

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

## ДИПЛОМНА РОБОТА

Другий (магістерський)

Освітній рівень

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка


Шифр і назва спеціальності

на тему Проєктування та оптимізація антен рухомого зв'язку (car to car)

ДРТР. 20023.01.01 ПЗ

Виконав:

студентка 2 курсу, група ТРМ-20-1



підпис

Аніта БОЙКО

Ініціали, прізвище

Керівник: канд. техн. наук, доцент



підпис

Леся КАРПОВА

Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри: д-р техн. наук, доцент



підпис

Сергій ПІДЧЕНКО

Ініціали, прізвище

«07» грудня 2021р.

Хмельницький, 2021

Хмельницький національний університет

Факультет інформаційних технологій

Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

Спеціальність 172 – Телекомунікації та радіотехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедру ТМІТ

 Сергій ПІДЧЕНКО

«03» вересня 2021 р.

## ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

БОЙКО Аніті Олексіївні

1 Тема роботи: Проектування та оптимізація антен рухомого зв'язку (car to car)  
керівник роботи Карпова Леся Вікторівна, к.т.н, доцент.

Затверджено наказом по університету від «25» серпня 2021р. № 102.

2 Строк подання студентом роботи на кафедру: 07.12.2021р.

3 Вихідні дані (характеристика об'єкта, умов дослідження та ін.)

Мета роботи: розробити монопольну антену для 5,9 ГГц, вимірюючи та аналізуючи довгострокові та короткострокові згасання. Оцінити прозорий матеріал для широкосмугової антени.

Предметом дослідження є теоретичні та практичні завдання формування та впровадження антен радіо зв'язку на автомобілях.

Об'єктом дослідження є процес оперативного і цілеспрямованого контролю точності налаштування зв'язку та розштакування авто в просторі.


4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): 1 Аналіз вузькосмугових та широкосмугових антен. 2 Інтеграція широкосмугової спіральної антени в автомобіль. 3 Результати моделювання, тестування розташування широкосмугових антен на автомобілях. Порівняння дво- та чотирьох-канальних антен. Висновки

Науковий керівник  Леся КАРПОВА

Завдання отримав  Аніта БОЙКО

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМІТ


 Сергій ПІДЧЕНКО  
 «03» вересня 2021 р.

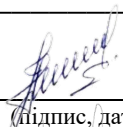
### ПЛАН ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ

№ п/п	Найменування виду роботи	Форма звітності, термін виконання	Відмітка наукового керівника
1.	Розробка завдання на дипломну роботу	07.09.2021р.	виконано
2.	Складання індивідуального плану на дипломну роботу	15.09.2021р.	виконано
3.	Написання першого (теоретичного) розділу	20.10.2021р.	виконано
4.	Написання другого розділу	05.11..2021р.	виконано
5.	Написання третього розділу	20.11.2021р.	виконано
6.	Написання вступу і загальних висновків та пропозицій до дипломну роботу	28.11.2021р.	виконано
7.	Формулювання висновків до роботи	30.11.2021р.	виконано
8.	Підготовка матеріалів для апробації	30.11.2021р.	виконано
9.	Оформлення пояснювальної записки до ДР	30.11.2021р.	виконано


Примітки:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_

Науковий керівник

  
 (підпис, дата)
Леся КАРПОВА

Студент

  
 (підпис, дата)
Аніта БОЙКО

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. Аналіз вузькосмугових та широкосмугових антент. ....	10
1.1. Вузькосмуговий аналіз антен .....	10
1.2. Широкосмуговий аналіз антен.....	14
1.3. Переваги широкосмугового доступу .....	18
1.4. Різні широкі антени .....	19
РОЗДІЛ 2. Інтеграція широкосмугової спіральної антени в автомобіль.....	27
2.1. Копланарне хвилеводне живлення .....	27
2.2. Розташування антени в автомобілі.....	29
2.3. Прозорий матеріал .....	31
2.4. Програмне забезпечення .....	33
2.5. Попередня робота .....	34
2.6. Безпека та приватність.....	36
РОЗДІЛ 3. Результати моделювання, тестування розташування широкосмугових антен на автомобілях.. ....	40
3.1. Сценарій LOS.....	40
3.2. Сценарій NLOS.....	43
3.3. Найкраще розташування антени.....	46
3.4. Чотирьох канална спіральна антена PEC, що подає матеріал з центру..	54
3.5. Спіральна антена з 4-ма каналами. Прозорий матеріал по центру.....	60
3.6. Спіральна антена з чотирма канали. Прозорий матеріал на звороті.....	65
3.7. Спіральна антена з двома канали матеріал TP збоку живлення.....	70
3.8. Порівняння дво- та чотирьох-канальних антен.....	74
ВИСНОВКИ.....	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	78
ДОДАТКИ.....	79

## ВСТУП

Припустимо, ми рухаємося по шосе, аварія, яка сталася хвилину тому після певного відстань до нашого місця переїзду. У нас немає жодного шансу, окрім як поспішати до кінця виникла пробка, і ми можемо уявити нашу реакцію, коли раптово закінчиться затор з'являється. Ми не маємо жодної можливості дізнатися про те, що відбувається з трафіком через кілька відстані до нас. Надзвичайні затори виникають, коли транспортні засоби повністю зупиняються на певні періоди час на місці аварії, і це спричинить величезний затор. Через аварію автомагістраль є спорадично, і існує велика лінійка транспортних засобів, які чекають, щоб ситуація упорядкувалася. Якщо ми отримаємо електронну допомогу, яка вже інформує нас про неминучу ситуацію і далі за допомогою цієї електронної допомоги ми можемо сповільнити автомобіль задовго до того, як настане небезпека зір. І ми можемо бути вільними від великої лінійки транспортних засобів.

Морозним ранком уявіть, якби автомобіль за 30 метрів попереду міг якимось чином попередити вас про лід на з'їзді. Ви можете сповільнити швидкість, і електронна система стабільності вашого автомобіля може навіть витримати попередні кроки, щоб передбачити ситуацію. Спілкування C2C, наступний крок у безпеці технології. Число послуги радіо зв'язку з транспортними засобами в даний час[3]. Завдяки новітнім технологіям кількість послуги радіо для мобільних додатків зростає. Усі ці послуги також мають бути доступними в транспортних засобах. Різні служби використовують кілька діапазонів частот, як показано в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Різні послуги та діапазони частот

Послуга	Частото	Sat\ter	Tx\RX
DVB-T	470-862	Ter	Rx
AMPS	824-894	Ter	Tx/Rx
GMS900\1800	890-960, 1710-19880	Ter	Tx/Rx
DAB-T	1452-1492	Ter	Rx
GPS	1574-1577	Ter	Rx
DECT	1880-1900	Ter	Tx/Rx
UMTS	1885-2200	ter	Tx/Rx

Одним із рішень для покриття кількох діапазонів частот є кількість антен. Принаймні п'ять антен потрібно в автомобілі для ключових послуг. Кількість антен може полегшити нам багато послуги, але з іншого боку нам потрібна сума кабелів, що спричиняє проблему вартості, ваги і багато інших факторів можуть вплинути на це. Крім того, вимоги щодо дизайну.

Сучасний автомобіль удосконалюється. Не тільки з естетичних міркувань, а й з авіаційної - динамічно обумовлює константність і спотворення. Тому тримайте всі ці речі в пам'яті, найкраще рішення для цього поєднується з однією антеною, яка є якомога меншою та легко інтегрованою в автомобілі.

Дипломна робота поділена на дві частини, як показано на рисунок 1.1.

Перша частина містить ідею про найкраще розташування антени для C2C комунікації.

Друга частина містить ідею, знайти широкосмугову антену та необхідні послуги, які потрібні зараз.

Цілі дипломної роботи такі:

1. Розробити монопольну антену для 5,9 ГГц.
2. Виконати вимірювання та проаналізуйте довгострокові та короткострокові згасання.

3. Визначити можливе широкосмугове рішення для автомобільних додатків (пропускна здатність, послуги, антена, розміщення).
4. Оцінити прозорий матеріал для широкосмугової антени.

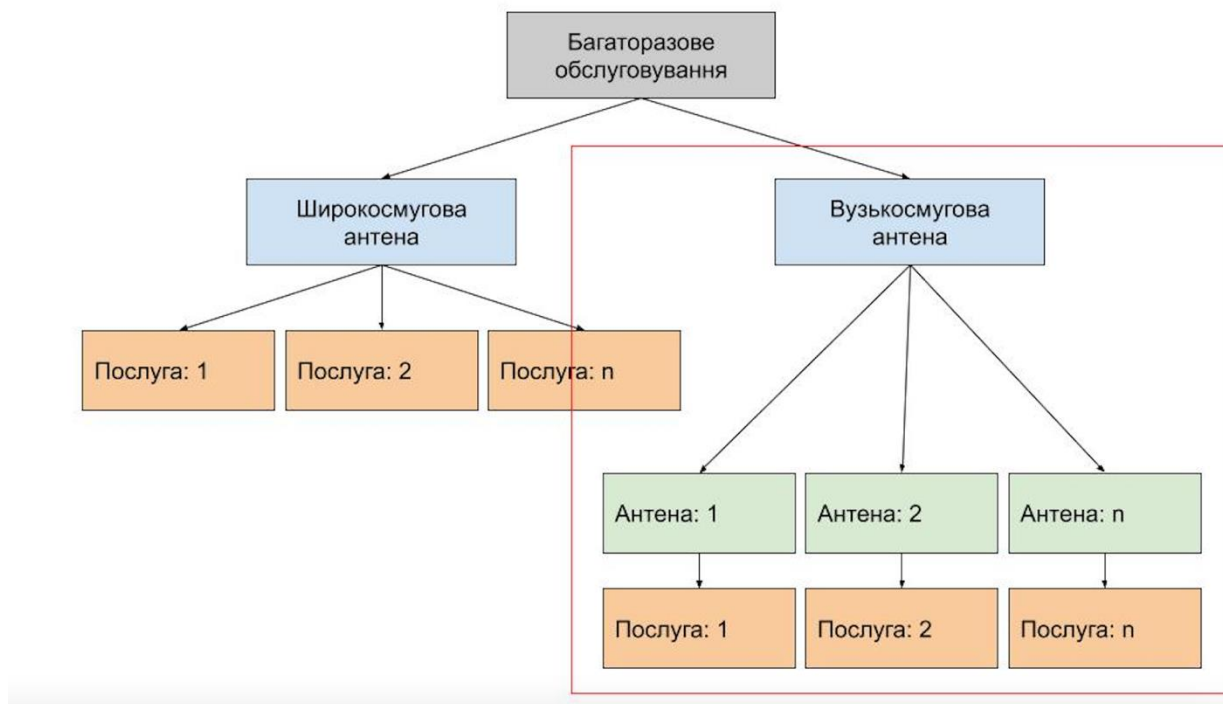


Рисунок 1.1 – Блок-схема цілі.

IEEE 802.11 і 802.11x відносяться до сімейства специфікацій, розроблених IEEE для бездротових локальна мережа. 802.11 вказує зв'язок між бездротовим клієнтом і базовою станцією або між двома бездротовими клієнтами. Для цього посилення використовується повітряний шлях.

На початку 802.11 застосовувалась до бездротової локальної мережі в діапазоні 1 або 2 Мбіт/с., у діапазоні 2,4 ГГц, використовуючи або спектр розповсюдження зі стрибкоподібною зміною частоти (FHSS) або спектр розширеного спектру послідовності (DSSS). IEEE 802.11 був розширенням до 802.11, яке застосовується до бездротової локальної мережі для діапазону 54 Мбіт/с в діапазоні 5 ГГц, а не FHSS або DSSS. Пізніше IEEE представить IEEE 802.11p або бездротовий доступ у транспортних середовищах(WAVE). Це була

менша перевірка IEEE 802.11a, необхідна для підтримки інтелектуальних транспортних систем ITS та додатків. Стандарти WAVE використовують багатоканальну концепцію, яку можна використовувати як для повідомлень про безпеку, так і для інших інформаційно-розважальних повідомлень. Він включає обмін даними сполучення високошвидкісних транспортних засобів та між транспортними засобами та придорожньою інфраструктурою в ITS (5,85-5,925 ГГц). Для зв'язку C2C робоча частота становить 5,9 ГГц, а смуга пропускання в Європі становить 30 МГц. У США деякі технічні параметри є відрізняється, наприклад, пропускна здатність 70 МГц і містить блок спектру від 5,850 до 5,925 Діапазон ГГц. [04]

IEEE 802.11p можна використовувати як основу для (DSRC). Етикетка DSRC, призначена для зв'язку малої відстані для комунікації. І це забезпечує зв'язок між транспортним засобом і уздовж дороги. Підвищити безпеку та продуктивність транспортної системи. DSRC надають носій послуги зв'язку дальності, призначені для підтримки громадської безпеки та ліцензованих приватних операцій через канали зв'язку "дорожня-транспортний засіб" і "автомобільний засіб". DSRC містять робочі частоти і пропускну здатність системи, але також враховують робочі частоти, які в Європі охоплюються національним регулюванням.

Розділ 1 заснований на базовій інформації, і якому пояснюється різні види широкосмугових та вузько смугових антен та їх переваги, стадії та недоліки. Детально буде розглянуто широкосмугову антену. У галузі телекомунікацій широкосмугова технологія - це концепція, в якій кількість частот може бути включена в один метод. Більш широка пропускна здатність дозволяє переносити більше інформації. Одна широкосмугова антена здатна охопити багато вузькосмугових послуг, що є варіантом для зменшення місця, необхідного для радіаторів.

Розділ 2 показує найкраще розташування антени в автомобілі із різними прозорими матеріалами.

Розділ 3 заснований на моделюванні променів для LOS і NLOS. Описує всю установку вимірювання та вимірювання для C2C спілкування, а також містить моделювання широкосмугових антен. Вимірювання базується на двох автомобілях, один з антеною передавача, а інший з антеною приймача.

Висновки, до яких прийшли у ході дослідження.

**Метою роботи** є розробити монопольну антену для 5,9 ГГц, вимірюючи та аналізуючи довгострокові та короткострокові згасання. Оцінити прозорий матеріал для широкосмугової антени.

**Предметом дослідження** є теоретичні та практичні завдання формування та впровадження антен радіо зв'язку на автомобілях.

**Об'єктом дослідження** є процес оперативного і цілеспрямованого контролю точності налаштування зв'язку та розташування авто в просторі.

# 1 АНАЛІЗ ВУЗЬКОСМУГОВИХ ТА ШИРОКОСМУГОВИХ АНТЕНТ

## 1.1 Вузькосмуговий аналіз антен

У радіозв'язку, коли пропускна здатність повідомлення менше пропускної здатності когерентності, тоді вона називається вузькосмуговим. Вузькосмуговий аналізується за компонентами згасання (довгострокове завмирання і короткочасне згасання).

Розглянемо довгострокове згасання. Довгострокове завмирання поводить за своїми статистичними властивостями дуже схоже на логарифмічні нормальні процеси. Такі процеси визначаються повільними коливаннями локального середнього значення приймального сигналу можна відтворити ефект тінні. Передавальну функцію каналу  $H^{TP}(t)$  можна розділити на короткочасний і довготривалий згасаючий компонент.

$$|H^{TP}(t) = l(t)s(t)| \quad (1.1)$$

Довгострокова складова загасання  $l(t)$  є результатом усереднення  $|H^{TP}(t)|$  протягом бажаного часу вибірки  $T_s$ .

$$l(t) = 1/T_s \int_{t-\frac{T_s}{2}}^{t+\frac{T_s}{2}} |H^{TP}(\epsilon)| d\epsilon \quad (1.2)$$

Як показано на рисунку 1.1., тривале завмирання - це повільна зміна сили сигналу протягом великого інтервалу часу. Якщо амплітуди довготривалого загасання порівняти з високими амплітуди, це означає високі відношення сигнал/шум, і це може виявитися в більш широких діапазонах для система зв'язку, подальші відстані або нижчий рівень бітових помилок. Викликається тривале в'янення через багатоприменеву короткочасну перешкоду.[02]

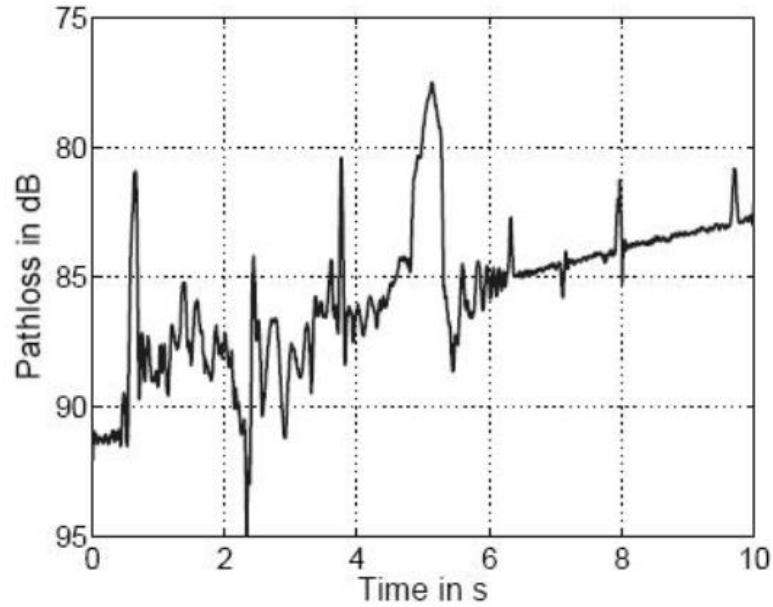


Рисунок 1.1 – Довгострокове згасання

Розглянемо короткочасне згасання. Потужність прийнятого сигналу формується векторною сумою різних сигналів, що досягають антени і будуть мати постійну амплітуду. Коли об'єкт рухається і передбачається, що сигнал буде прийнятий — векторна сума  $N$  відбитих сигналів однакової амплітуди, які надходять на приймальну антену під випадковим фазовим кутом. Це прийнято як розумна модель для клітинного середовища. Там, де зазвичай немає прямої прямої видимості, ч/б передавача та приймача, додавання цих компонентів дають результат з амплітудою, яка змінюється випадковим чином манера. Короткочасне згасання може бути зображено різними формами, і в даному випадку вибирається кумулятивна функція розподілу (CDF), яка забезпечує ймовірність того, що потужність сигналу є дорівнює або менше певного значення і вказує на ймовірність відхилення від локального середнє значення сигналу, рисунку 1.2. показує сюжет CDF.

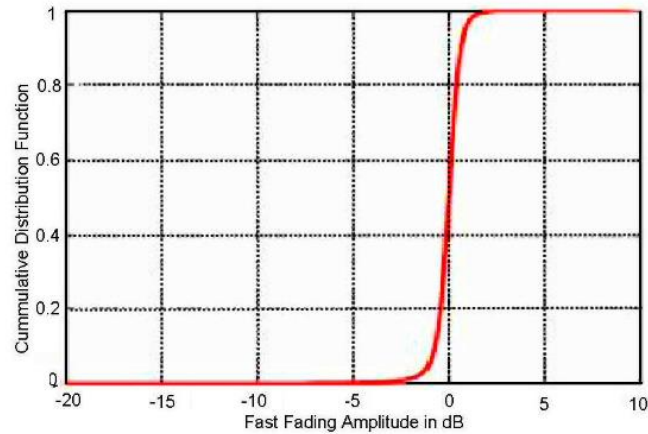


Рисунок 1.2 – Короткочасне згасання

CDF можна зрозуміти за формулою 1.3.  $F_s(as)$  - це оцінка короткочасного загасання коли значення короткочасного загасання менше порогового значення, як під час спостереження  $T_o$ . [02]

$$F_s(as) = \frac{\Delta T_u(s(t) \leq s)}{T_o} \quad (1.3)$$

Чим ширше CDF рухається вправо для низьких ймовірностей, тим краще для системи зв'язку і тим менше відключень.

Доплерівський зсув і доплерівське розповсюдження. Надійна і високошвидкісна передача даних у високомобільних середовищах стикається з серйозними проблемами до умов каналу, що змінюються в часі. Зокрема, синхронізація, оцінка каналу та дані одужання впливає. Така ситуація викликана високим доплерівським зсувом і розповсюдженням сигналів між передавачем і приймачем, що швидко рухається. На доплерівський зсув впливає відносний швидкість між автомобілями та кут прибуття. Швидкість, з якою змінюється функція передачі низьких частот  $|H^{TP}(t)|$ , спричиняє відповідну автокореляційну функцію  $|r_{hh}^t(\Delta t)|$ , яка описується розрахунком протягом вибіркового часу

$$r_{hh}^t(\Delta t) = \int_0^{T_s} (H^{TP}(t)) * H^{TP}(t - \Delta t) dt \quad (1.4)$$

Перетворенням Фур'є для автокореляційної функції часових варіантів

$|r_{hh}^t(\Delta t)|$  є доплерівський спектр  $|S_{HH}(f_D)|$

$$r_{hh}^t(\Delta t) \circ \rightarrow S_{HH}(f_D) = |H_D^{TP}(f_D)| \quad (1.5)$$

$$H_D^{TP}(f_D) \circ \rightarrow H^{TP}(t) \quad (1.6)$$

Міра доплерівського спектру  $S_{HH}(f_D)|_y$  у визначений момент  $t = t_0$  дорівнює

$$S(f_D, t_0) = \sum_{n=1}^{N(t_0)} |A_n(t_0)|^2 \delta(f_D - f_{D,n}) \quad (1.7)$$

Доплерівський спектр характеризується двома різними параметрами, середнім доплерівським  $\sigma f_D$  і Доплерівське розширення  $f_D$ . Середнє доплерівське значення — це середнє значення:

$$\overline{f_D} = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} f_D S_{HH}(f_D) d(f_D)}{\int_{-\infty}^{\infty} S_{HH}(f_D) d(f_D)} \quad (1.8)$$

Доплерівський розкид визначається як подвійна зміна доплерівського спектру, якщо доплерівський спектр вважати функцією щільності ймовірності.

$$\sigma f_D = 2 \sqrt{\frac{\int_{-\infty}^{\infty} f_D^2 S_{HH}(f_D) d(f_D)}{\int_{-\infty}^{\infty} S_{HH}(f_D) d(f_D)} - \overline{f_D}^2} \quad (1.9)$$

Чим вище значення доплерівського розкиду  $\sigma f_D$ , тим швидше відбуваються зміни в каналі і важче було б правильно прийняти переданий сигнал. Якщо доплерівське розповсюдження є менше, ніж пропускна здатність переданого сигналу, більша частина переданої потужності буде в смузі.[02]

## 1.2 Широкопasmовий аналіз антен

Перед вибором антени важливо враховувати коефіцієнт посилення. Підсилення - це міра того, яка частина вхідної потужності є інтенсивною в певному напрямку. Воно виражається відносно гіпотетичної ізотропної антени, яка випромінює однаково в усіх напрямках. Інтенсивність випромінювання ізотропної антени без втрат дорівнює потужності антени, поділеній на тілесний кут  $4\pi$ стерадіани.

Діаграма випромінювання антени описує відносну силу випромінюваного поля в різних напрямках від антени на постійній відстані. Діаграма діаграми випромінювання також є діаграмою направленості прийому, оскільки вона також описує властивості прийому антени. Наступний Рисунок 1.3. показує прямокутний графік діаграми діаграми випромінювання

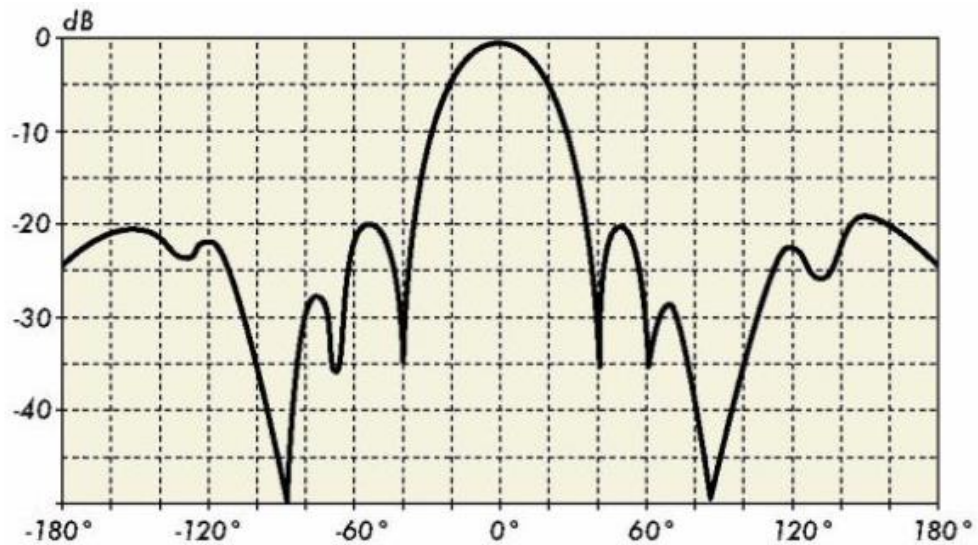


Рисунок 1.3 – Прямокутний графік діаграми випромінювання

Антенa має різний вхідний опір. Можливо, він має вхідний опір до 15 Ом або до 1000 Ом. Однак більшість передавачів мають вихідний опір 50 Ом або 75 Ом, а лінії передачі доступні лише з обмеженою кількістю характеристичного опору, тому необхідно трансформувати вхідний опір антени до того ж значення, що й характеристичний опір лінії передачі. Цей процес називається відповідністю. Існують різноманітні методи узгодження для антен[07].

Перед установкою або вибором будь-якої антени важливо подумати про поляризацію. З них можна виділити багато типів поляризації, напр.

- a. Лінійна поляризація.
- b. Кругова поляризація.
- c. Еліптична поляризація.

Розглянемо їх детальніше. Лінійна поляризація - антена лінійно поляризована, коли електричне поле коливається в одній площині. Існує два види лінійної поляризації. Коли електричне поле перпендикулярно до поверхні землі, це означає лінійну вертикальну поляризацію. Прикладом для цього є телевізійна вежа для амплітудної модуляції. Якщо електричне поле паралельне поверхні Землі, це означає лінійну горизонтальну поляризацію. Прикладом цього є

телевізійна передача. Рисунок 1.4 і рисунок 1.5. показує лінійну вертикальну поляризацію і лінійну горизонтальну поляризацію.

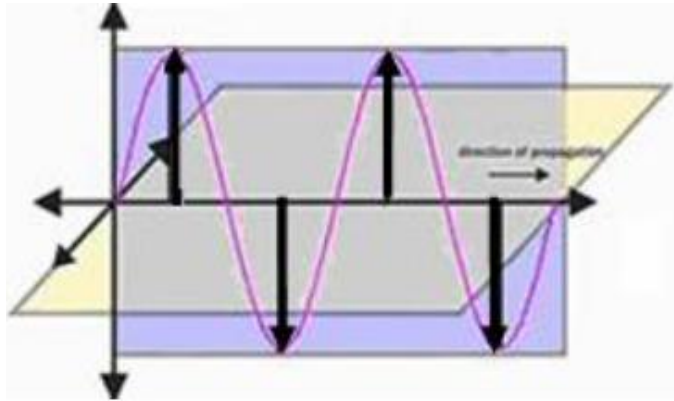


Рисунок 1.4 – Лінійна вертикальна поляризація

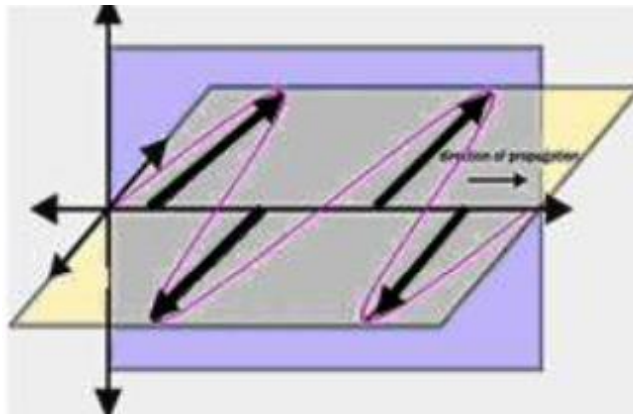


Рисунок 1.5 – Лінійна горизонтальна поляризація

Кругова поляризація. Антена циркулярно поляризована, коли електричне поле коливається як у горизонтальній, так і у вертикальній площині, як показано на Рисунок 1.6. Площина поляризації здійснює один повний обертальний рух протягом кожної довжини хвилі. Кругова поляризація також може бути класифікована на два види. (RHC) позначає праву кругову поляризацію, при якій обертання відбувається за годинниковою стрілкою. (LHC) позначає ліву кругову поляризацію, при якій обертання відбувається проти годинникової стрілки.

Кругова поляризація має багато переваг порівняно з лінійною поляризацією. Відбиваюча здатність, проблема фазування, багатопроменевість тощо є поширеними прикладами, які роблять кругову поляризацію кращою.[08]

Еліптична поляризація така ж, як кругова поляризація з різною амплітудою в площині. Рисунок 1.7. показує еліптичну поляризацію.

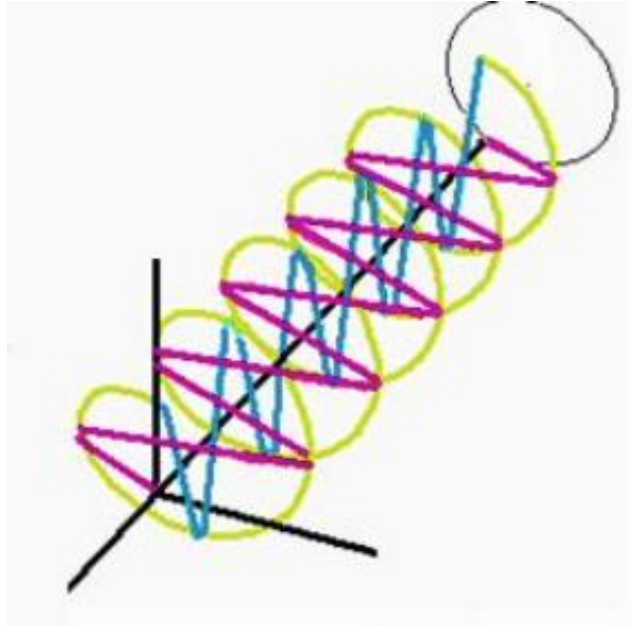


Рисунок 1.6 – Кругова поляризація

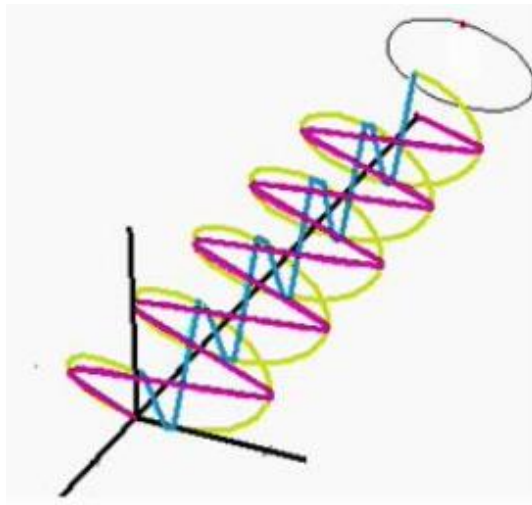


Рисунок 1.7 – Еліптична поляризація

### 1.3 Переваги широкого діапазону

Як зазначено, зараз ми хочемо інтегрувати багато послуг в один автомобіль, як-от особистий зв'язок, мовлення, навігація тощо. У майбутньому ми зможемо знайти повний офіс в автомобілі завдяки останнім доступним послугам. Припустимо, що ми в дорозі і можемо впоратися з багатьма проблемами, сидячи в автомобілі, ця річ полегшує життя. Для різних служб потрібні різні діапазони частот. Для цього нам потрібна кількість антен для роботи з усіма цими послугами. Особливо, якщо ми хочемо мати дуже базові послуги в нашому транспортному засобі, тоді транспортний засіб буде обладнано мінімум чотирма антенами. Це коштує грошей і може виникнути багато технічних проблем. Кількість кабелів, відстань, електромагнітна сумісність також входять до критеріїв проектування. Стабільність і руйнування також важливі речі, щоб антена була ідеально інтегрована у невидимому місці. Розглядаючи всі ці проблеми, найкращим рішенням для всіх є те, що ми повинні вибрати одну антену, яка повинна охоплювати діапазон частот, що працює у всіх відповідних діаграмах випромінювання. Для зазначеної мети проводяться численні дослідження, спрямовані на те, щоб зробити антени найменшими і дозволити їм працювати в багатьох діапазонах. Деякі підходи відповідають модифікованим резонансним елементам антени, таким як диполь, монополь. Монопольна антена особливо підходить для застосування в GSM. Віконна антена поєднується як для застосування GSM, так і для радіопослуг разом.

З плином часу з'являються нові послуги, такі як GPS, DAB, GSM. Отже, згадки про антени недостатньо для покриття всіх цих послуг. З'явилися деякі нові підходи, як-от дробова антена, мікросмужкова патч-антена, слотова антена та антена PIFA. Ці антени можна встановлювати на плоских поверхнях. Мікрополоскова патч-антена може використовуватися для радіопослуг і телебачення. Патч-антена може використовуватися для дводіапазонного

обслуговування GSM 900 і GPS. Антена PIFA розшифровується як мобільні послуги GSM 900/1800. Слот-антена підходить для мобільних послуг і навігаційного додатка. Фракційна антена може охоплювати багато послуг завдяки кількості антен, інтегрованих в одну панель.

Найбільш привабливою темою для широкопasmової антени в автомобілі є покриття як наземних, так і супутникових послуг. Антена повинна випромінювати перед автомобілем, а також у бік неба. Рисунок 1.8 показує необхідну діаграму випромінювання від автомобіля, яка може охоплювати обидва види послуг. Досягти такого різноманіття візерунка – досить солідна аплікація.



Рисунок 1.8 – Необхідна діаграма випромінювання

#### 1.4 Різні широкопasmові антени.

Кількість широкопasmових антен виходить після дослідження, кожна з яких містить різні характеристики відповідно до конструкції та техніки живлення. Деякі з них описані нижче з перевагами та недоліками.

Антенa Вівальді - це особливий тип TSA з експоненційним профілем спалаху. Антенa Вівальді, як показано на рисунку 1.9, є членом класу періодичних безперервно масштабованих антенних структур біжучої хвилі[09].

Ці антени складаються з конічної щілини, витравленої на тонкій металевій плівці. Це робиться з або без діелектричної підкладки на одній стороні плівки. Крім ефективності та малої ваги. Найпривабливішими особливостями конічної щілини антени (TSA) є те, що вони можуть працювати на великій смузі частот і виробляти симетричний кінцевий промінь із значним посиленням і низькими бічними пелюстками [10]. Антена з конічними щілинами (TSA) зазвичай має широку смугу пропускання, високу спрямованість і здатна створювати симетричні діаграми випромінювання. Основною проблемою антени Вівальді є її діаграма випромінювання. Він не підходить для транспортного засобу, щоб охопити максимальні послуги, оскільки він випромінює в напрямку кінцевого вогню. Тому через випромінювання, паралельне поверхні антени, не підходить для використання в автомобілі.

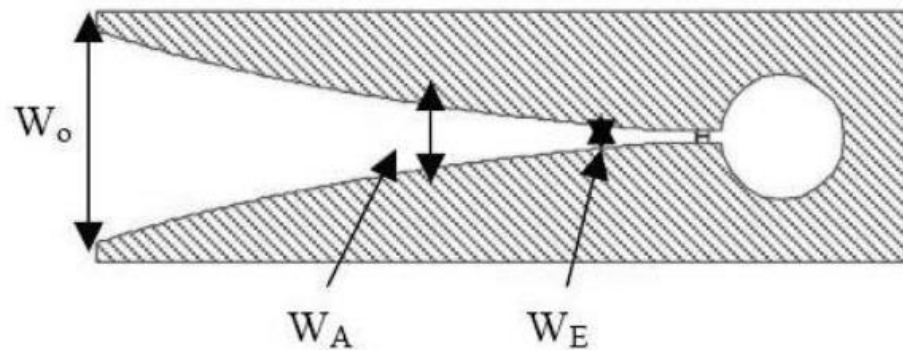


Рисунок 1.9 – Антена Вівальді

$W_E$  - ширина вхідного отвору,  $W_A$  - ширина отвору в області випромінювання,  $W_O$  - ширина вихідного отвору.

Антена метелика, як показано на Рисунок 1.10. є простим дизайном. Широкопasmова антена-метелик виготовлена з двостороннього листа металу з подачею на вершині. Цей тип антени не залежить від частоти, якщо вона простягається до нескінченності з обох боків [11]. Він має кінцевий зазор між точками живлення та кінцевий розмір, що призведе до обмеженої пропускну

здатності, однак зазвичай антену можна відключити без значного впливу на шаблон або імпеданс. Експериментальні дослідження показують, що відстань до площини зображення та кут відблиску впливають на смугу пропускання антени. Антена демонструє односпрямовану діаграму спрямованості з розширеною смугою пропускання, меншим зворотним випромінюванням і низькою перехресною поляризацією в робочому діапазоні. Ця антена краще працює на низьких частотах, але діаграма випромінювання стає нестабільною на високих частотах, тому її не вдалося інтегрувати в автомобіль.

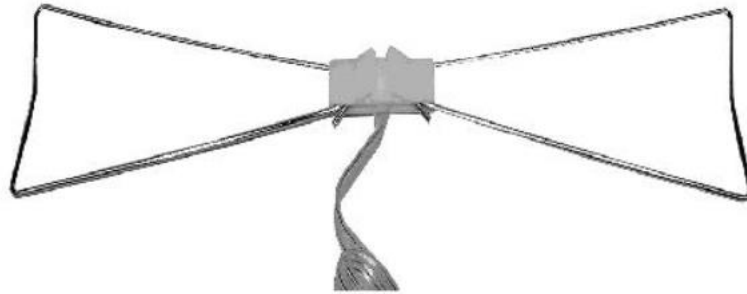


Рисунок 1.10 – Антена метелика

Біоконічна антена складається з дроту з розташуванням двох конічних провідників. Він має широку смугу пропускання для певного широкого діапазону частот, залежно від його структури та живлення. Це частотно-незалежна антена. Він також містить постійний опір на вході. Ця антена громіздка, тому її неможливо інтегрувати в автомобіль[12].

Логперіодична антена містить багатоелементну, як показано на Рисунок рисунок 1.11. Це односпрямована, вузькопроменева антена. Імпеданс і характеристики випромінювання залежать від логарифмічної функції частоти збудження. Періодична логарифмічна антена використовується в ряді додатків, де потрібна широка смуга пропускання разом із спрямованістю та помірним рівнем посилення.

Періодична логарифмічна антена може існувати в кількох формах. Найпоширенішим є логарифмічна періодична дипольна решітка (LPDA).[13] Антена побудована з кількістю дипольних елементів. Типовий приклад антени цього типу, забезпечує посилення від 4 до 6 дБ у пропускній здатності 2:1, зберігаючи рівень КСВ (коефіцієнт стоячої хвилі) краще ніж 1,3:1. Завдяки такому рівню продуктивності він ідеально підходить для багатьох застосувань. Через діаграму спрямованості, паралельну поверхні антени, не підходить для використання в автомобілі.

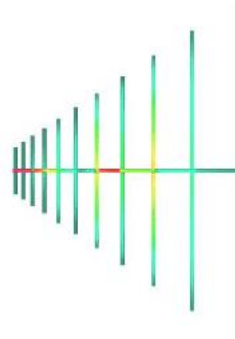


Рисунок 1.11 – Логперіодична антена

Спіральна антена є одним з основних прикладів широкосмугової антени. Спіральні антени є структурами біжучої хвилі і добре відомі своєю широкосмуговою продуктивністю. Ця широкосмугова функція спіральної антени робить її привабливим вибором, де одна антена відіграє життєво важливу роль для надсилання/приймання по різних каналах. Пропускна здатність 5:1 або 10:1 легко отримати, а стабільний вхідний опір досягається за рахунок самодоповнюючої геометрії.[14] Підсилення антени та діаграма випромінювання є ще одним аспектом широкосмугової антени. Спіральна антена має прийнятне посилення і діаграму спрямованості для автомобіля. На рисунок 1.12, на рисунок 1.13 на рисунок 1.14 показано три основні види спіральних антен. Три антени відрізняються за діаграмою спрямованості та технікою

живлення. З точки зору естетики, двостороння спіральна антена та чотирьохканальна спіральна антена підуть на симпозіум.

Архімедову спіраль також можна розпізнати за назвою Арифметична спіраль. Він показує фіксовану точку, яка є початковою точкою, а потім змінюється обертально з постійною кутовою швидкістю від фіксованої точки до кінця.



Рисунок 1.12. Двоканальна спіральна антена



Рисунок 1.13. Спіральна антена з чотирма каналами



Рисунок 1.14. Конічна спіральна антена

Вхідний опір самокомплементарної антени можна знайти за принципом Бабінця, що дає [15].

$$Z_{metal}Z_{air} = \frac{\eta^2}{4} \quad (1.10)$$

де  $\eta$  представляють характерний опір середовища, що оточує антену. У вільному просторі вхідний опір антени стає

$$Z_{air} = \frac{\eta_0}{2} = 188,5 \quad (1.11)$$

Архімедова спіраль Довжина антени змінюється з постійною кутовою швидкістю, тому вона стає лінійно пропорційною куту, який можна описати за допомогою наступного рівняння у відношенні

$$r = r_0\phi + r_1 \text{ and } r = r_0(\phi - \pi) + r_1 \quad (1.12)$$

$r_1$  показує внутрішній радіус спіралі. Пропорційна константа  $r_0$  залежить від ширини плеча, і її можна знайти за шириною плеча 'w' та відстанню між кожним витком 's', яке для самодоповнюючої спіралі визначається як

$$r_0 = \frac{s+w}{\pi} = \frac{2w}{\pi} \quad (1.13)$$

ширину смуги можна оцінити за наступним рівнянням

$$s = \frac{r_2 - r_1}{2N} - w = w \quad (1.14)$$

Розглядаючи антену як самостійний простір і ширину можна знайти як

$$s = w = \frac{r_2 - r_1}{4} \quad (1.15)$$

де  $r_2$  – зовнішній радіус спіралі,  $N$  – кількість витків. Наведене вище рівняння описує двоканальну архімедову спіраль. Ширина чотриканальної спіралі, можна знайти наступне рівняння

$$W_{4-arm} = \frac{r_2 - r_1}{8N} \quad (1.16)$$

і константа пропорційності

$$r_{0,4-arm} = \frac{4w}{\pi} \quad (1.17)$$

коли окружність спіралі дорівнює одній довжині хвилі, тоді спіраль починає випромінювати в цій області, кожне плече спіралі подається на 180 градусів з фазою, тому, коли кола спіралі дорівнює одній довжині хвилі та струм у додаткових або протилежних точках на кожному плечі спіралі додати в фазі в далекому полі. Низькочастотна робоча точка спіралі теоретично визначається зовнішнім радіусом і визначається як

$$f_{low} = \frac{c}{2\pi r_2} \quad (1.18)$$

де  $c$  - швидкість світла. Аналогічно високочастотна робоча точка заснована на подачі внутрішнього радіусу

$$f_{high} = \frac{c_0}{2\pi r_2} \quad (1.19)$$

На практиці нижча частота буде більшою, ніж передбачено рівнянням (1.18), через відображення на кінці спіралі. Відбиття можна мінімізувати, використовуючи резистивне навантаження на кінці кожного плеча або додаючи втрати провідності до деякої частини зовнішнього витка кожного плеча. Крім того, межа високої частоти може бути меншою, ніж знайдено з (1.19) через вплив області живлення [15].

## 2 ІНТЕГРАЦІЯ ШИРОКОСМУГОВОЇ СПІРАЛЬНОЇ АНТЕНИ В АВТОМОБІЛЬ

### 2.1 Компланарне хвилеводне живлення

Режим CPW зазвичай є бажаним режимом у схемах, заснованих на компланарних лініях, оскільки це режим квазі-ТЕМ.[16] Компланарний хвилевод - це простий провідник, який відокремлений від пари заземлення. Три лінії розміщені на верхній частині діелектричного середовища. Рисунок 2.1. показує компланарний хвилевод із трьома лініями. Лінія в центрі використовується для провідника, а дві інші паралельні лінії використовуються для заземлення. На діаграмі « $\llcorner$ » показує зазор між провідником і лініями заземлення, « $w$ » показує ширину провідника, а « $L$ » показує довжину провідника та ліній заземлення. Ці параметри відіграють важливу роль для узгодження на вхідному опорі. Таким чином, ці змінні можна змінювати відповідно до вхідного опору.

Спіральна антена може використовуватися для автомобільних застосувань. В якості необхідних послуг в автомобілі необхідно, щоб антена випромінювала в двох режимах. Одні можуть охоплювати наземні послуги, а інші можуть охоплювати супутникові послуги, і це може статися, використовуючи компланарну хвилеводну мережу живлення в центрі спіралі. У відповідь антена буде працювати в подвійному режимі. Найкращим вибором для цієї роботи є спіраль із чотирма ланцюгами, а компланарна лінія електропередачі підключена ортогонально до спіралі. Провідна лінія компланарної буде живитися до двох плечей спіралі. Ці два плечі стануть короткими після подачі компланарної провідної лінії. І наземні лінії компланарного підійдуть до спокою двох рукавів спіралі.

Рисунок 2.2. показує знаки плюс і мінус, що означає, що між сусідніми рукавами існує різниця фаз у  $180^\circ$ . Коли хвиля рухається назовні, фазове

співвідношення між протилежними і зміщеними на 90 градусів положеннями залишається незмінним. Для того, щоб струми в сусідніх рукавах були у фазі, електричний зсув фаз між геометрично зміщеними на 90 градусів положеннями має становити 180 градусів. Отже, випромінювання виникає на радіусі (заштрихована зона на Рисунок 2.1.), де окружність становить дві довжини хвилі. Оскільки струми на протилежних рукавах просторово знаходяться в протифазі, випромінювання в напрямку зеніту (ортогональній площині спіралі) скасовується, тоді як максимум випромінювання знаходиться у напрямку підйому від 40 до 50 градусів [17]. Рис 2.3. показує необхідну діаграму спрямованості у відповідь компланарного хвилеводного живлення.

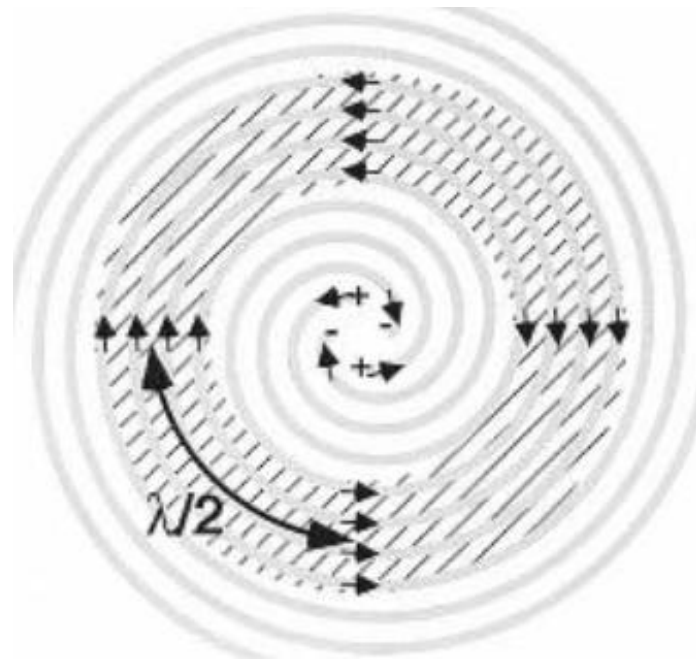


Рисунок 2.1 – Фаза



Рисунок 2.2 – Необхідний шаблон

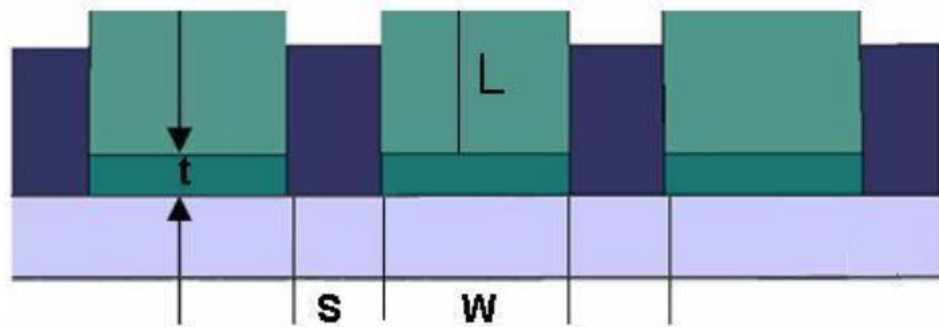


Рисунок 2.3 – Компланарний хвилевод

## 2.2 Розміщення антени в автомобілі

Найкраще місце для такого типу діаграми випромінювання - вибрати переднє скло автомобіля або заднє скло автомобіля. Рис 2.4. показує положення антени в автомобілі. Якщо спіральну антену розмістити в цьому положенні з компланарним хвилеводним живленням, то діаграма діаграми випромінювання в цьому положенні буде такою ж, як на Рисунок 2.5. Один промінь може охоплювати наземні служби, а інший промінь може бути корисним для супутникових служб.



Рисунок 2.4 – Положення антени



Рисунок 2.5 – Схема випромінювання в положенні

Переднє скло має мати дзеркало заднього вигляду, тому мережа живлення може сховатися за допомогою цього дзеркала, а водій також не має перерв у водінні. Така ж ситуація має бути з заднім дзеркалом, якщо антена встановлюється на заднє дзеркало.

Техніка проектування антени, яка називається синтезом антени, використовується для розробки систем зв'язку з однією і кількома антенами С2С.

У центрі уваги були відповідні сценарії безпеки дорожнього руху, в яких C2C можна використовувати для виявлення та запобігання потенційним небезпекам. Зокрема, у таких сценаріях застосування виникає питання, які положення антен і які види випромінювання слід використовувати. Було досліджено декілька позицій антен, які мають особливе значення для автомобільної промисловості, враховуючи специфічні конструктивні обмеження, пов'язані з місцем розташування. На підставі цієї оцінки зроблено наступний висновок:

Аналіз показує, що так званий ефект каньйону виникає особливо в слабких каналах. Таким чином, найрізноманітніші компоненти-континенти прибувають або йдуть у напрямку руху. Таким чином, синтез визначає ці сфери як найважливіші. Таким чином, коефіцієнт посилення антени може бути використаний (приймачем) для збільшення відношення шумового сигналу в системі SISO. При оцінці розташування антени антени, які можуть охопити цей напрямок, мають найвищу пропускну здатність. Це дах, бічні дзеркала, переднє скло та передня стійка.

Використання двох різних антенних точок з великим просторовим відривом призводить до значного збільшення пропускну здатності. Якщо метою проектування системи є підвищення надійності, рекомендується поєднувати розташування антен з додатковими хорошими і поганими каналами передачі. У цьому дослідженні комбінація антени всередині переднього бампера з антеною в лівому або правому бковому дзеркалі досягла найвищої потужності в більшості розглянутих каналів.

### **2.3 Прозорий матеріал**

Під час виробництва автомобіля необхідно враховувати естетичні причини. Вбудована в автомобіль антена може зіпсувати зовнішній вигляд. Оптична

прозора антена є одним із видів вирішення цієї проблеми. Оптичні прозорі антени мають багато застосувань для бездротового або автомобільного застосування. Прозору антenu можна вмонтувати на скло автомобіля. Для виготовлення такої антени необхідний оптично прозорий провідник.

Прозорий струмопровідний матеріал має прозорість, як скло. Як скляна антена для автомобіля формується шляхом розміщення антенного провідника в або на скляній панелі, яка становить віконне скло в мобільному. Скляна антена має прозору електропровідну плівку, оскільки провідник антени вважається кращим, тому що він не заважає полі зору водія і не заважає водію на відміну від звичайного лінійного провідника антени. Доступно багато прозорих провідних матеріалів, які можна використовувати для конструкції антени.

ІТО (Оксид Індію-олова) - це провідний прозорий матеріал, який може працювати для антени. Він має низький питомий опір листа і високу прозорість. Через високу вартість цього матеріалу ми не будемо включати його в цей проект.

Зазвичай полімери називають ізолятором. Проте існує особливий клас полімерів — полімерів, що провідні, — які мають рівні провідності між напівпровідником і металом. Таке поєднання є абсолютно новим в електронній промисловості. Цей матеріал може допомогти в багатьох електронних проектах.

З полі(3,4-етилендіокситіофеном) або коротко названим PEDT або PEDOT - доступний під торговою назвою CLEVIOS-H.C. Компанія Starck розробила останнє покоління електропровідних полімерів, які характеризуються видатними властивостями. Матеріал має хімічну назву Полі (3, 4-етилендіокситіофен) полі (стиролсульфонат) водна дисперсія [18] Матеріал, який буде використаний для виготовлення спіральної антени, називається CLEVIOS P HC V4, що має провідність 400 См/см. Фізичні дані для CLEVIOS P HC V4 наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Фізичні дані Прозорий матеріал (CLEVIOS P HC V4).

Параметр	Значення
Форм	рідина
Запах	без запаху
Колір	темно-синій
Провідність	min. 200 с/см
Міцність	1,0 до 1,4
В'язкість	Від 100 до 350 мПа·с
рН	1,5-2,5 при 20°C
Щільність	1 г/см <sup>3</sup> при 20°C
Співвідношення PEDT :PSS	1 : 2,5 (за вагою)
Температура	приблизно 100°C

## 2.4 Програмне забезпечення

CST Studio Suite®( технологія комп'ютерного моделювання) – це високопродуктивний пакет програмного забезпечення для ЕМ-аналізу в 3D, призначений для проектування, аналізу та оптимізації електромагнітних компонентів та систем.

Вирішальні програми для всього спектру електромагнітних полів доступні в єдиному інтерфейсі користувача пакету CST Studio Suite. Ці вирішальні програми можна поєднувати для гібридної симуляції, що дає інженерам можливість ефективно та швидко аналізувати цілі системи, що складаються з безлічі компонентів. Спільне проектування з використанням інших продуктів SIMULIA дозволяє інтегрувати ЕМ-симуляцію в процес проектування та керувати процесом розробки з ранніх етапів.

До найбільш поширених предметів ЕМ-аналізу відносяться продуктивність та ефективність антен та фільтрів, електромагнітна сумісність та перешкоди (ЕМС/ЕМП), вплив людського тіла на електромагнітні поля, електромеханічні ефекти в двигунах та генераторах, а також теплові ефекти у пристроях високої потужності.

CST Studio Suite використовується у провідних технологічних та інженерних компаніях по всьому світу. Це рішення забезпечує значні переваги на ринку, скорочуючи цикли розробки та витрати. Симуляція дозволяє використовувати віртуальне прототипування. Можна оптимізувати продуктивність пристрою, виявляти потенційні невідповідності нормативним вимогам та усувати їх на ранніх етапах процесу проектування, зменшити кількість необхідних фізичних прототипів та звести до мінімуму ризик помилок та відгуків продукції.

## 2.5 Попередня робота

Існує багато досліджень, проведених на Спіральній антені для автомобільних програм. Однією з них є [19]. У цьому проекті спіральна антена використовується для автомобільного застосування. Завдяки широкосмуговій антені вона покриває максимальні послуги. У цьому проекті матеріал Пека використовується як провідник, а копланарний хвилевід - для живлення. Roger 5880 використовується для субстрату. На Рисунок 2.6 показано відповідність для необхідних частот.

Результати свідчать про хороше зіставлення супутникових та наземних послуг. Рисунок 2.7 показує структуру випромінювання у супутниковому та наземному режимах.

Він працює в обох режимах. Через його фізичну конструкцію антена поміщається в багажник автомобіля, тому що потрібно сховати антену. Відповідно до конструкції антенного ствола є максимальним місцем для приховування антени. Але все ж таки це впливає на критерії дизайну автомобіля. У моєму проекті мені потрібно сховати антену якнайбільше. І також потрібно знайти різні способи годування, щоб приховати це від очей, також мені потрібно знайти прозорий матеріал замість матеріалу PEC.

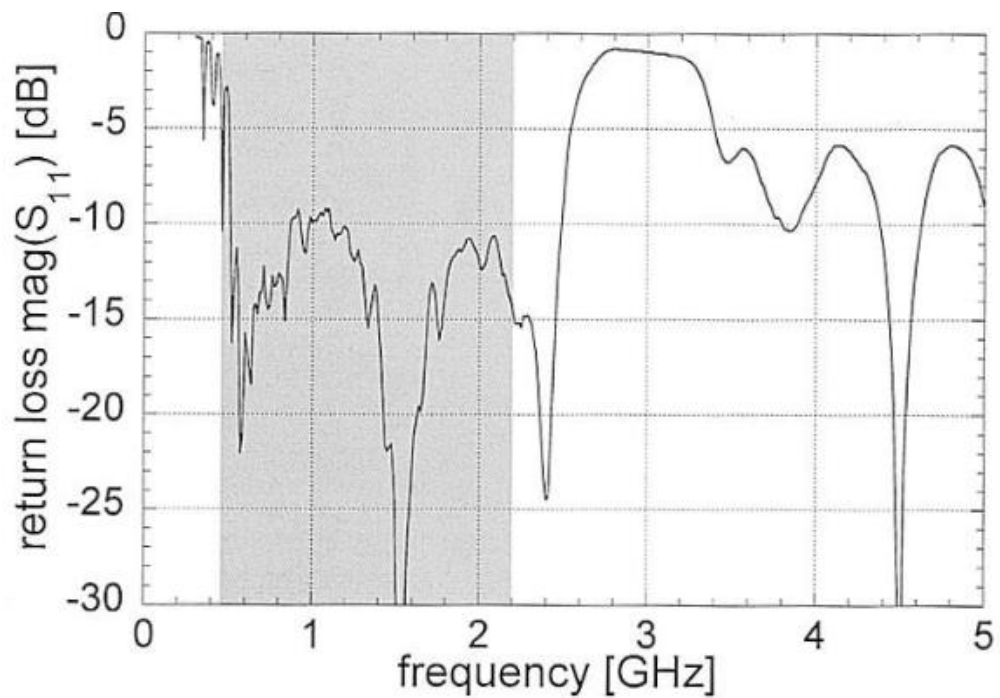


Рисунок 2.6 – Узгодження попередньої роботи

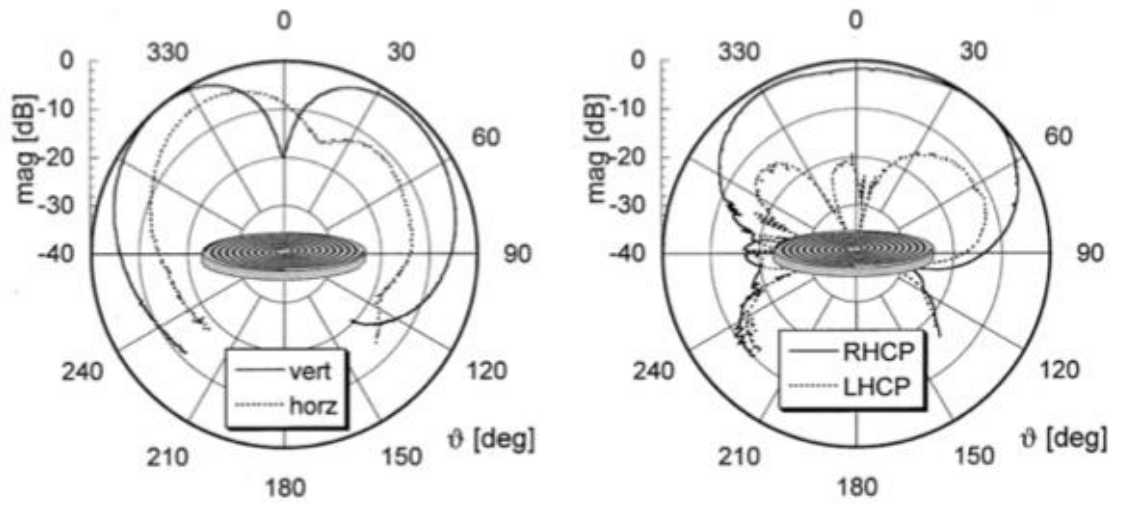


Рисунок 2.7 – Радіаційні режими попередньої роботи.

## 2.6 Безпека та конфіденційність даних

Забезпечення CAR 2 CAR Communication є необхідною передумовою для його розгортання та використання в реальному світі. Необхідно досягти трьох основних цілей:

- Вся інформація, що передається в мережі, має бути правильною та достовірною.
- Система C2C-CC має бути надзвичайно міцною і не повинна працювати.
- Повинна бути забезпечена конфіденційність учасників системи C2C-CC.11 Крім цієї технічної роботи, безпека в C2C-CC розглядає різні сфери подальшого обговорення

Метою механізмів безпеки є забезпечення прийняття та довіри до них системи кінцевим користувачем, який довіряє системі.

Поточні стандарти слід враховувати та належним чином застосовувати до проектування системи. За необхідності стандарти необхідно розширити або створити нові.

На додаток до чисто ad hoc зв'язку, інтеграція комунікаційних інфраструктур та телекомунікаційних платформ у загальну архітектуру системи має бути належним чином налаштована.

Таким чином, обговорення керуються комерційними вимогами, які передають бізнес-моделі та операційні концепції, партнерства та правила.

Законодавчі аспекти мають стосуватися питань конфіденційності, правоохоронних органів та відповідальності. З технічної точки зору, для досягнення перших двох основних цілей, тобто надійних

поширення інформації та надійність, мережа С2С-СС повинна бути захищена від різних видів атак. Аналізуючи загрози для цього особливого типу мережі, атаки «Відмова в обслуговуванні», генерування підроблених повідомлень або підробка повідомлень потребують особливої уваги.

Надзвичайно важливо забезпечити цілісність повідомлення - ризикований маневр водіння, заснований на неправдивій інформації повідомлення, може бути фатальним - а аутентифікація відправника в багатьох випадках не потрібна.

Для додатків, що допомагають і запобігають зіткненням, рішення безпеки С2С-СС все ще має забезпечувати комунікацію з низькою затримкою. Це важлива вимога, оскільки застосування криптографічних методів може створити значні обчислювальні витрати. Отже, неможливо прийняти протоколи безпеки, які передбачають напружену перевірку або процеси взаємодії.

Механізми безпеки зазвичай не повинні з'являтися на прикладному шарі. Однак надзвичайно важливо, щоб програми отримували від інших транспортних засобів або від інфраструктурних об'єктів інформацію з певним рівнем достовірності. Це, крім цілісності (знаючи, що повідомлення не було

підроблено несанкціонованим способом, див. вище), вимагає отримання його з надійного джерела. Хоча надійна ідентифікація та аутентифікація відправника не є метою тут, вона все одно може бути певною мірою необхідною і конкурує з метою забезпечення конфіденційності водія/транспортного засобу. Анонімна аутентифікація повідомлень повинна бути в ідеалі можливою.

Зокрема, для встановлення довіри можна застосовувати в основному криптографічні заходи, а також засоби перевірки правдоподібності та перехресної перевірки. Залишається з'ясувати, як криптографічні засоби можна збалансувати з програмними алгоритмами, такими як перевірка правдоподібності. Такі питання, як споживання радіоресурсів, потужність обробки, вимоги до апаратного забезпечення (наприклад, коли стають необхідні пристрої із захистом від несанкціонованого доступу), потребують подальшого дослідження.

Крім того, програми не повинні вважати, що окремі транспортні засоби завжди можна ідентифікувати за якимось унікальним кодом, який відкрито повідомляється. Щоб захистити конфіденційність та запобігти запису моделей руху тощо, скоріше слід припустити, що для транспортних засобів встановлюються динамічні ідентичність і навіть динамічні сертифікати для регулярного ефірного зв'язку.

Потенційний підхід – покладатися на придорожню інфраструктуру. Це буде підключено до магістралі IPv6. Транспортні засоби можуть безпечним способом отримувати оренду для тимчасових призначень IPv6-адрес і використовувати ці випадково призначені адреси IPv6 як тимчасові ідентифікатори.

Довірений орган, який видає тимчасові, анонімні, але унікальні сертифікати на транспортні засоби, може стати наріжним каменем для збалансованої концепції безпеки C2C-CC. З цих ранніх і грубих вимог робота

просувалася в двох напрямках, технічному та нетехнічному, як направляючи, так і живлячи один одного.

Технологічний підхід C2C-CC різноманітний і включає радіо, мережеві та інформаційні технології. Комбінація та інтеграція цих аспектів призводить до системної архітектури, яка розглядає транспортні засоби як зв'язуючі та взаємодіючі. У цій архітектурі транспортні засоби можуть спілкуватися з придорожньою комунікаційною інфраструктурою, а також між собою.

Коопераційна поведінка транспортних засобів у спілкуванні дозволяє використовувати нові принципи комунікації, коли транспортний засіб утворює спонтанну мережу з іншими транспортними засобами, що знаходяться поблизу. Тоді транспортний засіб є не лише джерелом інформації чи поглиначем, а й розповсюджувачем інформації.

### 3 РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ, ТЕСТУВАННЯ РОЗТАШУВАННЯ ШИРОКОСМУГОВИХ АНТЕН НА АВТОМОБІЛЯХ. ПОРІВННЯ ДВО- ТА ЧОТИРЬОХ-КАНАЛЬНИХ АНТЕН.РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ

#### 3.1 Сценарій LOS

У міському сценарному середовищі багато будівель, і багато паркувальних транспортних засобів змодельовано. Вимірювання базується на двох автомобілях, один з антеною передавача, а інший з антеною приймача. Антена вбудована під автомобіль з всепрямованим випромінюванням. Рис 3.1. показує міське сценарне середовище. Якщо порівнювати з автомобільним транспортом, то він має величезний вплив на трафік. Цей сценарій розроблений так само, як і вимірювальний трек, який буде розглянуто в наступному розділі.

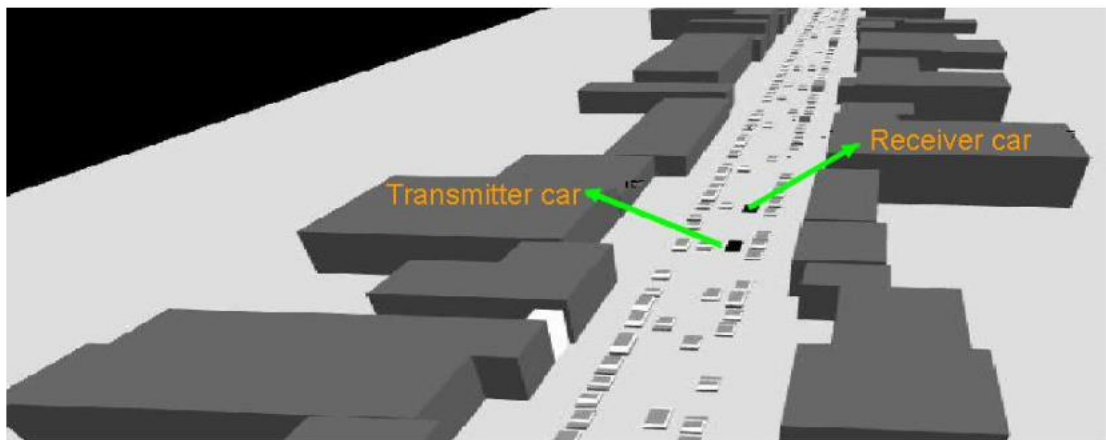


Рисунок 3.1 – Сценарій LOS

Максимальна швидкість для передавача і приймача становить 40 км/год. Відстань між обома автомобілями починається з 47,8 м, а потім змінюється з часом, відстань зближується з кожною секундою і, нарешті, досягає 38,2 м. Зміна відстані щодо руху.

Довготривале завмирання можна назвати повільним згасанням, і воно викликається наявністю великих стаціонарних перешкод, які викликають відбиття, розсіювання та дифракцію. На Рисунок 3.2 показаний результат моделювання трасування променів для тривалого загасання.

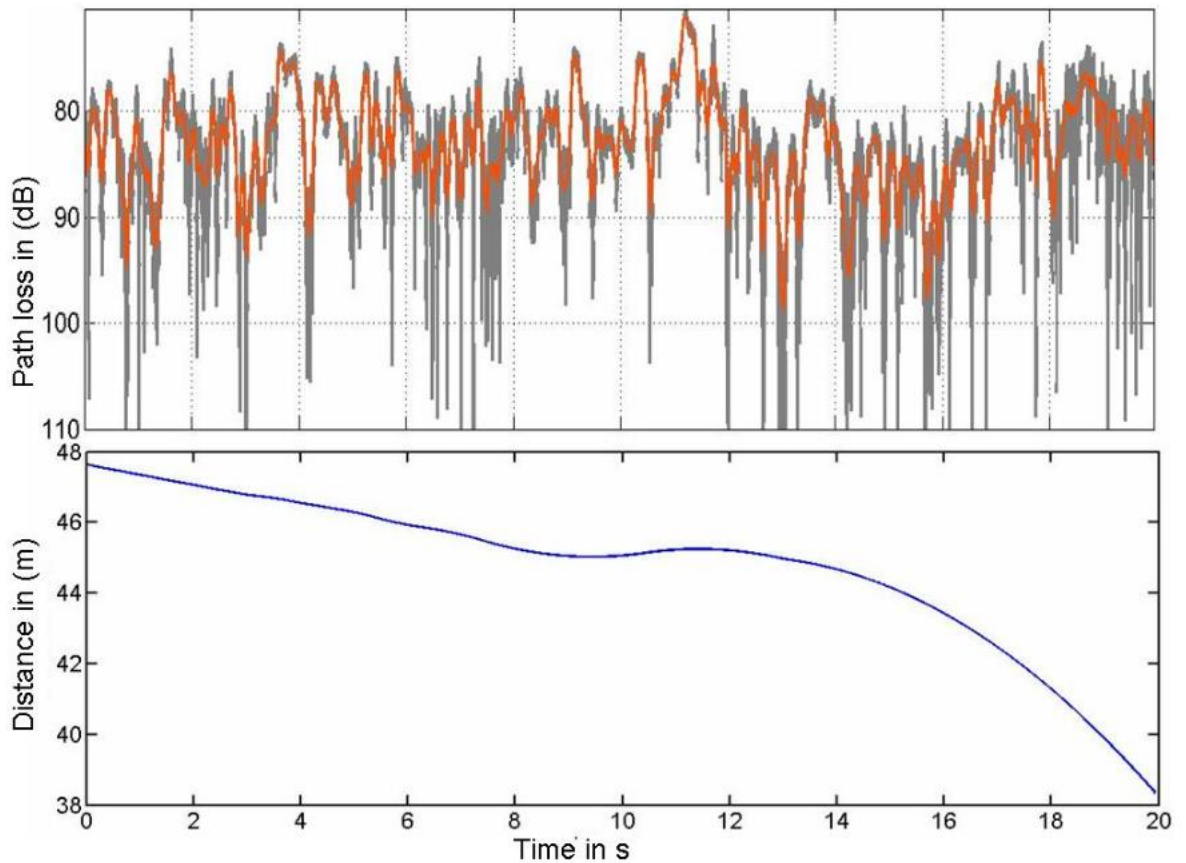


Рисунок 3.2 – Довгострокове згасання для випадку LOS.

Вище на рисунку містяться два графіки, верхній графік показує втрати на шляху в дБ, а нижній графік показує відстань між двома автомобілями під час 20-секундної їзди в симуляції. Сірий колір на верхньому графіку символізує втрату шляху між двома автомобілями, а оранжевий колір на верхньому графіку символізує повільне згасання, що є середнім значенням втрати на шляху. Під час 20-секундної симуляції відстань між обома транспортними засобами починається з 47,8м, а потім опускається до 38,2 м. У цьому сценарії змодельовано багато

будівель і багато припаркованих транспортних засобів. Антена приймача отримала суму відбитого сигналу від різних навколишніх об'єктів. За 12 секунд відстань між двома автомобілями становить близько 46 м, і сигнал на цьому етапі є конструктивним. Вже на наступній секунді відстань між двома автомобілями зменшується, але втрати на шляху збільшуються через руйнівні перешкоди. Середні втрати в тракті зберігаються в межах від 80 дБ до 90 дБ, результовані втрати в тракті можуть працювати для реального середовища.

Короткочасне згасання також може представляти швидке згасання. Короткочасне загасання виникає, коли приймач отримує кілька сигналів і викликає швидку зміну сигналу на приймачі протягом короткого інтервалу. Він має високу ймовірність втрати даних у разі швидкого падіння сигналу. Швидке згасання для LOS показано на Рисунок 3.3

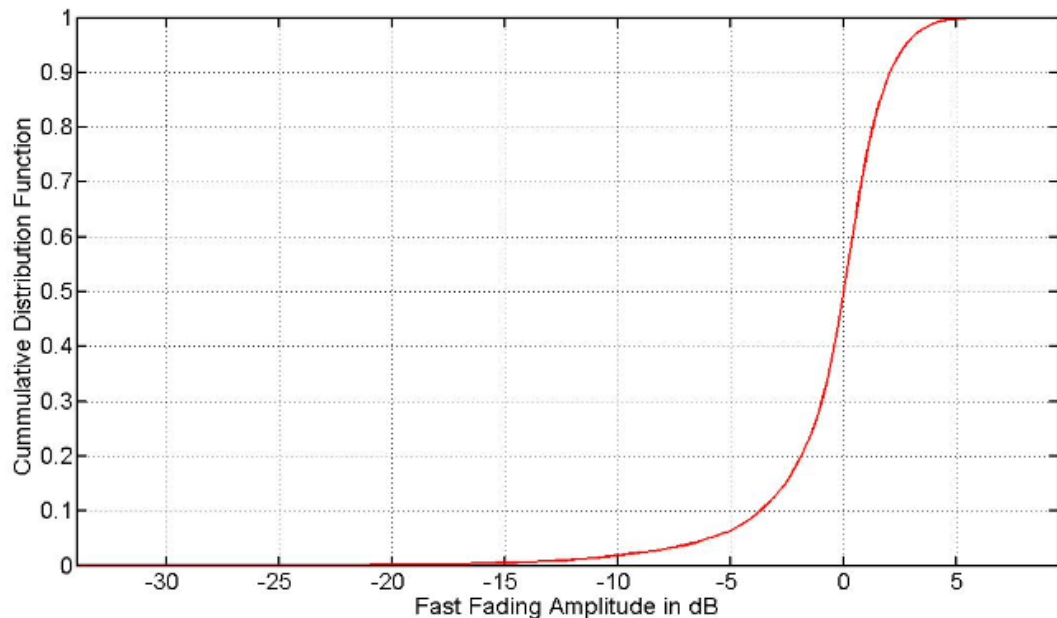


Рисунок 3.3 – Короткочасне згасання для випадку LOS.

Швидке згасання можна пояснити різними формами, цей графік пояснює функцію CDF, яка показує, що сигнал має однакове або менше значення, ніж визначене значення, а також він показує ймовірність відхилення від локального

середнього значення сигналу. З графіка видно високі коливання сигналу. Максимальна частина сигналу знаходиться на відстані від 0 дБ, а зміна досягає -15 дБ. Велика ймовірність втрати даних.

### 3.2 Сценарій NLOS

Друге моделювання засноване на NLOS - це означає, що один транспортний засіб рухається між транспортним засобом-передавач і транспортним засобом-приймачем. Це також міське сценарне середовище, багато будівель і багато автомобілів паркуються в оточенні з величезним впливом транспорту. Цей сценарій є моделлю на основі треку вимірювань. Рис 3.4. показує міське сценарне середовище для NLOS.

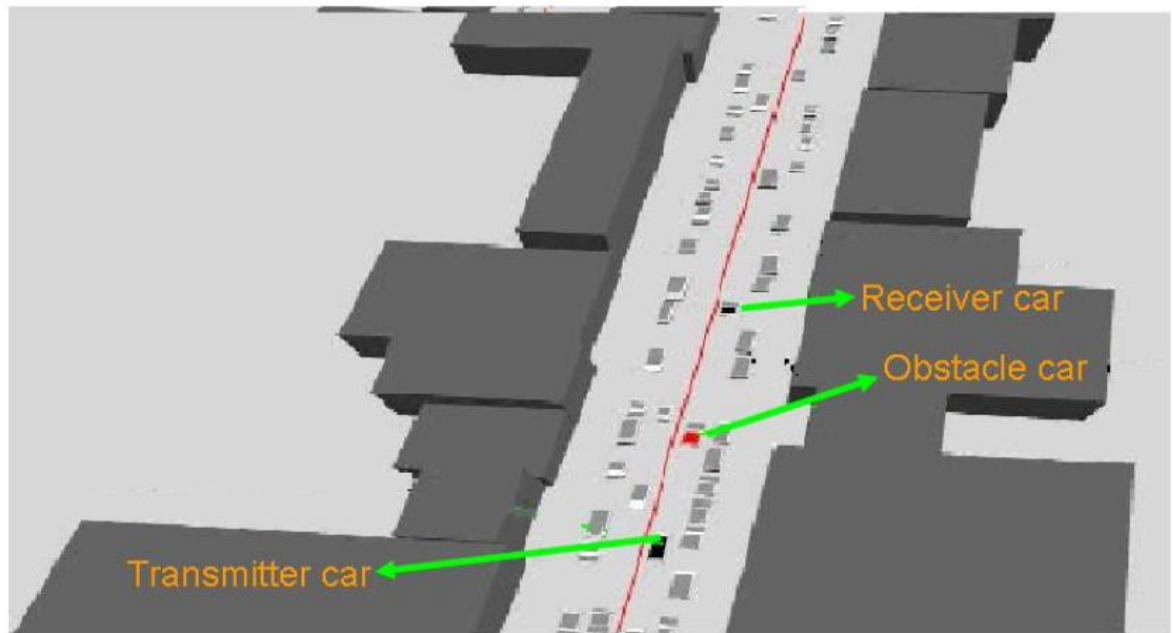


Рисунок 3.4 – Сценарій NLOS

Швидкість обох автомобілів, передавача і приймача 40 км/год. Відстань між обома автомобілями спочатку починається від 53,5 м, а потім змінюється до 57 м максимум. Через короткий час відстань повільно зменшувалася і досягла

51,2 м між передавачем і приймачем автомобілів. Протягом усієї подорожі між обома автомобілями залишається один автомобіль.

Як було описано раніше, тривале згасання або повільне згасання спричиняють наявність великих стаціонарних перешкод, які викликають відбиття, розсіювання та дифракцію. Рис 3.5. показує довгострокове згасання для випадку NLOS.

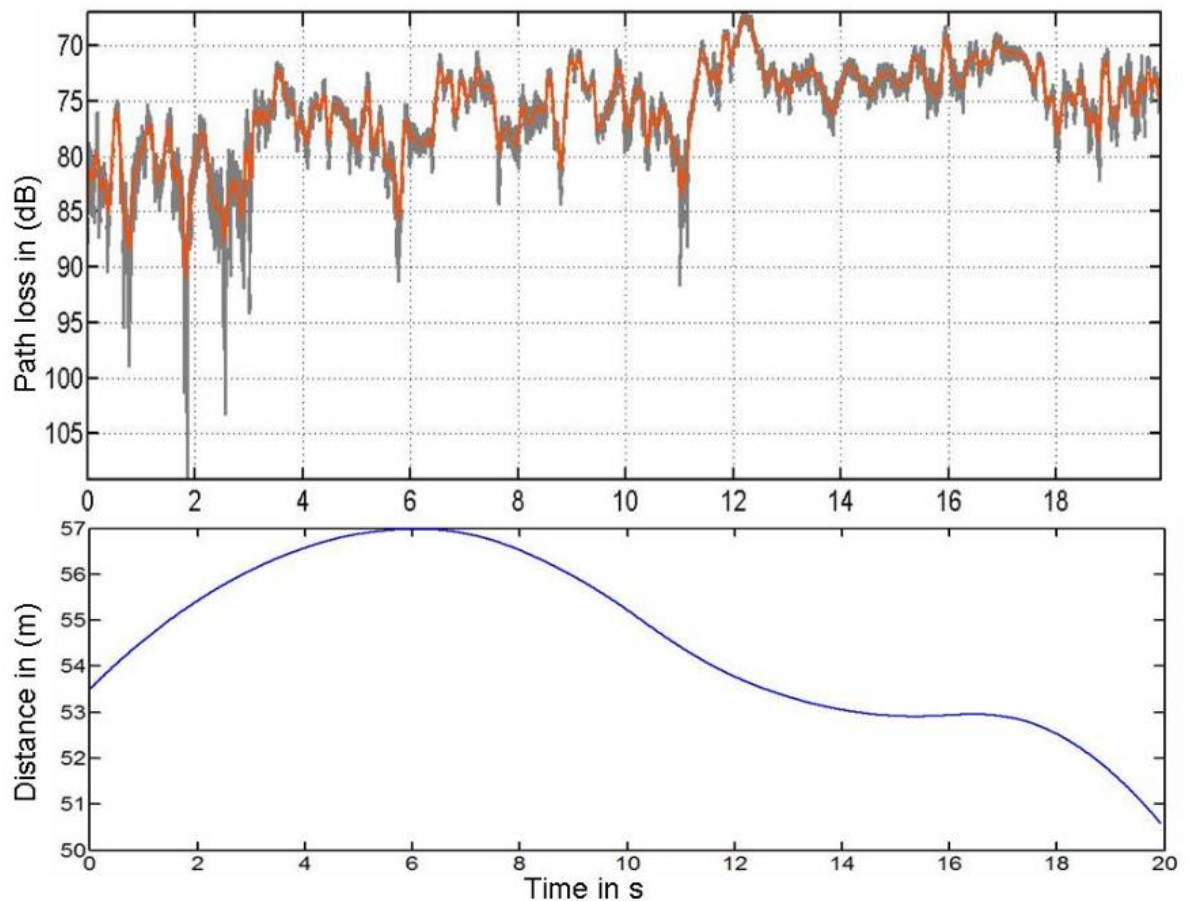


Рисунок 3.5 – Довгострокове згасання для випадку NLOS.

Графік містить 20-секундну симуляцію, яка показує втрату шляху, як і графік LOS, оранжевий колір показує середнє значення, а сіра лінія показує загальні втрати на шляху. Спочатку втрати в тракті коливаються від 75 дБ до 90 дБ. Через зменшення відстані втрати на шляху скорочуються на короткий час через вплив транспортного засобу між передавачем і приймачем на силу сигналу.

При максимальному зазорі показано один пік максимальних втрат на трасі, який виникає через 6 с. У наступний момент з'являється конструктивний сигнал, який з плином часу зменшується, а втрати на шляху також зменшуються. З цього можна зробити висновок. NLOS має кращий результат порівняно з LOS, це могло статися завдяки конструктивному сигналу, сформульованому відбиттям від транспортного засобу між ними, що відіграє в даному випадку позитивну роль. Також обидва машини, передавач і приймач мають розрив інших автомобілів і на даний момент жоден автомобіль не рухається з лівого боку. У той час як у випадку LOS паралельні машини рухаються з автомобілями-передавачами та приймачами з лівого боку. Це може вплинути на випадок LOS.

Короткочасне завмирання можна назвати швидким загасанням. Швидка зміна сигналу протягом короткого інтервалу, Рисунок 3.6. показує графік CDF для швидкого загасання NLOS.

Як показано, ймовірність відхилення від локального середнього значення сигналу, а також видно, що відхилення не настільки велике. Максимальна частина сигналу ближче до 0 дБ, а максимальне відхилення досягає амплітуди -5 дБ, що краще, ніж у випадку LOS. У сценарії NLOS ліва сторона обох автомобілів (передавач і приймач) вільна від рухомих транспортних засобів, що створює ефект товару.

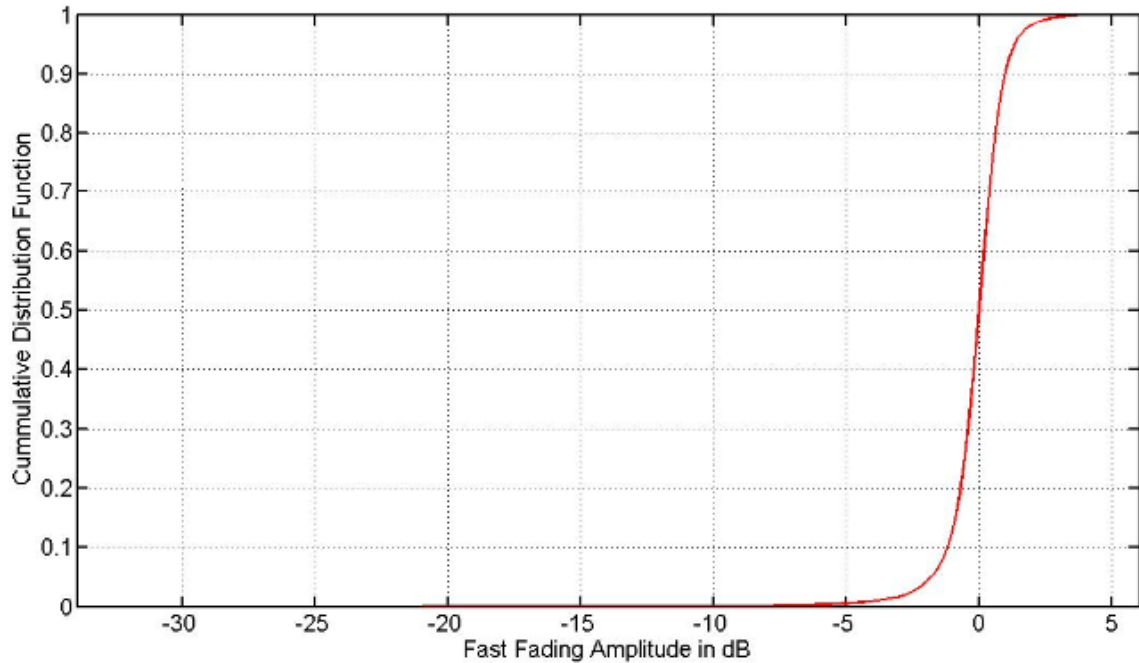


Рисунок 3.6 – Графік CDF для швидкого загасання NLOS.

### 3.3 Найкраще розташування антени

Найкраще місце для інтеграції антени також є важливим фактором для застосування комунікацій C2C. Оскільки під час руху транспортного засобу сигнал може зустрічатися з багатьма факторами, які можуть вплинути на сигнал, як це детально пояснюється в попередньому розділі. Один із студентів має своє дослідження на цю тему, яке базується на техніці трасування променів. Студент повинен знайти місце для інтеграції антени на автомобілі, де сигнал має високе SNR. На Рисунок 3.7 показано різне положення, яке використовується для роботи з висотою згадування.



Рисунок 3.7 – Можливе розташування антени

«BB» і «BF» показують задні та передні капоти автомобіля, «ML» і «MR» показують ліве і праве дзеркало, «B» показує нижню частину автомобіля, а «R» показує дах автомобіля. Внизу показано висоту 30 см від землі, капот — 60 см, дзеркала — 90 см, а дах — 150 см. Висота 120 см, яка не вказана великою літерою, це скляна частина автомобіля. На Рисунок 3.8 показаний графік результатів трасування променів. Сценарій для такої трасування променів містить багато автостоянок в оточенні, а також будівлі на різних висотах. Цей графік вибрано з попередніх студентських робіт.

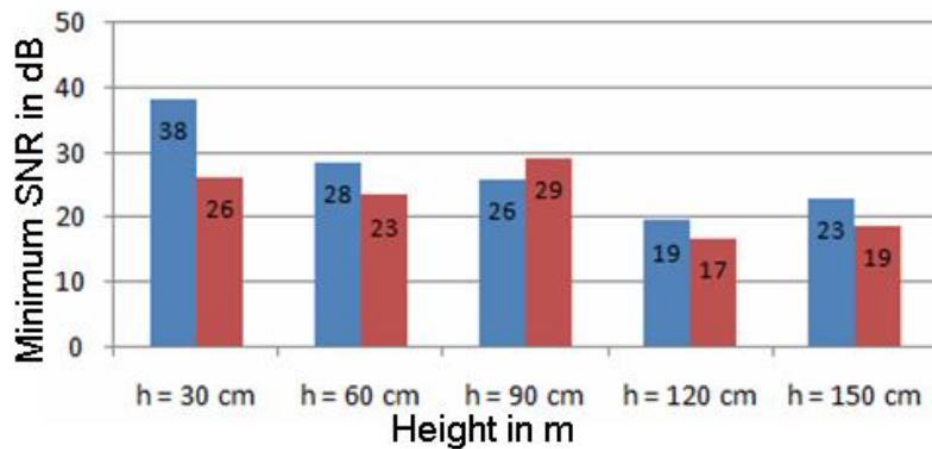


Рисунок 3.8 – Співвідношення сигнал/шум для різних положень антени.

Цей графік показує SNR відповідно до визначеної позиції, і ми можемо оцінити відповідну позицію для автомобіля. Нижня позиція має високий SNR, що робить його кращим за інші. Позиція на 120 см має великий ефект тіні через безліч перешкод. Це місце не підходить для зв'язку C2C, інші місця також мають низький SNR порівняно з нижньою частиною автомобіля.

Монопольна антена є хорошим прикладом для цієї програми завдяки її всеспрямованій діаграмі спрямованості. Монопольна антена утворена заміною половини диполя. Він має низький вхідний опір, що знижує ефективність. Завдяки всенаправленому шаблону LOS може отримати доступ з усіх боків. Рис 3.9 показує результат моделювання монопольної антени довжиною 12,7 мм, яка працює на частоті 5,9 ГГц. Площина землі в 4 рази лямбда.

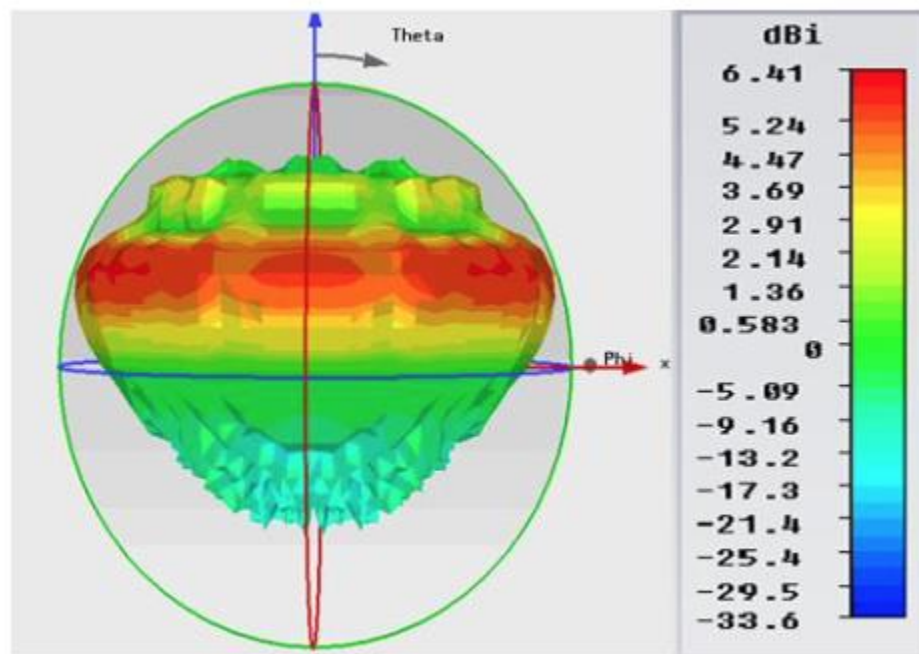


Рисунок 3.9 – Діаграма діаграми випромінювання монопольної антени

Налаштування вимірювання. На рисунок 3.10 показана блок-схема для вимірювань.

Збоку передавача знаходиться генератор сигналу з приєднаною монопольною антеною під автомобілем. Рекомендована потужність 13 дБм передається через антену. Збоку приймача розміщена антена під автомобілем з підключеним МШУ коефіцієнтом посилення 17 дБ для посилення сигналу. Сигнал надходить на аналізатор спектру для вимірювання його у часовій області. Аналізатор спектру налаштований на час розгортки 4 секунди з 8000 точками. Завдяки доплерівському розповсюдженню 2000 Гц. Дані потім передаються на комп'ютер для аналізу. Рис 3.11. і Рисунок 3.12. показує знімки установки вимірювань, встановлених в автомобілях. Один автомобіль обладнаний налаштуванням приймача, а інший автомобіль обладнаний установкою передавача.

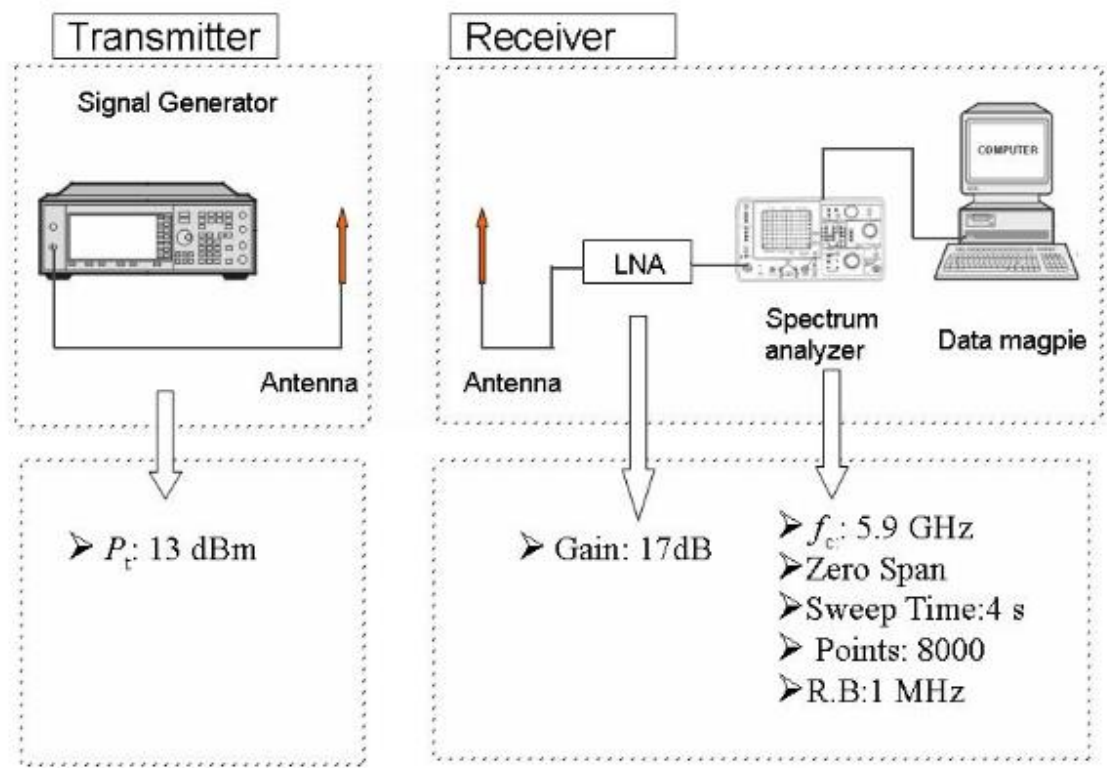


Рисунок 3.10 – Структурна схема установки вимірювання

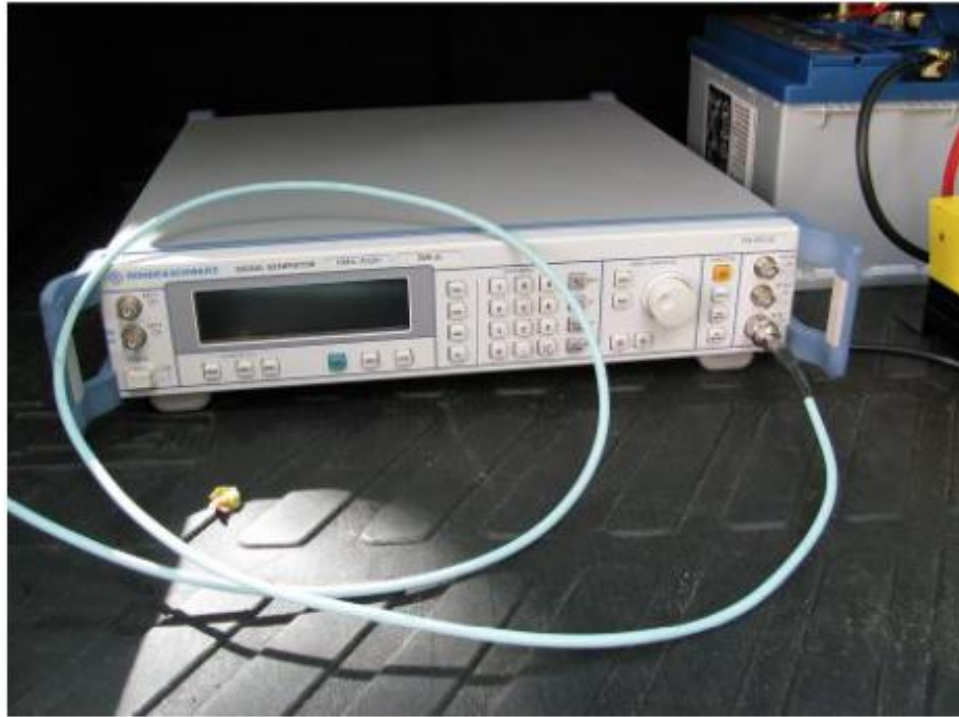


Рисунок 3.11 – Налаштування передавача



Рисунок 3.12 – Налаштування приймача

Рисунок 3.13. показує дані GPS для треку, які використовуються для вимірювань. Це прямокутна територія в Карлсруе, місто Німеччина. На трасі є нормальний рух і багато будівель навколо неї. Червона лінія на колії позначає автомобіль-приймач, а синя лінія на колії позначає автомобіль-передавач.

Початкова точка показує початок подорожі автомобілів, і обидва автомобілі мають середню швидкість 40 км/год. Для цього вимірювання використовується сонячна погода з нормальною температурою 18 градусів Цельсія.



Рисунок 3.13 – Доріжка вимірювання

Вимірювання. Довгострокове згасання і короткочасне згасання. Колія квадратна, з кількістю паркувальних вагонів, а також деякі вагони рухаються паралельно вагону-передавачу та вагону-приймачу. По обидва боки колії є величезні будівлі. Ціле вимірювання базується на LOS і NLOS.

Довготривале завмирання можна назвати повільним згасанням і воно спричиняється наявністю великих стаціонарних перешкод, які викликають відбиття, розсіювання та дифракцію. Рисунок 3.14. показує результат вимірювання для тривалого згасання.

Спочатку відстань між обома автомобілями становить 30 метрів, і це випадок LOS. Одна сторона заповнена будівлями, а інша – деревами, в цей час втрати на трасі знаходяться в межах від 75 дБ до 85 дБ. Через певний час відстань між обома транспортними засобами збільшується, а втрати на шляху також

збільшуються. При цьому один транспортний засіб потрапив між двома автомобілями.

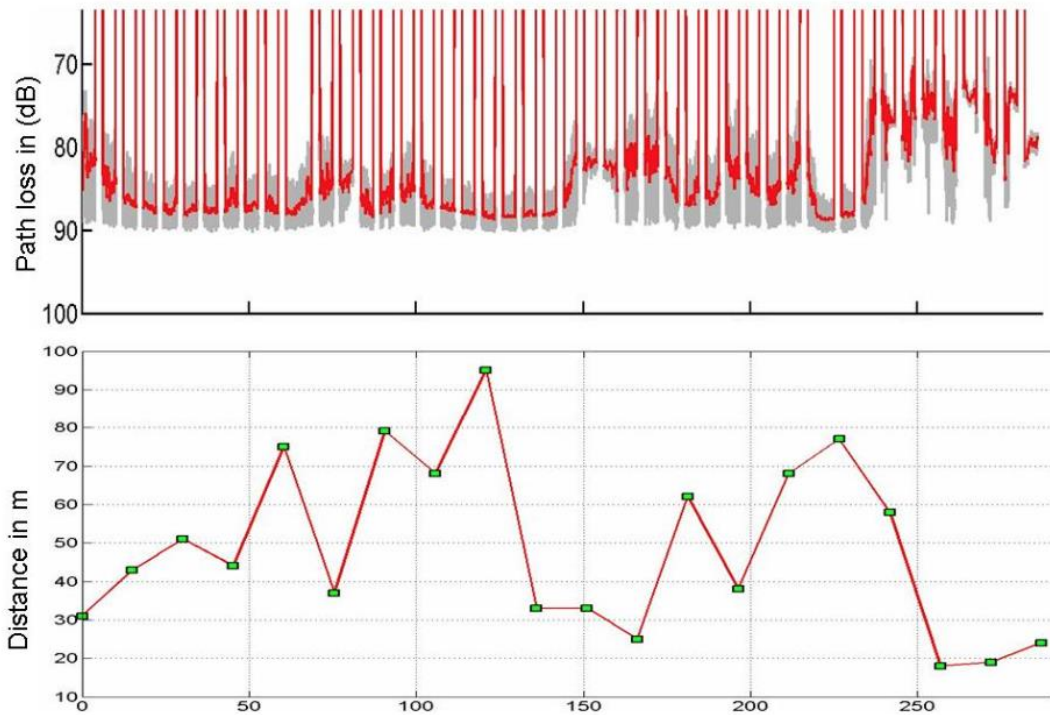


Рисунок 3.14. Результат вимірювання для тривалого згасання.

Через 1 хвилину обидві машини вийшли на дорогу, але з величезним розривом. Потім через 75 секунд відстань зменшується до 38 метрів, а один автомобіль утримується між ними. Але втрати шляху в цей момент зменшуються. Після цього сигналу світлофора з'явився і обидві машини зупинилися в цьому місці на кілька секунд, і багато транспортних засобів зайшли між обома автомобілями. Збільшуються втрати в тракті до 88 дБ. На даний момент час стояння на світлофорі не враховується, враховується лише 1 секунда на цій точці світлофора. Після виходу зі сигналу світлофора деякий час деякі транспортні засоби залишаються між ними, але відстань між обома автомобілями була короткою, а втрата шляху також зменшилася. На той момент дорога була прямою від 150 до 200 с. Після цього ще раз збільшення відстані на короткий час, коли деякі автомобілі потрапили між обома автомобілями, це сталося за час від 201 до

247 с. Але знову розрив зменшується повільно і досягає 20 метрів, і між обома автомобілями немає транспортних засобів, ця подорож тривала від 248 с до кінця, і в той час втрати на трасі зменшилися до 70 дБ. Діаграма вимірювань і графіки трасування променів для LOS і NLOS не зовсім однакові, але якимось чином можна побачити однаковий рівень втрат на шляху. Проміжок між автомобілями не можна контролювати на дорозі через рух, і дорога має тертя, яке не входить в моделювання трасування променів, також антена має діаграми випромінювання вигину, вона не точна на поворотах, тому ми не маємо ідеальних LOS для діаграми спрямованості. Насправді антена під автомобілем може зустрітися з деякими трубами, які можуть перешкоджати сигналу. Але все одно він працює для комунікаційного додатка C2C.

Короткочасне згасання можна назвати швидким згасанням. Як було описано раніше, короткочасне загасання викликає, коли приймач отримує кілька сигналів, і викликає швидку зміну сигналу в приймачі протягом короткого інтервалу. Він має високу ймовірність втрати даних у разі швидкого падіння сигналу. Швидке згасання для вимірювання показано на Рисунок 3.14

Цей графік пояснює швидке завмирання в термінах функції CDF, яка показує, що сигнал має таке ж значення або менше, ніж визначене значення, а також він показує ймовірність відхилення від локального середнього значення сигналу. Графік вимірювання швидкого завмирання Рисунок 3.14. майже такий же, як графік NLOS для швидкого загасання (Рисунок 3.5). Сигнал має не таке велике відхилення від середнього значення, максимальна частина сигналу залишається близько 0 дБ, а максимальне відхилення досягає -6 дБ. Тому компонент швидкого згасання в цьому випадку не дуже впливає.

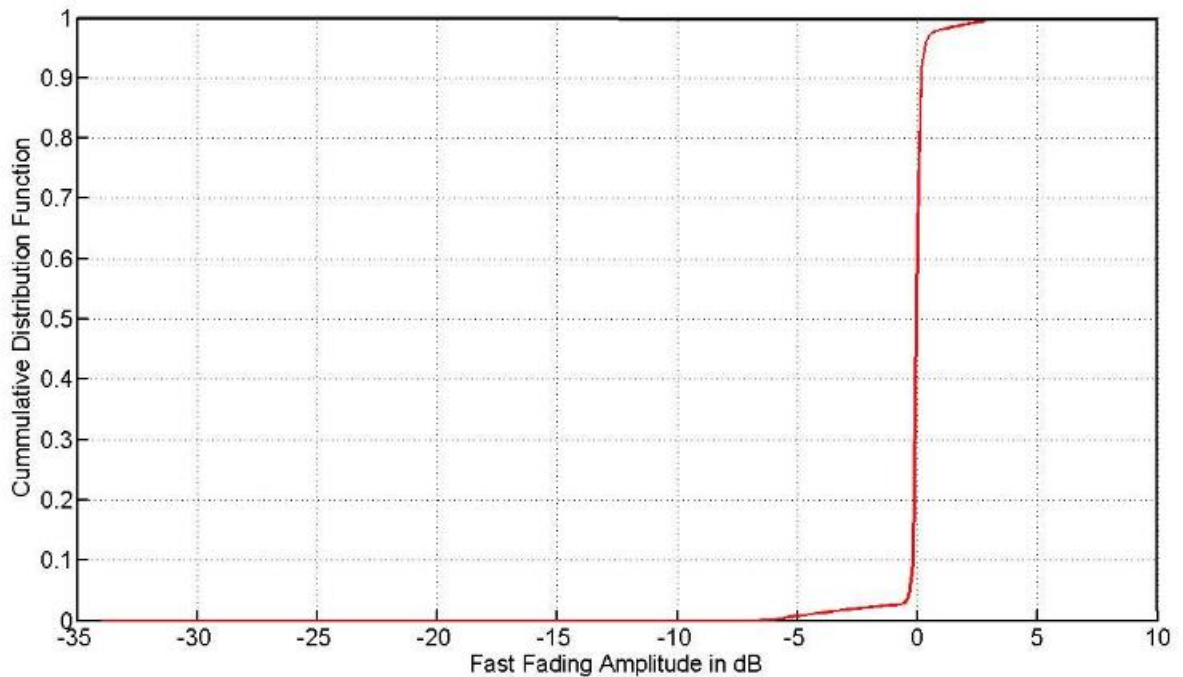


Рисунок 3.14 – Короткочасне згасання для налаштування вимірювання.

### **3.4 Чотирьохканальна спіральна антена PEC, що подає матеріал від центру. Картина випромінювання**

Спіральна антена спроектована з ПЕК матеріалом та CLEVIOS P HC V4 струмопровідним прозорим матеріалом. Деталізація цього прозорого матеріалу вже визначено у попередньому розділі. Спіральна антена інтегрована у переднє скло транспортного засобу, що робить її гігієнічною. Для подачі антени використовують хвилевід копланар. Рис 3.15. показує Чотирьох каналну спіральну антену, матеріал PEC на скляній підкладці.

Таблиця 3.1 – Параметр центрального живлення спіральної антени PEC.

№	Ім'я	Символ	Матеріал	Значення
1	Субстрат	$\epsilon_r$	Скло	4,82
2	Кондуктор	$\sigma$	PEC	
3	Ширина	w	PEC	4 мм
4	Простір	s	PEC	4 мм
5	Розмір	l		216 мм
6	CPW ширина	cw	PEC	2,7 мм
7	CPW простір	cs	-	0,5
8	CPW довжина	cl	-	6 мм

На рисунок 3.16 показані втрати у зв'язку із поверненням за нашими побажаннями. Затінена область являє собою антену, що збігається, для послуг з прикриття. Затінена область на Рисунок 3.16. показує діапазон від 824 МГц до 2450 МГц, які охоплюють GSM 1800/900, GPS, DABT, AMPS, WLAN, UMTS та DECT. Однотемнена область показує 5900 МГц, яка використовується для C2C зв'язку application. Відповідно до визначень, наведених у таблиці 3.1. для копланарного хвилеводу, відображення можуть бути зведені до мінімуму під час введення.

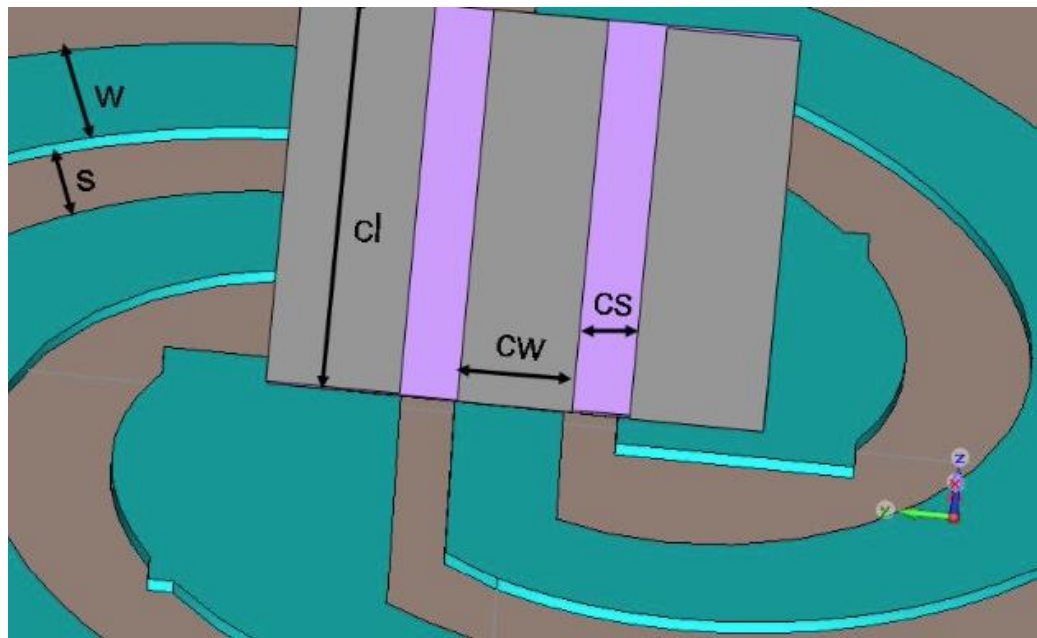


Рисунок 3.15 – Матеріал PEC для спіральної антени з чотирма каналами.

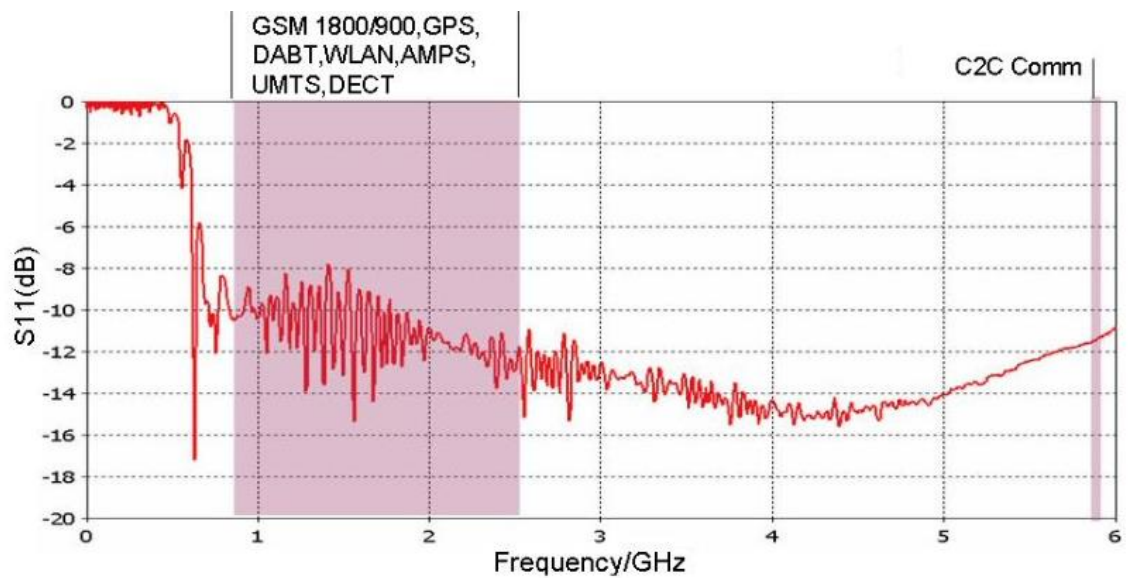


Рисунок 3.16 – Зворотні втрати чотирьох-канальної спіральної антени, матеріал PEC

На рисунок 3.17, 3.18 та 3.19. видно тривимірну схему випромінювання чотирьох-канальної спіральної антени, яка охоплює різні автомобільні послуги. Завдяки своєму подвійному характеру та розташування антени перед склом вона охоплює супутникові та наземні послуги.

При частоті 5900 МГц структура випромінювання є нестабільною, тому додаток С2С не підходить до нього.

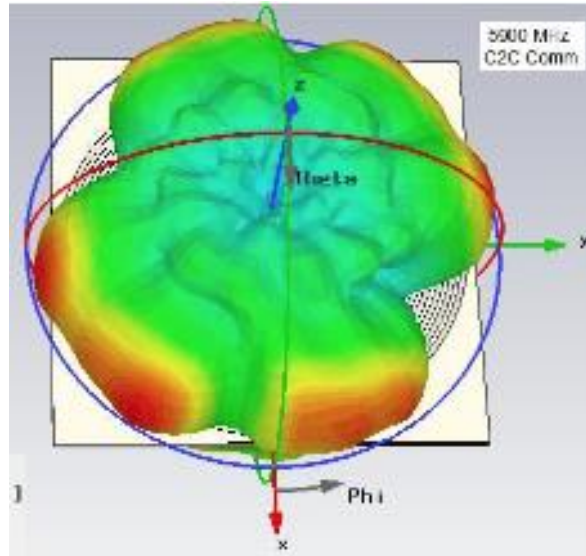


Рисунок 3.17 – Діаграма діаграми спіральної антени з чотирьох каналної, матеріал PEC, центральне живлення

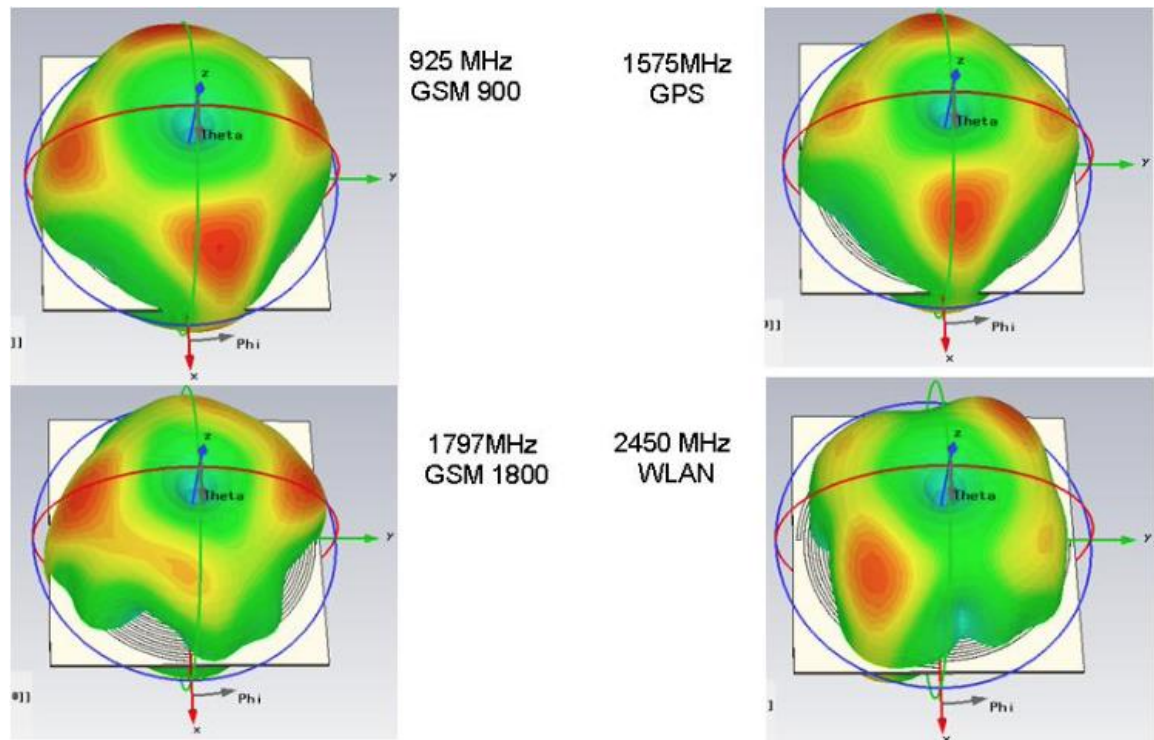


Рисунок 3.18– Діаграма випромінювання чотирьохканальної спіральної антени, матеріал PEC, центральне живлення

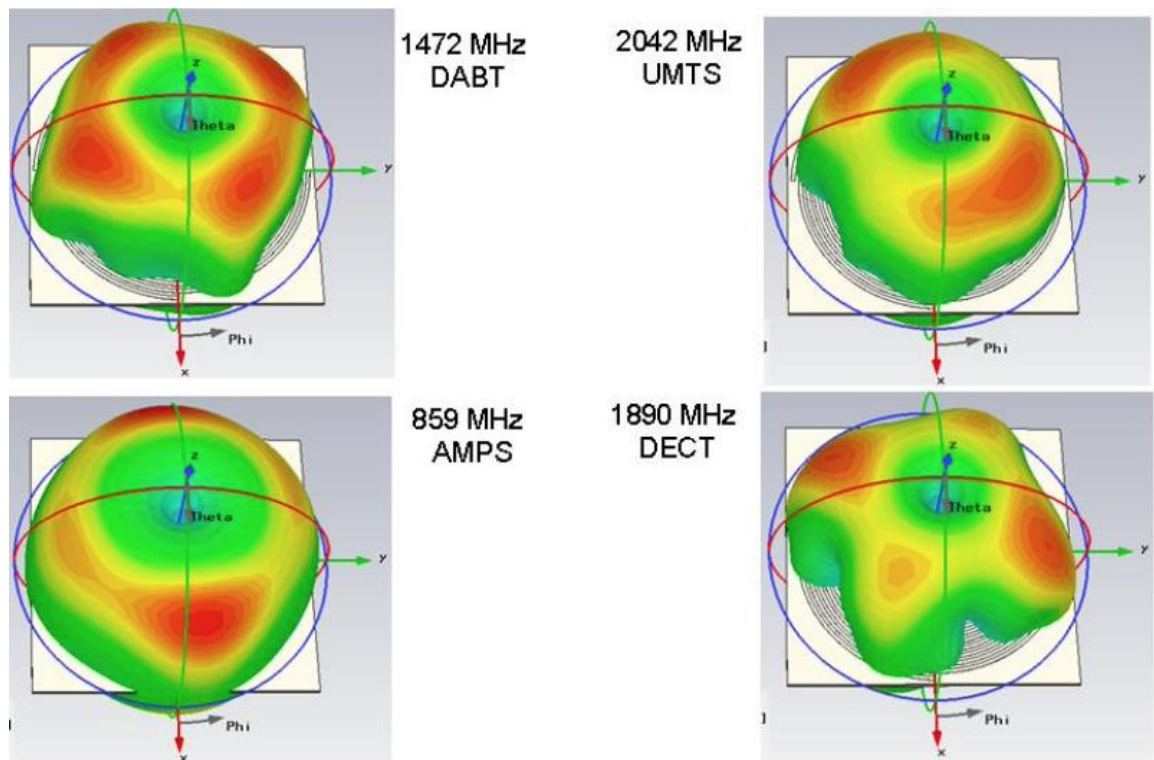


Рисунок 3.19 – Діаграма випромінювання чотирьохканальної спіральної антени, матеріал РЕС, центральне живлення.

Для більш точного перегляду 2D діаграми спрямованості показано на Рисунок 3.21. Для більшої точності двовимірний графік розподілу випромінювання показано на Рисунок 3.21 для GSM 1800 та Рисунок 3.22. для програми GPS. У цьому графіку площина  $\Phi$  знаходиться на 90 градусах і  $\theta$  показує радіаційний малюнок. На Рисунок 3.20. показаний двовірний вид автомобіля з антеною, вбудованою у скло.

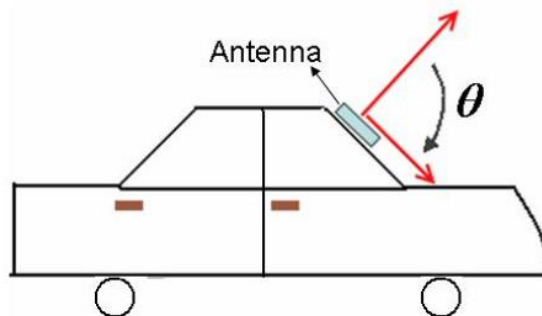


Рисунок 3.20 – Автомобіль з 2D плоскою антеною.

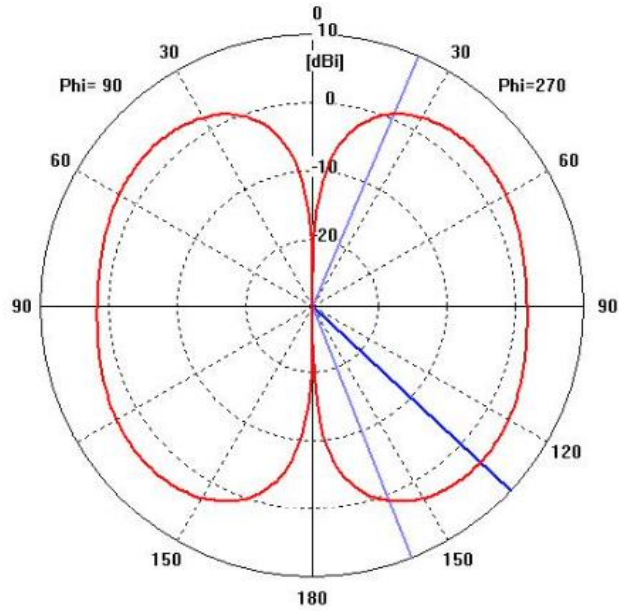


Рисунок 3.21 – 2D малюнок випромінювання в чотирьох канална спіраль ПЕК на частоті 1797 МГц.

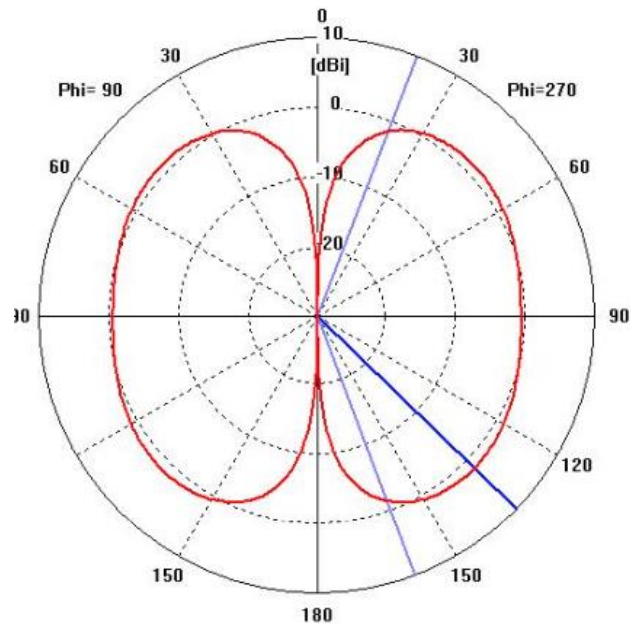


Рисунок 3.22 – 2D малюнок випромінювання в чотирьох канална спіраль ПЕК на частоті 1575 МГц.

Для GSM основна частка має величину 3,8 дБі, а кутова ширина [3дБ] становить 135,4 градуса.

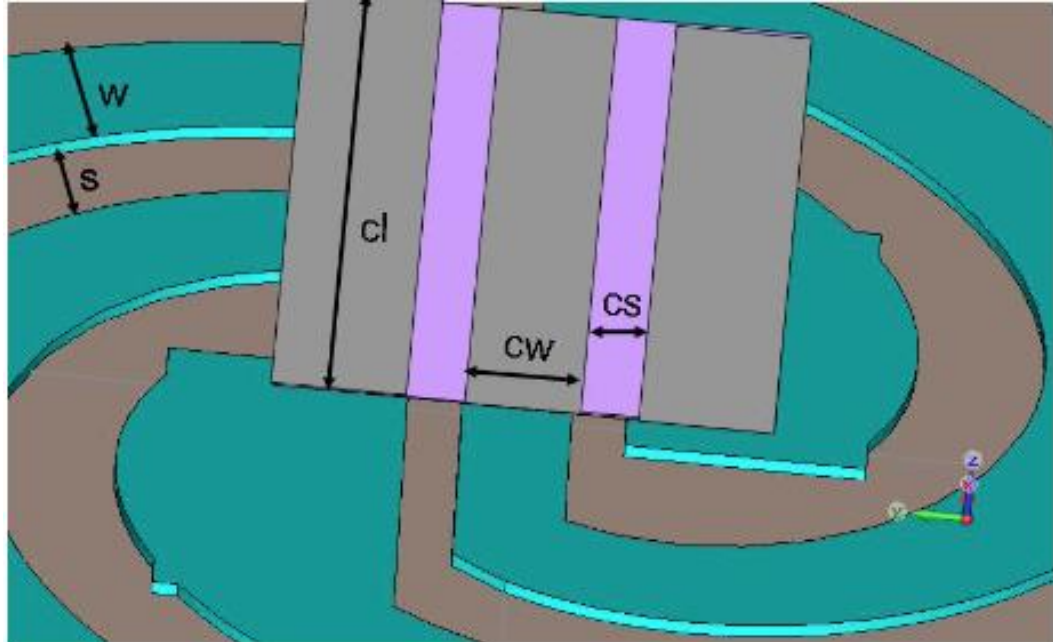


Рисунок 3.23 – Подача прозорого матеріалу спіральної антени з чотирма каналами.

### 3.5 Спіральна антена з чотирма каналами. Прозорий матеріал, центральне живлення. Картина випромінювання

На рисунку 3.23. показує прозору чотирьох каналну спіральну антену, вбудовану на переднє скло автомобіля. Ця антена більш прихована відносно спіральна антена PEC матеріал через його прозорість. Відповідно до попередньої конструкції ця антена також живиться за допомогою компланарного хвилеводу. У таблиці 3.2. показано її параметри.

На діаграмі 3.23 показано зворотну втрату  $S_{11}$  за нашими бажаннями. У порівнянні з цим втрати від повернення майже такі самі, як і у випадку матеріалу КЛП, тому вони замінюють матеріал КЛП. Затінена площа діаграми 7.10. показує діапазон від 824 МГц до 2450 МГц, що охоплюють GSM 1800/900, GPS, DABT, AMPS, WLAN, UMTS та DECT. Область з одним затіненням показує 5900 МГц,

які використовуються передачі даних С2С. Відповідно до значень у таблиці 3.2. для копланарного хвилеводу відображення можуть мінімізувати при вході.

Таблиця 3.2 – Параметр живлення центру прозорої спіральної антени

№	Ім'я	Символ	Матеріал	Значення
1	Субстрат	$\epsilon_r$	Скло	4,82
2	Кондуктор	$\sigma$	CLEVIOS P HC V4	400 с/см
3	Ширина	w	CLEVIOS P HC V4	4 мм
4	Простір	s	-	4 мм
5	Розмір	l	CLEVIOS P HC V4	216 мм
6	CPW ширина	cw	PEC	2,5 мм
7	CPW постір	cs	-	0,5
8	CPW довжина	cl	PEC	10 мм

На рисунок 3.24, рис 3.25 та рис 3.26 показаний тривимірний малюнок випромінювання чотирьох каналних спіральних антенних прозорих матеріалів, що охоплюють різні автомобільні перевезення. Завдяки своїй подвійній схемі, а також позиції антену перед склом він покриває супутникові та наземні послуги. Радіаційний малюнок майже такий самий, як і у випадку з PEC. При частоті 5900 МГц структура випромінювання нестабільна, тому С2С не підходить.

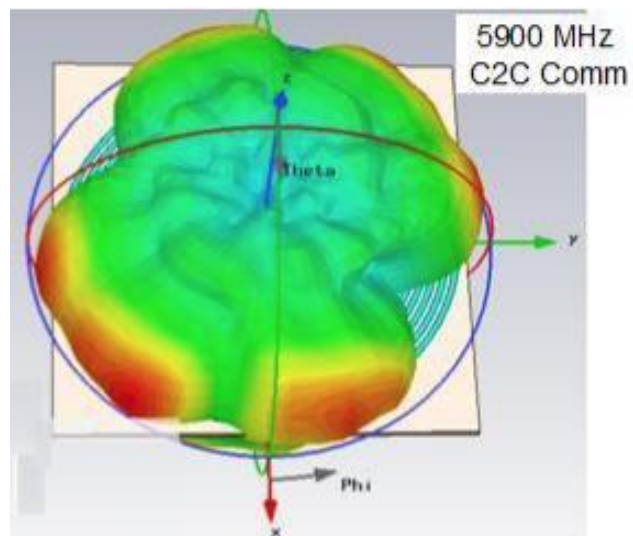


Рисунок 3.24 – Радіаційний малюнок чотирьохканальної спіральної антени, прозорий матеріал, центрове живлення

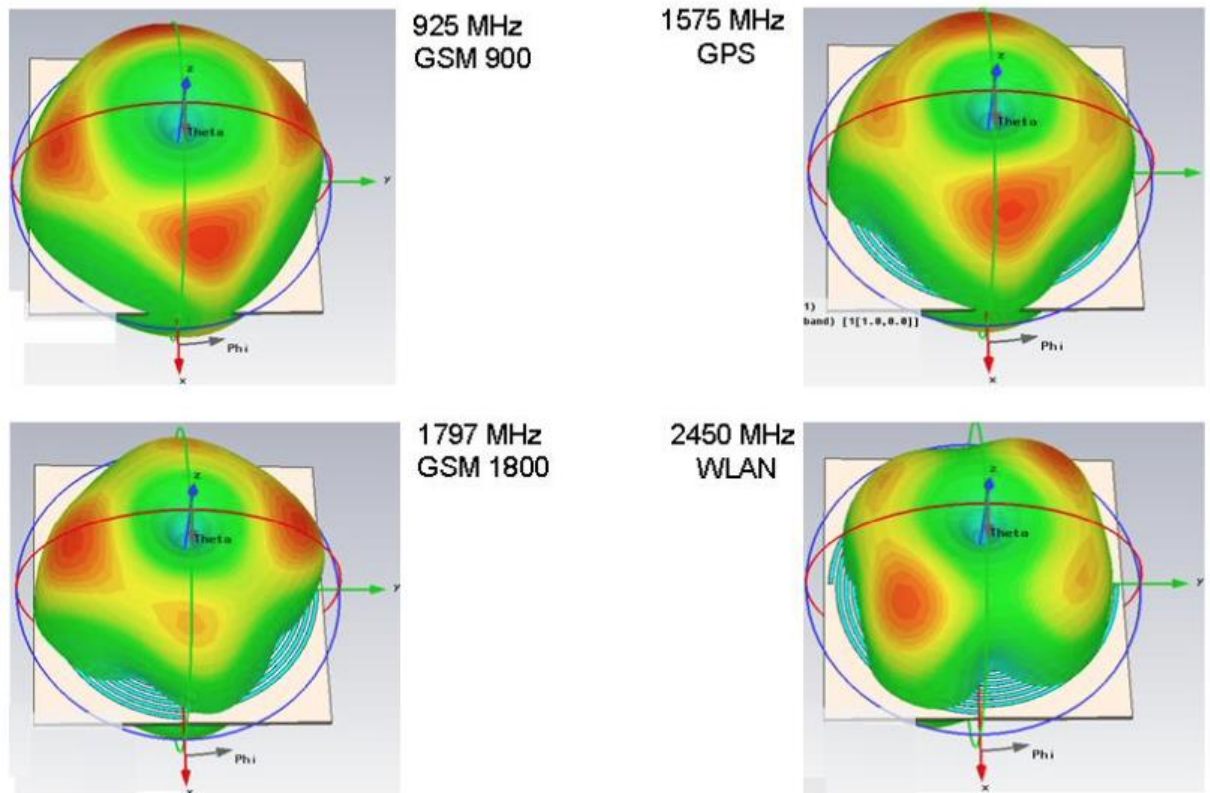


Рисунок 3.25. Діаграма випромінювання чотирьохканальної спіральної антени, прозорий матеріал, центральне живлення

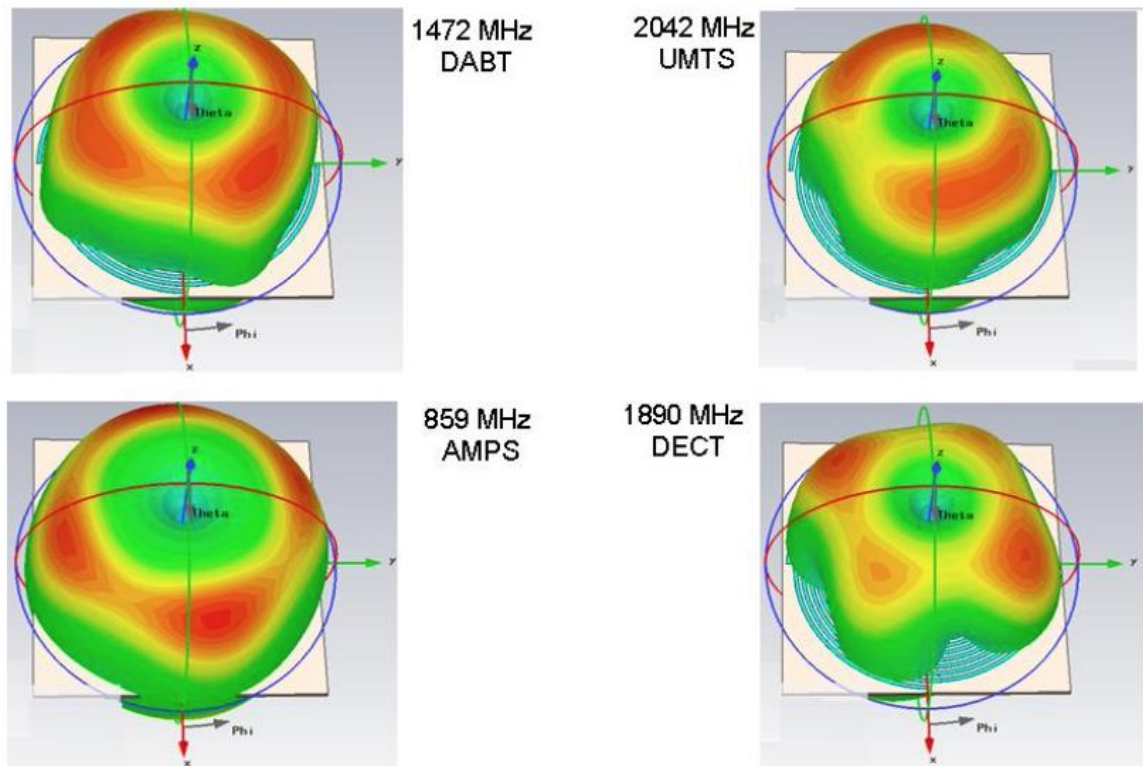


Рисунок 3.26. Діаграма випромінювання чотирьохканальної спіральної антени, прозорий матеріал, центральне живлення

Для більш точного уявлення, 2D графік радіаційної картини показано на Рисунок 3.28 для GSM 1800 та Рисунок 3.29 для використання GPS. У цьому графіку площина  $\Phi$  знаходиться на 90 градусах і  $\theta$  показує радіаційний малюнок. Діаграма 3.27. показує двовимірний вигляд автомобіля з антеною, вбудованою у скло.

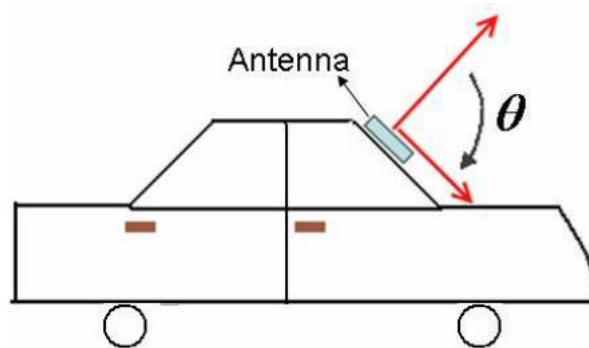


Рисунок 3.27 – Автомобіль з плоскою 2D антеною

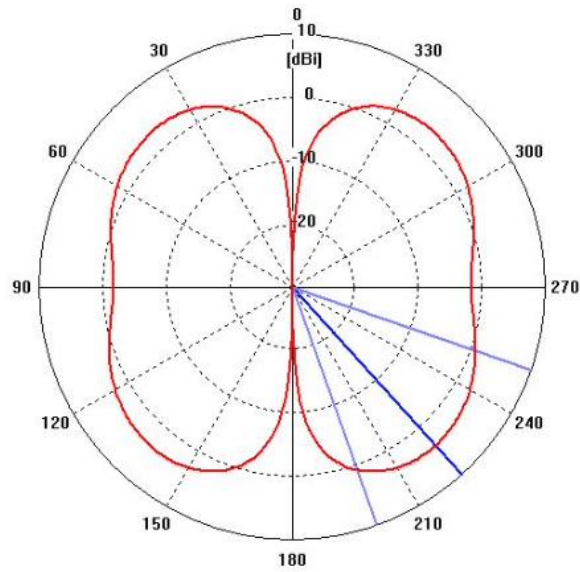


Рисунок 3.28 – 2D малюнок випромінювання в чотирьох каналній спіралі ПЕК на частоті 1797 МГц

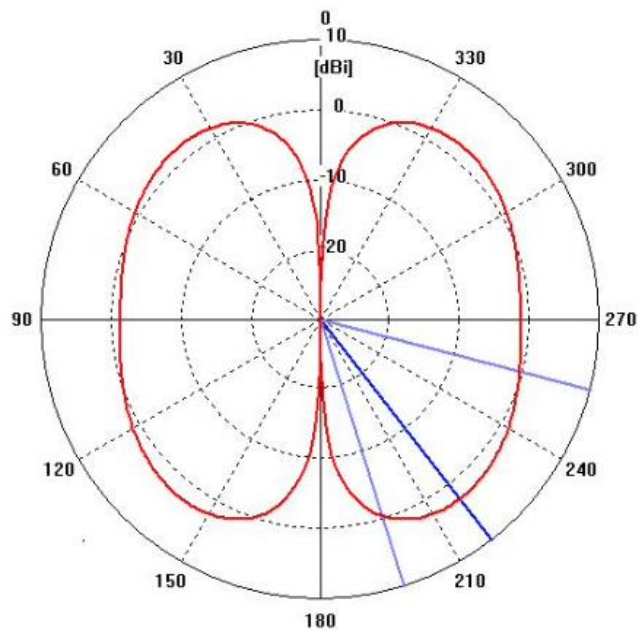


Рисунок 3.29 – 2D малюнок випромінювання в чотирьох каналній спіралі ПЕК на частоті 1575 МГц

Для сервісу GSM основна частка має величину 3,7 дБ та кутова ширина [3дБ] дорівнює 51 de-gree. Для програми GPS основна частка має величину 2,5 дБ та кутова ширина [3 дБ] становить 57,6 градуса.

### 3.6 Спіральна антена з чотирма каналами. Подача прозорого матеріалу на зворотному боці. Картина випромінювання

У попередніх двох симуляціях для подачі антени у центрі використовується копланарний хвилевід. Довжина копланарного хвилеводу перпендикулярна поверхні антени. Ця перпендикулярна мережа може зіпсувати зовнішній вигляд транспортного засобу. З цієї причини ця симуляція пояснює задню частину мережі живлення. У цьому способі подачі три прозорі кондукторні лінії подаються через отвір з дна скляної підкладки. Ці прозорі провідні лінії живляться копланарними хвилеводами з одного боку антени. Це робить 'L' лініями живлення. Таким чином, антена має плоску будову і цей тип прототипу не псує зовнішній вигляд транспортного засобу, а також не заважає полі зору водія. На рисунок 3.30 показана чотирьох канална спіральна антена прозорий матеріал для зворотного бокового живлення та її параметри показані в таблиці 3.3

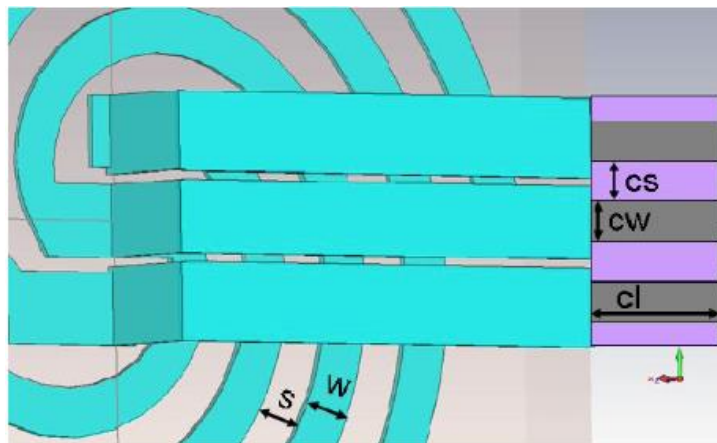


Рисунок 3.30 – Спіральна чотирьох канална антена. Задня частина з прозорого матеріалу на зворотному боці.

На рисунок 3.31. показані втрати повернення  $S_{11}$  за нашими бажаннями. Порівняно краще, ніж у попередніх двох випадках. Затінена область малюнку 3.31 показує діапазон від 824 МГц до 2450 МГц, який охоплює послуги GSM 1800/900, GPS, DABT, AMPS, WLAN, UMTS та DECT. Однозатемнена область показує 5900 МГц, які використовуються для C2C комунікацій. Відповідно до визначень, наведених у таблиці 3.3 для компланарного хвилеводу, відображення можуть бути зведені до мінімуму під час введення.

Таблиця 3.3 – Параметр живлення прозорої спіральної антени

№	Ім'я	Символ	Матеріал	Значення
1	Субстрат	$\epsilon_r$	Скло	4,82
2	Кондуктор	$\sigma$	CLEVIOS P HC V4	400 с/см
3	Ширина	w	CLEVIOS P HC V4	4 мм
4	Простір	s	-	4 мм
5	Розмір	l	CLEVIOS P HC V4	216 мм
6	CPW ширина	cw	PEC	2,5 мм
7	CPW постір	cs	-	0,5
8	CPW довжина	cl	PEC	10 мм

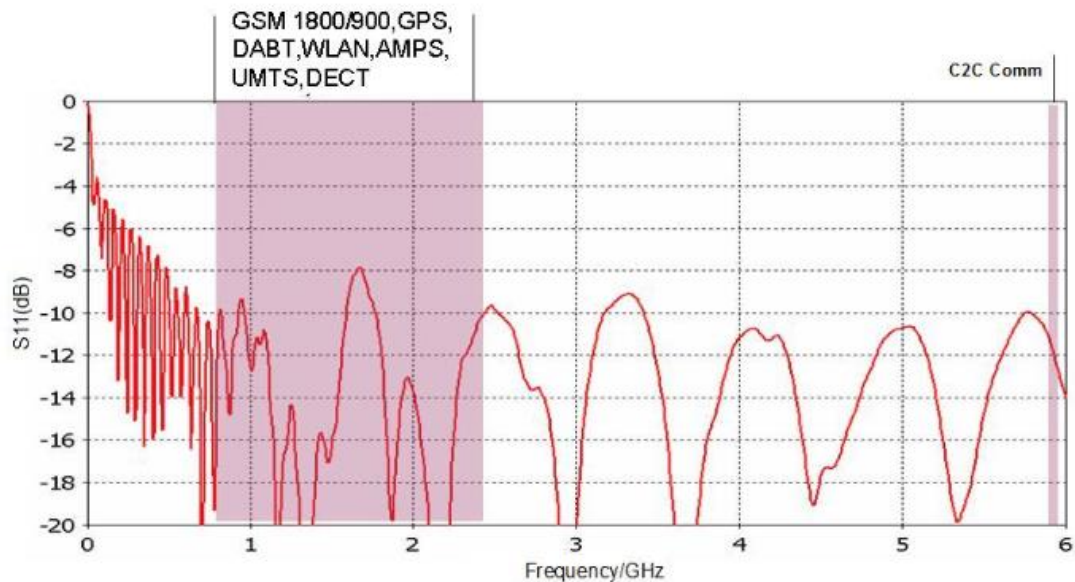


Рисунок 3.31. Зворотні втрати чотирьохканальної спіральної антени прозорого матеріалу, що подає зворотну сторону.

На Рисунок 3.32 та Рисунок 3.33 показаний тривимірний характер випромінювання чотирьох каналних спіральних прозорих антенних матеріалів, що охоплюють різні автомобільні перевезення. Антена з міткою змінює радіаційний малюнок щодо перших двох конструкцій. Ця антена не має точного подвійного режиму випромінювання, але якщо вона вбудована в переднє скло автомобіля, вона підходить для всіх бажаних застосувань, GSM 1800/900, GPS, DABT, AMPS, WLAN, UMTS DECT та C2C зв'язку. Зміна випромінювання з частотою та CPL можуть ховатися у даху. При 5900 МГц структура випромінювання нестабільна, тому C2C. Програма зв'язку не підходить.

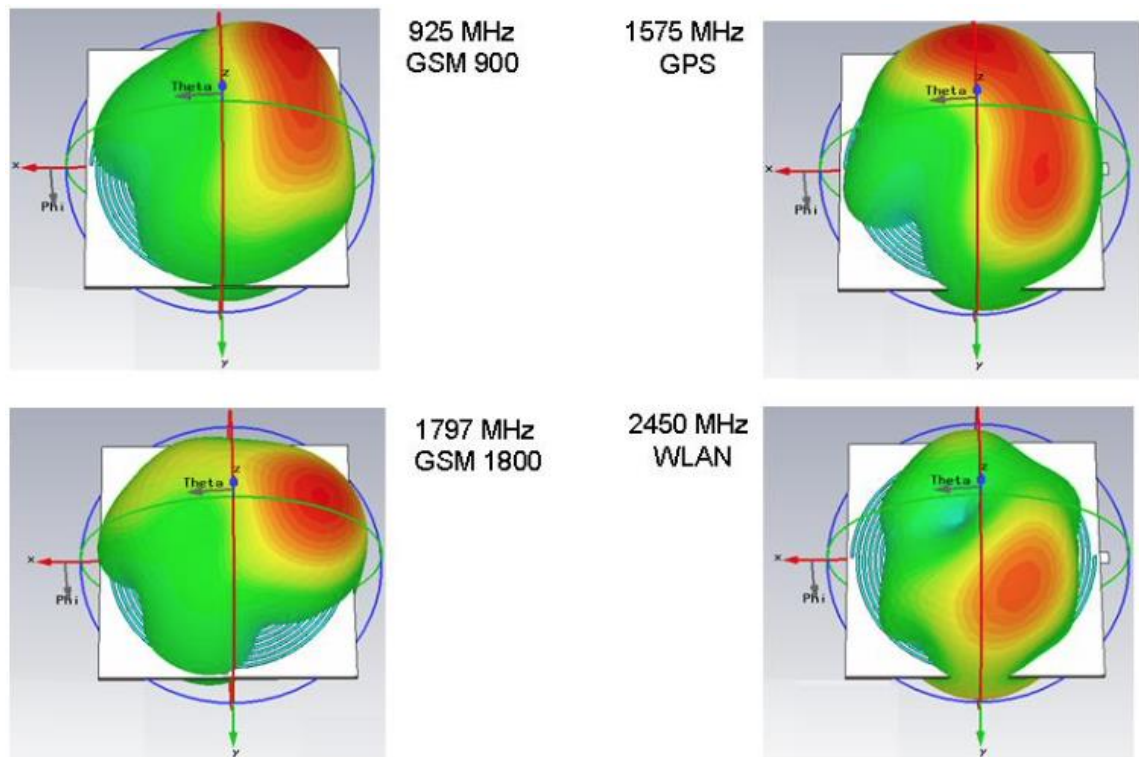


Рисунок 3.32 – Діаграма діаграми випромінювання чотирьох каналної спіральної антени, прозорий матеріал, живлення на задній стороні.

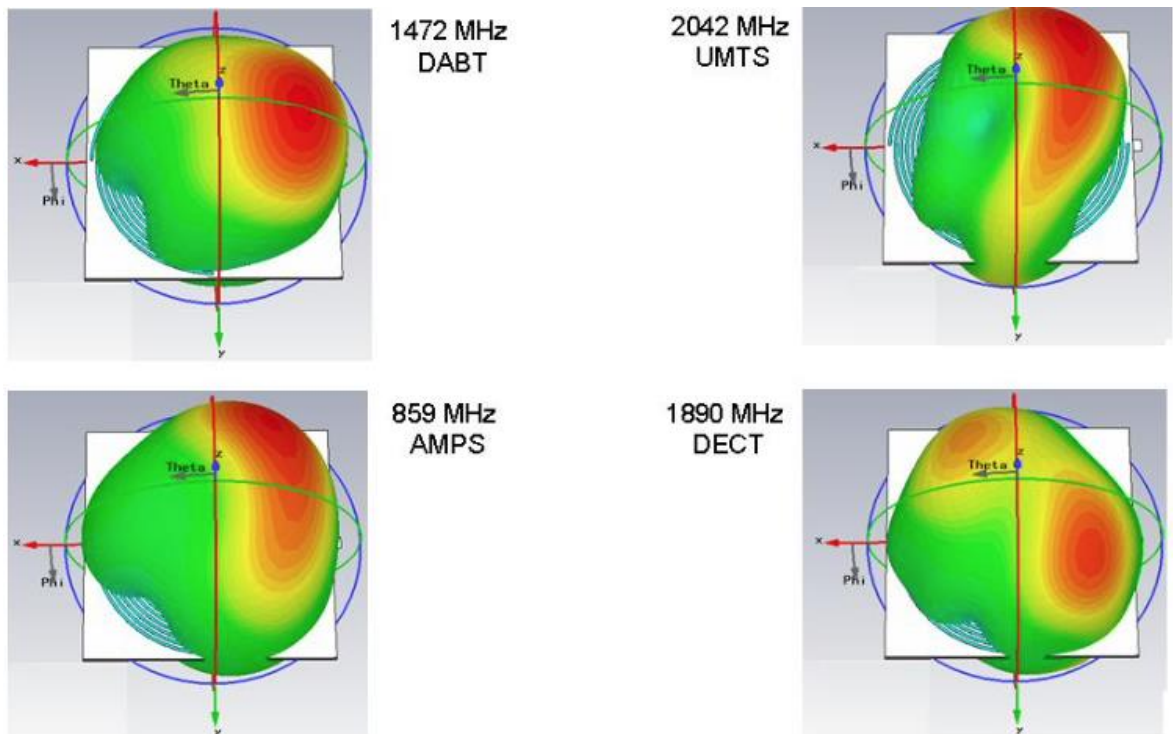


Рисунок 3.33 – Діаграма діаграми випромінювання чотирьохканальної спіральної антени, прозорий матеріал, живлення на задній стороні

Для більш точного огляду 2D графік радіаційної картини показаний на Рисунок 3.35 для GSM 1800 та Рисунок 3.36 для застосування GPS. У цьому графіку площина  $\Phi$  знаходиться на 90 градусах і  $\theta$  показує радіаційний малюнок. На рисунок 3.34. показаний двомірний вид автомобіля з антеною, вбудованою у скло.

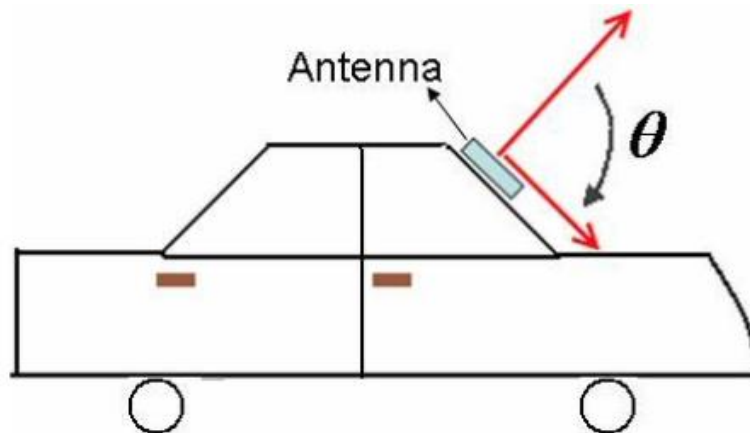


Рисунок 3.34 – Автомобіль з 2D плоскою антеною

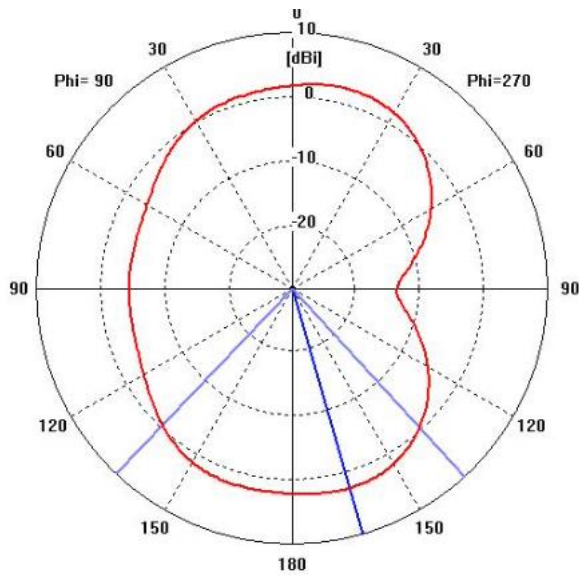


Рисунок 3.35 – 2D малюнок випромінювання в чотирьох каналній спіралі ПЕК на частоті 1797 МГц

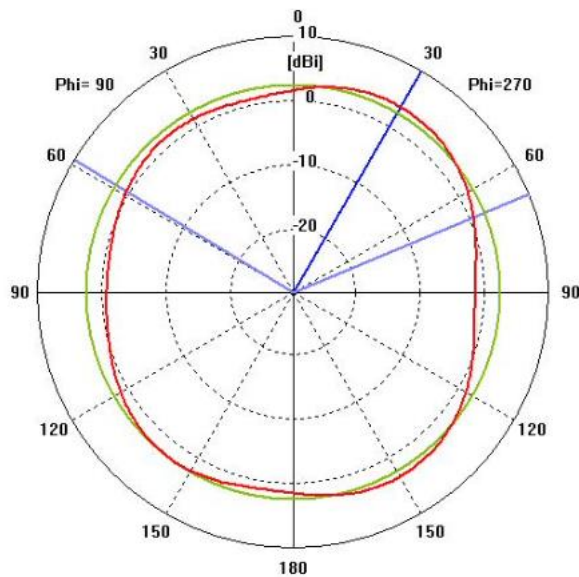


Рисунок 3.36 – 2D малюнок випромінювання в чотирьох каналній спіралі ПЕК на частоті 1575 МГц.

Для GSM основна частка має величину 2,5 дБі, а кутова ширина [3дБ] становить 86,4 градуса. Для програми GPS основна частка має величину 3,6 дБі, а кутова ширина [3 дБ] становить 126,2 градуса.

### 3.7 Спіральна антена з двома канали матеріал ГР збоку живлення. Картина випромінювання.

Останнє моделювання пояснює двоканальну спіральну антену. Прозорий матеріал (CLEVIOS P HC V4) використовується для антени. Існує кілька методів подачі спіральної антени назовні [20] - [21], але вони вимагають мінімальної металевої площі, що також небажано для вікон автомобілів. Альтернативний, новаторський спосіб подачі спіральної антени назовні - подовжити одне плече двоканальної спіральної половини ходу, таким чином, щоб ці два рукави утворювали двопровідну трансмісійну лінію. Через цю лінію передачі, яка має чітко визначені характеристики опорів, спіраль тепер можна живити. Рисунок 3.27. У таблиці 3.4 показано його параметри. Для цього моделювання використається дискретний порт.

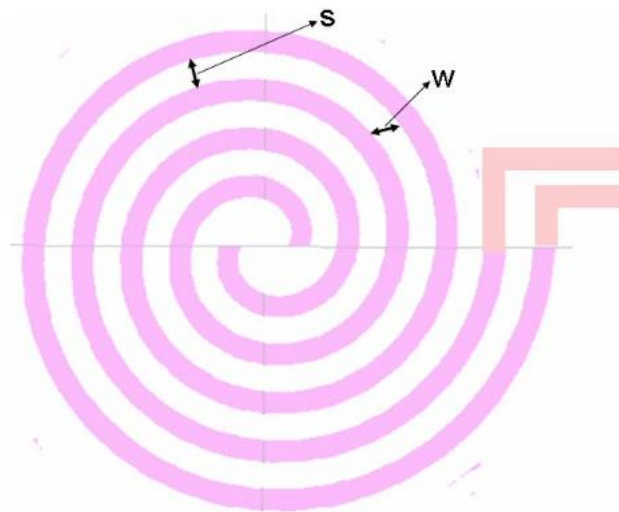


Рисунок 3.27 – Двоканальна спіральна антена з прозорим матеріалом  
подача збоку

Таблиця 3.4 – Параметр двосторонньої спіральної антени прозорого матеріалу збоку.

№	Ім'я	Символ	Матеріал	Значення
1	Субстрат	$\epsilon_r$	Скло	4,82
2	Кондуктор	$\sigma$	CLEVIOS P HC V4	400 с/см
3	Ширина	w	CLEVIOS P HC V4	2,5 мм
4	Простір	s	-	2,5 мм
5	Розмір	l	CLEVIOS P HC V4	280 мм

На рисунок 3.38 показано зворотну втрату  $S_{11}$  за нашими бажаннями. Затінена область на мал. показує діапазон від 824 МГц до 2450 МГц, які охоплюють послуги GSM 1800/900, GPS, DABT, AMPS, WLAN, UMTS та DECT. Однотінь область показує 5900 МГц, які використовуються для зв'язку C2C.

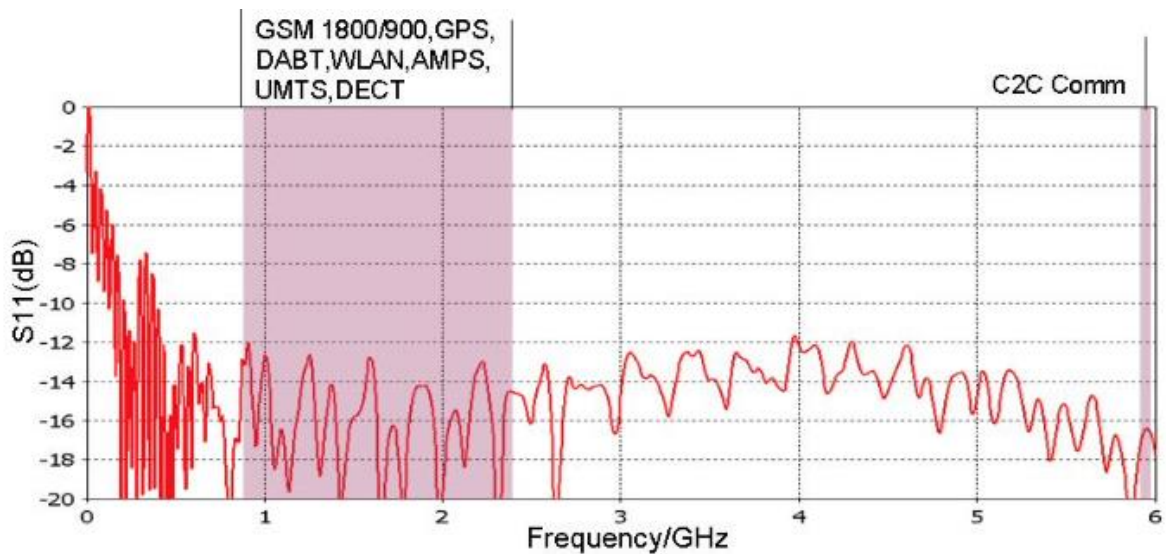


Рисунок 3.38 – Зворотні втрати прозорого матеріалу двоканальної спіральної антени, бічна подача.

На Рисунок 3.39 показана схема випромінювання двоканальних спіральних антен для різних служб. У цій імітаційній схемі випромінювання відносні зміни,

якщо ми порівняємо його з останніми трьома симуляціями. Хорошу радіаційну структуру цієї антени можна побачити у трьох службах: GSM 900, GPS та AMPS.

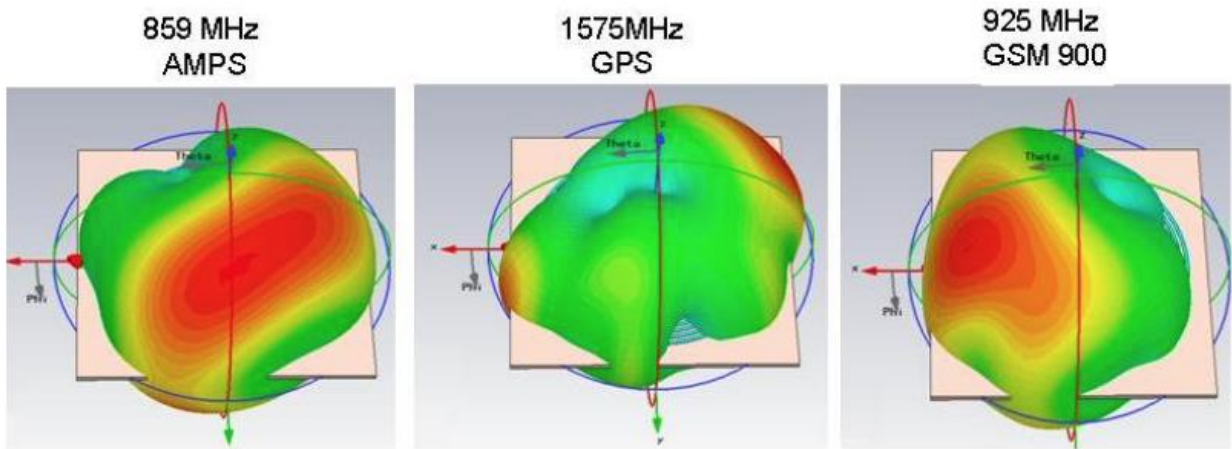


Рисунок 3.39 – Діаграма діаграми спіральної антени з двома каналами, прозорий матеріал, бічне живлення

Для більш точного уявлення, 2D-графік випромінювання показано на Рисунок 3.41 для GSM 1800 та Рисунок 3.42 для застосування GPS. У цьому графіку площина  $\Phi$  знаходиться на 90 градусах і  $\theta$  показує радіаційний малюнок. На діаграмі 3.40. показаний двомірний вид автомобіля з антеною, вбудованою у скло.

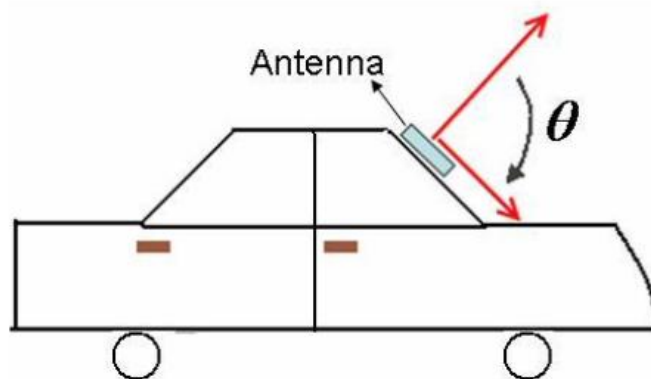


Рисунок 3.40 – Автомобіль з 2D плоскою антеною

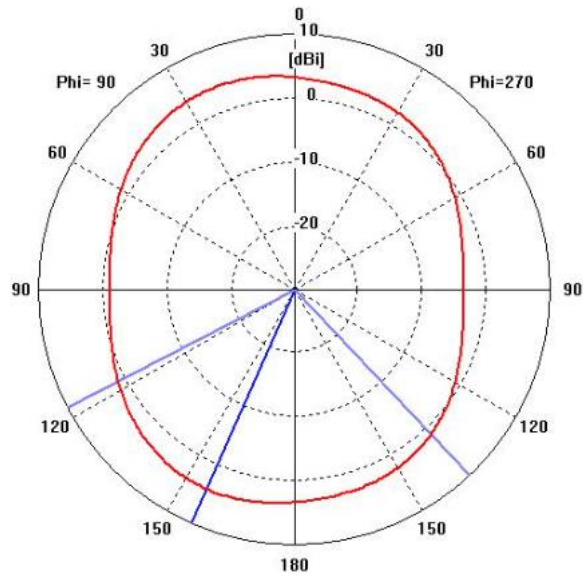


Рисунок 3.41 – 2D малюнок випромінювання в двоканальну спіраль  
«Прозора бічна подача» на 900 МГц.

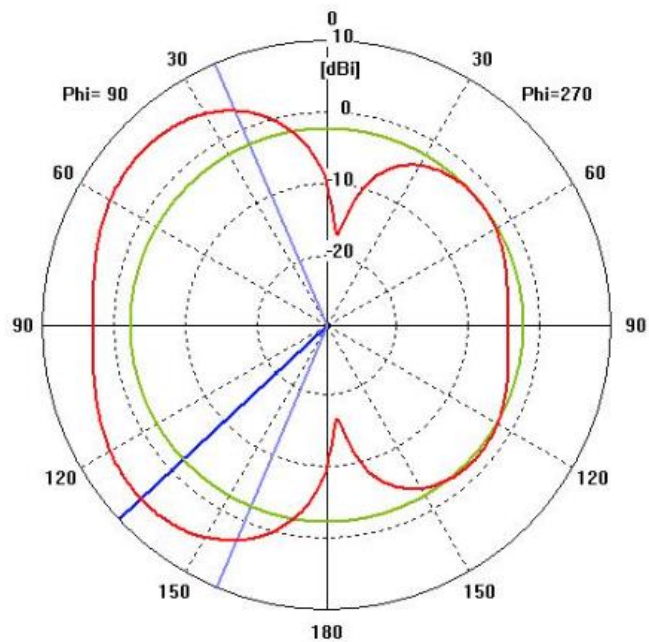


Рисунок 3.42 – 2D малюнок випромінювання в двоканальну спіраль  
«Прозора бічна подача» на 1575 МГц.

Для GSM основна частка має величину 4,2 дБі, а кутова ширина [ЗдБ] становить 105,6 градуса. Для програми GPS основна частка має величину 5,8 дБі та кутова ширина [ЗдБ] становить 133,7 градуса.

### **3.8 Порівняння дво- та чотирьох-канальних антен.**

Спіральна антена використовується в багатьох додатках через її широкосмугові характеристики. Існує багато досліджень на спіральних антенах для автомобільних програм. Попередні дослідження в основному засновані на струмопровідному матеріалі PEC, а як субстрат використовується Roger 5880. Одне з досліджень має чотирьох канальну спіральну антену з копланарною хвилеводною напрямною, що живить автомобіль [19]. Антена краще підходить як для супутникових, так і для наземних служб. Втрати повернення супутникового режиму вище -10дБ в діапазоні від 1,3 Гц до 2,2 ГГц. Таким чином, супутникові послуги можуть бути покриті широкосмуговим способом. Основна ідея цього проекту полягає в заміні матеріалу PEC на прозорий провідний матеріал, а як підкладка використовується скло. Всі симуляції в цьому проекті мають краще -10дБ для супутникових і наземних служб. Але в порівнянні з попередніми роботами, цей проект має менше збігів через низьку провідність прозорого матеріалу. Чотирьох спіральна антена прозорого матеріалу зі зворотного боку має втрати повернення краще, ніж -10дБ в діапазоні від 1 Гц до 1,6 ГГц, які охоплюють супутникове обслуговування. Втрата повернення для наземних служб також краще, ніж -10 дБ у діапазоні від 800 МГц до 5,9 ГГц, крім -8дБ для деяких точок.

## ВИСНОВКИ.

Щоб зробити остаточний висновок про найбільш ефективну позицію антени для C2C зв'язку знаходиться під автомобілем. Необхідно взяти до уваги кілька аспектів, таких як міркування, пов'язані з конструкцією. Крім того, буде підготовлено резюме кожного параметра, що аналізується. Необхідно також враховувати міркування, пов'язані з конструкцією, оскільки це матиме дуже важливе значення під час впровадження антени. Оскільки в автомобілі є деякі позиції, які не так легко знайти антену. Антена під автомобілем може бути безпечною. У нижній частині автомобіля немає конструктивних обмежень, і у дизайнерів не буде таких проблем із розміщенням пристрою системи зв'язку тут. У варіанті антена LOS і NLOS міститься під автомобіль, а міське середовище визначається симуляцією.

У разі LOS та NLOS довгострокове згасання показано на рисунку 3.2 та рисунку 5. NLOS показує менші втрати шляху щодо LOS, він може йти за NLOS випадок, тому що жодне транспортне засіб не рухається паралельно з обома автомобілями. Але у справі Лос-Анджелеса деякі машини рухаються паралельно обом. У разі NLOS один транспортний засіб знаходиться між двома автомобілями, він може подавати конструктивний сигнал з боку приймача через його відображення.

Компонент короткострокового в'янення може розрізнити LOS та NLOS. Для випадку LOS відхилення від 0 дБ є великим. І тут можна побачити швидкі коливання і вони мають ймовірну можливість втрати даних. Але для випадку NLOS відхилення від 0 дБ не таке велике. Отже, у нього більше шансів отримати сигнал на приймачі.

Результати вимірювань є такими ж, як і у випадку з NLOS, з максимального часу, залежно від того, які транспортні засоби знаходяться між ними. Втрати шляху досягли максимуму 88 дБ, що було найгіршим випадком, і мінімальна

втрата шляху отримала 70 дБ. Монопольна антена не випромінює точно в одній трубочці. Малюнок випромінювання згинається у бік Землі, отже сигнал може досягати приймача після наземного відображення, цей чинник грає життєво важливу роль вимірах. Поверхня Землі не є гладкою, як ми припускали при моделюванні трасування променів, тому частина Землі також бере участь у вимірах.

Обговорюються різні види широкосмугових антен. Деякі з них відхиляються через структуру та структуру випромінювання. Спіральна антена може працювати для багатьох радіослужб і може допомогти в автомобільних додатках. Чотирьох каналну спіраль з компланарною трансмісійною лінією, у відповідь як наземні та супутникові служби. Положення антени в автомобілі є важливим, і я виявив, що переднє скло автомобіля краще підходить для дворезимного випромінювання. Випромінювання можна побачити з обох боків антени, тому якщо антена вбудована в машину, вона все ще може працювати.

Моделювання показує, що прозорий провідний матеріал має гарний підхід для застосування в автомобілі, наприклад, матеріал PEC. Чотирьох канална спіральна антена, що подається із задньої сторони, може також працювати для автомобілів, і всі необхідні послуги можуть бути покриті цим. Інтеграція 4-руких спіральних антен, що подаються через задню сторону, легко інтегрувати на склі.

Двоканальна спіральна антена, призначена для вбудовування в переднє скло автомобіля. Нова структура подачі, виконана за принципом про-позування, дозволяє самостійно жити цю антену за частотою. Модель змінюється з частотою і залежить від розташування автомобіля. Завдяки високому посиленню вона має ребро, яке можна порівняти з іншими моделями.

В рамках цієї проектної роботи задаються два сценарії, а потім аналізуються різні характеристики каналу. Сценарій базується на методі вимірювання. Було б дуже цікаво ознайомитися з результатами та висновками за іншими сценаріями та вимірами. В рамках цього проекту використовується

міський сценарій, а сценарій розвитку автомагістралі та вимірювання можуть становити інтерес. В рамках цього проекту монопольна антена використовується під автомобілем, але деякі інші антени можуть бути проаналізовані з іншою радіаційною структурою. І, нарешті, важливо буде проаналізувати системи, засновані на принципі різноманіття. Для об'єднання різних антенних позицій як передавачі або приймачі. Результати будуть більш точними, якби положення антени в певному моменті працювало не так добре, якби на автомобілі була інша антена, то це покращило б поведінку всієї системи.

Друга частина заснована на широкосмуговій антені з PEC та прозорим матеріалом. Він заснований на симуляціях, так що він може бути цікавішим, якщо прототип встановлюється на автомобіль, а потім аналізує випромінювання. Також можуть бути проаналізовані деякі інші позиції антени на автомобілі. В рамках цього проекту проводиться аналіз на передньому склі автомобіля для інтеграції антен, тому ще одним цікавим удосконаленням буде аналіз інших позицій автомобіля для інтеграції антен. Проблема нерегулярного випромінювання на частоті 5,9 ГГц можна вирішити у майбутньому. Деякі інші широкосмугові антени також можуть бути використані для аналізу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://c2ccommunications.com/>
2. «The influence of C2C communications in online brand communities on customer purchase behavior». Mavis T. Adjei, Stephanie M. Noble, 2010
3. «Understanding the influence of C2C communication on purchase decision in online communities from a perspective of information adoption model.» Dong HongZhu
4. Car-to-Car communication, [www.car-to-car.org/](http://www.car-to-car.org/).
5. Itsaso Eizmendi, “Optimization of antenna placement for car-to-car communications with ray-tracing”, Master Thesis, University of Karlsruhe, 2009
6. Kelsey Mays, “BMW Studies Car-to-Car Communication”, <http://blogs.cars.com>, 2009.
7. Prepared by the IEEE 802.11 Working Group of the IEEE 802 Committee, “Draft Standard for Information Technology, Telecommunications and information exchange between systems, Local and metropolitan area networks, Specific requirements, 2008
8. «Процедура адаптації вхідної підсистеми автоматизованого комплексу з урахуванням приналежності джерел радіовипромінювань», к.т.н. Горбенко В.І. (ВІТІ НТУУ „КПІ”) Федірко О.М. (НДІ ГУР), 2016.
9. «Широкосмугові антени і антенні решітки з реактивними навантаженнями», Овсяніков, ВВ, Безносова, ОР, 2018.
10. A. Andujar, J. Anguera, and C. Puente, “ON THE RADIATION PATTERN OF THE L-SHAPED WIRE ANTENNA” *Technology and Intellectual Property Rights Department Fractus Barcelona*, Spain, Research Paper, Vol 6, 2009

## ДОДАТОК 1

УДК 637.5.02

DOI:

**КАРПОВА Л. В.**

Хмельницький національний університет

ORCID ID: 0000-0001-5015-2107

e-mail: rtlesya@gmail.com

**БОЙКО А. О.**

Хмельницький національний університет

e-mail: boykoa1222@gmail.com

### ВПЛИВ РОЗМІЩЕННЯ ОДНІЄЇ ТА КІЛЬКОХ АНТЕН НА ПРОПУСКНУ ЗДАТНІСТЬ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ C2C

*У зв'язку з різноманітністю існуючих і майбутніх бездротових служб кількість антен, встановлених на транспортному засобі, постійно збільшується. Разом з тим, у зв'язку з конструктивними обмеженнями або додаванням більшої кількості компонентів електрообладнання скорочується кількість зручних для використання антенних положень. Для забезпечення стабільних з'єднань з даними або навіть більш високими швидкостями передачі даних з установочними просторами, що залишилися, можливим рішенням є використання декількох антенних систем.*

*У статті розглядаються та оцінюються 16 можливих положень антен для зв'язку між автомобілями (C2C). Структура випромінювання всіх антен визначається методом максимізації потужності синтезу антен, який враховує обмеження реального світу, такі як наявність простору, потужність передачі, кількість та розташування антен. Для порівняння різних налаштувань використовується пропускна спроможність каналу. Ця пропускна здатність розраховується з допомогою віртуальних дисків з урахуванням типових сценаріїв застосування. Результати цього дослідження показують, які положення антен і які комбінації положень антен найбільше підходять для зв'язку між C2C.*

*Ключові слова: антена, SISO, MIMO, автомобіль-автомобіль (C2C), антени для зв'язку між автомобілями (C2C), оптимізація, SVD, SNR, синтез, ефект каньйону, функція кумулятивного розподілу.*

**KARPOVA Lesia V., BOIKO Anita O.**

Khmelnytsky National University

### INFLUENCE OF LOCATION OF ONE AND MULTIPLE ANTENNAS ON CAPACITY OF C2C COMMUNICATION SYSTEMS

*Due to the variety of existing and future wireless services, the number of antennas installed on a vehicle is constantly increasing. However, due to design limitations or the addition of more components of electrical equipment, the number of user-friendly antenna positions is reduced. To ensure stable data connections or even higher data rates with the remaining installation space, a possible solution is to use multiple antenna systems.*

*This document discusses and evaluates 16 possible positions of antennas for communication between cars (C2C). The radiation pattern of all antennas is determined by the antenna synthesis maximization method, which takes into account real-world limitations such as space availability, transmission power, number and location of antennas. Channel bandwidth is used to compare different settings. This bandwidth is calculated using virtual disks based on typical application scenarios. The results of this study show which antenna positions and which combinations of antenna positions are most suitable for communication between C2C.*

*Additional time and cost constraints, as well as an increase in the range of products for the automotive industry and a large number of degrees of freedom for the multi-purpose antenna necessitate the use of advanced modeling models and design strategies. Thus, this is the starting point for this work. Here is presented and used a technique that allows you to optimize single and multiple antenna systems. The main purpose of the proposed synthesis is to optimize the radiation profiles of antennas based on constraints specific to vehicles. For antenna design, this document identifies different scenarios based on typical C2C security scenarios. The simulation is carried out in a typical worst case in urban and rural areas or on highways.*

*Keywords: antenna, SISO, MIMO, car-to-car antennas (C2C), optimization, SVD, SNR, synthesis, canyon effect, cumulative distribution function.*

### **Виклад основного матеріалу**

Додаткові обмеження щодо часу та витрат, а також збільшення асортименту продукції для автомобільної промисловості та велика кількість ступенів свободи для багатоцільової антени обумовлюють необхідність використання розширених моделей моделювання та стратегій проектування. Таким чином, це є відправною точкою для даної роботи. Тут представлена і використовується методика, яка дозволяє оптимізувати єдину та множинну антенні системи. Основною метою запропонованого синтезу є оптимізація профілів випромінювання антен на основі обмежень, специфічних для транспортних засобів.

Метою роботи є: дослідження розташування можливих положень антен для зв'язку між автомобілями (C2C) та вибір найоптимальнішого варіанту, який буде передавати сигнали на різній відстані.

Стаття побудована так: спочатку представлений синтез антен, який заснований на пробовідборі каналів та теорії внутрішньої ємності. Проектування та оцінка антени проводяться шляхом широкого моделювання з використанням удосконаленої та оптимізованої мережі моделювання. Далі поговоримо про підхід, який використовується для оцінки різних систем вхідний сигнал – вихідний сигнал (SISO) та 2\*2 кілька-входів-кілька-виходів (MIMO) для автомобіль-автомобіль (C2C). Остаточний висновок зроблено вкінці статті.

Основна ідея синтезу полягає в оптимізації антенних систем з інформацією про канали, пов'язані з обсягом. Виходячи з теорії внутрішньої ємності [1], використовуються алгоритми, які дозволяють визначити оптимізовану характеристику напряду для каналів часу та середовища [2]. Одна з переваг узагальнюючого підходу полягає в тому, що дозволяє враховувати різні принципи множинної антени [3].

Використання розкладання сингулярних значень (SVD) в розкопці матриці каналу  $H$  і вибірка радіоканалу з використанням антен вибірки. Кількість пробовідбірних антен визначається наявним фізичним простором для остаточної реалізації антени. Матриця каналу  $H$  складається з елементів  $h_{m,n}$ , які є комплексними коефіцієнтами передачі зв'язків між антеною відбору проб  $m$  вибіркова антена  $T_x$  і  $n$  вибіркова антена  $R_x$ . Ці коефіцієнти передачі можуть бути отримані шляхом вимірювання або моделювання.

З так званих матриць SVD  $U$  і  $V$  результат, що визначає розподіл сигналів (кожного підканалу) на передаючих та приймаючих антенах відбору проб. У типових сценаріях розповсюдження потужність підканалу  $\lambda_i$  зменшується зі збільшенням  $i$ . Тому, використовуючи лише перші кілька потужних субканалів, ці імпульси формування променя можуть бути використані для синтезу випромінювання, яке фокусується лише у відповідних напрямках. Таким чином, зусилля антени може бути використане для збільшення відношення сигналу до шуму (SNR) на приймачі та/або зменшення перешкод шляхом усунення певних напрямів передачі або прийому.

Що стосується зразків ідеальних джерел поля, то отримані схеми формування показують, яка спрямованість і форма випромінювання може бути фізично реалізована обсягом, який може бути використаний для конструкції антени. Оскільки канал змінюється з часом, для кожного каналу реалізації в часі, різні структури променевого випромінювання. Таким чином, ідея, що лежить в основі конструкції антен максимізації потужності, полягає в тому, щоб досліджувати, чи є усереднена модель синтезованого випромінювання всіх каналів більш ефективною, ніж, наприклад, всеспрямовані антени (без синтезу). Засідання, що застосовується, засноване на усередненні векторів стовпців всіх використовуваних знімків. Докладніша інформація з цього питання міститься в [3]. В якості входу в алгоритм синтезу, крім сценарію, використовується інформація про антену, що розробляється. Це, наприклад, розмір апертури, поляризація, кількість входів та виходів антени та можливе

розташування антени. З імітатором каналу визначають (обмежену за обсягом) каналну матрицю  $H$  і за допомогою SVD задають вектори збудження окремих підканалів реалізації кожного каналу. На заключному етапі використовується усереднення для розгляду варіантів поведінки у часі та навколишньому середовищі.

Для проектування антен у цьому документі визначено різні сценарії, що базуються на типових сценаріях використання С2С з точки зору безпеки [7]. Моделювання проводиться у типовому найгіршому випадку у міських та сільських районах або на автомагістралях. У районі, де знаходиться об'єкт дорожнього руху, щодо якого ведеться розслідування, поблизу зустрічаються різні об'єкти, включаючи автомобілі, що рухаються, припарковані автомобілі, будівлі, дорожні знаки і рослинність. На рис. 1 показаний один зі сценаріїв, а таблиці 1 перераховані сценарії, прийняті до уваги для цілей узагальнення. Цим дає час моделювання, а  $N_{cr}$  – кількість змодельованих знімків.

Оскільки для синтезу потрібен точний тривимірний опис багатоканального каналу, для обчислення поширення хвиль у сценаріях, що детерміновано генеруються, використовується алгоритм променевого відстеження [5]. Результати застосування алгоритмів були перевірені за допомогою вимірювань у різних сценаріях та показали, що вони забезпечують дуже високу точність [6].

Таблиця 1

Сценарії, що прийняті до уваги для розгляду цілей

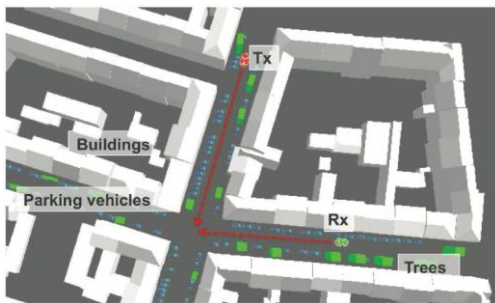


Рис. 1. Приклад сценарію міського перехрестя

№	Сценарій	Середовище	$T_{sim}$	$N_{cr}$
1-4	перехрестя	місто	5	125
5	швидка допомога	місто	10	250
6	т-перехрестя	місто	5	125
7	обгін	село	5	125
8	перехрестя	село	5	125
9	затор	автомагістраль	10	250
10	під'їзд	автомагістраль	5	125
11	висока швидкість	автомагістраль	2	200

На рис. 2 показано всі 16 точок, які враховуються при синтезі антен у цьому документі, а також деякі обмеження, такі як зона видимості (визначається кузовом автомобіля) та конфігурації вибірки, евристично обрані для кожної позиції.

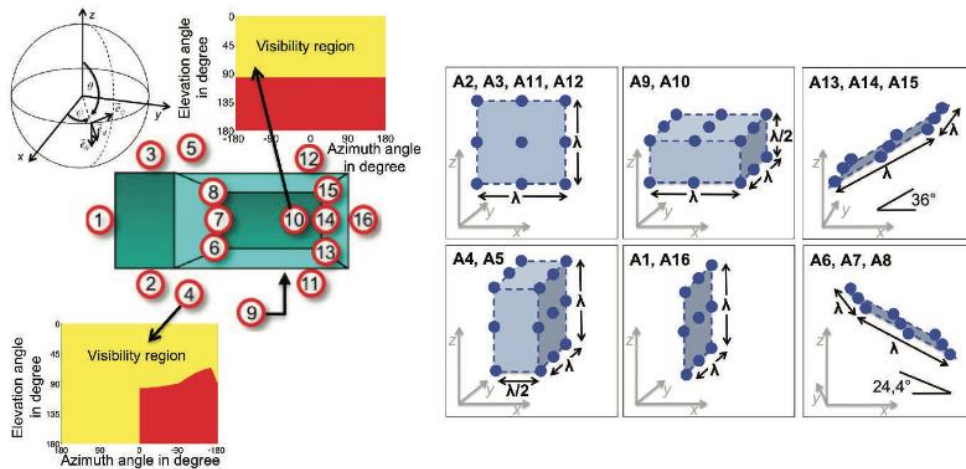


Рис. 2. Позначені положення та обмеження антен, такі як область обсягу вибірки та видимості, визначена для окремих місць,  $x$  - напрямок руху.

Ці положення антен вибираються з урахуванням можливості використання простору та положення поточної антени, які зазвичай використовуються. Виходячи з конкретних місць розташування, існують обмеження на фізичні розміри кінцевих результатів антени, які повинні відбиратися для синтезу антени. Для місць розташування (A1, A2, A3, A6, A7, A8, A11, A12, A13, A14, A15 і A16) може використовуватися планарна структура, розмір евристично визначається як  $\lambda \cdot \lambda$ . Для позицій (A4, A5 і A9, A10) передбачається тривимірна структура з апертурою  $\lambda \cdot \lambda/2 \cdot \lambda$ , або  $\lambda \cdot \lambda \cdot \lambda/2$ . Береться роздільна здатність  $\lambda/2 = 2, 54$  см. Щоб забезпечити якомога більше ступенів свободи, вибірка виконується з повною поляриметриєю та з ідеальними джерелами поля (ідеальні ізотропні антени). У наведеному нижче реєстрі перераховані всі параметри, що використовуються для синтезу.

- Загальним рішенням для передавача і приймача є детермінування, щоб передавач і приймач могли використовувати ту саму антену(и).
- Рівень шуму дорівнює -104 дБм, розрахований за допомогою  $kT B$ , де  $k$  є константою Больцмана, температура  $T = 293$  К та смуга пропускання  $B$  10 МГц.
- Для розрахунку пропускної спроможності використовується EIRP 33 дБм [8].
- Якщо за передавача є кілька антен, то енергія рівномірно розподіляється між усіма антенами.

Для оцінки всіх положень антени аналізується функція кумулятивного розподілу (СГО) пропускної спроможності  $C$ . Пропускна спроможність розраховується за формулою:

$$C = \log_2 \det \left( I + \frac{P_{Tx} - G_{\max}}{M\sigma^2} HH \right) \quad (1)$$

де  $P_{Tx} - G_{\max}$  – потужність передачі 33 дБм, скоригована за максимальним збільшенням антени  $G_{\max}$  (напрямок) для виконання обмежень EIRP.  $M$  - кількість передавальних антен і  $\sigma^2$  - дисперсія шуму. Для зв'язку С2С важлива не найвища досяжна потужність. Швидше, інтерес представляє потенціал, який може бути реалізований у більшості випадків у нижній частині CDF.

#### А. Розміщення однієї антени

На рис. 4 узагальнено результати синтезу системи SISO. CDF для всіх положень антен показані з номенклатурою, що йде за номенклатурою на рис. 3.

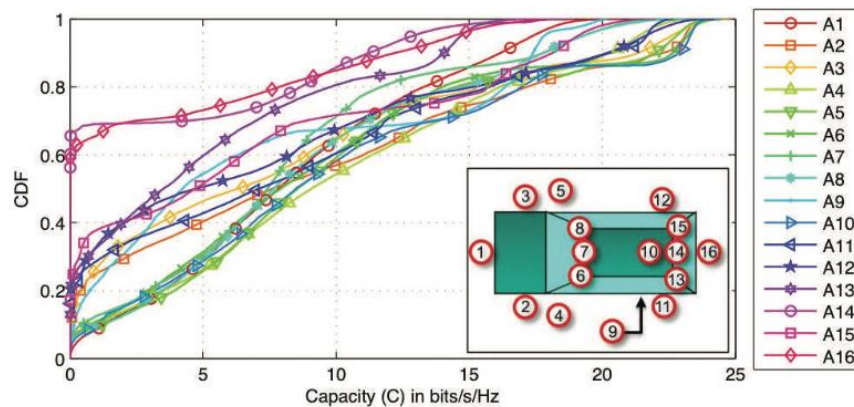


Рис. 3. CDF всіх розглянутих місць розташування антен для синтезу системи SISO

Як зазначалося, нижня частина CDF представляє особливий інтерес для справжньої оцінки. Таким чином, всі розташування антен можна розділити на три групи. У місцях із найгіршими результатами (у 15-му) зона видимості обмежена (автомобілем) задньою стороною транспортного засобу

(A14 та A16). Наступна найкраща група включає всі позиції антен, які розташовані на бічній позиції (A2, A3, A11 та A12), під автомобілем (A9) або на D-стовпі (A13 та A15). Кращі робочі антенні позиції мають зону видимості, що перекриває напрямок руху бічних дзеркал (A4, A5), розташування антени даху (A10) і опори А (A6, A8) і лобового скла (A7).

На рис. 4 показані схеми синтезованого випромінювання положення антени (A1, A4, A5, A8 і A10). Моделі обмежені областю видимості, яка залежить від кузова автомобіля та розташування антени. Наприклад, зона видимості антени даху обмежена лише верхньою півкулею ( $\theta < 95^\circ$ ). Система координат, що використовується, показана на рис. 3.

Спрямованість розраховується шляхом інтегрування у всій сфері. Дивно, що всі напрямки далекого світла фокусуються на напрямі руху.

Основною площиною взаємодії є азимут. Дослідження кутових статечних спектрів (APS) показує, що існує лише невелика область навколо ( $\theta = 90^\circ$ ), яка має відношення до висоти. Тому в азимутну площину доцільно помістити максимально можливе збільшення антени. Вивчення у площині азимуту показує, що у зв'язку із C2C часто спостерігається так званий ефект каньйону. Це означає, що вулиця оточена, наприклад, будинками, які діють як хвилеводи. У тому випадку, якщо відстань між транспортним засобом Rx і Tx велика, більшість багатоступінчастих компонентів прибувають (або йдуть) у напрямку руху або проти нього. Таким чином, особливо у випадках, коли антенні системи не мають прямої видимості, вони виграють, якщо напрямок променя далекого світла охоплює ці напрямки.

## В. Розміщення кількох антен

У нижченаведених 2 системах вивчаються дві системи, що складаються з різних комбінацій 16 розглянутих місць розташування антен на транспортному засобі. З метою обмеження кількості кортежів враховуються часові характеристики конкретного розташування. Для кожної комбінації (кожної пари) визначається, яким чином із десяти пропускна здатність опускається нижче за певний поріг. На рис. 5 показано, що для евристично визначеного порогового значення 3 біта/с/Гц.

Таким чином, можна визначити положення антени, яке не фіксується у слабких каналах передачі. У міру зміни радіації беруться зразки із синтезованих систем SISO.

На рис. 6 представлені вісім комбінацій (A1xA2, A1xA4, A1xA5, A1xA8, A1xA10, A4xA5, A4xA7 та A4xA10), які будуть розглянуті докладніше. На рис. 6 показані результати восьми розглянутих комбінацій.

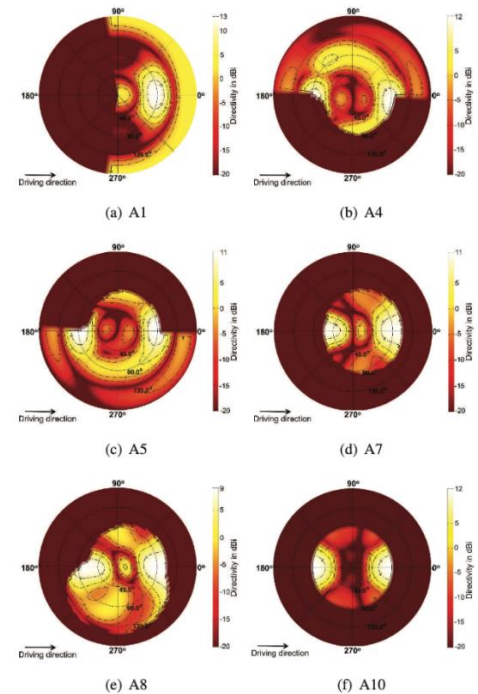


Рис. 4. Синтезований характер випромінювання для шести різних точок розташування антен

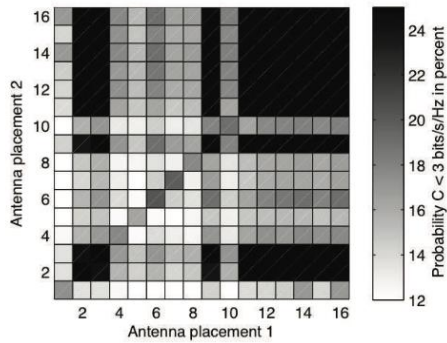


Рис. 5. Встановлений відсоток для випадку, коли обидві антенні положення опускаються нижче порогового значення 3 біта/с/Гц одночасно.

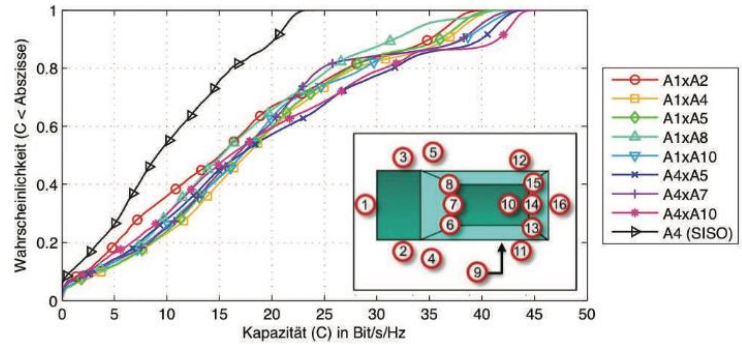


Рис. 6. Зіставлення пропускної спроможності 2\*2 комбінацій 16 обстежених антенних ділянок

З високих просторів антенних елементів виходять незв'язані канали. Саме з цієї причини порівняно із системами SISO використання двох різних точок свідчить про значне збільшення пропускної спроможності. Серед розглянутих пар антен найбільш ефективними є комбінації A1xA4, A1xA5 та A4xA10.

### Висновки

Методика проектування антени, звана синтезом антен, використовується для проектування одиничних та множинних антенних систем зв'язку C2C. Основна увага приділялася відповідним сценаріям безпеки дорожнього руху, в яких C2C може використовуватися для виявлення та запобігання потенційним небезпекам. Зокрема, у таких сценаріях застосування виникає питання про те, які антенні положення та які види випромінювання слід використовувати. Було вивчено 16 антенних позицій, що мають особливе значення для автомобільної промисловості, з урахуванням конкретних конструктивних обмежень, пов'язаних з розташуванням. На основі цієї оцінки було зроблено такий висновок:

Аналіз показує, що особливо слабких каналів виникає так званий ефект каньйону. Таким чином, найрізноманітніші складові-континенти прибувають або йдуть у напрямку руху. Таким чином, синтез визначає ці напрямки як найважливіші. Таким чином, посилення антени може бути використане (з боку приймача) для збільшення відношення сигналу шуму в системі SISO. При оцінці розташування антени антени антени, які можуть охоплювати цей напрямок, мають найбільшу пропускну здатність. Ці позиції - дах, бічні дзеркала, передній екран та А-стовп.

Використання двох різних антенних точок з великим просторовим поділом призводить до значного збільшення пропускної спроможності. Якщо мета конструкції системи полягає у підвищенні надійності, то рекомендується поєднувати розташування антен з додатковими хорошими та поганими каналами передачі. У цьому дослідженні комбінація антени всередині переднього бампера з антеною в лівому або правому бічному дзеркалі досягла найвищої ємності в більшості каналів, що розглядаються.

### Література

1. Дж. У. Уоллес та М. А. Дженсен, «Внутрішня ємність бездротового каналу MIMO», У матеріалах 56-ї конференції IEEE Vehicular Technology Conference, том 2, сторінки 701, 21, 705, 2002.
2. J. Pontes, L. Reichardt and T. Zwick, «Дослідження антенних систем для зв'язку «автомобіль-автомобіль», Журнал IEEE про вибрані області комунікацій, вип. 29, с. 7-14, лютий 2011 р.
3. Л. Райхардт, Т. Малер, Ю. Л. Сіт і Т. Цвік, «Використання методології синтезу для проектування автомобільних антенних систем», прийнято до публікації в textitProceedings of the European Conference on Antennas and Propagation, EuCAP 2013, Гетеборг, Швеція, квітень 2013 р

4.Reichardt, J. Pontes, G. Jereczek та Т. Zwick, «Максимізуючи пропускну здатність конструкції антени МІМО для зв'язку між автомобілями», 243-246 , Гонконг, Китай, квітень 2011 року.

5.Л. Райхардт, Дж. Маурер, Т. Фюген і Т. Цвік, «Віртуальний диск: повний симулятор зв'язку та радіолокаційної системи V2X для оптимізації кількох антенних систем», Праці ІЕЕЕ, стор. 1 -16 травня 2011 року.

6.Karpova L. Study of the Influence of Changing Signal Propagation Conditions in the Communication Channel on Bit Error Rate / Boiko, J., Pyatin, I., Karpova, L., Eromenko, O. // Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologiesthis link is disabled, 2021, 69, стр. 79–103

7.Karpova L. Evaluation of phase-frequency instability when processing complex radar signals / Boiko, J., Karpova, L., Eromenko, O., Havrylko, Y. // International Journal of Electrical and Computer Engineering, 2020, 10(4), с. 4226-4236.

### References

1.Dzh. U. Uolles та M. A. Dzhensen, «Vnutrishnia yemnist bezdrotovoho kanalu MIMO», U materialakh 56-yi konferentsii IEEE Vehicular Technology Conference, tom 2, storinky 701, 21, 705, 2002.

2.J. Pontes, L. Reichardt and T. Zwick, «Doslidzhennia antenykh system dlia zviazku «avtomobil-avtomobil», Zhurnal IEEE pro vybrani oblasti komunikatsii, vyp. 29, s. 7-14, liutyi 2011 r.

3.L. Raikhardt, T. Maler, Yu. L. Sit i T. Tsvik, «Vykorystannia metodolohii syntezy dlia proektuvannia avtomobilnykh antenykh system», pryiniato do publikatsii v textitProceedings of the European Conference on Antennas and Propagation, EuCAP 2013, Heteborh, Shvetsiia, kviten 2013 r

4.Reichardt, J. Pontes, G. Jereczek та Т. Zwick, «Maksymizuiuchy propusknу zdatnist konstruktсии anteny MIMO dlia zviazku mizh avtomobilyamy», 243-246 , Honkonh, Kytai, kviten 2011 roku.

5.L. Raikhardt, Dzh. Maurer, T. Fiuhen i T. Tsvik, «Virtualnyi dysk: povnyi symulator zviazku ta radiolokatsiinoi systemy V2X dlia optymizatsii kilkokh antenykh system», Pratsi IEEE, stor. 1 -16 travnia 2011 roku.

6.Karpova L. Study of the Influence of Changing Signal Propagation Conditions in the Communication Channel on Bit Error Rate / Boiko, J., Pyatin, I., Karpova, L., Eromenko, O. // Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologiesthis link is disabled, 2021, 69, str. 79–103

7.Karpova L. Evaluation of phase-frequency instability when processing complex radar signals / Boiko, J., Karpova, L., Eromenko, O., Havrylko, Y. // International Journal of Electrical and Computer Engineering, 2020, 10(4), s. 4226-4236

## ДОДАТОК 2. Презентація.

# Проектування та оптимізація антен рухомого зв'язку (car to car)

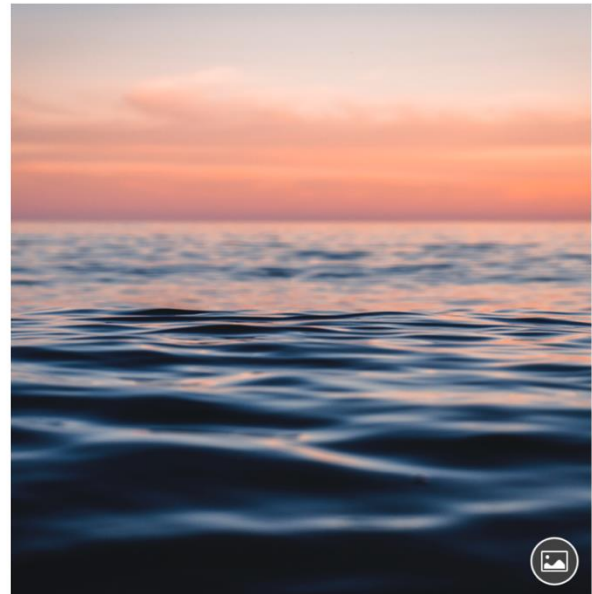
Автор роботи:  
студентка 2 курсу, група ТРМ-20-1  
Аніта БОЙКО

Керівник: канд. техн. наук, доцент  
Леся КАРПОВА

**Метою роботи** є розробити монопольну антену, вимірюючи та аналізуючи довгострокові та короткострокові згасання. Оцінити прозорий матеріал для ширококугової антени.

**Предметом дослідження** є теоретичні та практичні завдання формування та впровадження антен радіо зв'язку на автомобілях.

**Об'єктом дослідження** є процес оперативного і цілеспрямованого контролю точності налаштування зв'язку та розшталування авто в просторі.

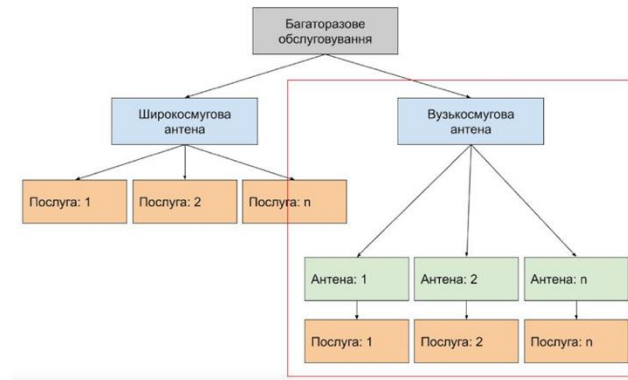


## Розділ 1

### Аналіз вузькосмугових та широкосмугових антен

Ми хочемо інтегрувати багато послуг в один автомобіль, як-от особистий зв'язок, мовлення, навігація тощо. У майбутньому ми зможемо знайти повний офіс в автомобілі завдяки останнім доступним послугам.

Розглядаючи всі ці проблеми, найкращим рішенням для всіх є те, що ми повинні вибрати одну антену, яка повинна охоплювати діапазон частот, що працює у всіх відповідних діаграмах випромінювання.



## Розділ 2

### Інтеграція широкопсмугової спіральної антени в автомобіль

Розділ 2 показує найкраще розташування антени в автомобілі із різними прозорими матеріалами.

Найкраще місце для такого типу діаграми випромінювання - вибрати переднє скло автомобіля або заднє скло автомобіля. Рисунок показує положення антени в автомобілі. Тестування показали якщо спіральну антену розмістити в цьому положенні з компланарним хвилеводним живленням, то діаграма діаграми випромінювання в цьому положенні буде такою ж.



## Розділ 3.

### Результати моделювання, тестування розташування ширококугових антен на автомобілях

Одне з досліджень має чотирьох канальну спіральну антену з копланарною хвилеводною напрямною, що живить автомобіль. Антена краще підходить як для супутникових, так і для наземних служб. Втрати повернення супутникового режиму вище -10дБ в діапазоні від 1,3 Гц до 2,2 Гц. Таким чином, супутникові послуги можуть бути покриті ширококуговим способом.

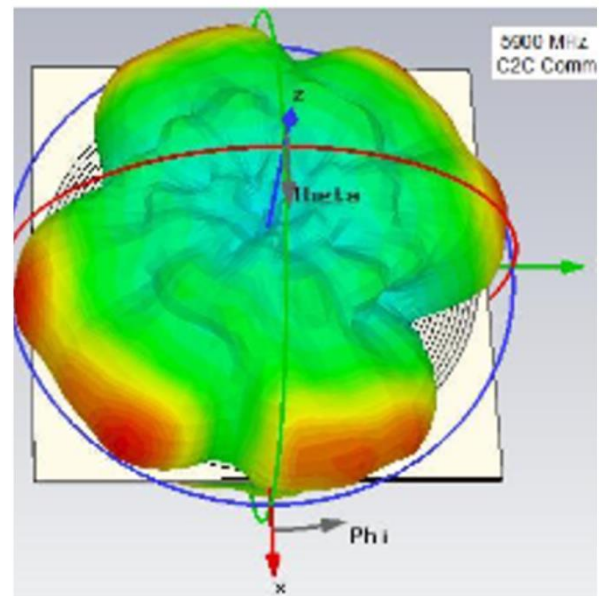


### Результати досліджень

#### Чотирьохканальна спіральна антена РЕС, що подає матеріал від центру.

Видно тривимірну схему випромінювання чотирьох-канальної спіральної антени, яка охоплює різні автомобільні послуги. Завдяки своєму подвійному характеру та розташування антени перед склом вона охоплює супутникові та наземні послуги.

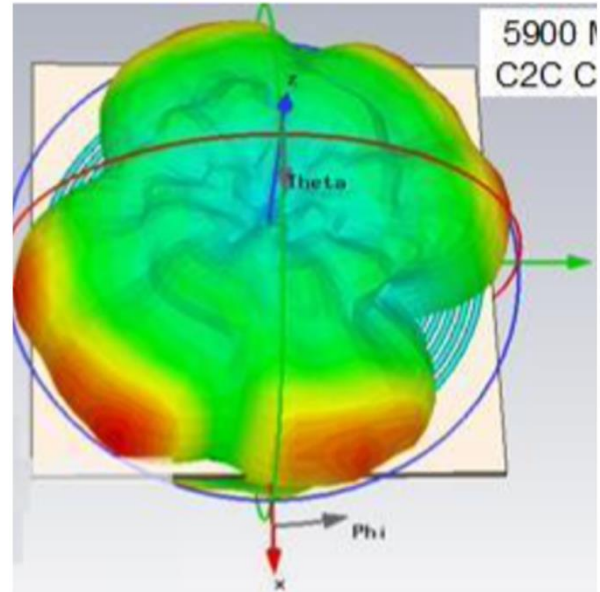
При частоті 5900 МГц структура випромінювання є нестабільною, тому додаток С2С не підходить до нього.



## Результати досліджень

**Спіральна антена з чотирма каналами.  
Прозорий матеріал, центральне живлення.**

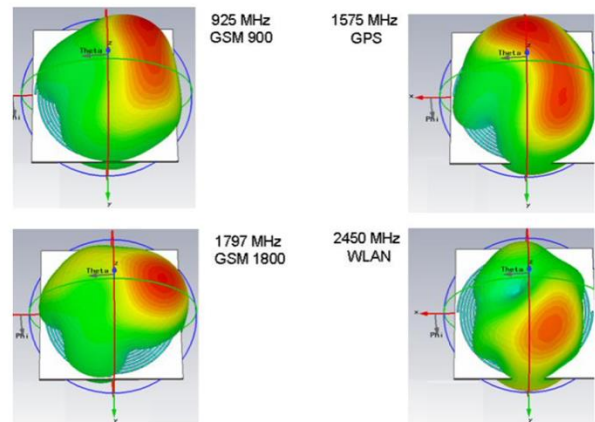
Завдяки своїй подвійній схемі, а також позиції антени перед склом він покриває супутникові та наземні послуги. Радіаційний малюнок майже такий самий, як і у випадку з PEC. При частоті 5900 МГц структура випромінювання нестабільна, тому C2C не підходить.



## Результати досліджень

**Спіральна антена з чотирма каналами. Подача прозорого матеріалу на зворотному боці.**

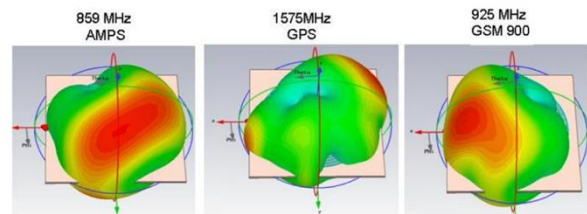
Антенна з міткою змінює радіаційний малюнок щодо перших двох конструкцій. Ця антена не має точного подвійного режиму випромінювання, але якщо вона вбудована в переднє скло автомобіля, вона підходить для всіх бажаних застосувань, GSM 1800/900, GPS, DABT, AMPS, WLAN, UMTS DECT та C2C зв'язку. Зміна випромінювання з частотою та CPL можуть ховатися у даху. При 5900 МГц структура випромінювання нестабільна, тому C2C. Програма зв'язку не підходить.



## Результати досліджень

### Спіральна антена з двома каналами, живлення збоку

Показана схема випромінювання двоканальних спіральних антен для різних служб. У цій імітаційній схемі випромінювання відносні зміни, якщо ми порівнюємо його з останніми трьома симуляціями. Хорошу радіаційну структуру цієї антени можна побачити у трьох службах: GSM 900, GPS та AMPS.



Основна ідея цього проекту полягає в заміні матеріалу PEC на прозорий провідний матеріал, а як підкладка використовується скло. Всі симуляції в цьому проекті мають краще  $-10$ дБ для супутникових і наземних служб. Але в порівнянні з попередніми роботами, цей проект має менше збігів через низьку провідність прозорого матеріалу. Чотири спіральна антена прозорого матеріалу зі зворотного боку має втрати повернення краще, ніж  $-10$ дБ в діапазоні від 1 Гц до 1,6 ГГц, які охоплюють супутникове обслуговування. Втрата повернення для наземних служб також краще, ніж  $-10$  дБ у діапазоні від 800 МГц до 5,9 ГГц, крім  $-8$ дБ для деяких точок.

**Висновки. Щоб зробити остаточний висновок про найбільш ефективну позицію антени для С2С зв'язку знаходиться під автомобілем. Необхідно взяти до уваги кілька аспектів, таких як міркування, пов'язані з конструкцією.**

**Чотирьох канална спіральна антена, що подається із задньої сторони, може також працювати для автомобілів, і всі необхідні послуги можуть бути покриті цим.**

**Двоканальна спіральна антена, призначена  
для вбудовування в переднє скло автомобіля.  
Модель змінюється з частотою і залежить від  
розташування автомобіля**

**Дякую за увагу!**

Завідувачу кафедри телекомунікацій,  
медійних та інтелектуальних технологій  
д.т.н., доценту Підченку С. К.  
здобувача вищої освіти  
Бойко Аніти Олексіївни  
ФІТ, гр. ТРМ-20-1

### ЗАЯВА

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

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

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

30 листопада 2020 р.  
дата

  
підпис

Имя пользователя:  
Kafedra TMIT KhNU

ID проверки:  
1009582940

Дата проверки:  
07.12.2021 16:51:23 EET

Тип проверки:  
Doc vs Internet

Дата отчета:  
07.12.2021 16:56:13 EET

ID пользователя:  
100005657

Название файла: Бойко Аніта\_ТРМ-20

Количество страниц: 90 Количество слов: 12607 Количество символов: 90736 Размер файла: 3.54 MB ID файла: 1009588086

## 1.53% Совпадения

Наибольшее совпадение: 0.46% с Интернет-источником (<http://elar.khnu.km.ua/jspui/bitstream/123456789/9626/1/%D0>).

1.53% Источники из Интернета 138 ..... Страница 92

Поиск совпадений с Библиотекой не производился

## 0% Цитат

Цитаты 3 ..... Страница 93

Ссылки 1 ..... Страница 93

## 0% Исключений

Нет исключенных источников

## Модификации

Обнаружены модификации текста. Подробная информация доступна в онлайн-отчете.

Замененные символы 10

**Anti-Plagiarism v-15.257****Максимальное совпадение с одним документом 1.0%****Словари проверки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. Ошибка в документах: 8%**

ID: 98047 Название: Проектування та оптимізація антен рухомого зв'язку (car to car) Добавлено в БД: 2021-12-05 Авторы: Бойко Аніта Олексіївна Руководители: Карпова Леся Вікторівна Консультанты: Оponentы:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	48552	775	476 (1%)	8 (1%)

## Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы

## РІШЕННЯ КАФЕДРИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ТА РАДІОТЕХНІКИ

### ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

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

Назва: Проектування та оптимізація антен рухомого зв'язку (car to car)

Автор: Бойко Аніта Олекчіївна

Спеціальність: 172 Телекомунікації та радіотехніка

Науковий керівник: к.т.н., доцент Карпова Леся Вікторівна

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

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

Підтвердження: Виявлені запозичення не є плагіатом так як відносяться до термінологічних та загальнонавчаних типових фраз і складають 1,53%

«07» грудня 2021 р.

Науковий керівник

Карпова Л.В.

Завідувач кафедрою ТМІТ

Підченко С.К.

## РЕЦЕНЗІЯ

на магістерський кваліфікаційний проєкт  
тема: «Проєктування та оптимізація антен рухомого зв'язку (car to car)»  
студентки групи ТРм-20-1 Аніти БОЙКО

У зв'язку з різноманітністю існуючих і майбутніх бездротових служб кількість антен, встановлених на транспортному засобі, постійно збільшується. Разом з тим, у зв'язку з конструктивними обмеженнями або додаванням більшої кількості компонентів електрообладнання скорочується кількість зручних для використання антенних положень. Для забезпечення стабільних з'єднань з даними або навіть більш високих швидкостей передачі даних з установочними просторами, що залишилися, можливим рішенням є використання декількох антенних систем.

У кваліфікаційному проєкті розглядаються та оцінюються 16 можливих положень антен для зв'язку між автомобілями (C2C). Структура випромінювання всіх антен визначається методом максимізації потужності синтезу антен, який враховує обмеження реального світу, такі як наявність простору, потужність передачі, кількість та розташування антен. Для порівняння різних налаштувань використовується пропускна спроможність каналу. Ця пропускна здатність розраховується з допомогою віртуальних дисків з урахуванням типових сценаріїв застосування. Результати цього дослідження показують, які положення антен і які комбінації положень антен найбільше підходять для зв'язку між C2C.

За змістом робота є докладною та містить достатньо посилань на літературу. Викладення матеріалу є послідовним та логічно правильним. Наведені у роботі формули, припущення та висновки мають достатнє обґрунтування та пояснюються прикладами у випадках, де це потрібно. Мова викладення роботи є технічно грамотною, зрозумілою та не перенасиченою спеціальними термінами.

З точки зору оформлення кваліфікаційний проєкт представлений пояснювальною запискою обсягом 92 аркушів (з додатками). Оформлення пояснювальної записки знаходиться на належному рівні, послідовність викладення матеріалу є логічною та зрозумілою.

Наприкінці необхідно відзначити, що виконана робота відповідає загальним вимогам, що пропонуються до магістерських кваліфікаційних проєктів, і заслуговує оцінки "відмінно", а Бойко Аніта Олексіївна – присвоєння кваліфікації магістра зі спеціальності «Телекомунікації та радіотехніка».

**Опонент:**  
к.т.н, доцент



**О. І. Єрмоєнко**