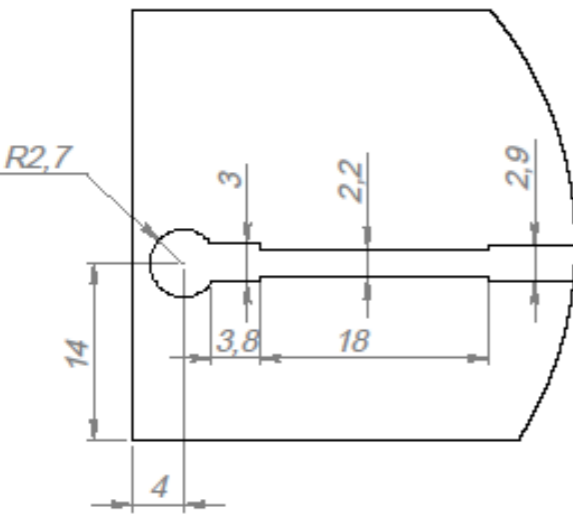
	5.289 5.341 5.382	У031 У032 У050 У053 У093
1700 - 1710	Фіксована Метеорологічна Супутникова (Космос — Земля) Рухома, За Винятком Повітряної Рухомої 5.289 5.341	Фіксована Метеорологічна Супутникова (Космос — Земля) Рухома, За Винятком Повітряної Рухомої У031 У050 У053 У093
1710 - 1930	Фіксована Рухома 5.380 5.384a 5.388a 5.149 5.341 5.385 5.386 5.387 5.388	Фіксована Рухома У025 У031 У050 У054 У093

Додаток Г

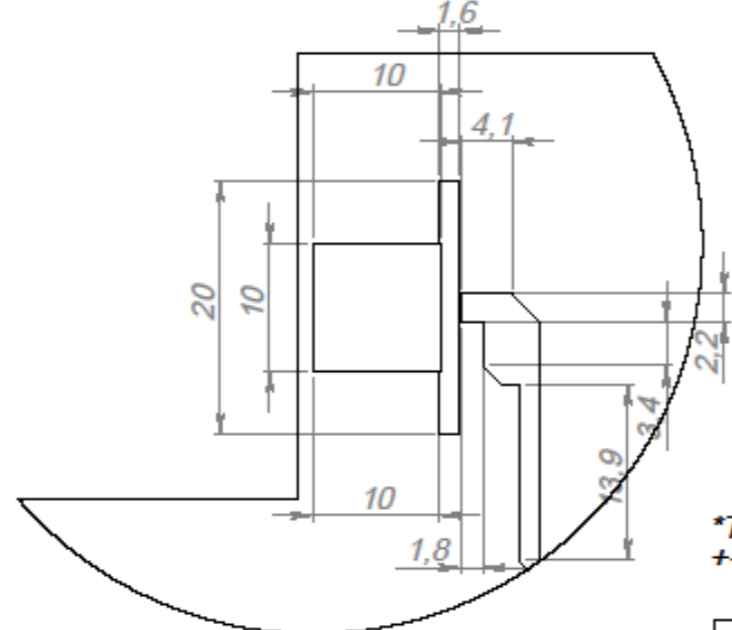
PC91.464661.001



A (2:1)



B (2:1)



*Точність виготовлення розмірів топології металізації плати +20 мкм забезпечується технологією фотолітографії

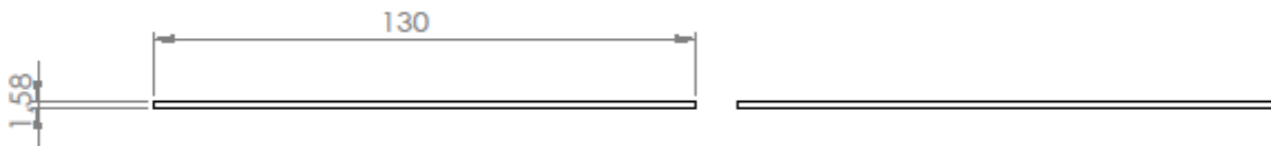
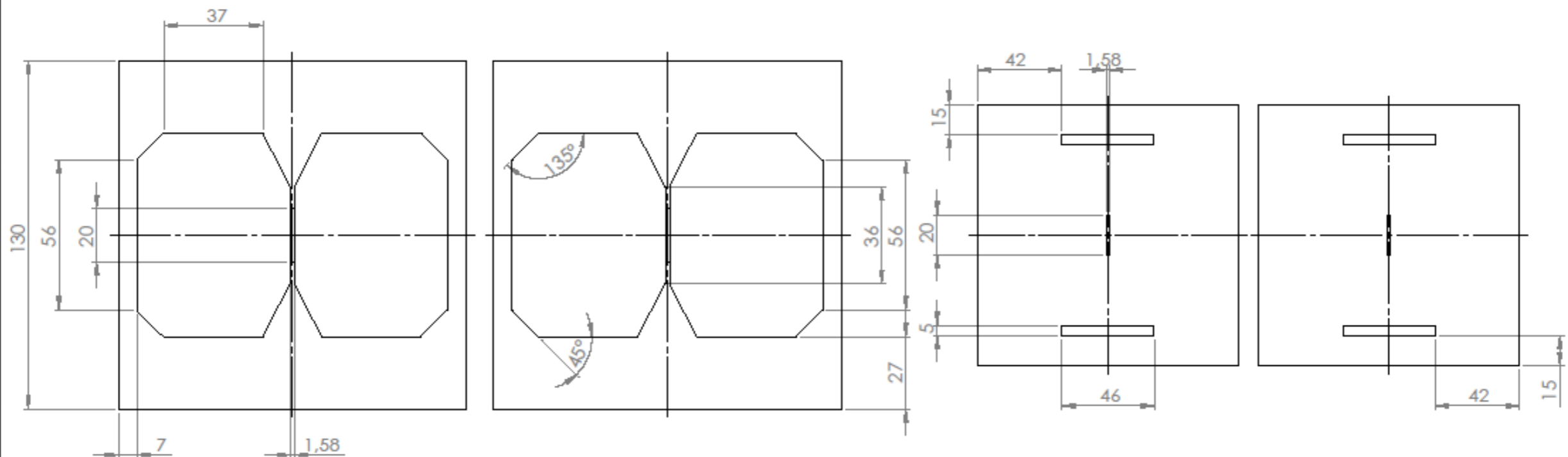
Перш. використ.	
Справ. №	
Підп. та дата	
Інв. № дубл.	
Взам. інв. №	
Підп. та дата	
Інв. № подл.	

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.		Покарець		
Перев.				
Т. контр.				
Н. контр.				
Затв.		Мартинюк		

PC91.464661.001			
Подільник потужності	Літ.	Маса	Масштаб
			1:1
	Лист 1	Листів 2	
Фольгований діелектрик типу NX9245 (товщина металізації 35 мкм, товщина діелектрика 0,79 мм)			РТФ

Додаток Г

PC91.464661.001



*Точність виготовлення розмірів топології металізації плати ± 20 мкм забезпечується технологією фотолітографії

Перш. використ.
Справ. №
Підп. та дата
Інв. № дубл.
Взам. інв. №
Підп. та дата
Інв. № подл.

				PC91.464661.001		
Зм. Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	Гюкарець					
Перев.						
Т. контр.				Лист 2	Листів 2	
Н. контр.				РТФ		
Затв.	Мартинюк			Фольгований діелектрик типу NX9245 (товщина металізації 35 мкм, товщина діелектрика 0,79 мм)		