

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

**Радіотехнічний факультет**

**Кафедра радіоінженерії**

«На правах рукопису»  
УДК 681.2, 53.087

До захисту допущено:

В.о. завідувача кафедри



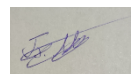
\_\_Сергій МАРТИНЮК

«17»\_грудня\_\_\_\_\_2021 р.

**Магістерська дисертація  
на здобуття ступеня магістра  
за освітньо-професійною програмою  
«Радіосистемна інженерія»  
зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»  
на тему: \_Електродинамічне моделювання міток системи радіочастотної  
ідентифікації**

Виконав (-ла):  
студент (-ка) II курсу, групи РС-01мп

Бойко Микола Ігорович



Керівник:  
доцент, к.т.н.  
Мартинюк Сергій Єстафійович



Рецензент:  
доцент, к.т.н.  
Мосійчук Віталій Сергійович

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.  
Студент (-ка) \_\_\_\_\_  
Київ – 2021 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**Радіотехнічний факультет**

**Кафедра радіоінженерії**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Радіосистемна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Сергій МАРТИНЮК

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ  
на магістерську дисертацію студенту**

**Бойко Миколі Ігоровичу**

1. Тема дисертації «Електродинамічне моделювання міток системи радіочастотної ідентифікації»,

науковий керівник дисертації Мартинюк Сергій Єстафієвич, доцент, затверджені наказом по університету від «15» листопада 2021р. № 3744-с

2. Термін подання студентом дисертації 15.12.2021 р.

3. Об'єкт дослідження Система радіочастотної ідентифікації міток UHF-діапазону

4. Вихідні дані Зчитувач Impinj Speedway , антена Alien ALR-A0501, RFID-мітки , програмне забезпечення Impinj Item Test.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити

1. Провести огляд існуючих типів міток та вибрати о'б'єкт дослідження.
2. Практичне вимірювання значення параметрів системи та міток.
3. Програмне моделювання об'єкту дослідження.
4. Порівняння отриманих даних із вимірюваннями.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу презентація представлена в 12 слайдах.

7. Дата видачі завдання 25.10.2021.

### Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання магістерської дисертації                    | Термін виконання етапів магістерської дисертації | Примітка |
|-------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------|
| 1     | Огляд наявних міток та їх типів                                    | 19.11.2021                                       |          |
| 2     | Вибір пристроїв для реалізації системи та моделювання її елементів | 26.11.2021                                       |          |
| 3     | Макетування системи та вимірювання параметрів                      | 03.12.2021                                       |          |
| 4     | Моделювання міток                                                  | 15.12.2021                                       |          |
| 5     | Оформлення дисертації та подача її на рецензію                     | 18.12.2021                                       |          |
| 6     | Подача магістерської дисертації на перевірку плагіата              | 20.12.2021                                       |          |
| 7     | Підготовка презентації                                             | 20.12.2021                                       |          |

Студент

Микола БОЙКО

Науковий керівник

Сергій ЄСТАФІЄВИЧ

## РЕФЕРАТ

Обсяг роботи – 83 сторінки, 13 ілюстрацій, 30 таблиць, 17 джерел за переліком посилань.

### ***Актуальність теми.***

Робота присвячена дослідженню та електродинамічному моделюванню міток системи радіочастотної ідентифікації на основі RFID-міток UHF діапазону ALN-A0501 та зчитувача Impinj Speedway 420 . Технології, що використовують даний стандарт, дозволяють вимірювати рівень радіосигналу і дані записані на мітці. Це дає широкі можливості автоматизації та контролю за важливими та цінними об'єктами (документами, електронними носіями, контейнерами з вантажем та співробітниками) з можливістю визначити лице одним зчитуванням всю інформацію про об'єкт на якому розміщена мітка. На даний момент технологія RFID все більше й більше впроваджуються в повсякденному житті і вимагає детального дослідження та виявлення можливостей по впровадженню, що й зумовлює актуальність роботи.

### ***Мета і задачі дослідження.***

Електродинамічне моделювання міток системи радіочастотної ідентифікації та визначення параметрів і можливостей RFID технології, для вирішення різноманітних завдань ідентифікації та маркування.

Для досягнення мети було сформульовано наступні завдання:

- Провести огляд існуючих типів міток та вибрати об'єкт дослідження.
- Практичне вимірювання значення його параметрів.
- Програмне моделювання об'єкту дослідження.
- Порівняння отриманих даних.

.

***Об'єкт дослідження.*** Мітки системи радіочастотної ідентифікації.

***Предмет дослідження.*** Радіо-частотні мітки, зокрема, аналіз експериментальних та розрахункових даних з переліку існуючих їх типів.

***Методи дослідження.*** Для зчитування вибрано RFID мітки UHF-діапазону. Задля реалізації зчитування вибраний зчитувач Impinj Speedway R420 оскільки, може передавати дані про рівень сигналу RSSI. Для підключення зчитувача, отримання та моніторингу даних використовується ПО Impinj Item Test Software .

***Наукова новизна одержаних результатів.*** Досліджена та змодельована система радіочастотної ідентифікації із застосуванням сучасних технологій. Отримані результати дають змогу з прийнятною точністю визначати дальність дії RFID міток та враховувати особливості об'єктів встановлення міток. Поєднання вимірів і моделювання є більш універсальним, надійним та обґрунтованим для практичних застосувань.

***Практичне значення одержаних результатів.*** Запропонована в даній роботі система призначена для використання в різноманітних умовах для відстеження транспортованих вантажів , товарів , працівників , контролю доступу , маркування , завдяки можливості швидко та дистанційно дізнатися всі потрібні дані про об'єкт за найкоротший час. Залежно від параметрів поверхні повару це можуть бути як невеликі речі , як коробка на складі з картону , на який клеїться мітка , аж до якихось масивних об'єктів, таких як металеві контейнери або палети , чи зовсім невеликі розміром з телефон чи який-небудь дрібногабаритний вартісний продукт.

***Ключові слова:*** зчитувач IMPINJ SPEEDWAY R420, мітки ALN-9654(ARDIX BA9664) та SMARTRAC 3D FROG, антена ALR-A0501, Impinj ItemTest Software.

## **Annotation**

The volume of work - 83 pages, 13 illustrations, 30 tables, 17 sources on the list of references.

### ***Actuality of theme.***

The work is devoted to the research and electromagnetic modeling of radio frequency identification tags based on the UHF-band RFID tag ALN-A0501 and the Impinj Speedway 420 receiver. Technologies using this standard measure the level of the radio signal on the label. This enables automation and control of a wide range of assets and valuable objects (documents, media, shipping containers and employees) with the ability to support all readings of all information about the object in one place. Today, RFID technologies are increasingly being implemented in everyday life, and require detailed research and identification of opportunities for implementation, which determines the relevance of the work.

### **The purpose and objectives of the study.**

Electromagnetic modeling of radio frequency identification systems labels and determination of parameters and capabilities of RFID technology for various identifications and marking.

To achieve this goal, the following tasks were formulated:

- Review existing label types and select research.
- Practical measurement of the value of its parameters.
- Software modeling of the research object.
- Comparison of data obtained.

**Object of study.** Radio frequency identification system labels.

**Subject of study.** Radio frequency labels, in particular, analysis of experimental and calculated data from the list of available types.

**Research methods.** UHF band RFID tags are selected for reading. You can transmit RSSI signal level data to read the selected Impinj Speedway R420 coupling. Impinj Item Test Software is used to connect the reader, receive and monitor data.

**Scientific novelty of the obtained results.** The system of radio frequency identification with the use of modern technologies is researched and modeled. The proposed method makes it possible to determine with reasonable accuracy the direction and all about a particular subject and is universal in comparison with systems based on the use of barcodes.

**The practical significance of the results obtained.** The system proposed in this paper is designed for use in a variety of conditions for tracking transported goods, goods, workers, access control, marking, thanks to the ability to quickly and remotely search all the necessary projects in the shortest time. Depending on the surface of the cook, these can be things like a box in a cardboard warehouse that is labeled, to some massive objects, such as metal containers or pallets, or some size from the phone or some small variant product.

**Keywords:** IMPINJ SPEEDWAY R420 coupling, tags ALN-9654 (ARDIX BA9664), ALR-A0501 antenna, Impinj ItemTest software.

|                                                                    |           |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....</b>                                      | <b>10</b> |
| <b>ВСТУП.....</b>                                                  | <b>11</b> |
| <b>1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....</b>                           | <b>15</b> |
| 1.1. Аналіз наявних міток та їх типів .....                        | 15        |
| 1.1.1 За типом енергоспоживання RFID-мітки діляться на: .....      | 15        |
| 1.1.3 За робочою частотою RFID-мітки ділять на: .....              | 18        |
| <b>2. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РОБОТИ .....</b>                        | <b>21</b> |
| 2.1 Апаратне забезпечення.....                                     | 21        |
| Технічні характеристики зчитувача Speedway Revolution IMPINJ-R420. | 22        |
| Застосування UHF RFID міток ALN 9654: .....                        | 23        |
| Технічні характеристики UHF RFID мітки ALN 9654: .....             | 23        |
| Технічні характеристики UHF RFID мітки Smartrac 3D Frog: .....     | 26        |
| 2.1.3 Антена.....                                                  | 28        |
| Технічні характеристики Alien Technology® ALR-A0501:.....          | 28        |
| Висновки до розділу .....                                          | 30        |
| 3.3 Механізм вимірювання рівня RSSI .....                          | 33        |
| 3.4 Фільтрація RSSI .....                                          | 39        |
| 3.5 Визначення відстані до об'єкта .....                           | 40        |
| Висновки до розділу .....                                          | 41        |
| <b>4. МОДЕЛЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК RFID МІТКИ.....</b>                | <b>41</b> |
| <b>5. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ .....</b>                           | <b>52</b> |
| 5.1 Опис ідеї проекту.....                                         | 52        |
| 5.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....                          | 54        |
| 5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту .....      | 55        |
| 5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту .....                   | 61        |
| 5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту .....       | 65        |

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| <b>5.6.Висновки за розділом .....</b> | <b>68</b> |
| <b>ВИСНОВКИ .....</b>                 | <b>70</b> |
| <b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ .....</b>  | <b>71</b> |

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

**RFID** - радіочастотна ідентифікація

**UHF** - дециметровий діапазон частот

**RSSI**- індикація про надійність сигналу

**НЧ** - діапазон низьких частот

**ВЧ** - діапазон високих частот

**УВЧ** - ультрависокочастотний діапазон

**НВЧ** - надвисокочастотний діапазон

**ЕРС** - електронний код продукту

**ПК** – персональний комп'ютер

## ВСТУП

В сучасному світі неможливо уявити життя людини без використання RF - ідентифікації. Можливість відстеження міток стала невід'ємною частиною транспортних, безпекових та торгових систем і використовується, як в повсякденному житті покупців, автомобілістів, служб доставки, так і в промисловості. З впровадженням ідентифікаційних систем, таких як RFID, отримати точні дані можливо майже кожному користувачеві девайсу зі спеціальним зчитувачем або навіть смартфоном в будь-який час. Такі мітки дозволяють організувати систему складських приміщень, полегшити пошук товару на полиці, збирати статистику і боротися з крадіжками. У ролі складу може виступати що завгодно - від виробничого цеху готових деталей до міської бібліотеки. Також технологія RFID вже кілька років стоїть на службі маркування товарів. Виробники пропонують широкий спектр радіоміток, які мають різноманітну зовнішню форму і тип конструктивного виготовлення. Для використання у звичайних умовах радіомітки виготовляють у вигляді паперових або лавсанових наклейок, для агресивних середовищ і багаторазового використання — у вигляді скляних капсул, карток, пластмасових пломб, брелоків, дисків або іншої необхідної форми, наприклад є мітки із підвищеною стійкістю, а саме:

- Стійкість до ударів – у деяких жорстких середовищах застосування, як-от будівельні майданчики, потрібні мітки, які витримують удари від інших об'єктів. Жорсткі мітки, не стійкі до ударів, не витримують сильного удару до того, як корпус зламається і бірка перестане функціонувати.
- Стійкість до вібрації – вібрація в транспортних засобах, поїздах та певних типах техніки може бути проблематичною не тільки для зчитувачів RFID,

але й для міток. Інтенсивні, постійні вібрації необхідно пом'якшити за допомогою мітки, яка може протистояти такому типу повторюваних високоінтенсивних рухів.

- Стійкість до автоклавування ( автоклав – це пристрій, який часто використовується в галузі охорони здоров'я для стерилізації інструментів після використання). Звичайні мітки RFID не витримують високої температури процесу стерилізації, тому для цих застосувань необхідно вибрати бірку, яка піддається автоклаву.
- Стійкість до ультрафіолетового випромінювання – у випадках, коли предмет із мітками буде проводити значний час під впливом ультрафіолетових (або ультрафіолетових) хвиль, якщо бірка містить надруковану інформацію на її лицьовій стороні, вибрана етикетка повинна бути стійкою до впливу ультрафіолету. Сюди входять друковані етикетки, які будуть незахищені від сонячного світла (крізь вікно чи двері) протягом тривалого періоду часу.
- Сертифікація ATEX – Сертифікація ATEX означає, що мітки RFID схвалені для використання у середовищах із вибухонебезпечною атмосферою. Ці теги використовуються для застосування в таких середовищах, як шахти або робочі місця, де виділяються горючі гази або пари.
- Хімічна стійкість – хімічна стійкість – це властивість, яка використовується в присутності хімічних речовин, що знаходяться в повітрі та на водній основі, щоб бірка не руйнувалася та не корозії від впливу.
- Захист від зламу – для застосування в середовищі із пилом, брудом чи водою , параметр захисту від зламу (або параметр IP) надзвичайно важливо перевірити, перш ніж вибрати тег. Перша цифра параметру IP буде від 0 до 6 і вказує на захист від твердих речовин, таких як бруд і пил. Друга цифра параметру IP буде від 0 до 9 і є рівнем захисту від рідин, наприклад води.

Найвищим ІР для міток буде рейтинг 67, 68 або 69 залежно від прямого чи непрямого контакту з рідинами.

- Стійкість до екстремальних температур – ярлики з цією здатністю можна використовувати для маркування предметів у морозильних камерах або в умовах низьких температур (до  $-50^{\circ}\text{C}$ ) або в умовах високої температури (до  $250^{\circ}\text{C}$ ).

Упровадження системи радіоміток дозволяє вирішувати певні специфічні функціональні потреби на якісно новому рівні. А саме: упровадження у виробництво системи RFID дає можливість оперативно отримувати дані на всіх стадіях виробничого процесу, починаючи з приймання вихідних матеріалів на склад до відвантаження упакованого готового продукту. Окрім того, системи RFID дозволяють знизити витрати на робочу силу і зменшити ймовірність виробничих помилок. У діяльності оптових підприємств системи дають можливість контролювати кожний етап ланцюга постачання: приймання продукції на склад, її розміщення, зберігання, швидкий пошук і переміщення; оформлення замовлень із найменшими витратами часу на виробничі операції; видачі й транспортування продукції; поліпшення обслуговування клієнтів за рахунок своєчасної та безпомилкової обробки замовлень із виключенням дій операторів; швидкого і точного проведення інвентаризації; автоматизації ведення обліку і складання звітів. В управлінні запасами використання RFID в секторі роздрібної реалізації суттєво скорочує витрати на логістику, забезпечуючи реалізацію економічно обґрунтованих та ефективних рішень, постачання і руху, цінних активів, матеріалів тощо. В складських мережах системи RFID дають можливість створення єдиної системи обліку і контролю товарообігу з повною прозорістю всіх процесів: надходження у відділи; переміщення їх у торговельний зал; швидкого задоволення запитів клієнта за допомогою визначення місця розташування у торговельному залі; спрощення касових операцій; захисту від крадіжок;

інвентаризації в місцях зберігання, контролю термінів їх придатності; ведення реєстру зареєстрованих товарів; обліку їх за серіями; автоматизації робочих місць, маркетолога, менеджера, аналітика, бухгалтера, адміністратора.

***Питання, що розв'язуються у магістерській дисертації.***

Для досягнення поставленої мети , було :

- Проведено огляд існуючих типів міток та засобів для обробки інформації від них отриманої і вибрано о'б'єкт дослідження.
- Практичне вимірювання значення його параметрів.
- Програмне моделювання об'єкту дослідження.
- Порівняння отриманих даних.

Дане дослідження може бути цікавим для дослідників RFID-систем при впровадженні в широкому спектрі практичних застосувань (автоматизації, контролю, обліку, безпеки та ін.). Воно ляже в основу майбутніх лабораторних робіт і подальших досліджень в цій галузі на кафедрі РІ РТФ.

# 1.АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

Використання систем радіочастотної ідентифікації (англ. Radio Frequency Identification — RFID) різниться від поставлених завдань і цілей. Для того, щоб дослідити систему ідентифікації, необхідно розуміти на основі якої з численних технологій вона працює і які основні її модулі .

Розглянемо більш детально різноманітні мітки , визначимо їх переваги та недоліки.

## 1.1. Аналіз наявних міток та їх типів

Розглянемо найпопулярніші типи та види міток радіочастотної ідентифікації, а також їх переваги та недоліки. Для вирішення поставленої задачі було розглянуто велику кількість різноманітних підходів пристроїв. Кожен з них демонструє свої переваги і недоліки для вирішення завдань в певній сфері та галузі.

### 1.1.1 За типом енергоспоживання RFID-мітки діляться на:

**Пасивні:** Пасивні RFID-мітки не мають вбудованого джерела енергії. Електричний струм, що наводиться в антені електромагнітним сигналом від зчитувача, забезпечує достатню потужність для функціонування кремнієвої CMOS-мікросхеми, розміщеної в мітці, і передачі у відповідь сигналу.

Комерційні реалізації низькочастотних RFID-міток можуть бути вбудовані в стікер (наклейку) або навіть імплантовані під шкіру людини.

У наш час основна проблема RFID-пристроїв полягає в тому, що для них потрібна зовнішня антена, яка за розмірами перевершує мікросхему у найкращому разі в 80 разів. Найменша вартість RFID-міток, які стали стандартом для таких компаній, як Wal-Mart, DOD, Target, Tesco у Великій Британії і Metro AG в Німеччині, становить приблизно 5 центів за мітку фірми “SmartCode”. Розміри антен, і мітки різні — від поштової марки до листівки. На практиці максимальна дистанція

зчитування пасивних міток варіюється від 10 см (згідно зі стандартом ISO 14443) до декількох метрів (стандарти EPC і ISO 18000-6), залежно від вибраної частоти і розмірів антени. В деяких випадках антена може бути виготовлена друкарським способом.

Некремнієві мітки виготовляються з полімерних напівпровідників. В наш час їхньою розробкою займаються декілька компаній в усьому світі. Мітки, що виготовляються в лабораторних умовах і працюють на частотах 13.56 МГц. були продемонстровані в 2005 році компаніями POLYIC (Німеччина) і Philips (Голландія). У промислових умовах полімерні мітки виготовлятимуться методом прокатного друку (технологія нагадує друк журналів і газет), внаслідок чого вони будуть дешевші, ніж мітки на основі ІС. Це може закінчитися тим, що для більшості сфер застосування мітки почнуть друкувати так само просто, як і штрих-коди, і вони стануть такими ж дешевими.

Пасивні мітки УВЧ (ультрависокочастотні дециметрові хвилі) і НВЧ (надвисокочастотні сантиметрові і міліметрові хвилі) діапазонів (860–960 МГц і 2,4-2,5 ГГц) передають сигнал методом модуляції відбитого сигналу носійної частоти (англ. Backscattering Modulation модуляція зворотного розсіювання). Антена зчитувача випромінює сигнал носійної частоти і приймає відбитий від мітки модульований сигнал. Пасивні мітки ВЧ діапазону передають сигнал методом модуляції навантаження сигналу носійної частоти (англ. Load Modulation модуляція навантаження). Кожна мітка має ідентифікаційний номер. Пасивні мітки можуть містити перезаписувану незалежну пам'ять EEPROM-типу. Дальність дії міток становить 1—200 см (ВЧ-МІТКИ) і 1-10 метрів (УВЧ і НВЧ-мітки).

**Активні:** Активні RFID-мітки мають власне джерелом живлення і не залежать від енергії зчитувача, унаслідок чого вони читаються на дальній відстані, мають великі розміри і можуть бути оснащені додатковою електронікою. Проте, такі

мітки найдорожчі, а у батарей обмежений час роботи. Активні мітки в більшості випадків надійніші (наприклад, здійснюють меншу кількість помилок), ніж пасивні, завдяки особливій сесії зв'язку між міткою і пристроєм зчитування. Активні мітки, володіючи власним джерелом живлення, також можуть генерувати вихідний сигнал більшого рівня, ніж пасивні, дозволяючи застосовувати їх в агресивніших для радіочастотного сигналу середовищах: воді (включаючи людей і тварин, які в основному складаються з води), металах (корабельні контейнери, автомобілі), для великих відстаней на повітрі. Більшість активних міток дозволяють передати сигнал на відстані в сотні метрів при тривалості життя батареї живлення до 10 років. Деякі RFID-мітки мають вбудовані сенсори, наприклад, для моніторингу температури товарів, які швидко псуються. Інші типи сенсорів в сукупності з активними мітками можуть застосовуватися для вимірювання вологості, реєстрації поштовхів/вібрації, світла, радіації, температури і газів в атмосфері (наприклад, етилену).

Активні мітки зазвичай мають набагато більший радіус зчитування (до 300 м) і обсяг пам'яті, ніж пасивні, і здатні зберігати більший обсяг інформації для відправки приймачем. В даний час, активні мітки роблять розмірами не більше звичайної пілюлі і продають за ціною в декілька доларів.

**Напівпасивні:** Напівпасивні RFID-мітки, також їх називають напівактивними, дуже схожі на пасивні мітки, але оснащені батареєю, яка забезпечує мікросхему енергоживленням. При цьому дальність дії цих міток залежить тільки від чутливості приймача зчитувача і вони можуть функціонувати на більшій відстані і з кращими характеристиками.

### **1.1.2 Залежно від способу роботи з пам'яттю RFID-мітки діляться на:**

- 1) **радіомітки RO**, в яких інформація записується один раз, одразу після виготовлення (англ. Read Only — RO). У такі радіомітки інформацію вносить виробник і в подальшому її змінити, видалити або підробити практично неможливо, вона лише зчитується;

- 2) **радіомітки WORM**, що мають незмінний унікальний ідентифікатор і блок пам'яті, в який інформацію можна записати одноразово і в подальшому багатократно зчитувати (англ. Write Once Read Many — WORM);
- 3) **радіомітки RW**, що мають незмінний унікальний ідентифікатор і блок пам'яті, в який інформацію можна неодноразово записувати, а потім зчитувати (англ. Read and Write — RW).

### **1.1.3 За робочою частотою RFID-мітки ділять на:**

- **Низькочастотні LF (125-134 кГц, стандарт ISO / IEC 18000-2: 2009)** - пасивні системи цього діапазону дешеві і часто використовуються для підшкірного чіпування тварин і людей. Досить добре працюють на невеликій відстані. Для транспондерів цього діапазону властиві колізії - помилки одномоментної передачі інформації в середовищі колективного доступу.
- **Високочастотні HF (13,56 МГц, стандарт ISO / IEC 18000-3: 2010)** - дешеві, без екологічних та ліцензійних проблем, підтримані стандартом ISO 14443, мають широку лінійку рішень. Використовуються в платіжних системах, логістиці, ідентифікації особистості. Для систем цього діапазону характерні колізії і проблеми зі зчитуванням на великі відстані, в умовах високої вологості і наявності металу.
- **Ультрависокочастотні UHF (860-960 МГц, стандарт ISO / IEC 18000-63 (C))** - забезпечені антиколізійні механізмами, дозволяють працювати з великими відстанями, використовуються в складській та виробничій логістиці.
- **Радіочастотні UHF-мітки ближнього поля** - працюють в магнітному полі антени в умовах високої вологості, присутності води і металу. Використовуються в роздрібній торгівлі фармацевтичними товарами

та обліку, де необхідний контроль справжності, за продукцією, що містить воду і металеві деталі

### **1.1.3 За матеріалом об'єкта маркування розрізняють мітки :**

- Для металевих об'єктів;
- Для об'єктів, що не містять метал;
- Універсальні.

### **1.1.4 За виконанням RFID-мітка може бути у вигляді :**

- Наклейки , рис. 1.1:



Рисунок 1.1

- Інтегрованої в об'єкт чіпування (бирка, етикетка , браслет), рис 1.2 :



Рисунок 1.2

- Корпусовані - для використання в екстремальних умовах (дуже низькі або високі температури, захист від горіння і т.д.) , рис. 1.3 :



Рисунок 1.3

## 2. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РОБОТИ

Для реалізації поставленої мети було використане обладнання для зчитування міток зчитувач Impinj Speedway 420 та антена Alien ALR-A0501 та власне самі мітки, також до переліку обладнання входив ПК, на якому було встановлено програмне забезпечення, через яке здійснювалося керування зчитувачем, та режимами його роботи.

### 2.1 Апаратне забезпечення

#### 2.1.1 Зчитувач

Задля досягнення прийнятної відстані зчитування було вибрано UHF RFID зчитувач Impinj Speedway 420 (Рисунок 2.1), характеристики якого дозволяють провести потрібні вимірювання та підключатися до комп'ютера через послідовний порт RS-232 або Ethernet. В ході досліджень було використано з'єднання через порт Ethernet. Зчитувач взаємодіє з програмним забезпеченням через роутер, в якому налаштовано переадресацію портів, як це показано на рисунку 2.1. Таким чином, отримати доступ до зчитувача можна в будь-якій точці світу, за умови доступу до мережі інтернет. Типова конфігурація мережевого підключення показана на рисунку



Рисунок 2.2 – зчитувач Impinj для обробки даних



Рисунок 2.3 –Підключення зчитувача Impinj кабелем Ethernet

Для уникнення поляризаційного неузгодження та невідповідності дальності зчитування, використано одну антену з визначеними характеристиками. Антена підключена до зчитувача коаксіальним кабелем RG-8. На вибраній області проведення дослідження поставлено антену впритул до стіни кімнати та направлено вперед щоб забезпечити вимірювання відстані зчитування , за допомогою нанесеної на підлогу розмітки.

### Технічні характеристики зчитувача Speedway Revolution IMPINJ-R420

|                                  |                               |
|----------------------------------|-------------------------------|
| Країна виробник                  | США                           |
| Габарити                         | 19 x 17.5 x 3 см              |
| Вага                             | 680 г                         |
| Входи/виходи                     | 4 порти на вхід та 4 на вихід |
| Швидкість зчитування             | 430 міток за секунду          |
| Чутливість зчитування            | 82 дБм                        |
| Максимальна дистанція зчитування | До 8 м                        |
| Робоча температура               | -20 °C до 50 °C               |
| Рівень захисту                   | IP 52                         |
| Протоколи RFID                   | EPC Gen 2 DRM / ISO 18000-6C  |

|                                                |               |
|------------------------------------------------|---------------|
| Робоча частота                                 | 865 - 868 МГц |
| Дальність зчитування (залежить від типу мітки) | 12 метрів     |

### 2.1.2 RFID-мітки

Для досліджень вибрані мітки ALN-9654(Рисунок 2.3) та SMARTRAC 3D FROG(Рисунок 2.4) стандарту EPC Gen 2 і працюють у широкому діапазоні зчитування (840-960 МГц). з дальністю до 7 м :



Рисунок 2.4–Мітка ALN-9654

#### Застосування UHF RFID міток ALN 9654:

- лобове скло транспортних засобів;
- багаторазові пластикові піддони;
- вантажні контейнери;
- управління активами;
- автотранспорт.

#### Технічні характеристики UHF RFID мітки ALN 9654:

|                |                                                                                                                   |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Тип чипа       | Alien Higgs-3                                                                                                     |
| Протоколи      | ISO/IEC 18000-6C, EPCglobal Gen 2                                                                                 |
| Розмір пам'яті | EPC: 96 - 480 біт; User: 512 біт; Unique TID: 64 біт; TID: 32 біт; Access password: 32 біт; Kill password: 32 біт |
| Розміри        | 93 x 19 мм                                                                                                        |

|                                      |                            |
|--------------------------------------|----------------------------|
| Робоча частота                       | 840-960 МГц                |
| Дальність зчитування                 | 6 - 7 м                    |
| Зворотний бік                        | Клейка основа              |
| Тип мітки                            | Читання і запис інформації |
| Матеріал поверхні застосування метки | Дерево, пластик, скло      |
| Робоча температура                   | від -40°C до +70°C         |

Діаграма стромованості такої мітки має наступний вид , як показано на рис. 2.5

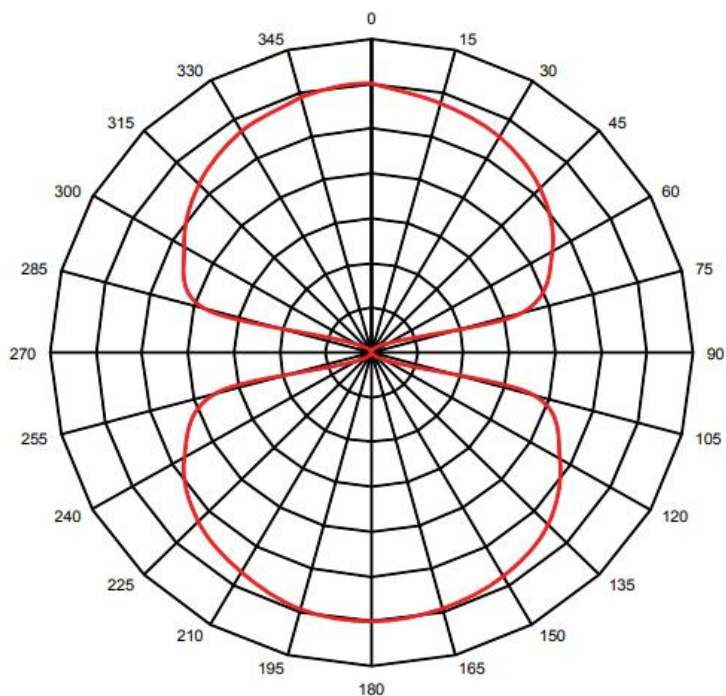


Рисунок 2.5– Діаграма стромованості мітки ALN 9654

Чип Higgs-3 — це високоінтегрована 800-бітна однокристальна мікросхема UHF RFID Tag Tag , рис 2.6. Він відповідає глобальним специфікаціям EPC Class 1 Gen

2 і забезпечує найсучаснішу продуктивність для широкого кола застосувань.

Багаточастотна чутливість оптимізована для високої продуктивності роботи в усіх регіонах світу.

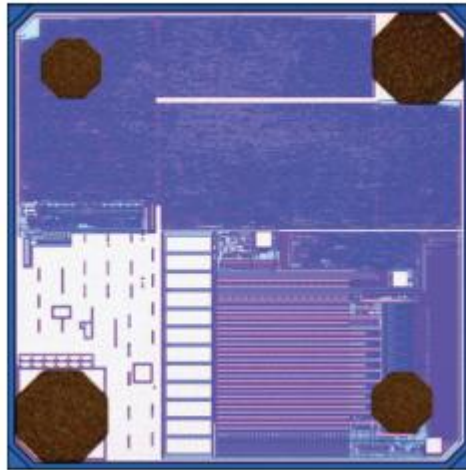


Рисунок 2.6–Чип Higgs-3

Містить в собі:

- 32-розрядний TID
  - 64-розрядний унікальний TID
  - 96-розрядна пам'ять ЕРС, розширювана до 480 біт
  - 512-бітна пам'ять користувача
  - 32-розрядний пароль доступу
  - 32-бітний пароль Kill password ( попередньо запрограмований з унікальним, незмінним 64-бітним)
- серійний номер (ідеально підходить для аутентифікації)
- › Пам'ять користувача може бути заблокована на постійній основі
  - › Пам'ять користувача може бути захищена паролем з 64-бітовим блоком, що унеможлиблюють ненавмисне читання без паролю доступу

- › Підтримує всі обов’язкові та додаткові Gen 2 команди, включаючи команди рівня елемента
- › Спеціальні команди для високошвидкісного програмування

### **UHF RFID мітка Smartrac 3D Frog**

UHF мітка Smartrac 3D Frog (прозора) – це пасивна RFID-мітка з прозорою підкладкою, яка використовується для зберігання даних про об’єкт, та взаємодії з зчитувачем за допомогою інноваційної технології Impinj True3D, яка є базою роботи сучасних чіпів Monza 4 , чим і забезпечує нечутливість мітки до орієнтації в просторі, положенню антен, куту нахилу.

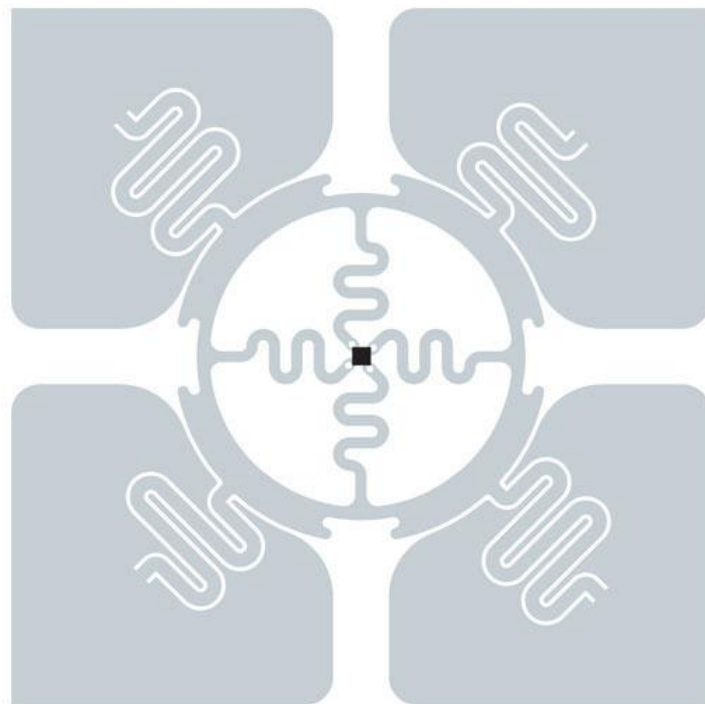


Рисунок 2.7–Мітка Smartrac 3D Frog

#### **Технічні характеристики UHF RFID мітки Smartrac 3D Frog:**

|                |                                            |
|----------------|--------------------------------------------|
| Протокол       | EPCglobal UHF Class 1 Gen 2 (ISO 18000-6C) |
| Робоча частота | UHF (860-960 МГц)                          |

|                                 |                              |
|---------------------------------|------------------------------|
| Розмір пам'яті                  | EPC: 128 біт<br>User: 32 біт |
| Дальність зчитування            | > 4,6 м                      |
| Робоча температура              | від -40°C до +85°C           |
| Тип чіпу                        | Impinj Monza 4D              |
| Застосовні поверхневі матеріали | пластик, картон, скло        |
| Форм-фактор                     | wet inlay                    |
| Матеріал мітки                  | прозорий ПЕТ (термотрансфер) |
| Метод кріплення                 | акриловий водний клей        |
| Розміри                         | 53 x 53 мм                   |
| Вага                            | 1 г                          |

Мітки FROG 3D мають невеликий, економічно ефективний форм-фактор True3D з повною відсутністю вимог до орієнтації, що забезпечує стабільну роботу навіть на складних поверхнях. Високопродуктивні вставки FROG 3D забезпечують чудовий діапазон читання і сумісні з сімейством IC Impinj Monza 4. Вкладки та ярлики SMARTRAC відповідають стандартам ISO 9001:2015 «Управління якістю» та ISO 14001:2015 «Управління навколишнім середовищем», які забезпечують надійний і сучасний продукт, який відповідає різноманітним потребам, покращуючи використання RFID для складних поверхонь тегів.

Діаграма страмованості мітки має наступний вид , як показано на рис. 2.8:

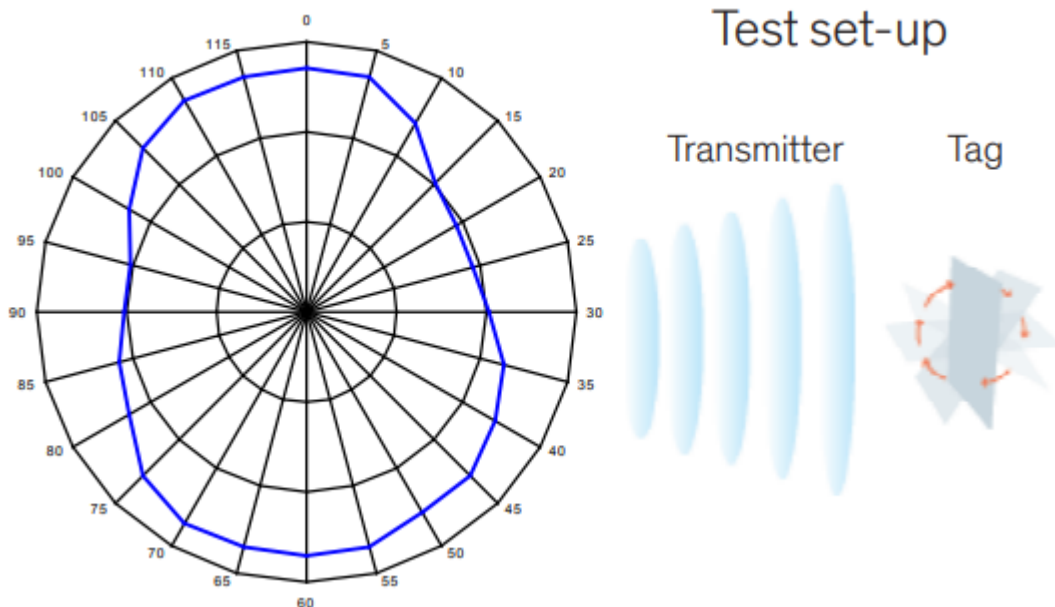


Рисунок 2.8

### 2.1.3 Антена

Антенна Alien Technology ALR-A0501 , має кругову поляризацію та забезпечує підсилення в 6 dBi, працює на прийом і передачу сигналів або в діапазоні частот 902-928 МГц, або 865-868 МГц. Забезпечує вихідну потужність в 30 dBm , має роз'єм SMA ,та відповідає стандартам RoHS EU 2002. Забезпечує максимальну ефективність і продуктивність у всьому діапазоні частот і орієнтаціях тегів. Як КСВН, так і осьові коефіцієнти є чудовими і дозволяють користувачеві досягти максимальної продуктивності для антени такого розміру. Антена розміщена в міцному корпусі обтікача для захисту від попадання пилу та вологи(IP67).

#### Технічні характеристики Alien Technology® ALR-A0501:

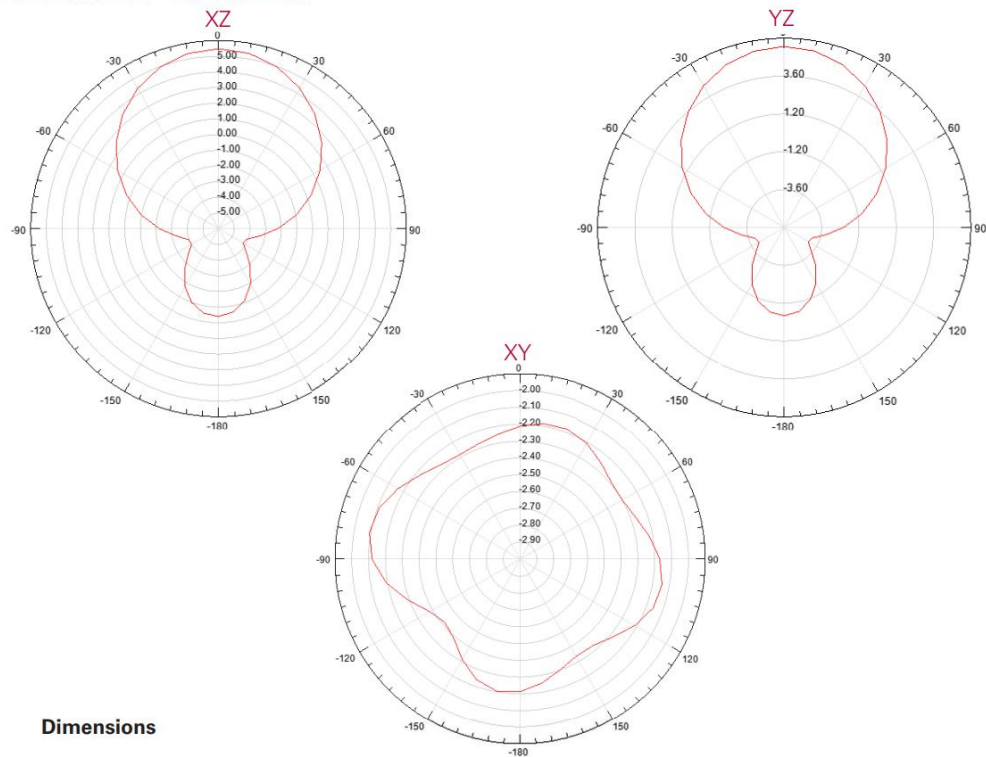
|                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| Розмір             | 128 x 128 x 20 мм |
| Робоча частота     | 865 - 868 MHz     |
| Посилення          | 6dBi              |
| Вага               | 0.30 кг           |
| Робоча температура | -25°C to +70°C    |
| Ступінь захисту    | IP 67             |

|                   |              |
|-------------------|--------------|
| Максимальний КСВН | $\leq 1,3:1$ |
| Поляризація       | Кругова      |
| Конектор          | SMA          |



Рисунок 2.9—Антенa ALR-A0501

ALR-A0501 - RF Radiation Plot



Dimensions

Рисунок 2.10—Діаграма спрямованості антени

## **Висновки до розділу**

Для реалізації системи вибрано зчитувач Impinj 420 , антену ALN-A0501 , та мітки ANL-9654 та FROG 3D через те , що реалізація системи за допомогою цих елементів поєднує в собі хороший функціонал , широкі можливості кастомізації , доступність компонентів у продажу , вичерпну документацію до складових системи та простоту реалізації.

## **3. МАКЕТУВАННЯ СИСТЕМИ ТА ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ**

### **3.1 Загальний вигляд вимірювального стенду**

Для проведення вимірювань було зібрано вимірювальний стенд , як на рис. 3.10 , що містить у собі раніше описані елементи , та все інше потрібне для функціонування вище не згадане , а саме :

- Зчитувач Impinj Speedway 420
- Антену Alien ALR-A0501
- Кабель з конектором SMA
- Роутер з підтримкою PoE+
- Стійка з кріпленням для антени
- ПК з встановленим на ньому ПЗ Impinj Item Test .



Рисунок 3.1–Вимірювальний стенд

В лабораторії на стійці закріплена антена .За допомогою лазерного далекоміра виставлений кут  $0^\circ$  відносно позначок на підлозі , які розмічені з кроком в 1м , для забезпечення зручності під час проведення вимірів. До неї кабелем підключений зчитувач , який в свою чергу підключений до роутера , через який реалізовано підключення до ПК , результат ми бачимо у вікні відкритої програми Item Test , як на рис 3.11 . На підлозі нанесені позначки , з кроком в 1м , відстанню на яку віддаляють мітку при вимірюваннях.

| ITEMTEST     |                          |      |            |                |            |           |                      |           |          |          |          |         |       |             |
|--------------|--------------------------|------|------------|----------------|------------|-----------|----------------------|-----------|----------|----------|----------|---------|-------|-------------|
| 00:13:45.048 |                          |      |            |                |            |           |                      |           |          |          |          |         |       |             |
| #            | EPC                      | TID  | Read Count | Last Read From | First Seen | Last Seen | Time Since Last Seen | Last RSSI | RSSI Avg | RSSI Max | RSSI Min | Antenna | Power | Phase Angle |
| 5            | E2801191A502060302ECCC0  | 25   | new        | 1.582          | 656.257    | 168.792   | -74.50               | -73.48    | -69.50   | -77.50   | 1        | 30.00   |       |             |
| 10           | E2801160600002112F18E33F | 290  | new        | 147.565        | 450.282    | 374.767   | -73.00               | -70.20    | -66.50   | -73.00   | 1        | 30.00   |       |             |
| 2            | E2801160600002112F18C9CF | 3307 | new        | 0.331          | 653.499    | 171.550   | -76.00               | -66.20    | -61.00   | -77.00   | 1        | 30.00   |       |             |
| 4            | E2801160600002112F18C99F | 6945 | new        | 0.331          | 824.973    | 0.876     | -70.00               | -68.85    | -63.50   | -74.50   | 1        | 30.00   |       |             |
| 11           | E28041026715021917805C5A | 1    | new        | 183.815        | 183.815    | 641.234   | -70.00               | -70.00    | -70.00   | -70.00   | 1        | 30.00   |       |             |
| 1            | 202001000726A031A200004  | 3298 | new        | 0.331          | 655.259    | 169.790   | -70.50               | -66.13    | -62.50   | -72.50   | 1        | 30.00   |       |             |
| 6            | 12345432112344321234432  | 968  | new        | 2.348          | 821.237    | 3.812     | -67.50               | -52.68    | -44.50   | -74.50   | 1        | 30.00   |       |             |
| 3            | 000013160000000000000000 | 1615 | new        | 0.331          | 431.281    | 393.768   | -62.00               | -61.74    | -59.00   | -63.50   | 1        | 30.00   |       |             |
| 8            | 48151623C24C15AA0055     | 67   | new        | 55.081         | 746.739    | 78.310    | -75.50               | -72.46    | -70.50   | -79.00   | 1        | 30.00   |       |             |
| 7            | 00000000                 | 1    | new        | 44.081         | 44.081     | 780.968   | -65.50               | -65.50    | -65.50   | -65.50   | 1        | 30.00   |       |             |
| 9            | 0003                     | 216  | new        | 81.331         | 641.500    | 183.549   | -70.00               | -72.20    | -70.00   | -73.50   | 1        | 30.00   |       |             |

Рисунок 3.2–Impinj Item Test Software

Для ідентифікації міток серед всіх інших розміщених в лабораторії в розділ EPC їхньої пам'яті було закодовано ідентифікатори , по яких ми будемо їх відстежувати , а саме 123455432112344321234432 для ALN-9654 , та 202120212021202120212021 для Smartrac FROG 3D.

### 3.2 Обробка результатів вимірювання

Отже , після проведення дослідів та зняття результатів були отримані такі дані :

| RSSI1<br>Ненакл. | RSSI2<br>Ненакл. | RSSI3<br>Наклеєна | RSSI4<br>Неорт. | Range | Tag                    | Ant. Angle |
|------------------|------------------|-------------------|-----------------|-------|------------------------|------------|
| 44.5dB           | 43.5             | 40.5              | 49              | 1m    | ALN-9654               | 0          |
| 47.5dB           | 51               | 51                | 50.5            | 2m    |                        | 0          |
| 54dB             | 52.5             | 57.5              | 56.5            | 3m    |                        | 0          |
| 59.5dB           | 54.5             | 63.5              | 58              | 4m    |                        | 0          |
| 55dB             | 55.5             | 66.5              | 59.5            | 5m    |                        | 0          |
| 61dB             | 58               | 69.5              | 62.5            | 6m    |                        | 0          |
| RSSI1<br>Ненакл. | RSSI2<br>Ненакл. | RSSI3<br>Наклеєна | RSSI4<br>Неорт  | Range | Tag                    | Ant. Angle |
| 41               | 41               | 38.5              | 56              | 1m    | Smartrac<br>FROG<br>3D | 0          |
| 49.5 dB          | 49               | 48                | 59              | 2m    |                        | 0          |
| 56.75dB          | 55.5             | 57.5              | 75              | 3m    |                        | 0          |
| 60dB             | 59.5             | 55                | 78              | 4m    |                        | 0          |
| 61.5dB           | 61.5             | 64                | 80              | 5m    |                        | 0          |
| 65dB             | 68               | 66                | -               | 6m    |                        | 0          |

Табл.1–Результати першого вимірювання

| RSSI1Клей | RSSI2Ненакл | RSSI3<br>Неорт. | RSSI4<br>Неорт | Range | Tag | Ant. Angle |
|-----------|-------------|-----------------|----------------|-------|-----|------------|
| 57        | 56.5        | Відс.           | Відс.          | 1m    |     | 45R        |

|                   |                  |                 |                 |       |                        |       |
|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|-------|------------------------|-------|
| 60                | 61               | Відс.           | Відс.           | 2m    | Smartrac<br>FROG<br>3D | 45R   |
| 74.5              | 69               | Відс.           | Відс.           | 3m    |                        | 45R   |
| -                 | -                | Відс.           | Відс.           | 4m    |                        | 45R   |
| -                 | -                | Відс.           | Відс.           | 5m    |                        | 45R   |
| -                 | -                | Відс.           | Відс.           | 6m    |                        | 45R   |
| RSSI1<br>Наклеєна | RSSI2<br>Ненакл. | RSSI3<br>Неорт. | RSSI4<br>Неорт. | Range | Tag                    | Angle |
| 64.5              | 64.5             | 66              | 61.5            | 1m    | ALN-<br>9654           | 45R   |
| 66                | 65.5             | 67              | 68              | 2m    |                        | 45R   |
| 67                | 67               | 72              | 73              | 3m    |                        | 45R   |
| -                 | -                | -               | -               | 4m    |                        | 45R   |
| -                 | -                | -               | -               | 5m    |                        | 45R   |
| -                 | -                | -               | -               | 6m    |                        | 45R   |

Табл.2–Результати другого вимірювання

В другому вимірюванні , для мітки Smartrac FROG 3D результати вимірювання в неортогональному положенні відсутні , оскільки вона є повністю симетричною , і дає аналогічні звичайним вимірам результати .

Також можна відзначити , що практично відсутня різниця в значеннях отриманих при вимірюванні міток , коли вони були наклеєні на картонну коробку .

### 3.3 Механізм вимірювання рівня RSSI

Найбільш простим методом визначення дальності до вузла є індикація рівня прийнятого сигналу RSSI (від англійської Received Strength Signal Indication). RSSI – в телекомунікаціях, пристрій для вимірювання рівня потужності сигналу.

Індикатор рівня прийнятого сигналу - це розрахункові виміри того, на скільки добре пристрій може сприймати, визначати і приймати сигнали з будь-яких точок доступу або з конкретного маршруту. Сигнал показується через рівень RSSI.

Більшу частину часу він міряє, на скільки добре те чи інше радіо може чути інші радіостанції клієнтів, підключених до мережі. Хорошим в RSSI вважається те, що

він допомагає визначити та дізнатись, достатній сигнал для встановлення бездротових з'єднань. При більшій частоті сигналу станція ослаблює, а пропускна здатність бездротових з'єднань що передає дані знижується. Це приводить до зменшення загального обсягу випуску даних. Цей RSSI, як правило, невидимий для користувача відповідного пристрою, але він працює за рівнем сигналу, що сильно варіюється і впливає на роботу бездротових з'єднань, і в ньому встановлено необхідне вимірювання, доступне для користувачів. Найпростіші схеми розробляються, щоб прийняти вхідний сигнал і сформувати аналогову вихідну напругу (або відповідний цифровий код, отриманий після подачі цієї напруги на АЦП), пропорційну потужності прийнятого сигналу. Можна використовувати даний показник, щоб оцінити відстань до передавача – до базової станції.

У системі RFID на основі пасивних (без батарейок) міток, пристрій зчитування посилає сигнал до мітки, який також використовується для живлення її самої. Якщо потужність, що поглинається міткою, вища за чутливість чіпа RFID, мітка збуджується, і вона здатна відправити назад свій унікальний ідентифікатор за допомогою принципу модуляції зворотного розсіювання.

Як правило, сигнал вимірюється на проміжних частотах перед підсилювачем наприклад, у стільникових телефонах і інших GSM-пристроях пристроях, які працюють без використання проміжних частот, вимірювання ведеться на основній частоті. Будь-який безпроводний канал за стандартом IEEE 802.15.4 має протокольну функцію оцінки якості зв'язку (Link Quality Indicator), дія якого зводиться до визначення потужності прийнятого сигналу.

Результат цього виміру можна вивести, відкалібрувати по відомій відстані і оцінити дальність до джерела. Потужність сигналу вимірюється приймачем за логарифмічною шкалою в дБм (dBm, децибел щодо 1 мілівата).

Значення RSSI погано корелює з якістю сигналу, але може використовуватися для його приблизної оцінки. Більш точну оцінку можна отримати за допомогою параметра індикатор якості сигналу

Як зображено на рисунку 3.3, вузол посилає сигнал з певною силою, яка зменшена, оскільки цей сигнал розмножений. Чим більше відстань до вузла одержувача, тим нижче потужність сигналу, у вузлі отримувачі.



Рисунок 3.3 — Зменшення потужності сигналу з ростом відстані

Сигнал посиляють з певною потужністю, яка зменшується, теоретично, пропорційно з ростом відстані.

Втрати в тракті при розповсюдженні найкраще описуються моделлю втрат в тракті вільного розповсюдження. Модель втрат в тракті вільного розповсюдження припускає, що передавальна антена є ізотропною, тобто, передавач випромінює енергію з рівною інтенсивністю у всіх напрямках, і немає ніяких об'єктів на трасі розповсюдження між передавачем і приймачем, які могли б блокувати сигнал або створювати умови для його відображення. Також передбачається, що середовище передачі не поглинає енергію.

Потужність, прийнята приймальною антеною в моделі вільного простору визначається за формулою Фріса (1.3) для вільного простору:

$$P_r(d) = \frac{P_t G_p G_r \lambda^2}{(4\pi d)^2 L} \quad (1.3)$$

$P_r(d)$  – прийнята потужність;

$P_t$  – передана потужність;

$G_p$  – посилення передавальної антени;

$G_r$  – посилення приймальної антени;

$\lambda$  – довжина хвилі сигналу;

$d$  – це відстань між передавачем і приймачем;

$L$  - коефіцієнт втрат системи, не пов'язаних з розповсюдженням.

Можна бачити, що потужність прийнятого сигналу назад пропорційна квадрату відстані між передавальною і приймальною антенами. Отже, якщо відстань між передавачем і приймачем збільшується, потужність сигналу, що приймається, зменшується. Рівняння (1.3) може бути записано у такому вигляді:

$$P_r(d) = \frac{P_t G_p G_r \lambda^2}{(4\pi d)^2 L} \cdot \left(\frac{d_0}{d}\right)^2 \quad (1.4)$$

$d_0$  – гранична відстань для дальньої області антени.

Втрати в тракті,  $PL(d)$  – це ослаблення сигналу між передавальною і приймальною антенами і визначається за формулою (1.5).

$$PL(d) = \frac{P_t}{P_r(d)} \quad (1.5)$$

Виходячи з формул (1.4) та (1.5) можна сказати, що:

$$PL(d) = \frac{(4\pi d)^2 L}{G_p G_r \lambda^2} \cdot \left(\frac{d}{d_0}\right)^2 \quad (1.6)$$

Отже , зворотний розсіяний сигнал модулюється шляхом зміни імпедансного навантаження антени мітки між двома різними станами, які зазвичай відповідають узгодженому імпедансному навантаженню  $Z_{CM}$  і короткому замиканню  $Z_{SC}$ .

Давайте розглянемо випадок 2-D ящика рис. 3.14(a) , де мітка, з антеною зчитувача, розташована в певній точці вздовж однієї зі сторін ящика. Пара координат  $(x, y)$  дозволяє вказати положення мітки по відношенню до антени зчитувача, а  $d$  – відстань від зчитувача до мітки. Посилаючись на еквівалентну електричну схему на рис. 3.3(b), потужність прийнятого сигналу на стороні зчитувача може бути виражена через різницю між коефіцієнтами відбиття, що відповідають двом наведеним вище станам імпедансного навантаження  $Z_{CM}$  and  $Z_{SC}$ . Потім, позначаючи за допомогою  $Z_{in}$  вхідний опір, який видно на роз'ємі антени зчитувача, і припускаючи, що  $K$  є постійною незалежною від розташування мітки, RSSI можна виразити як (1.7):

$$RSSI = K |Z_{CM}(x, y) - Z_{sc}(x, y)|^2 \quad (1.7)$$

Та значення  $Z$  , (1.8):

$$Z = \frac{b_1}{a_1} = \frac{Z_{ing} - R_0}{Z_{ing} + R_0} \quad (1.8)$$

Де  $R_0$ - характеристичний опір лінії живлення антени зчитувача, а  $1a$  та  $1b$  комплексні амплітуди відбитих та падаючих хвиль напруги відповідно на вхід антени зчитувача. Коефіцієнт відбиття  $Z$  залежить від мітки , навантаження антени та на електромагнітного зв'язку між антенами мітки та зчитувача.

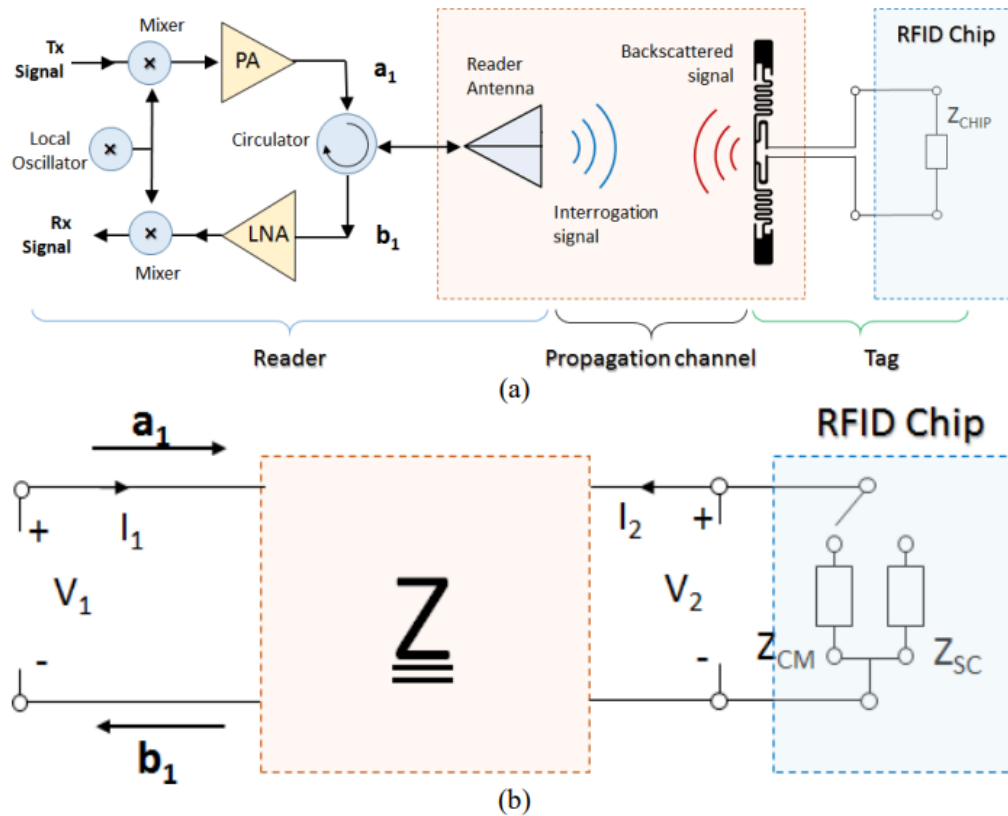


Рисунок 3.4– а) випадок 2-D ящика , б) еквівалентна електрична схема

Цьому методу властивий ряд істотних обмежень, оскільки рівень сигналу є дуже мінливим параметром через вплив наступних чинників:

1. швидкі і повільні затухання сигналів на трасі за зміни умов поширення радіохвиль;
2. багатопроменеве поширення, внаслідок віддзеркалень від різних металевих предметів;
3. розкид вихідної потужності передавачів і чутливості приймачів;
4. вплив орієнтації антен за нерівномірності діаграми спрямованості.

Також даний метод, як і інші, має певні переваги і недоліки.

Основна перевага – низька ціна, тому що більшість приймачів здатна до оцінки отриманої сили сигналу.

Недолік цього методу – те, що сигнал сприйнятливий до спотворень і втручань, що призводить до вищих похибок на оцінках відстані.

### 3.4 Фільтрація RSSI

Радіосигнал, який ми отримуємо від зчитувача здебільшого може відображати не точні дані. Вирішимо дану проблему математичними методами фільтрації даних.

Розглянемо сімейство функцій рухомого середнього, значення яких обчислюються як середнє деякого періоду останніх значень.

Загальна формула ковзного середнього наступна:

$$A_k = \sum_{i=1}^{n-1} w_{k-i} \cdot p_{k-i} \quad (1.9)$$

$A$  - Значення обчислюється змінного середнього в точці  $k$ .

$n$  - Кількість значень вихідної функції, які використовуються для обчислення рухомого середнього.

$w$  - Нормований ваговий коефіцієнт значення  $p_{k-i}$ . Нормований означає, що сума всіх коефіцієнтів дорівнює 1.

$p_{k-1}$  - значення вихідної функції в точці  $k-1$

Найкращі результати фільтрації показує метод Експоненціально ковзного середнього (Рисунок 4.2), коефіцієнти якого експоненціально зменшуються і не рівні нулю:

$$A_k = \alpha \cdot p_k + (1 - \alpha) \cdot A_{k-1}$$

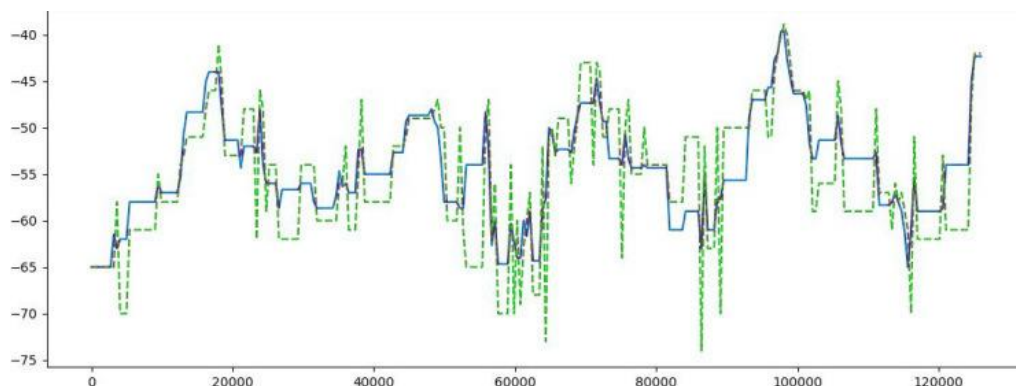


Рисунок 3.4 – Фільтрація експоненційним рухомим середнім

### 3.5 Визначення відстані до об'єкта

На основі значень RSSI можна підрахувати відстань.. Рівняння залежності RSSI від відстані виводиться з формули Фріса (Friis), який робить порівняння між переданим та отриманим RSSI :

$$P_d = P_0 - 10 \cdot n \cdot \lg\left(\frac{d}{d_0}\right)$$

$P_d$  - RSSI (dBm).

$P_0$  - потужність сигналу, виміряна на відстані  $d_0$ .

$n$  - коефіцієнт втрат потужності сигналу від 2 до 4 для повітря (в залежності від існуючих перешкод).

$\lg$  - десятковий логарифм.

$d$  - відстань до антени.

$d_0$  - каліброване відстань, на якій відбувалося вимір потужності (наприклад, 1 м).

Таким чином, рівняння для розрахунку відстані виглядає наступним чином:

$$d = d_0 \cdot 10^{\frac{P_0 - P_d}{10 \cdot n}}$$

### **Висновки до розділу**

Після створення макета системи , ми змогли отримати дані для подальшого моделювання та розрахунку параметрів мітки в системі радіочастотної ідентифікації , щоб на основі цього визначити розбіжності в параметрах емпірично виміряних , та розрахованих параметрів RSSI для міток .

## **4. МОДЕЛЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК RFID МІТКИ**

Електродинамічне моделювання RFID мітки типу ALN-9654 було виконано у програмному пакеті CST Microwave Studio. Створена тривимірна електродинамічна модель RFID мітки показана на Рис 4.1. Розміри топології RFID мітки були виміряні з точністю не гірше 0,1 мм на реальному наявному під час дипломного проєктування зразку RFID мітки типу ALN-9654.

Електродинамічне моделювання характеристик RFID мітки було введено в двох режимах: приймальному і передавальному в смузі частот 0,8...1 ГГц. В приймальному режимі структура RFID мітки збуджувалась падаючою плоскою електромагнітною хвилею із імпульсним фронтом, як показано на Рис. 4.2. Форма імпульсу є гаусовською із синусоїдальним заповненням, що забезпечує відсутність провалів в спектрі в околі діапазону частот, який цікавить.

Поляризація (напрямок вектора напруженості електричного поля) орієнтована вздовж довгої сторони RFID мітки. При нормальному падінні такої електромагнітної хвилі на поверхню RFID мітки, на її поверхні збуджуються

струми, що резонують в діапазоні частот 900 МГц. При цьому активний чіп RFID мітки представлений при моделюванні у вигляді еквівалентного комплексного імпедансу, а саме паралельного з'єднання активного опору  $R_{\text{екв}} = 1,5 \text{ кОм}$ ,  $C_{\text{екв}} = 0,2 \text{ пФ}$ .

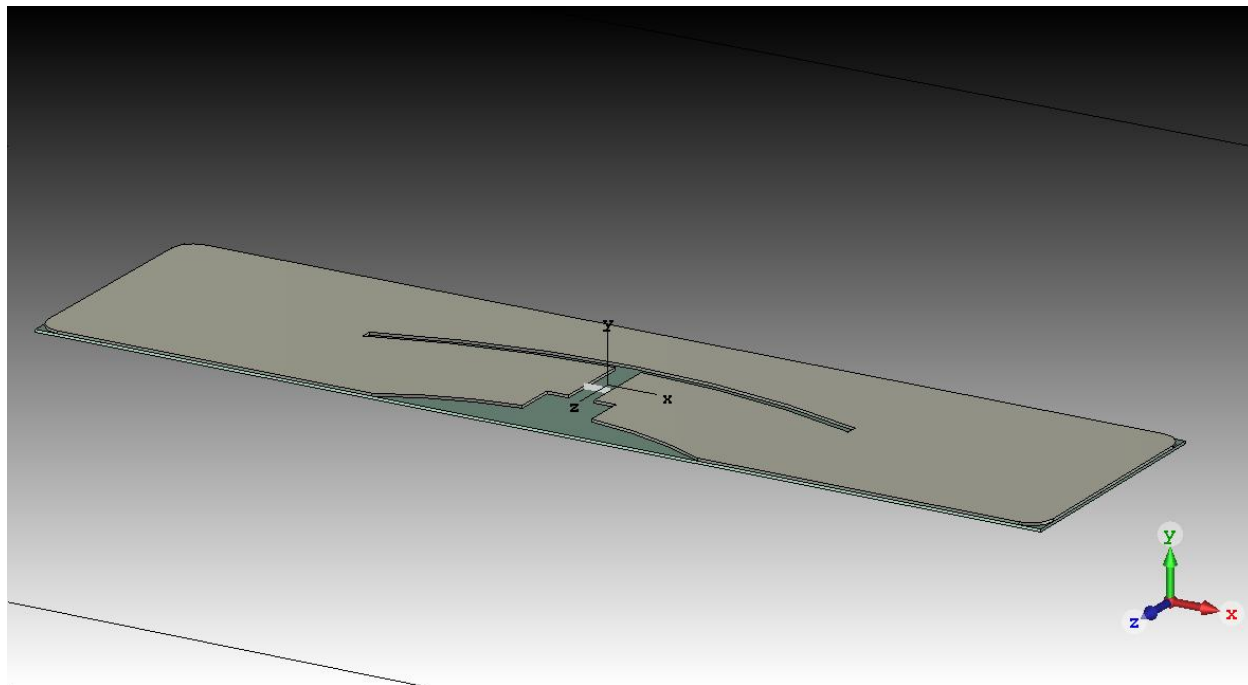


Рис. 4.1. Розроблена тривимірна електродинамічна модель RFID-мітки в приймальному режимі

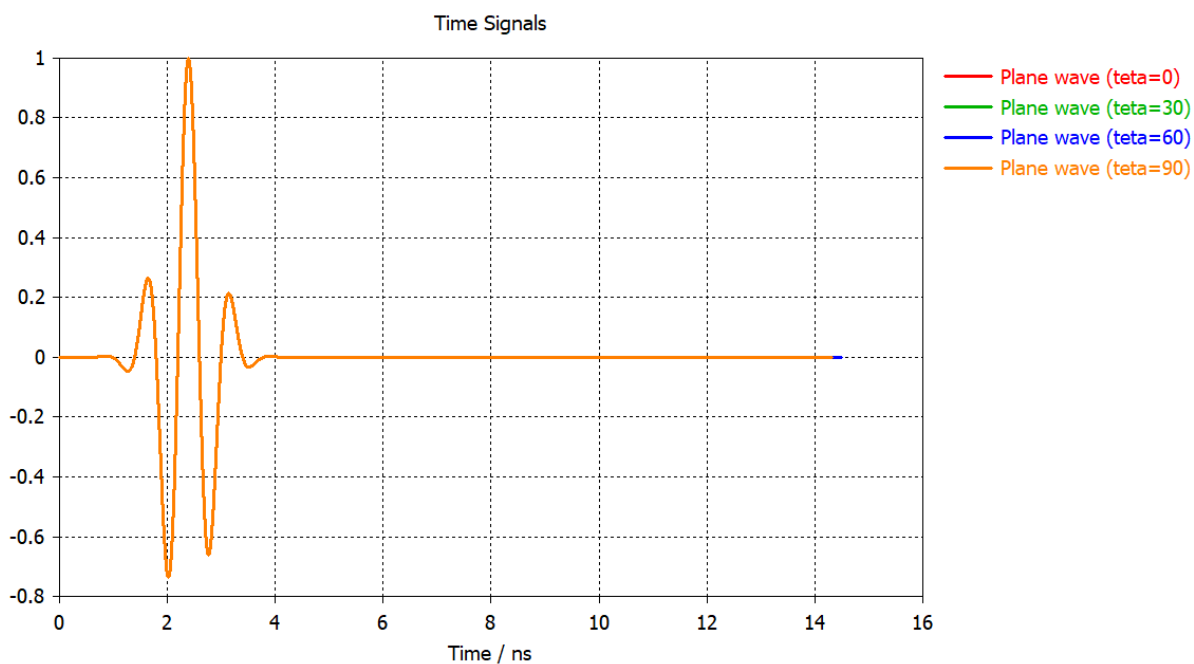


Рис. 4.2. Часова залежність імпульсного сигналу плоскої електромагнітної хвилі, падаючої на поверхню RFID мітки

На Рис. 4.3. показаний вигляд імпульсу струму на еквівалентному вхідному імпедансі чіпу RFID мітки ALN-9654. Ясно, що деяка частина падаючої хвилі буде згасати в активній частині еквівалентного імпедансу, вона відповідає потужності, що активує чіп RFID мітки. Частотна залежність цієї потужності показана на Рис. 4.4.

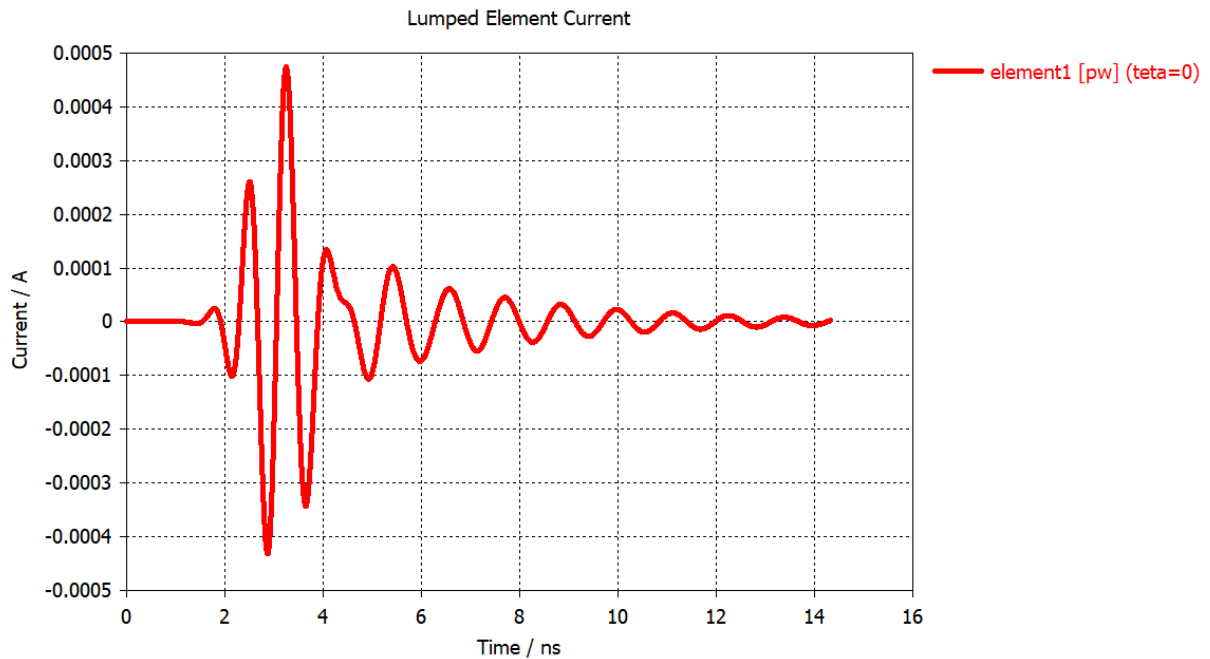


Рис. 4.3. Залежність струму, що протікає на еквівалентному опорі RFID мітки

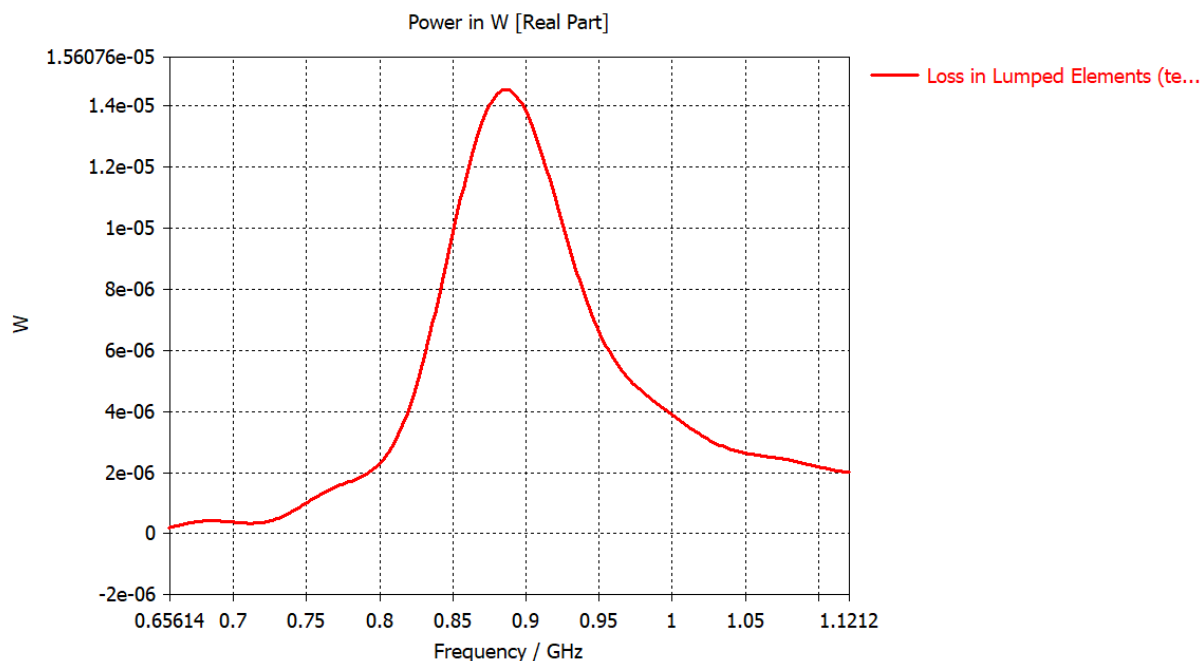


Рис. 4.4. Частотна залежність потужності втрат в еквівалентному комплексному імпедансі RFID-мітки в приймальному режимі при нормальному падінні електромагнітної хвилі на мітку ( $R_{\text{вх}} = 1,5\text{кОм}$ ,  $C_{\text{вх}} = 0,12\text{пФ}$ ).

Відмітимо, що амплітуда вектора електричного поля падаючої хвилі нормовано до значення 1 В/м. Отже густина потоку потужності (середнє значення вектору Пойтингу) складає  $\Pi = E^2/2Z_0$  отже при комп'ютерному моделюванні  $\Pi = 1,32\text{ мВт/м}^2$ . З Рис. 4.4 видно що при нормальному падінні такої хвилі в діапазоні частот 860...920 МГц потужність активації чіпу RFID мітки буде складати не менше 6 мкВт.

Пааметри реальної системи, що містить зчитувач RFID мітки з мітками зведено в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1.

| Характеристика (параметр)                                    | Значення |
|--------------------------------------------------------------|----------|
| Частота 868                                                  | 868 МГц  |
| Потужність передачі зчитувача $P_{\text{випр}}$              | 1 Вт     |
| Коефіцієнт підсилення антени зчитувача $G$                   | 10дБ     |
| Мінімально необхідна для зчитування потужність на вході чіпу | -18дБм   |

|                                                                             |         |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------|
| RFID мітки                                                                  |         |
| Мінімально необхідна для запису пам'яті потужність на вході чіпу RFID мітки | -13 дБм |

Густина потоку потужності електромагнітної хвилі, що падає на RFID мітку, що знаходиться на відстані  $R$  від антени зчитувача, визначається по відомій з теорії антен формулі:

$$P = P_{\text{випр}} \cdot G / 4\pi R^2$$

Якщо перерахувати значення густини падаючої потужності на різних відстанях, легко отримати значення потужності активації чіпу RFID мітки (Таблиця 14.2).

Таблиця 4.2

| Відстань між міткою та зчитувачем $R$ , м | Густина потоку потужності падаючої хвилі на поверхні RFID мітці, мВт/м <sup>2</sup> | Потужність активації чіпу, дБм (мВт) | Примітка                                   |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------|
| - (3D модель)                             | 1,32                                                                                | -23 дБм (0,006 мВт)                  | Не працює                                  |
| 1                                         | 796                                                                                 | 5 дБм (3,16 мВт)                     | Працює                                     |
| 2                                         | 196                                                                                 | -1 дБм 0,89 мВт                      | Працює                                     |
| 4                                         | 49                                                                                  | -7 дБм (0,22 мВт)                    | Працює                                     |
| 10                                        | 8                                                                                   | - 16 дБм (0,036 мВт)                 | Працює на зчитування<br>Не працює на запис |

Отримані значення дальності роботи RFID мітки по суті є теоретичним лімітом, який показує верхню границю. Очевидно, що ці данні суттєво перевищують реально наміряну дальність дії. На практиці для теоретичної оцінки дальності роботи RFID мітки слід використати коефіцієнт запасу 2...3. Цей запас обумовлений наступними факторами:

- 1) Умови поширення електромагнітної хвилі в замкненому приміщенні відрізняється від ідеальних умов навіть, коли є пряма видимість між антеною зчитувача і RFID міткою.
- 2) Поляризаційне неузгодження між орієнтацією мітки та поляризацією антени зчитувача.
- 3) Падіння електромагнітної хвилі під кутом до нормалі до поверхні мітки або так званий “косинусний ефект”.
- 4) Вплив оточуючих предметів, які можуть значно впливати на характеристики RFID мітки.

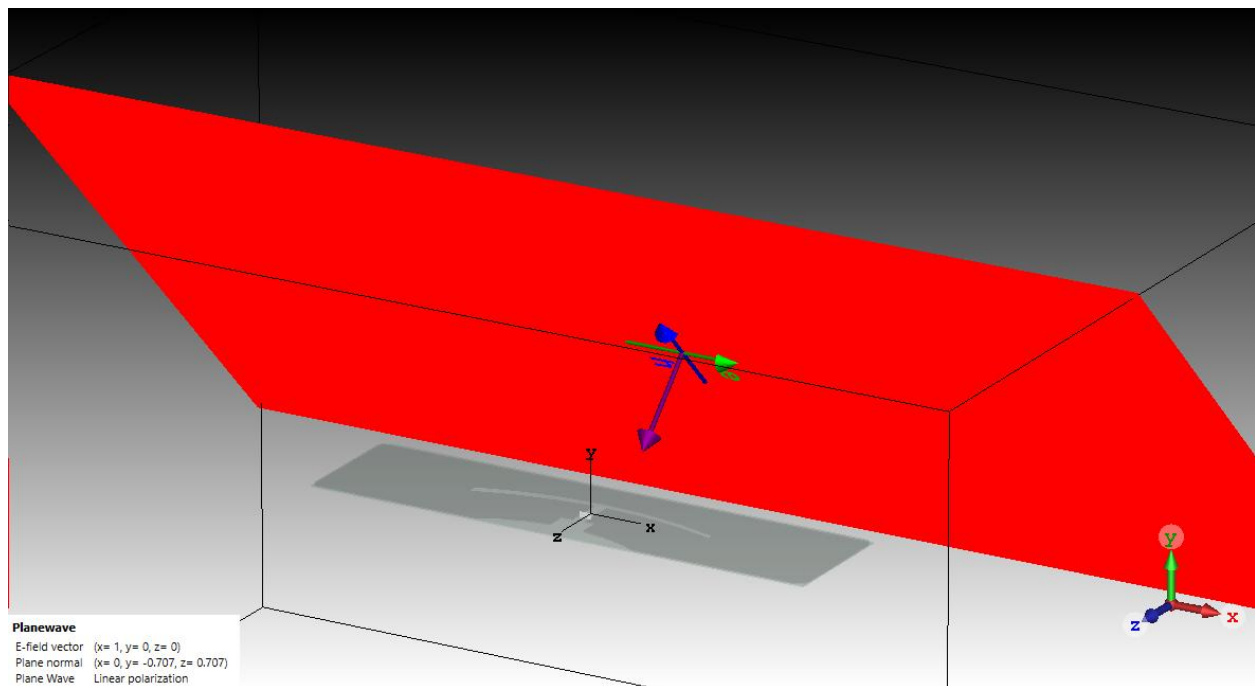


Рис. 4.5. Похиле падіння електромагнітної хвилі на мітку в Н-площині у вільному просторі.

На Рис. 4.5 показано похиле падіння електромагнітної хвилі на поверхню мітки в Н-площині. На Рис. 4.6 наведена сімейство кривих потужності втрат в мітці для різних кутів падіння хвилі в Н-площині. Видно, що при відхиленні напрямку падіння хвилі від нормалі до поверхні мітки потужність активації мітки хоча і незначно, але спадає.

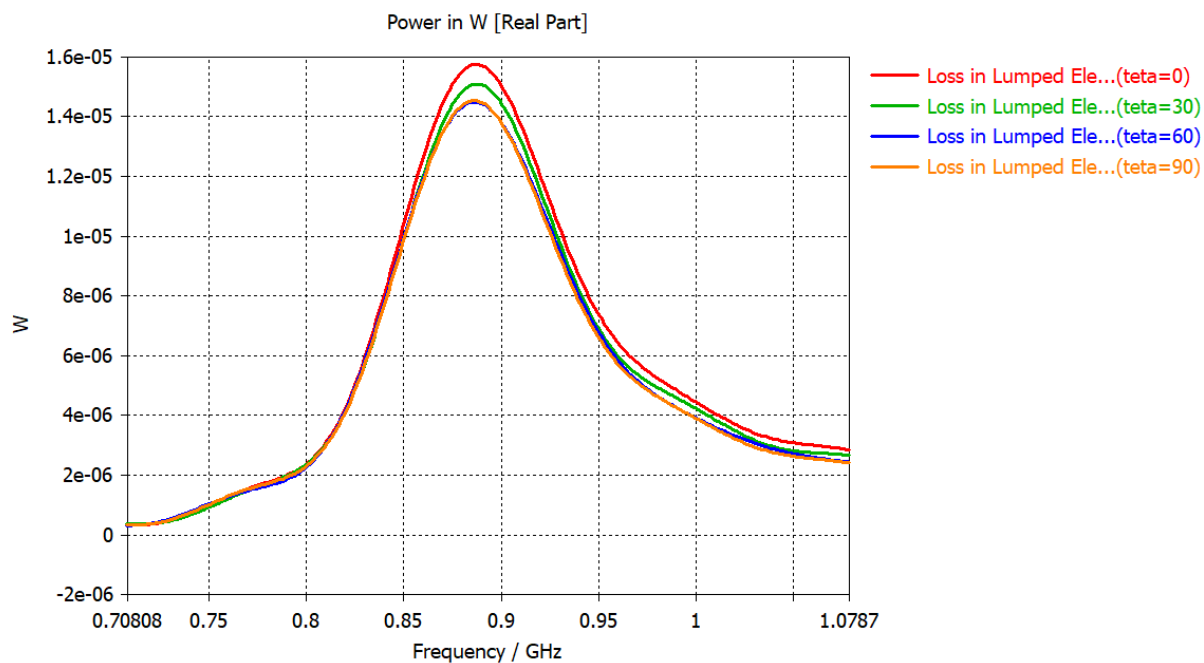


Рис. 4.6. Залежність втрат в еквівалентному вхідному опорі чіпу RFID мітки при зміні кута падіння плоскої електромагнітної хвилі на поверхню RFID мітки

На Рис. 4.7, 4.8 Показані результати тривимірного моделювання RFID мітки при падінні електромагнітної хвилі на мітку під різними кутами в  $E$ -площині. По суті наведена потужність в мітці суттєво падає при зміні кута від  $0^\circ$  до  $90^\circ$  до нормалі к поверхні в  $E$ -площині.

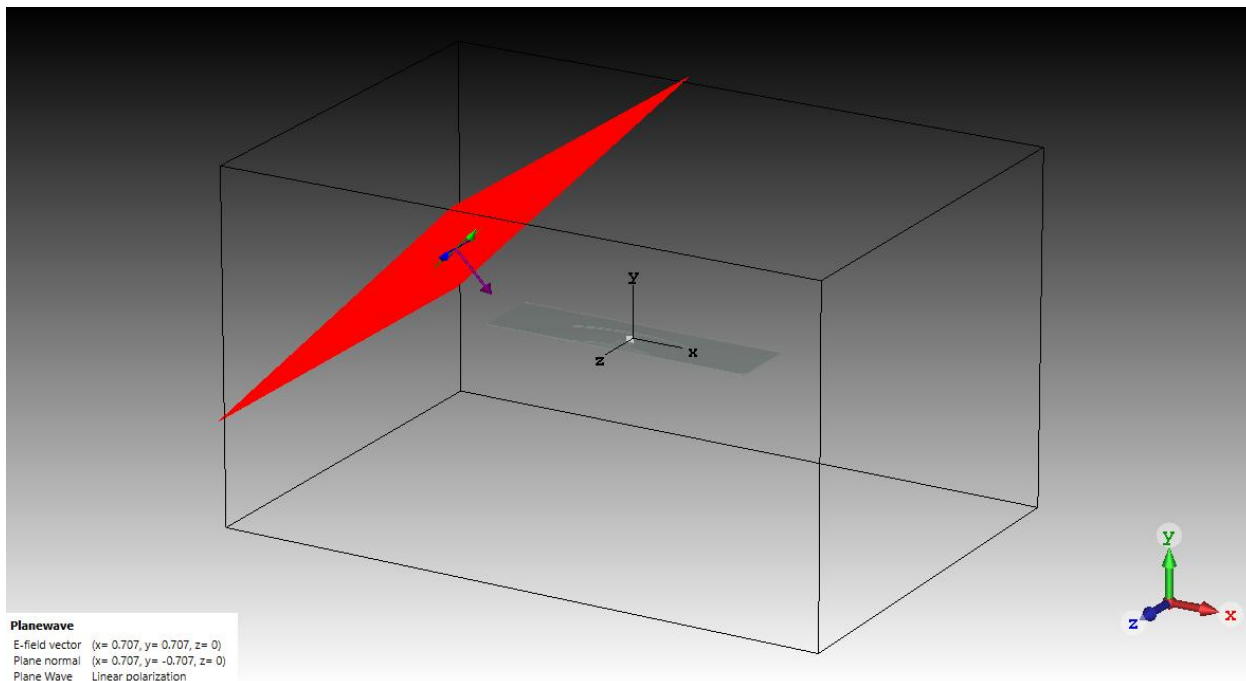


Рис. 4.7. Похиле падіння електромагнітної хвилі на мітку в  $E$ -площині у вільному просторі.

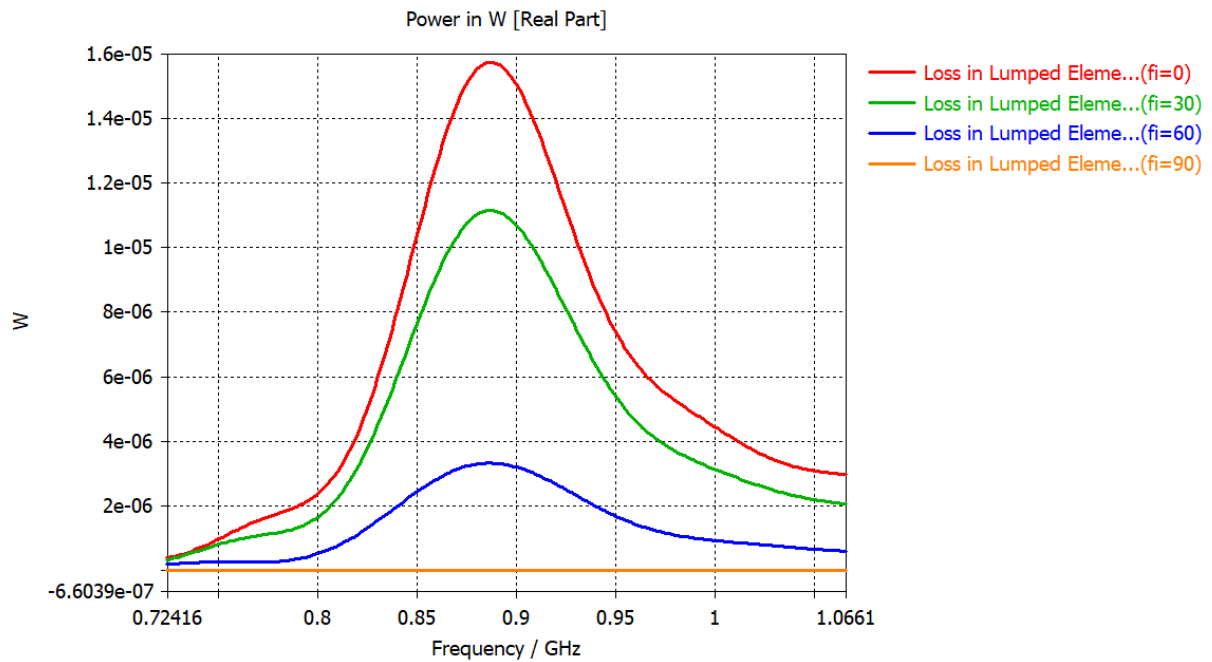


Рис. 4.8. Залежність втрат в еквівалентному входному опорі чіпу RFID мітки при зміні кута падіння плоскої електромагнітної хвилі на поверхню RFID мітки в  $E$ -площині

В роботі проведено декілька розрахунків, коли мітка була розташована на металевій площині (Рис. 4.9). Такий варіант розташування мітки призводить до повної непрацездатності, коли потужність не наводиться в чіпі, дорівнюючи практично нулю. Ситуація дещо може змінюватися, якщо металевий об'єкт раптом сам резонує в потрібному діапазоні частот (Рис. 4.10). Але це скоріше виключно теоретична можливість, яка не може бути забезпечена на практиці.

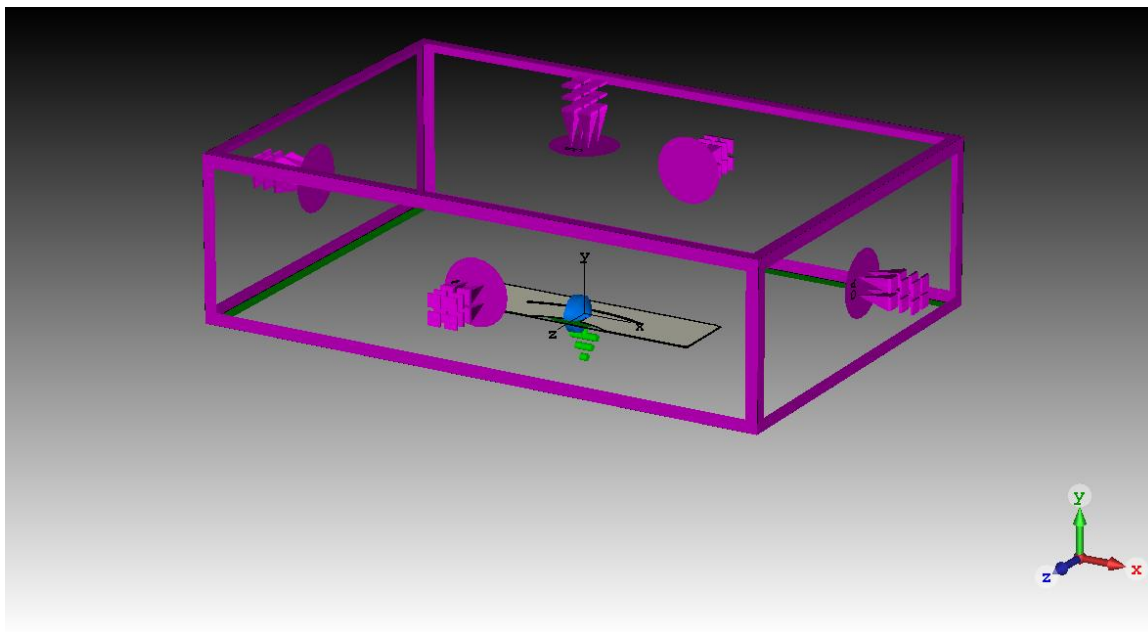


Рис. 4.9. Вигляд 3D моделі RFID мітки на металевій площині

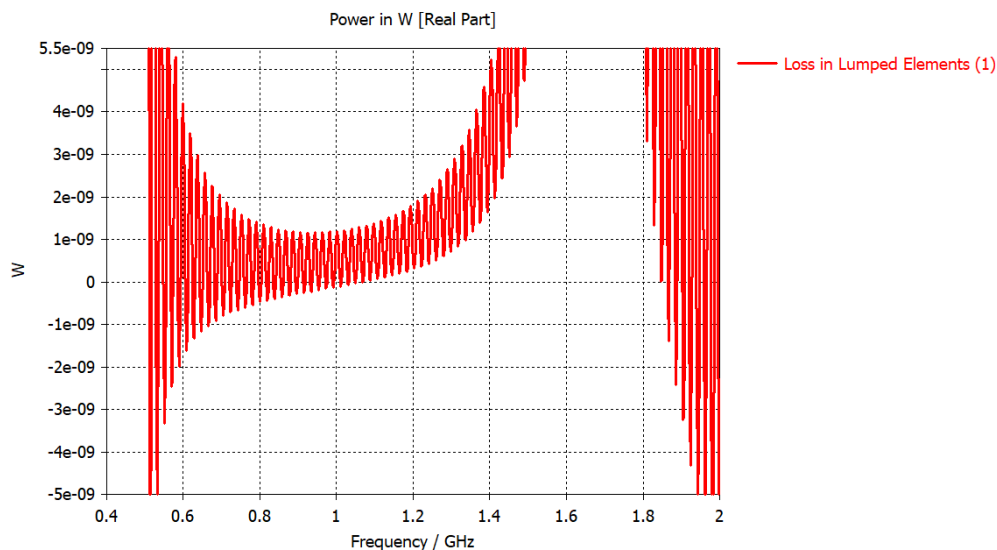


Рис. 4.10 Зростання сигналу за умови резонансних ефектів на металевому об'єкті, на якому закріплена мітка.

В роботі розраховані характеристики RFID мітки в передавальному режимі. В цьому випадку геометрія (топология RFID мітки) залишається такою самою, але збудження структури відбувається джерелом із внутрішнім опором 200 Ом, розташованим в місті розташування чіпу. Характеристики узгодження показані на Рис. 4.11. Видно, що мітка узгоджена в діапазоні 900...1000МГц, тобто дещо вище по частоті.

На Рис. 4.12 показана розрахована діаграма направленості випромінювання RFID мітки. Діаграма направленості є всенаправленою і має вигляд тора. Це легко можна пояснити, оскільки мітка по суті виконана як укорочений вібратор.

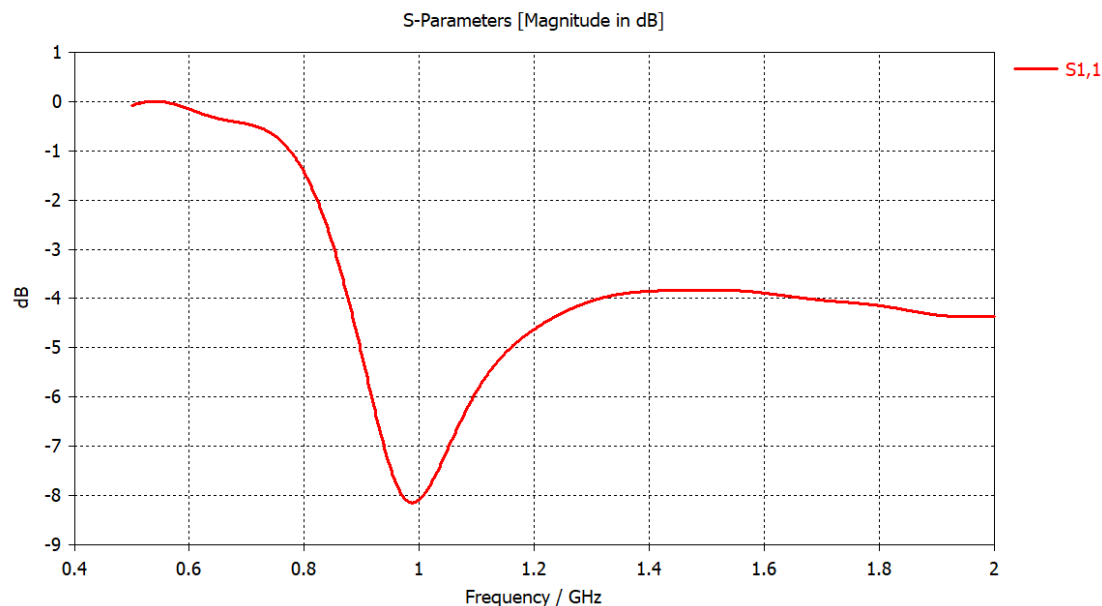


Рис. 4.11. Розрахована характеристика узгодження мітки в передавальному режимі

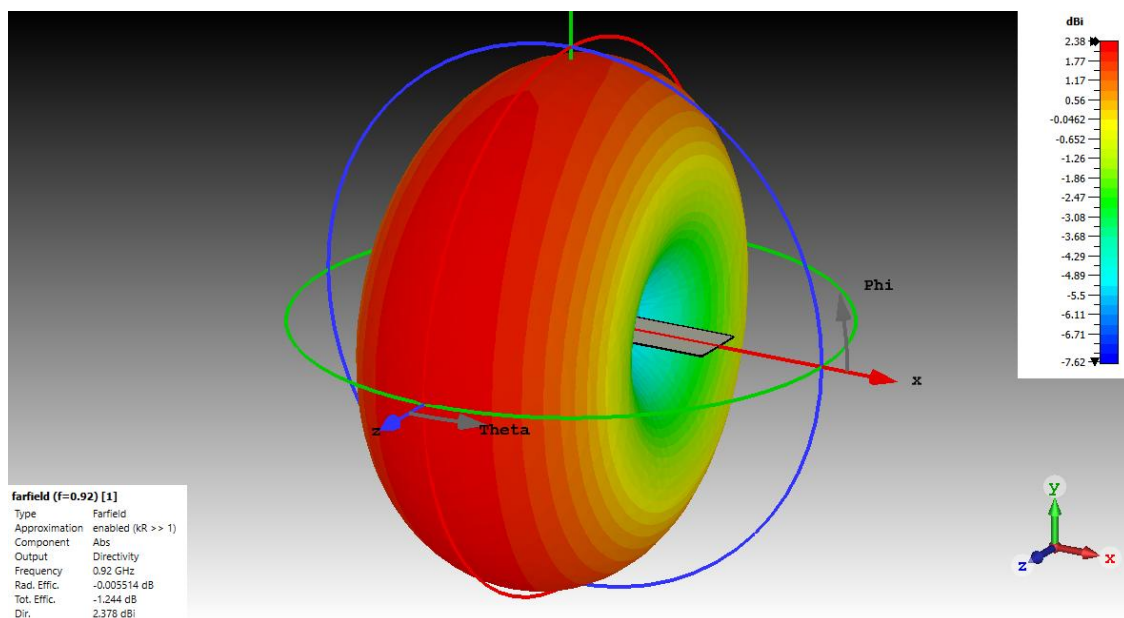


Рис. 4.12. Розрахована тривимірна діаграма направленості RFID мітки в передавальному режимі

### Висновки до розділу:

Створена електродинамічна модель RFID мітки в програмному пакеті CST Microwave Studio при роботі в приймальному і передавальному режимах.

Розрахована теоретична межа по дальності роботи мітки, яка складає 8...10м.

Розрахована наведена потужність в мітці при різних кутах падіння електромагнітної хвилі. Розрахована діаграма направленості мітки при роботі в передавальному режимі.

## 5. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

### 5.1 Опис ідеї проекту

Проаналізуємо та подамо у вигляді таблиць основні відомості про ідею стартап-проекту:

- зміст ідеї ;
- імовірні сфери застосування;
- основні вигоди, що може отримати користувач товару в кожній із сфер застосування;
- відмінності від існуючих аналогів та замінників;

#### 5.1.1. Ідеї, можливі напрямки застосування та вигоди

Дані для користувача подані у Табл. 5.1. Вони дають цілісне уявлення про зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів.

Таблиця 5.1 – Ідеї, напрямки застосування та вигоди для користувача

| <i>Зміст ідеї</i>                                                                                                                | <i>Напрямки застосування</i>                                                     | <i>Вигоди для користувача</i>                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Впровадження застосування RFID ідентифікації для забезпечення ефективного менеджменту наявних товарів та предметів різного штибу | 1. Моніторинг та облік товару в складських приміщеннях і різноманітних магазинах | Користувачі матимуть можливість відстежувати та контролювати кількість товарів та предметів в приміщенні , та здійснювати автоматичних їх облік і подальший пошук |
|                                                                                                                                  | 2. Використання в розумних стелажах                                              | Користувачі отримають можливість відстежувати наявність чи відсутність об'єктів інтересу на полицях чи в шафах                                                    |

|  |                                            |                                                                                                                                                                          |
|--|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | 3. Антикращні та системи безпеки і доступу | Користувачі будуть сповіщатися про несанкціоноване переміщення об'єктів обладнаних мітками , або з їх допомогою зможуть отримати доступ до приміщень із обмеженим входом |
|--|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 5.1.2. Проведемо аналіз потенційних техніко-економічних переваг проекту:

- визначимо перелік техніко-економічних характеристик товару;
- визначимо перелік конкурентів та їх товарів-замінників, що вже існують на ринку;
- проведемо порівняльний аналіз техніко-економічних показників.

Результати аналізу техніко-економічних характеристик ідеї проекту наведено в Табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

| №п /п | Техніко-економічні характеристики ідеї         | Товари конкурентів |         |         | W (слабка сторона) | N (нейтральна сторона) | S (сильна сторона) |
|-------|------------------------------------------------|--------------------|---------|---------|--------------------|------------------------|--------------------|
|       |                                                | Мій проект         | Siemens | Alien   |                    |                        |                    |
| 1.    | Вартість створення та підтримки                | Висока             | Низька  | Висока  |                    | +                      |                    |
| 2.    | Технологічна складність створення та підтримки | Низька             | Висока  | Середня |                    | +                      |                    |

|    |                            |        |         |        |  |  |   |
|----|----------------------------|--------|---------|--------|--|--|---|
| 3. | Економічні<br>можливості   | Великі | Малі    | Великі |  |  | + |
| 4. | Технологічні<br>можливості | Великі | Середні | Великі |  |  | + |

Визначення переліку сильних, нейтральних та слабких сторін проекту для потенційного товару є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності. Оскільки сильні сторони переважають нейтральні та слабкі як за кількістю так і за значущістю — можна зробити висновок про доцільність реалізації проекту.

## 5.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Проведемо аудит технології, за допомогою яких можна реалізувати ідею проекту.

Для визначення технологічної можливості реалізації ідеї проекту здійснено (Табл. 5.3):

- визначення технологій виготовлення товару
- аналіз технологій та необхідності в їх розробці/удосконаленні
- аналіз доступності технологій

Таблиця 4.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

| №<br>n/n | Ідея проекту                                                                  | Технології її реалізації                                                                                                                                                                        | Наявність<br>технологій | Доступність<br>технологій |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 1        | Моніторинг та облік товару в складських приміщеннях і різноманітних магазинах | Технології обліку, моніторингу та реєстрації даних від міток за допомогою зчитувачів з антенами та ПЗ для них, їх перетворення та внесення в бази чи виведення на монітор клієнтських пристроїв | Технології наявні       | Технології доступні       |
| 2        | Використання в розумних стелажах                                              |                                                                                                                                                                                                 | Технології наявні       | Технології доступні       |

|   |                            |  |  |  |
|---|----------------------------|--|--|--|
| 3 | Системи безпеки та доступу |  |  |  |
|---|----------------------------|--|--|--|

За результатами аналізу можна зробити висновок, що технологічна реалізація проекту можлива, а технологічні шляхи, якими це доцільно зробити є доступні та наявні на ринку, або доступні та потребують удосконалення.

### 5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначимо ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити реалізації проекту.

**5.3.1. Визначимо наявність попиту, прогноз розмірів продаж, динаміку розвитку ринку (Табл. 4.4).:**

Таблиця 4.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

| <i>№<br/>п/п</i> | <i>Показники стану ринку (найменування)</i>              | <i>Характеристика</i>                                                                                                          |
|------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                | Кількість головних гравців, од                           | Близько 5                                                                                                                      |
| 2                | Загальний обсяг продаж, грн/ум.од                        | >1.100 000                                                                                                                     |
| 3                | Динаміка ринку (якісна оцінка)                           | Зростає                                                                                                                        |
| 4                | Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень) | Наявні незначні економічні обмеження                                                                                           |
| 5                | Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації      | Необхідно дотримуватись міжнародних та державних стандартів в сфері Радіочастотна ідентифікації та обладнання для таких систем |
| 6                | Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %  | Близько 60%                                                                                                                    |

За результатами аналізу робимо висновок, що ринок є привабливим для входження за попереднім оцінюванням.

### 5.3.2.Визначимо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та сформуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (Табл. 4.5).

Таблиця 4.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

| <i>№<br/>n/n</i> | <i>Потреба, що<br/>формує ринок</i>                                                                                              | <i>Цільова<br/>аудиторія<br/>(цільові<br/>сегменти ринку)</i>         | <i>Відмінності у<br/>поведінці різних<br/>потенційних<br/>цільових груп<br/>клієнтів</i> | <i>Вимоги споживачів<br/>до товару</i>                                       |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 1                | Потреби власників невеликих магазинів та складів                                                                                 | Власники магазинів та складів                                         | Хочуть отримати максимум функціоналу за мінімум вартості                                 | Низька вартість, хороший функціонал, зручність використання ,тощо            |
| 2                | Потреби власників великих магазинів та складів                                                                                   | Власників великих магазинів та складів                                | Готові до високої вартості систем при наявності хорошого функціоналу                     | Низька вартість, хороший функціонал, зручність використання , тощо           |
| 3                | Потреби власників великих територій з об'єктами господарювання на них,для запобігання від крадіжок , та несанкціонованого виносу | Потреба власників великих територій з об'єктами господарювання на них | Готові до високої вартості систем при наявності хорошого функціоналу                     | Низька вартість, хороший функціонал, безпека , зручність використання , тощо |

|   |                                                                 |                                                                        |                                                                                         |                                                                |
|---|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 4 | Потреба в контролю доступу власниками авотостоянок чи паркінгів | Водії з робочими машинами , або власними при умові стоянки на паркінгу | Готові розглянути можливість використання систем доступу при забезпеченні наявних вимог | Низька вартість, хороша безпека , зручність, практичність тощо |
|---|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|

### 5.3.3. Аналіз ринкової пропозиції

Визначимо загальні риси конкуренції на ринку (Табл. 5.6) та обґрунтуємо перелік факторів конкурентоспроможності (Табл. 5.7).

Таблиця 5.6 – Фактори загроз

| <i>№<br/>n/n</i> | <i>Фактор</i>                               | <i>Зміст загрози</i>                                                                                                                                                                                                       | <i>Можлива реакція компанії</i> |
|------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
|                  | Новий функціонал у проекті що розробляється | Бажання продовжувати використовувати наявні зараз системи, які зарекомендували себе з хорошої та надійної сторони . Не роблячи заміну на нові, більш-продуктивні, в зв'язку з недовірою до продукту, який ще зовсім новий. | Вихід з ринку                   |

Таблиця 5.7 – Фактори можливостей

| <i>№<br/>n/n</i> | <i>Фактор</i>        | <i>Зміст можливості</i>                                                           | <i>Можлива реакція компанії</i>                                             |
|------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1                | Економічні фактори   | Покращення відношення ціна/якість надання послуг                                  | Витрати на розробку та підтримку проекту не значно більші ніж в конкурентів |
| 2                | Технологічні фактори | функціонал продукту що забезпечує більше охоплення користувачів ніж в конкурентів | Розроблення функціоналу                                                     |
| 3                | Ринкові фактори      | Відсутність аналогів та значний попит на ринку                                    | Впровадження нових технологій                                               |

### 5.3.4. Аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (Табл. 5.8).

Таблиця 5.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

| <i>№<br/>n/n</i> | <i>Особливості<br/>конкурентного<br/>середовища</i>    | <i>В чому проявляється дана<br/>характеристика</i>                            | <i>Вплив на діяльність<br/>підприємства</i>                                        |
|------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                | Тип конкуренції:<br>Монополістична<br>конкуренція      | Багато незалежних<br>конкуруючих компаній                                     | Підвищення конкурентності<br>товару                                                |
| 2                | Рівень конкурентної<br>боротьби:<br>міжнаціональний    | Системи географічного не<br>прив'язані до регіону                             | Створення багатомовного<br>інтерфейсу                                              |
| 3                | За галузевою ознакою:<br>внутрішньогалузева            | Конкуренція відбувається<br>між підприємствами<br>всередині галузі            | Впровадження нових<br>технологій в галузі,<br>удосконалення існуючих<br>технологій |
| 4                | За характером<br>конкурентних переваг:<br>технологічна | Відсутність цінової<br>переваги компенсується<br>технологічними<br>перевагами | Незначна цінова перевага та<br>значна технологічна<br>перевага                     |

### 5.3.5. Аналіз умов конкуренції в галузі за моделлю 5 сил М. Портера ,Табл. 5.9.

Таблиця 4.1 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

| <i>Складові<br/>аналізу</i> | <i>Прямі<br/>конкуренти в<br/>галузі</i> | <i>Потенційні<br/>конкуренти</i> | <i>Постачальн<br/>ики</i> | <i>Клієнти</i> | <i>Товари-<br/>замінники</i> |
|-----------------------------|------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------|------------------------------|
|-----------------------------|------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------|------------------------------|

|           |                                 |                                                                            |                                                                                                              |                                                                                 |                                                       |
|-----------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|           | <i>Siemens</i>                  | <i>Craid/Alien</i>                                                         | <i>Компанії<br/>що<br/>спеціалізую<br/>ться на<br/>випуску тих<br/>чи інших<br/>компоненті<br/>в системі</i> | <i>Користувачі, які<br/>хочуть<br/>стежити за<br/>станом власного<br/>майна</i> | <i>Присутні</i>                                       |
| Висновки: | Подібні системи є в конкурентів | Є можливість виходу на ринок. Терміни не відомі, в залежності від розробок | Так, об'єм виробництва                                                                                       | Так, відношення якості/ціна                                                     | На даний момент на ринку присутні китайські замінники |

За результатами аналізу можна зробити висновок, що працювати на даному ринку можна незважаючи на конкурентну ситуацію. Для поширення продукту він повинен володіти рядом факторів, які відрізняють його від існуючого конкурента: інформативністю даних, багатоканальністю, наявністю кращого програмного забезпечення.

### 5.3.6. Фактори конкурентоспроможності

На основі аналізу конкуренції, проведеного в п. 5.3.5 (Табл. 5.9), а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (Табл. 5.2), вимог споживачів до товару (Табл. 5.5) та факторів маркетингового середовища (Табл. 5.6, 5.7) визначимо та обґрунтуємо перелік факторів конкурентоспроможності (Табл. 5.10).

Таблиця 4.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

| <i>№<br/>п/п</i> | <i>Фактор<br/>конкурентоспроможності</i> | <i>Обґрунтування факторів</i>                                               |
|------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1                | Економічні фактори                       | Витрати на розробку та підтримку проекту не значно більші ніж в конкурентів |
| 2                | Технологічні фактори                     | Розроблення функціоналу                                                     |

|   |                 |                                                |
|---|-----------------|------------------------------------------------|
| 3 | Ринкові фактори | Присутність аналогів та значний попит на ринку |
|---|-----------------|------------------------------------------------|

За визначеними факторами конкурентоспроможності (Табл. 5.10) проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (Табл. 5.11).

Таблиця 5.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін « Системи RFID ідентифікації»

| №<br>п/п | Фактор<br>конкурентоспроможності | Бали<br>1-20 | Рейтинг товарів-конкурентів |    |    |   |    |    |    |
|----------|----------------------------------|--------------|-----------------------------|----|----|---|----|----|----|
|          |                                  |              | –3                          | –2 | –1 | 0 | +1 | +2 | +3 |
| 1        | Економічні фактори               | 15           |                             |    |    | + |    |    |    |
| 2        | Технологічні фактори             | 16           | +                           |    |    |   |    |    |    |
| 3        | Ринкові фактори                  | 18           |                             | +  |    |   |    |    |    |

На основі аналізу ринку можна зробити висновок, що ринкові можливості, які можна використати під час впровадження проекту переважають ринкові загрози, які можуть перешкодити реалізації проекту, а загальна конкурентоспроможність товару є високою.

### 5.3.7. SWOT-Аналіз

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (Табл. 5.12) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (Табл. 5.11).

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складамо на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на

ринку та мають певну ймовірність здійснення. Наприклад: зниження доходів потенційних споживачів – фактор загрози, на основі якого можна зробити прогноз щодо посилення значущості цінового фактору при виборі товару та відповідно, – цінової конкуренції (а це вже – ринкова загроза).

Таблиця 5.12 – SWOT- аналіз стартап-проекту

|                                                                     |                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Сильні сторони:</b><br>Функціональність<br>Простота використання | <b>Слабкі сторони:</b><br>Невідома компанія<br>Відсутність стартового капіталу<br>Вартісність системи |
| <b>Можливості:</b><br>Розширення функціоналу<br>Нові технології     | <b>Загрози:</b><br>Продукти-замінники<br>Небажання замінювати наявні системи на нові                  |

З огляду на SWOT-аналіз можна прийти до висновку що нема потреби розробляти альтернативи ринкового впровадження цього проекту.

## 5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

**5.4.1. Визначаємо стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (Табл. 5.13).**

Таблиця 5.13 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

| <i>№<br/>п/п</i> | <i>Опис профілю<br/>цільової групи<br/>потенційних<br/>клієнтів</i> | <i>Готовність<br/>споживачів<br/>сприйняти<br/>продукт</i> | <i>Орієнтовний<br/>попит в<br/>межах<br/>цільового<br/>сегменту</i> | <i>Інтенсивність<br/>конкуренції в<br/>сегменті</i> | <i>Простота<br/>входу у<br/>сегмент</i> |
|------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1                | Власники невеликих магазинів та складів                             | Низька готовність споживачів прийняти продукт              | Малий попит в межах сегменту                                        | Низька інтенсивність конкуренції в межах сегменту   | Складний вхід в сегмент                 |

|   |                                                                                                                                 |                                                 |                                 |                                                    |                         |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------|
| 2 | Власники великих магазинів та складів                                                                                           | Висока готовність споживачів сприйняти продукт  | Середній попит в межах сегменту | Середня інтенсивність конкуренції в межах сегменту | Простий вхід в сегмент  |
| 3 | Власники великих територій з об'єктами господарювання на них, з потребою запобігання від крадіжок , та несанкціонованого вивозу | Середня готовність споживачів сприйняти продукт | Великий попит в межах сегменту  | Низька інтенсивність конкуренції в межах сегменту  | Простий вхід в сегмент  |
| 4 | Користувачі з потребою в контролі доступу                                                                                       | Середня готовність споживачів сприйняти продукт | Великий попит в межах сегменту  | Висока інтенсивність конкуренції в межах сегменту  | Складний вхід в сегмент |

За результатами аналізу потенційних сегментів споживачів робимо висновок, що найбільш доцільним є орієнтація на цільові групи власників великих магазинів та складів і власників великих територій з потребою запобігання від крадіжок , та несанкціонованого вивозу.

Визначимо стратегію охоплення ринку — стратегію диференційованого маркетингу.

#### 5.4.2. Тепер сформуємо базову стратегію розвитку (Табл. 5.14).

Таблиця 5.14 – Визначення базової стратегії розвитку

| <i>№<br/>n/n</i> | <i>Стратегія охоплення ринку</i>       | <i>Ключові<br/>конкурентоспроможні<br/>позиції відповідно до<br/>обраної альтернативи</i> | <i>Базова стратегія<br/>розвитку</i> |
|------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
|                  | Стратегія диференційованого маркетингу | Економічні, технологічні та ринкові позиції                                               | Стратегія диференціації              |

В якості базової стратегії розвитку проекту обираємо стратегію диференціації. Ця стратегія передбачає надання товару важливих з точки зору споживача помітних властивостей, які роблять товар більш виразним на фоні товарів конкурентів. Така відмінність базується на реальних об'єктивних і відчутних властивостях товару. Інструментом реалізації стратегії диференціації є ринкове позиціонування.

Переваги стратегії за Ж.-Ж. Ламбеном:

- по відношенню до прямих конкурентів диференціація знижує ступінь замінності товару, посилює прихильність до марки, зменшує чутливість до ціни і тим самим підвищує рентабельність;
- прихильність клієнтів послаблює їх тиск на фірму і перешкоджає приходу на ринок нових конкурентів;
- підвищена рентабельність збільшує стійкість до можливого зростання витрат в результаті дій постачальника;
- виразні властивості товару і завойована прихильність клієнтів захищають фірму і від товарів-замінників.

Реалізація цієї стратегії вимагає, як правило, більш високих витрат. Проте успішна диференціація дозволяє компанії домогтись більшої рентабельності за рахунок того, що ринок готовий прийняти більш високу ціну (цінову премію бренду).

При веденні конкурентної боротьби з використанням цієї стратегії на ринку в першу чергу терплять фіаско фірми, що не здатні визначати потреби цільових ринків, оперативно реагувати на зміни в ринковому попиті, проводити ефективну політику маркетингових комунікацій, не мають необхідних навичок в області брендингу. Найважливішими здібностями, які повинна мати компанія, що приймає цю стратегію, є з генерування маркетингових ноу-хау, здійснення продуктових новацій.

Таким чином, як базову стратегію розвитку проекту буде використано стратегію диференціації, що дозволить в повній мірі використати можливості проекту.

#### 5.4.3. Визначимо базову стратегію конкурентної поведінки (Табл. 4.15).

Таблиця 5.15 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

| <i>№<br/>п/п</i> | <i>Чи є проект<br/>«першопрохідцем»<br/>на ринку?</i> | <i>Чи буде<br/>компанія<br/>шукати нових<br/>споживачів,<br/>або забирати<br/>існуючих у<br/>конкурентів?</i> | <i>Чи буде компанія<br/>копіювати основні<br/>характеристики<br/>товару конкурента, і<br/>які?</i>           | <i>Стратегія<br/>конкурентної<br/>поведінки*</i>                  |
|------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                  | Проект не є першопрохідцем на ринку частково          | Обидві стратегії доцільні в ринковій реалізації проекту                                                       | Проект передбачає взяття найкращих отриманих характеристик товарів галузевих конкурентів та їх удосконалення | В якості стратегії конкурентної поведінки обрано стратегію лідера |

В проекті буде використано стратегію лідера, що дозволить в повній мірі використати можливості проекту.

#### 5.4.4 Стратегія Позиціонування

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до стартап-компанії та до продукту (Табл. 5.5), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (Табл. 5.14) та стратегії конкурентної поведінки (Табл. 4.15) розробимо стратегію позиціонування (Табл. 5.16) що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати проект.

Таблиця 5.16 – Визначення стратегії позиціонування

| <i>№<br/>п/п</i> | <i>Вимоги до<br/>товару<br/>цільової<br/>аудиторії</i>             | <i>Базова<br/>стратегія<br/>розвитку</i> | <i>Ключові<br/>конкурентоспроможні<br/>і позиції власного<br/>стартап-проекту</i> | <i>Вибір асоціацій, які мають<br/>сформувати комплексну<br/>позицію власного проекту<br/>(три ключових)</i>                                                       |
|------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  | Низька вартість, хороший функціонал, зручність, практичність, тощо | Стратегія диференціації                  | Економічні, технологічні та ринкові позиції                                       | 1. Найбільш технологічна система інвентаризації, відстеження та контролю доступу<br>2. Хороший функціонал та зручність користування<br>3. Безпека та практичність |

## 5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Сформуємо маркетингову концепцію товару, який отримає споживач. Для цього у Табл. 5.17 підсумуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 5.17 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

| <i>№<br/>п/п</i> | <i>Потреба</i>             | <i>Вигода, яку<br/>пропонує товар</i> | <i>Ключові переваги перед конкурентами</i>                                                                                        |
|------------------|----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  | Облік і контроль товару та | Простота інвентаризації та обліку     | Повноцінних аналогів на ринку існують, але перевагами продукту є простота та зручність користування, однак для товарів-замінників |

|  |                      |                                |                                                                                |
|--|----------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
|  | доступу на територію | Контроль наявних активів       | по кожному з можливих застосувань системи ключовою перевагою є його функціонал |
|  |                      | Забезпечення збережності майна |                                                                                |

Розробимо трирівневу маркетингову модель товару: уточнимо ідею продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (Табл. 5.18).

Таблиця 5.18 – Опис трьох рівнів моделі товару

| <i>Рівні товару</i>                                           | <i>Сутність та складові</i>                               |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| I. Товар за задумом                                           | Контроль та лблік товару                                  |
| II. Товар у реальному виконанні                               | Властивості/характеристики                                |
|                                                               | Простота Функціонад                                       |
|                                                               | Якість: призначене для використання у повсякденному житті |
|                                                               | Присутнє пакування                                        |
|                                                               | Марка: <i>SmartCard`s</i>                                 |
| III. Товар із підкріпленням                                   | До продажу відомо                                         |
|                                                               | Після продажу відомо                                      |
| Товар матиме захист від копіювання за допомогою ліцензування. |                                                           |

Визначимо цінові межі, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту, яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субститути), а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (Табл. 5.19).

Таблиця 5.19 – Визначення меж встановлення ціни

| <i>№<br/>п/п</i> | <i>Рівень цін на<br/>товари-<br/>замінники</i> | <i>Рівень цін на<br/>товари-<br/>аналоги</i> | <i>Рівень доходів<br/>цільової групи<br/>споживачів</i> | <i>Верхня та нижня<br/>межі встановлення<br/>ціни на<br/>товар/послугу</i> |
|------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
|                  | Від 90000 до<br>1500000 грн.                   | Товари-<br>аналоги є на<br>ринку             | Не дуже<br>відрізняється                                | Від 80000 грн. до<br>100000 грн.                                           |

Визначимо оптимальну систему збуту, в межах якого приймається рішення (Табл. 5.20):

- проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту);
- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту;
- вибір та обґрунтування виду посередників.

Таблиця 5.20 – Формування системи збуту

| <i>№<br/>п/п</i> | <i>Специфіка<br/>закупівельної<br/>поведінки<br/>цільових<br/>клієнтів</i> | <i>Функції збуту,<br/>які має<br/>виконувати<br/>постачальник<br/>товару</i> | <i>Глибина<br/>каналу збуту</i> | <i>Оптимальна система збуту</i>                                   |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                  | Невідома                                                                   | Вільний доступ<br>до товару                                                  | Невідома                        | Вільний доступ до товару<br>(власна та залучена система<br>збуту) |

Розробимо концепції маркетингових комунікацій, що спираються на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (Табл. 5.21).

Таблиця 5.21 – Концепція маркетингових комунікацій

| <i>№<br/>п/п</i> | <i>Специфіка<br/>поведінки<br/>цільових<br/>клієнтів</i> | <i>Канали<br/>комунікацій,<br/>якими<br/>користуються<br/>цільові клієнти</i>                         | <i>Ключові<br/>позиції, обрані<br/>для<br/>позиціонування</i> | <i>Завдання<br/>рекламного<br/>повідомлення</i>                                                                        | <i>Концепція<br/>рекламного<br/>звернення</i>                                              |
|------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  | Власники об'єктів господарювання та магазинів            | Переважно електронні канали комунікації: інші корпоративні канали, вебресурси, соціальні мережі, тощо | Функціональні, технологічні та ринкові позиції                | Донести до цільових клієнтів інформацію про переваги системи перед іншими та змусити їх перейти на неї                 | Реклама в інших корпоративних каналах, вебресурсах, соціальних мережах, на виставках, тощо |
|                  | Інші групи цільових клієнтів                             |                                                                                                       |                                                               | Донести до цільових клієнтів інформацію про всі можливості системи та змусити їх переглянути своє відношення до галузі |                                                                                            |

## 5.6.Висновки за розділом

Для даного стартап-проекту існує можливість ринкової комерціалізації, що обґрунтовано наявністю попиту, зростанням ринку та хорошою рентабельністю. Перспективи впровадження, зважаючи на широку аудиторію потенційних клієнтів, незначні бар'єри входження, конкуренцію та загальну

конкурентоспроможність, достатні для того щоб судити про успішність даного проекту.

## ВИСНОВКИ

В підсумку виконання магістерської дисертації були досліджені RFID мітки та їх параметри, визначені галузі застосування та обмеження, що накладаються технологіями.

В роботі зроблено аналіз можливих рішень для позиціонування мобільної платформи. Як результат, обрано телекомунікаційний стандарт Bluetooth для вирішення задачі локалізації платформи по відношенні до мобільного телефону користувача. Експериментально показано, що така система здатна правильно і коректно працювати, не тільки позиціонуючи мобільну платформу відносно телефону, але і підтримуючи зв'язок між ними належним чином.

Випробування показали хороші результати позиціонування платформи на відкритому повітрі при симуляції реальних умов використання за наявності радіоперешкод та перевідбиття електромагнітних хвиль від землі.

Створена електродинамічна модель RFID мітки в програмному пакеті CST Microwave Studio при роботі в приймальному і передавальному режимах.

Розрахована теоретична межа по дальності роботи мітки, яка складає 8...10м.

Розрахована наведена потужність в мітці при різних кутах падіння електромагнітної хвилі. Розрахована діаграма направленості мітки при роботі в передавальному режимі

Результати можуть бути використано на практиці для вирішення актуальних задач позиціонування та керування мобільних та роботизованих платформ різного призначення: для логістики, медицини, на будівництві тощо.

Пророблено розділ стартапу.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Бойко М.І «Система орієнтації рухомої платформи з використанням мобільного телефону і радіопротоколу Bluetooth» // Дипломна робота на здобуття ступеня бакалавра за освітньо-професійною програмою «Радіосистемна інженерія» спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка». – НТУУ «КПІ», 2020. – 81 с.
2. КАК ПОЯВИЛАСЬ ТЕХНОЛОГИЯ RFID НЕМНОГО ИСТОРИИ  
//[Електроний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
<https://www.bigdataschool.ru/wiki/rfid>
3. Керівництво з експлуатації та встановлення зчитувачів Impinj Speedway // [Електроний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
[https://idcard.com.ua/media/wysiwyg/pdf/\\_SpeedwayR.pdf](https://idcard.com.ua/media/wysiwyg/pdf/_SpeedwayR.pdf)
4. ALR-A0501 Compact 5" Antenna // [Електроний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.alientechnology.com/products/antennas/alr-a0501/>
5. Received signal strength indicator (RSSI) for ST25RU3993 // [Електроний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
[https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/application\\_note/group0/e7/db/ca/b7/9c/aa/4b/b9/DM00347143/files/DM00347143.pdf/jcr:content/translations/en.DM00347143.pdf](https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/application_note/group0/e7/db/ca/b7/9c/aa/4b/b9/DM00347143/files/DM00347143.pdf/jcr:content/translations/en.DM00347143.pdf)
6. RSSI Measurements for RFID Tag Classification in Smart Storage Systems // [Електроний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
[https://arpi.unipi.it/retrieve/handle/11568/915218/458853/PP\\_2018\\_TIM\\_RSSI%20Measurements%20for%20RFID%20Tag%20Classification%20in%20Smart%20Storage%20Systems.pdf](https://arpi.unipi.it/retrieve/handle/11568/915218/458853/PP_2018_TIM_RSSI%20Measurements%20for%20RFID%20Tag%20Classification%20in%20Smart%20Storage%20Systems.pdf)
7. ALN 9654 (G) Higgs 3 // [Електроний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
<https://www.alientechnology.com/download/aln-9654->

<documents/?wpdmdl=7691&ind=MTQ4NDk3MDYyNHdwZG1fQUxOLTk2NTQgRyBlaWdnczMgKDIwMTUtMTItMTcpLnBkZg>

8. Impinj Speedway RAIN RFID Readers for Flexible Solution Development // [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
<https://www.impinj.com/products/readers/impinj-speedway>
9. Радіочастотна ідентифікація // [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D1%96%D0%BE%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%B0\\_%D1%96%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8%D1%84%D1%96%D0%BA%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D1%96%D0%BE%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%B0_%D1%96%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8%D1%84%D1%96%D0%BA%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F)
10. Impinj ItemTest User Guide Version 2.6.0 // [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.impinj.com/products/software>
11. UHF MITKA ALIEN ALN-9654 HIGGS 3 // [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://idcard.com.ua/ua/uhf-label-alien-az-9654/>
12. RFID ідентифікація в логістиці // [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://systemgroup.com.ua/uk/rfid-identyfikaciya-v-logistyci>
13. ОБЛІК МАТЕРІАЛЬНИХ ЦІННОСТЕЙ ТА ІНВЕНТАРИЗАЦІЯ // [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
[https://idcard.com.ua/ua/solutions/accounting\\_inventory\\_rfid/](https://idcard.com.ua/ua/solutions/accounting_inventory_rfid/)
14. Higgs® 3 EPC Class 1 Gen 2 RFID Tag IC // [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.alientechnology.com/products/ic/higgs-3/>
15. Impinj ItemTest Software // [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
<https://support.impinj.com/hc/en-us/articles/204059593-Impinj-ItemTest-Software>
16. Стандарт EPC GEN 2 Software // [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.gs1.org/standards/rfid/uhf-air-interface-protocol>

17. Розуміння режимів та сеансів пошуку EPC Gen2 // [Електронний ресурс] –  
Режим доступу до ресурсу: [https://support.impinj.com/hc/en-  
us/articles/202756158-Understanding-EPC-Gen2-Search-Modes-and-Sessions](https://support.impinj.com/hc/en-us/articles/202756158-Understanding-EPC-Gen2-Search-Modes-and-Sessions)

## ДОДАТОК 1

Додається в файлі креслення “Мітка ALN-9654.pdf” , та “Мітка ALN-9654.dwg”

## ДОДАТОК 2

Опис роботи програмного забезпечення з мітками :

Стандарт EPC GEN 2 дозволяє проводити інвентаризацію до чотирьох сеансів; ці сесії мають дві цілі:

1. Визначає, коли тег відповідатиме на запит читача
2. Дозволяє тегам підтримувати незалежні стани під час спілкування з кількома читачами одночасно.

Як визначено в стандарті EPC Gen2, сеанс – це процес інвентаризації, що складається з зчитувача та пов’язаної сукупності тегів. Зчитувач Impinj вибирає один із чотирьох сеансів та міток інвентаризації в межах цього сеансу. Рідери та мітки Impinj працюють в одній і лише одній сесії протягом всього часу проведення інвентаризації.

Мітка , що відповідає стандарту EPC GEN 2, має два стани для кожного сеансу, представлені прапорами інвентаризації сеансів «А» та «В».



Мітки завжди перебувають в стані «А» для кожної сесії. Зчитувач Impinj контролює, коли вона перейде з «А» в стан «В».

## Персистенція

Коли зчитувач Impinj інвентаризує тег, стан прапора сеансу змінюється з 'A' на 'B' - те, скільки часу мітка залишається в стані 'B' до повернення назад до стану 'A', називається «персистенцією». Важливо розуміти, що точний час збереження не може бути встановлений користувачем; вони можуть бути лише наближені відповідно до режиму пошуку та сеансу. Нижче наведена таблиця зі специфікації EPC Gen2, яка показує докладнішу інформацію про період збереження для кожного з чотирьох сеансів (позначених їх прапорами сеансу як S0, S1, S2 і S3):

Table 6.20: Tag flags and persistence values

| Flag                             | Time to Set                                                         | Required persistence                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| S0 inventoried flag              | $\leq 2\text{ms}$ regardless of initial or final value <sup>3</sup> | Tag energized: Indefinite<br>Tag not energized: None                                                                                                                                                                                                                                       |
| S1 inventoried flag <sup>1</sup> | $\leq 2\text{ms}$ regardless of initial or final value <sup>3</sup> | Tag energized:<br>Nominal temperature range: $500\text{ms} < \text{persistence} < 5\text{s}$<br>Extended temperature range: Not specified<br>Tag not energized:<br>Nominal temperature range: $500\text{ms} < \text{persistence} < 5\text{s}$<br>Extended temperature range: Not specified |
| S2 inventoried flag <sup>1</sup> | $\leq 2\text{ms}$ regardless of initial or final value <sup>3</sup> | Tag energized: Indefinite<br>Tag not energized:<br>Nominal temperature range: $2\text{s} < \text{persistence}$<br>Extended temperature range: Not specified                                                                                                                                |
| S3 inventoried flag <sup>1</sup> | $\leq 2\text{ms}$ regardless of initial or final value <sup>3</sup> | Tag energized: Indefinite<br>Tag not energized:<br>Nominal temperature range: $2\text{s} < \text{persistence}$<br>Extended temperature range: Not specified                                                                                                                                |

Далі давайте подивимося на режими пошуку та як вони працюють із налаштуванням сеансу, щоб встановити постійність.

## Режими пошуку

На даний момент для читачів Impinj доступні п'ять режимів пошуку:

- Подвійна ціль
- Одна ціль
- Одна ціль із придушенням (TagFocus)

- Подвійна ціль Виберіть  $B \rightarrow A$
- Скидання однієї цілі

Кожен із режимів містить у назві слово «Ціль». "Ціль" стосується того, чи буде читач виділяти (вибирати) лише теги, які знаходяться в одному стані, або "А" або "В" (Single Target), або якщо він буде виділяти теги в обох станах "А" і "В" (Подвійна ціль).

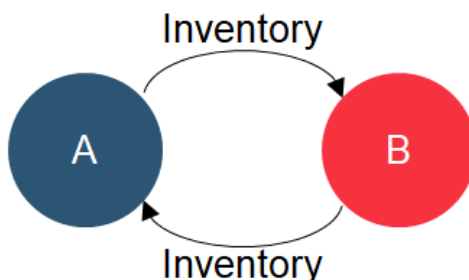
### **Подвійна ціль:**

У Dual Target читач Impinj

- Читає теги «А» по одному та переміщує їх у стан «В».
- Читає теги «В» по одному та переміщує їх у стан «А».
- Повторює вищевказані дії знову і знову.

У цьому режимі пошуку сеанс не має впливу, оскільки зчитувач Impinj негайно «перемкне» мітки назад у стан «А».

## Dual Target



**Використання:** Dual Target продукує часте зчитування і підходить для невеликих груп об'єктів або статичних середовищ (тобто розумна полиця), хоча Dual Target також можна використовувати в динамічних середовищах. У динамічних середовищах Dual Target також може добре виявляти, коли мітка входить, залишається та виходить із поля зору антени. Цей динамічний варіант використання також застосовний з подвійним вибором цілі B-> A, як описано в наступному розділі.

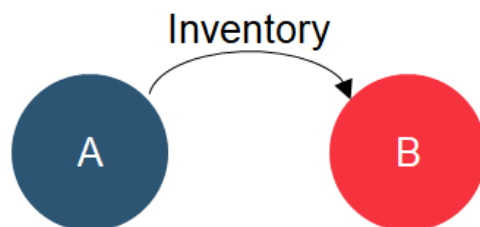
## Single Target:

У Single Target зчитувач Impinj:

- Читає мітки «A» по одному та переміщує їх у стан «B».
- Ці мітки залишаються в стані «B» залежно від тривалості сеансу, перш ніж повернутися назад до стану «A».
- Повторює дві вищезазначені дії знову і знову

\* – Кількість часу, протягом якого теги залишаються в стані «B», залежить від правил, пов'язаних із налаштованим сеансом.

## Single Target



**Використання :** цей режим добре підходить для динамічних середовищ з великою кількістю об'єктів , де ви бажаєте інвентаризувати мітку лише один раз, коли вона потрапляє в поле зору читача. Забезпечує найглибше можливе сканування, коли існує велика кількість міток у статичному середовищі.

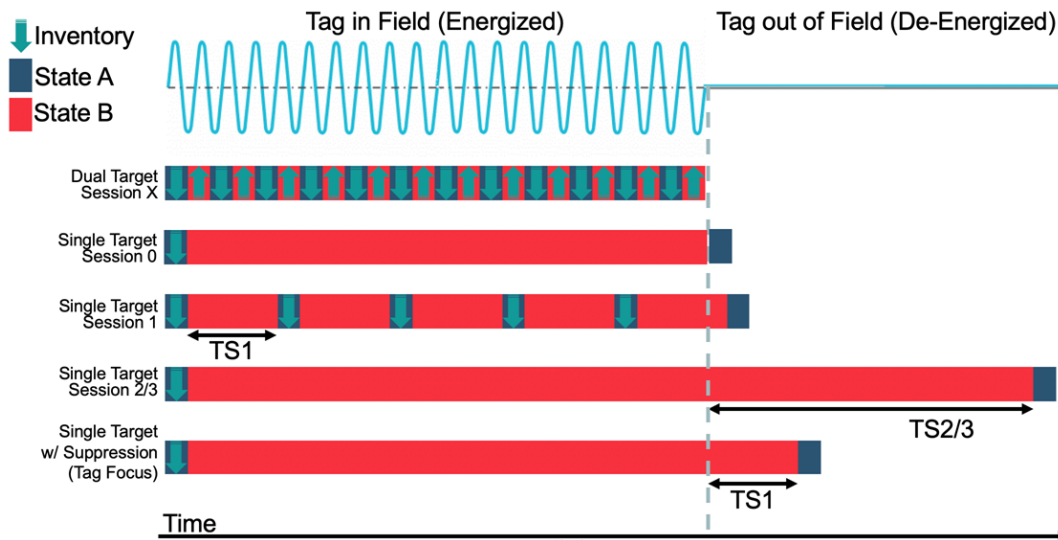
### Одна ціль з придушенням (TagFocus):

Цей режим пошуку точно такий же, як і Single Target, за винятком того що мітка залишатиметься в стані спокою, перебуваючи в полі читання після інвентаризації.

**Використання :** це дозволяє зчитувати інші мітки, які можуть залишатися в стані спокою, перебуваючи в полі читання. Також забезпечує перевагу сеансу у тому, що він майже відразу повертає мітку до стану «А» і буде доступним для запиту зчитувача після виходу з поля для читання.

## Поведінка стану тегу

Перш ніж ми перейдемо до інших режимів пошуку, давайте об'єднаємо все, що ми вже розглянули, щоб побачити поведінку цих налаштувань.



*Примітка. Один цільовий сеанс 0 може діяти інакше, ніж показано вище. Будь ласка, ознайомтеся з розділом про одноцільовий сеанс 0 нижче, щоб дізнатися більше.*

У **Dual Target** мітка буде зчитуватися безперервно, незалежно від стану мітки 'A' або 'B'.

У **Single Target** з сеансом, встановленим на '0', мітка буде вести себе так само, як і Dual Target, хоча основний процес дещо інший. Стандарт EPC GEN 2 визначає сеанс 0 як такий, що має невизначене значення TS0. Причина цього полягає, не так у реальній реалізації Single Target Session 0 на зчитувачі Impinj, як те, що зчитувач буде стрибати каналами. Це призведе до створення нової інвентаризації мітки на іншому каналі, починаючи її збереження заново. Це призведе до кількох читань, подібних до Dual Target, як показано на діаграмі вище. Якби ви

використовували RFID-мітку з батареєю, то використання Single Target Session 0 показало б невизначене значення TS0, як описано в стандарті EPC Gen2, оскільки мітка ніколи не буде знеструмленою, навіть під час перемикання каналів.

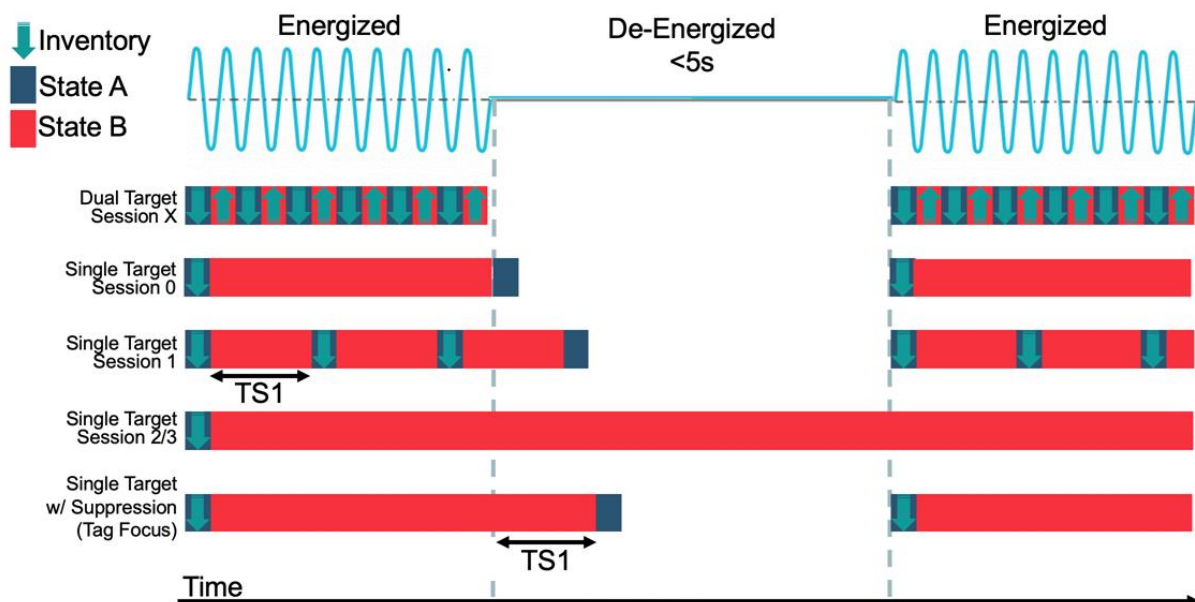
Оскільки вимоги до перемикання антени/каналу відрізняються в різних регіонах, можна побачити дивну поведінку під час роботи в цій конфігурації. Прикладом дивної поведінки є те, що теги можуть залишатися в стані В протягом чотирьох секунд під час проведення інвентаризації за допомогою моделі ETSI зчитувача Impinj. У зв'язку з цим ми часто рекомендуємо інші режими пошуку/сеанси, як-от Single Target Session 1 або Dual Target B→ A Select .

У **Single Target** із сеансом, встановленим на «1», мітку буде прочитано, а потім переведено в стан «В». Через деякий проміжок часу (TS1) він повернеться до стану «А» і буде прочитаний знову. Це значення TS1 визначено в стандарті EPC GEN 2 як від 500 мс до 5 секунд; знову ж таки, його не можна чітко встановити, лише приблизно. Значення TS1 буде відрізнятися залежно від виробника мікросхеми та навіть від конкретної моделі мікросхеми. Наприклад, для Impinj Monza S1 становить приблизно 1 секунду. Отже, якщо ми встановимо зчитувач для Single Target, сеанс 1, ми побачимо, що той самий тег Impinj Monza зчитується кожну секунду; якщо використовується інша модель ІС мітки, значення TS1 може відрізнятися.

Якщо для режиму пошуку читача Impinj встановлено значення **Single Target** і здійснюється сеанс на '2' або '3', тоді мітку буде прочитано один раз, а потім вона перемкнеться в стан 'В' і залишатиметься такою весь час, коли знаходиться в полі читання. Після того, як мітка покине поле для читання, вона буде зберігатися (перебувати в стані 'В') протягом періоду часу TS2/3. Цей час збереження визначено стандартом EPC GEN 2 як мінімум 2 секунди без максимальних

умов. Пам'ятайте, що протягом цього часу мітка не відповідатиме на запит жодного зчитувача, який використовує Single Target та той самий сеанс.

Використання **однієї цілі з придушенням**(також відомий як "TagFocus") забезпечує перевагу сеансів 2 і 3 в тому, що мітка залишатиметься неактивною, перебуваючи в полі для читання після інвентаризації, що дозволяє зчитувати інші мітки, які можуть бути в режимі "тиші". Він також забезпечує перевагу сеансу 1 у тому, що він майже відразу повертається до стану «А» і буде доступний для будь-якого запиту зчитувача після виходу з поля читання.



Одним із налаштувань, які тісно пов'язані з цими двома параметрами, є режим читання.

### Режими пошуку

#### Подвійна ціль Виберіть В - > А:

У подвійній цілі Виберіть В → А, зчитувач Impinj

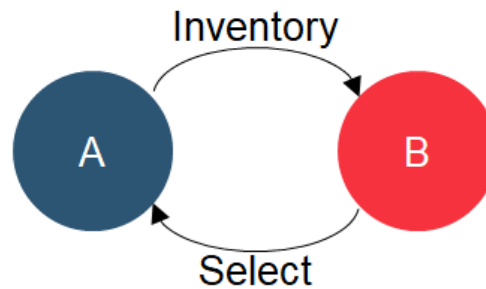
- Читає всі мітки «А» по одному та переміщує їх у стан «В».

- Переміщує всі мітки В одночасно в стан А за допомогою однієї команди GEN 2 Select. Команда «Вибрати» зв'язується з усіма тегами у полі перегляду.
- Повторює дві вищезазначені дії знову і знову

Використання команди select для швидкого переведення всіх міток у стан 'А' дозволяє швидше та ефективніше читати з кількома конфігураціями антен. Час надсилання команди GEN 2 Select набагато коротший, ніж виконання другої інвентаризації кожного окремої мітки для зміни стану з «В» на «А». Це змушує зчитувач швидше перемикає антени, оскільки мітки повернулися в стан «А» раніше. У порівнянні зі стандартною подвійною ціллю ви помітите покращення в швидкості, оскільки часто можна заощадити час, виконуючи команду «Вибрати», а не другу інвентаризацію.

Це також дозволяє краще обробляти унікальні мітки, що потрапляють у поле зору. У Dual Target, якщо нова мітка «А» увійде в поле зору, а зчитувач Impinj виконував інвентаризацію у стані «В», ця мітка не буде повідомлена, доки зчитувач Impinj не виконає наступний стан «А», інвентаризація. З подвійним вибором цілі В→ А, тег буде повідомлено раніше, оскільки зчитувач пропускає інвентаризацію стану 'В'.

### Dual Target B to A Select



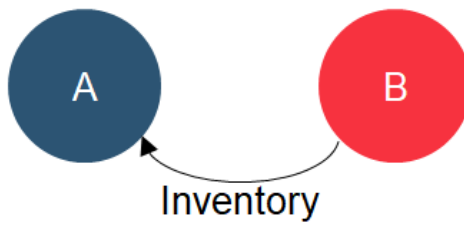
**Використання:** цей режим найбільш вигідним, коли є повторювані спостереження за мітками з кількома антенами або середня чи велика кількість міток (>50). Іншим корисним варіантом використання цього режиму пошуку є моніторинг рухомих міток, щоб точніше знати, коли мітки входять і виходять з поля зору антени. Прикладом цього є перевірка відправлення.

**Скидання однієї цілі:**

під час використання цього режиму пошуку читач Impinj передає міткам «В» і

скидає прапор інвентаризації міток до стану «А».

## Single Target Reset



Цей режим пошуку дозволяє безперервно зчитувати великий набір тегів.