

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

**ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ ТА СИСТЕМ**

«На правах рукопису»
УДК 621.396.6

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

(підпис) Юлія ЯМНЕНКО
(ініціали, прізвище)
“ ” 2020р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальністю 171 Електроніка
(код і назва)

освітня програма (спеціалізація) Електронні прилади та пристрої

на тему: Електронна система трекінгу та обліку комплектуючих

Виконав (-ла): студент (-ка) II курсу, групи ДЕ-91мп
(шифр групи)

Стеценко Віталій Анатолійович
(прізвище, ім'я, по батькові) _____
(підпис)

Науковий керівник старший викладач Олег БЕВЗА
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) _____
(підпис)

Консультант _____
(назва розділу) _____ (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) _____
(підпис)

Рецензент доцент кафедри ЕІ, к.т.н., доц. Катерина ІВАНЬКО
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) _____
(підпис)

Консультант
по нормоконтролю доцент, к.т.н., Лариса БАТРАК
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) _____
(підпис)

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

Студент _____
(підпис)

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”**

Факультет електроніки

(повна назва)

Кафедра Електронних пристроїв та систем

(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо - професійною програмою

Спеціальність 171 Електроніка

(шифр і назва)

Освітня програма (спеціалізація) Електронні прилади та пристрої

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

(підпис)

Юлія ЯМНЕНКО
(прізвище ініціали)

« ____ » _____ 2020 року

З А В Д А Н Н Я

НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ

Стеценко Віталій Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Електронна система трекінгу та обліку комплектуючих

науковий керівник дисертації Олег БЕВЗА, старший викладач

(ім'я ПРІЗВИЩЕ, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « 05 » листопада 2020 року № 3241-с

2. Термін подання студентом дисертації 08.12.2020

3. Об'єкт дослідження є аналіз сучасних систем автоматичного обліку і трекінгу комплектуючих і її елементів

4. Вихідні дані максимальна відстань зчитування системи 10 м

5. Перелік завдань, які потрібно розробити 1. Огляд і аналіз існуючих систем автоматичної ідентифікації, визначення їх переваг і недоліків. 2. Порівняння систем, вибір та обґрунтування вибору системи. 3. Визначення параметрів системи відповідно до обраного регіону і сфери застосування. 4. Визначення елементів системи під обрані параметри.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу Слайди презентації, теоретичні креслення

7. Орієнтовний перелік публікацій: 1. Стеценко, В. А., Бевза О. М. Система безперервного моніторингу браслету антистатичного захисту // Перспективні напрямки сучасної електроніки : матеріали XIII науково-практичної конференції – Київ: 2019. – С. 163-170., Стеценко В.А., Бевза О. М. Електронна система обліку та трекінгу комплектуючих /Мікросистеми, електроніка та акустика. – Київ: 2020. (проходить стадію рецензування)

8. Консультанти розділів дисертації

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

9. Дата видачі завдання 28.10.2020

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів виконання магістерської дисертації | Термін виконання етапів магістерської дисертації | Примітка |
|-------|---|--|----------|
| 1 | Огляд існуючих сучасних систем автоматичної ідентифікації комплектуючих | 02.09.2020-16.09.2020 | Виконано |
| 2 | Огляд останніх розробок по обраній системі радіочастотної ідентифікації | 16.09.2020-30.09.2020 | Виконано |
| 3 | Визначення параметрів системи відповідно до обраного регіону і сфери застосування | 01.10.2020-14.10.2020 | Виконано |
| 4 | Визначення елементів системи під обрані параметри | 14.10.2020-31.10.2020 | Виконано |
| 5 | Моделювання антени за заданими параметрами відповідно до обраних вимог | 01.11.2020-24.11.2020 | Виконано |
| 6 | Розробка стартап-проекту | 24.11.2020-07.12.2020 | Виконано |

Студент

(підпис)

Віталій СТЕЦЕНКО
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Олег БЕВЗА
(ініціали, прізвище)

АНОТАЦІЯ

В магістерській дисертації розглядається проблема обліку і відслідковування товару на виробництві. Проведено аналіз сучасних систем автоматичної ідентифікації і їх порівняння. Радіочастотна ідентифікація є найбільш перспективною у випадку присутності оптичних або фізичних перешкод, коли відсутня можливість прямого зчитування записаної інформації і необхідно ідентифікувати велику кількість об'єктів за короткий час.

Була поставлена задача забезпечити достатнє покриття антени транспондера для відслідковування комплектуючих зі складу на виробництво і на робочі місця відповідно. При розробці антени були враховані обмеження для параметрів антени для виробничих приміщень, а саме малі розміри антени, широка діаграма направленості антени, високий коефіцієнт передачі і доступність матеріал для підкладки і провідника антени.

Серед доступних для радіочастотної ідентифікації частотних діапазонів було обрано діапазон від 865 МГц до 869 МГц, оскільки він відповідає Європейському стандарту дозволених радіочастотних діапазонів. Відповідно до обраного діапазону обрано елементи системи. Було проведено моделювання антени транспондера з узгодженим опором до опору обраної мікросхеми для отримання максимального коефіцієнту передачі в програмі CST Studio. В результаті моделювання було отримано необхідні значення опору антени при робочій частоті мікросхеми і її діаграму направленості.

Використовуючи рівняння Фрііса, було виведено формулу за якою розраховано максимально можливу відстань зчитування транспондера з модельованою антеною зчитуючим пристроєм. В результаті було отримано систему, яка дозволяє запровадити радіочастотну систему для обліку та трекінгу комплектуючих на виробництві в Європейському регіоні.

Ключові слова: транспондер; автоматична ідентифікація; антена; облік; RFID.

ANNOTATION

The problem of accounting and tracking of goods in production is considered in master's dissertations. The analysis of modern systems of automatic identification and their comparison is carried out. Radio frequency identification is most promising in the presence of optical or physical interference, when it is not possible to directly read the recorded information and it is necessary to identify a large number of objects in a short time.

The task was to provide sufficient coverage of the transponder antenna to track components from the warehouse to production and workplaces, respectively. The design of the antenna took into account the limitations for the parameters of the antenna for industrial premises, namely the small size of the antenna, a wide pattern of the antenna, high transmission and the availability of material for the substrate and the antenna conductor.

Among the frequency bands available for radio frequency identification, the range from 865 MHz to 869 MHz was chosen because it complies with the European Standard for Permitted Radio Frequency Bands. According to the selected range, the system elements are selected. A transponder antenna with simulated resistance to the resistance of the selected chip was simulated to obtain the maximum transmission factor in CST Studio. As a result of simulation, the required values of the antenna resistance at the operating frequency of the chip and its pattern were obtained.

Using the Friis equation, a formula was derived that calculated the maximum possible reading distance of a transponder with a simulated antenna reader.

As a result, a system was obtained that allows the introduction of a radio frequency system for accounting and tracking of components in production in the European region.

Keywords: transponder; automatic identification; antenna; accounting; RFID.

ЗМІСТ

| | |
|---|-----------|
| ВСТУП..... | 8 |
| 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ..... | 11 |
| 1.1 Системи з використанням штрих-кодів..... | 11 |
| 1.2 Системи оптичного розпізнавання тексту..... | 13 |
| 1.3 Чіп-карти (Smart-cards)..... | 14 |
| 1.4 Системи радіочастотної ідентифікації..... | 15 |
| 1.5 Порівняння різних систем ідентифікації..... | 18 |
| Висновки до першого розділу | 19 |
| 2 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ І ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ..... | 21 |
| 2.1 .Вибір параметрів..... | 21 |
| 2.1.1 Вибір робочої частоти | 21 |
| 2.1.2 Вибір типу живлення транспондера | 24 |
| 2.1.3 Вибір типу пам'яті транспондера..... | 25 |
| 2.2 Вибір елементів..... | 26 |
| 2.2.1 Вибір мікросхеми траспондера | 26 |
| 2.2.2 Вибір пристрою зчитування | 29 |
| Висновок до другого розділу | 31 |
| 3ПРОЕКТУВАННЯ АНТЕНИ ТРАНСПОНДЕРА | 32 |
| 3.1 Вибір конструкції антени..... | 32 |
| 3.2 Моделювання антени..... | 42 |
| 3.3 Розрахунок відстані дії системи..... | 48 |
| Висновок до третього розділу | 49 |
| 4РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ | 51 |
| 4.1 Опис ідеї проекту | 52 |
| 4.2 Технологічний аудит ідеї проекту | 54 |
| 4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту..... | 55 |
| 4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту | 62 |
| 4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту | 64 |

| | |
|---|-----------|
| Висновок до четвертого розділу | 67 |
| ВИСНОВКИ | 68 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ..... | 70 |
| ABSTRACT | |

ВСТУП

Актуальність. Сучасні виробництва все більше підтримують ідею автоматизації всіх виробничих процесів. Одним із таких процесів є облік, трекінг та ідентифікація комплектуючих і об'єктів, як в процесі виробництва так і при реєстрації в базі при їх надходженні. Причиною зростання популярності і значущості автоматизації через залучення людей в процес обліку, трекінгу і ідентифікації, оскільки в усіх процесах, де є людина, призводить до помилок залежних від людського фактору. Вплив людського фактору є досить не визначеним і може призвести до помилок різних масштабів, від секундної затримки при виробництві, так і великих фінансових втрат.

Більшість сучасних систем обліку та трекінгу комплектуючих, такі як штрих-кодова система, оптичне розпізнавання тексту і чіп-карти, не виключають участі людей у процес ідентифікації об'єктів, хоча залишаються досить ефективними за рахунок низьких витрат на їх експлуатацію і досить просту реалізацію. Однак навпроти система радіочастотної ідентифікації дозволяє повністю виключити людський фактор з процесу обліку об'єктів, при цьому збільшити швидкість і ефективність автоматичного обліку.

Система радіочастотної ідентифікації досі не витіснила інші, за рахунок особливості її застосування, а саме необхідність корегування параметрів або проектування нових елементів відповідно до нового географічного місця розташування, навколишніх предметів і самих об'єктів, які будуть ідентифікуватися. Для використання на вітчизняних виробництвах є проблема їх досить невеликої кількості і відповідно у деяких відсутня фінансова можливість для проектування системи спеціалізованих під наш регіон. Хоча існує досить багато компаній, які на даний момент займаються системами радіочастотної ідентифікації, але вони не займаються розробками систем для нашого регіону, через досить малий можливий ринок збуту таких систем.

Використання систем для зарубіжного ринку не є можливим із-за різних стандартів доступних радіочастот і їх особливостей.

Мета і завдання дослідження. Мета магістерської це розробка системи, яка б задовільнила сучасні вимоги обліку та трекінгу комплектуючих на виробництві.

Система обліку та трекінгу комплектуючих на складі та на сучасному виробництві повинна задовольняти наступним вимогам:

- невеликі розміри носія інформації, для можливості розміщення на об'єктах з малими лінійними розмірами;
- максимальна відстань гарантійного зчитування не менше 5 м;
- висока швидкість передачі даних;
- доступність матеріалів.

Об'єктом дослідження є сучасна система автоматичного обліку і трекінгу комплектуючих.

Предметом дослідження є конструкція та характеристики антени транспондера, які б задовольнили вимоги системи обліку та трекінгу комплектуючих на сучасному виробництві.

Зв'язок роботи з науковими програмами, темами, планами. Науково-дослідна робота за темою магістерської дисертації виконувалась у відповідності до напрямків наукових досліджень та плану роботи кафедри електронних пристроїв та систем КПП ім. Ігоря Сікорського.

Методи дослідження. Для проектування антени транспондера, яка б відповідала поставленим параметрам мікросхеми використано програмне середовище для моделювання CST Studio Student Edition.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

1. Проведено підбір елементів системи трекінгу та обліку комплектуючих, які задовольняють вітчизняні стандарти.

2. Розроблену антену та досліджені її параметри для обраної робочої частоти, яка задовольняє Європейські стандарти дозволених частотних діапазонів радіочастотної ідентифікації.

Практичне значення одержаних результатів – спроектована антена дозволяє запровадити електронну систему радіочастотної ідентифікації для обліку та трекінгу комплектуючих у будь-яке виробництво нашого регіону.

Апробація результатів дисертації. За темою дисертації було виконано виступ на XIII-й науково-практичній конференції «Перспективні напрямки сучасної електроніки», яка проходила (4 квітня 2019 р. в м. Києві).

Публікації. Основні положення та результати магістерського дослідження висвітлено у наступних публікаціях: 1. Стеценко, В. А., Бевза О. М. Система безперервного моніторингу браслету антистатичного захисту // Перспективні напрямки сучасної електроніки: матеріали XIII науково-практичної конференції – Київ: 2019. – С. 163-170, 2. Стеценко В.А., Бевза О. М. Електронна система обліку та трекінгу комплектуючих // Мікросистеми, електроніка та акустика. – Київ: 2020. (проходить стадію рецензування).

Структура та обсяг дисертації. . Магістерська дисертація складається з 4 розділів, загальних висновків, списку використаної літератури із 50 найменувань. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 80 сторінок, у тому числі 78 сторінок основного тексту, 29 рисунків та 10 таблиць та та 1 додатку.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ

Останнім часом в таких сферах діяльності, як оптова торгівля і логістика товарів, роздрібна торгівля, виробництво або системи управління розподілом та обліком матеріалів, все більшого поширення набувають системи автоматичної ідентифікації. Основним призначенням подібних систем є збереження і передача інформації про людей, домашніх тварин, товари та інші визначні місця.

Першими в цій області були етикетки зі штрих-кодами і системи оптичного розпізнавання тексту, поява яких викликало справжню революцію.

1.1. Системи з використання штрих-кодів

Технологія штрих-кодового кодування з'явилася досить давно і була першою системою автоматичної ідентифікації та обліку об'єктів.

Штрих-код являє собою послідовність чорних ліній і білих проміжків чітко визначених розмірів, за допомогою яких відбувається кодування інформації в зручній для машинного зчитування формі. Зчитування інформації відбувається за допомогою лазера – використовуються різні коефіцієнти відбиття від білих розділових просторів і темних [1], [2].

Існує два основні стандарти штрихового кодування - лінійні (одномірні або 1D) і двомірні (2D) символи штрих-кодів.

Лінійними (одновимірними) називаються штрих-коди (рис.1.1.), що зчитуються в одному напрямку (по горизонталі). Лінійні символи дозволяють кодувати невеликий об'єм інформації (до 20-30 символів - зазвичай цифр) за допомогою нескладних штрих-кодів, що зчитуються недорогими сканерами. Відповідно для різних видів об'єктів використовуються різні способи

кодування, найбільш поширеними є такі лінійні символи: EAN, UPC, Code39, Code128, Codabar, Interleaved 2 of 5.



Рис.1.1. Приклад лінійного штрих-коду

Двомірними називаються символи (рис.1.2.), розроблені для кодування великого обсягу інформації (до декількох сторінок тексту). Двомірний код зчитується за допомогою спеціального сканера двомірних кодів і дозволяє швидко і безпомилково вводити великий обсяг інформації. Розшифровка такого коду проводиться в двох вимірах (по горизонталі і по вертикалі) [3],[4].

Основною перевагою є їх наднизька вартість, яка майже незначна. Однак вони обмежені в можливості зберігання пам'яті, та потрібна „пряма видимість” коду. Останній робить присутність оператора обов'язковим для зчитування штрих-коду.

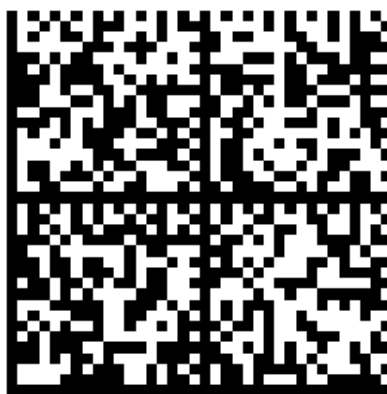


Рис. 1.2. Приклад двовимірного штрих-коду

1.2. Системи оптичного розпізнавання тексту

Перші системи оптичного розпізнавання тексту (Optical Character Recognition – OCR) з'явилися ще на початку 60-х років. Для використання таких систем необхідна розробка і використання для написання тексту спеціальними типами шрифтів, які повинні бути, як зрозумілими людям, так і могли автоматично зчитуватися машинами. Системи оптичного розпізнавання тексту не набули широкого поширення, оскільки потребували більш дорогого пристрою зчитування в порівнянні з штрих-кодами [5].

На даний момент розпізнавання широко застосовується для перетворення книг і документів в електронний вигляд, для автоматизації систем обліку в бізнесі або для публікації тексту на веб-сторінці. Оптичне розпізнавання символів дозволяє редагувати текст, здійснювати пошук слів чи фраз, зберігати його в більш компактній формі, демонструвати або роздруковувати матеріал, не втрачаючи якості, аналізувати інформацію, а також застосовувати до тексту електронний переказ або форматування [6], [7].

Головною перевагою таких систем є висока щільність інформації, а також, що при необхідності записані данні можуть бути зчитані без використання будь-яких систем зчитування. Проблемою систем є порівняно

висока вартість, складність зчитувального пристрою, а також висока вірогідність помилки.

1.3. Чіп-карти (Smart-cards)

Під чіп-картами мається на увазі пристрої електронного зберігання інформації, які додатково мають вбудований мікроконтролер, який проводить додатковий захист і зберігання інформації. Для зчитування інформації чіп-карту вставляють в спеціальний пристрій для зчитування, і її контакти з'єднуються з контактами зчитувача, в результаті чого відбувається живлення карти і передачі сигналів синхронізації. Після відбувається передача даних за допомогою послідовного інтерфейсу (порту вводу/виводу), передача інформації в якому відбувається в двох напрямках [8], [9]. Приклади застосування чіп-карт зображені на рис.1.3. та рис.1.4.



Рис.1.3. Застосування чіп-карт в банківських картах

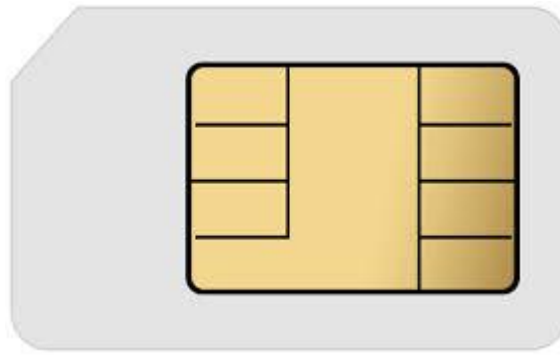


Рис.1.3. Застосування чіп-карт в сім-картах

Залежно від використаної мікросхеми розрізняють кілька основних видів карт:

- карти пам'яті - містять якийсь обсяг даних і фіксований спосіб доступу до них;
- мікропроцесорні карти - призначені для зберігання інформації, але мають більш високий рівень захисту, оскільки обладнані своєю міні операційною системою і програмою. Завдяки такій специфікації інформація захищена не тільки при зберіганні її на карті, але і при передачі або зчитуванні її з карти;
- карти з криптографічною логікою - використовуються в системах захисту інформації для прийняття безпосередньої участі в процесі шифрування даних або вироблення криптографічних ключів, електронних цифрових підписів та іншої необхідної інформації для роботи системи [10].

Головною перевагою є те, що чіп-карти здатні самостійно захистити записану на ній інформацію від несанкціонованого зчитування і модифікації. Недоліком є уразливість її металевих контактів – матеріал уразливий до забруднення, корозії і зносу.

1.4. Системи радіочастотної ідентифікації

Системи радіо частотної ідентифікації (Radio Frequency Identification – RFID) схожі на чіп-карти. Тут також носієм даних є електронний пристрій – транспондер. Проте живлення і передача даних відбувається без будь-якого безпосереднього контакту – за допомогою електромагнітного поля або хвиль.

Система радіочастотної ідентифікації в наш час знайшла застосування для таких цілей, як запобігання крадіжкам автомобілів і товарів, збір мита без зупинки, отримання доступу до будівель, контроль доступу автомобілів до закритих громад, корпоративні містечка та аеропорти, що забезпечують доступ до витягу, відстеження бібліотечних товарів, активів і інші.

Система радіочастотної ідентифікації складається з двох основних компонентів (рис. 1.3.):

- Транспондер, який закріплюється на об'єкті за яким ведеться трекінг.
- Зчитуючий пристрій, або рідер, який в залежності від необхідного функціоналу може не тільки зчитувати, але і записувати дані.

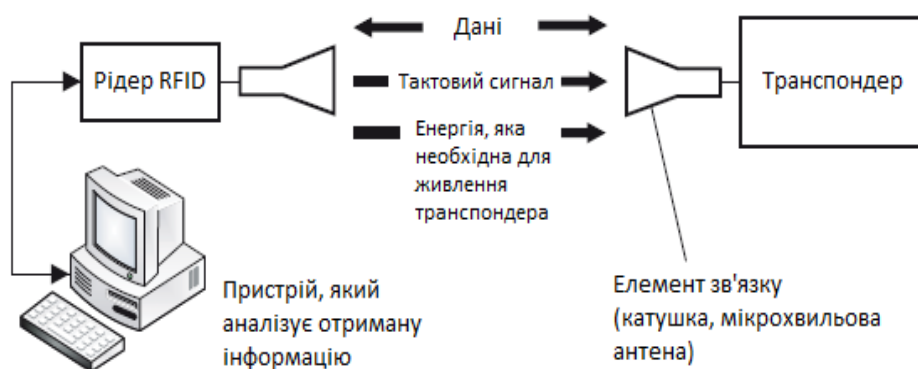


Рис.1.3. Основні компоненти системи радіочастотної ідентифікації, зліва – зчитуючий пристрій, справа – носій інформації

Транспондер (рис. 1.4.) є носієм інформації в системах RFID і складається з елемента зв'язку і спеціалізованої мікросхеми. За границями зони

дії пристрою для зчитування транспондер не проявляє ніякої активності, оскільки не має власного джерела живлення.

Проте при переміщенні в зону дії системи радіочастотної ідентифікації транспондер активується, отримуючи необхідну енергію за допомогою елемента зв'язку, який також відповідає за передачу сигналів синхронізації і інформаційних [11],[12].

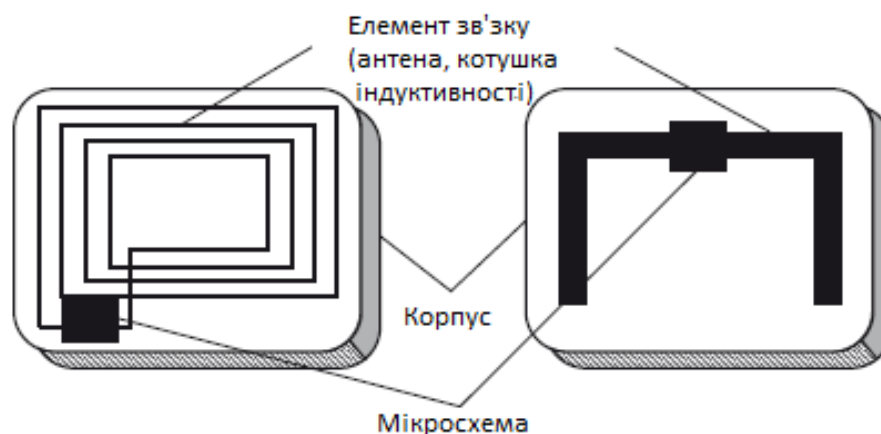


Рис. 1.4. Принципова схема транспондера, цифрового носія інформації в системі RFID. Зліва – транспондер з індуктивним зв'язком, показана котушка антени; справа – мікрохвильовий транспондер з антеною-диполем.

У програмованих системах для управління циклами читання і запису даних, а також для визначення прав на читання або запис даних використовується «внутрішня логіка» носія даних. Зазвичай вона реалізується за допомогою кінцевих автоматів. За допомогою кінцевих автоматів можна реалізовувати найскладніші процеси, проте їх недоліком є невисока гнучкість, так як при зміні протоколу необхідно замінювати саму електронну мікросхему.

Це означає, що при розробці нових версій транспондера необхідно знову розробляти мікросхему, що пов'язано з досить високими витратами.

Застосування мікропроцесорів дозволяє позбутися від подібних обмежень. Основна програма, що виконується або операційна система, яка здійснює управління використовуваними в додатку даними, може бути записана в процесі виготовлення мікросхеми. При цьому ви маєте можливість

вільно вносити зміни і доповнення в логіку роботи програми, а також модифікувати її для потреб різних додатків.

Слід також згадати і про транспондери, де для зберігання даних використовуються різні фізичні ефекти, - сюди відносяться транспондери на ПАХ (поверхневих акустичних хвилях) без можливості запису. До таких пристроїв також відносяться 1-бітові транспондери, які більшу частину часу перебувають у пасивному стані (логічний 0), і іноді можуть переходити в активний стан (логічна 1).

В комбінації з малопотужними датчиками система радіочастотної ідентифікації дозволяє безперервно слідкувати за навколишнім середовищем, станом здоров'я і іншим. Це дозволяє застосовувати їх не тільки в логістиці і системах доступу, а ще в медицині, екології, безпеки і інших сферах [13],[14].

Перевагами системи є безконтактне зчитування інформації, відсутність впливу оптичних перешкод на можливість зчитування і зчитування з декількох носіїв інформації одночасно. Недоліком є вплив радіоперешкод на апаратуру.

1.5. Порівняння різних систем ідентифікації

Застосування систем ідентифікації та обліку дуже різноманітні: від захисту від крадіжок і електронної оплати до систем слідкування переміщення об'єктів. Не всі параметри систем є важливими для систем обліку і трекінгу комплектуючих на виробничому складі. Тому проведемо їх порівняння по найбільш важливим параметрам у таб. 1.1.

Таблиця 1.1

| Параметр | Система на основі штрих-кодів | OCR – система | Чіп-карта | RFID - система |
|--|-------------------------------|---------------|-------------|----------------|
| Об'єм збереженої інформації | До 100 байт | До 100 байт | До 64 Кбайт | До 64Кбайт |
| Щільність інформації на одиниці площі носія інформації | Низька | Низька | Висока | Висока |

| | | | | |
|--|------------------------|------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| Вплив бруду і вологи | Дуже сильний | Дуже сильний | Можливе при потраплянні на контакти | Не впливає |
| Вплив перешкод (оптичних) | Повна непрацездатність | Повна непрацездатність | Не працює у разі перекриття контакту | Не впливає |
| Вплив перешкод (електромагнітних) | Не впливає | Не впливає | Не впливає | Впливає |
| Вартість виготовлення | Дуже низька | Середня | Низька | Середня |
| Швидкість зчитування даних (включаючи підготовку носія) | Низька, ~ 4 с | Низька, ~ 3 с | Низька, ~ 4с | Дуже висока, ~ 0,5 с |
| Максимально допустима відстань носія даних від зчитувача | Від 0 до 50 см | Менше 1 см (сканер) | Безпосередній контакт | Від 0 до 5 м |

Проводячи аналіз отриманої таблиці можна переконатися, що чіп-карти схожі на системи радіочастотної ідентифікації, із-за наявності мікросхеми в обох. Це дозволяє сильно розширити функціональний діапазон їх використання, не тільки для зберігання інформації про об'єкт, а і для підвищення безпеки, за рахунок шифрування інформації. Однак системи радіочастотної ідентифікації вільні від недоліків чіп-карт, оскільки тут не потрібний безпосередній контакт з пристроєм зчитування. В зв'язку з чим зменшується небезпека пошкоджень, забруднення, а також необхідності витрачати час на те, щоб вставити карту в роз'єм пристрою зчитування [11], [15],[16].

Висновки до першого розділу

Було проведено короткий огляд сучасних систем ідентифікації, а саме штрих-кодової системи, системи розпізнавання текстів, чіп-карт і радіочастотної ідентифікації. Складено таблицю порівняння параметрів, важливих для обліку і трекінгу, систем.

За наведеними параметрами і особливостями має найбільші переваги – система радіочастотної ідентифікації. А саме: кращі показники відстані зчитування, щільності інформації і її записуваний об'єм, відсутність впливу перешкод оптичних, фізичних і можливість зчитування з декількох носіїв інформації одночасно.

2 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ І ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ

2.1. Вибір параметрів

2.1.1. Вибір робочої частоти

Системи радіочастотної ідентифікації працюють на дуже різних діапазонах частот, включаючи частоти від 125 кГц до 5,8 ГГц в мікрохвильовому діапазоні. Основні смуги частот, що використовуються в технології радіочастотної ідентифікації.

Низька частота (НЧ)

Вони працюють в діапазоні від 125 кГц до 134,2 кГц. Завдяки електромагнітним властивостям на цих частотах, НЧ-транспондери можна читати, навіть якщо вони прикріплені до предметів, що містять воду, тканини тварин, метал, дерево та рідини. Однак вони підходять лише для близької взаємодії - лише кілька міліметрів. НЧ-антени зазвичай виготовляються з мідної котушки з сотнями витків, обкатаних феритовим сердечником.

Через ці властивості транспондерів НЧ вони використовуються для певних програм, таких як ідентифікація тварин, контроль доступу, відстеження активів, охорона здоров'я, та різні додаткові програми.

Висока частота (ВЧ)

Вони працюють навколо центральної частоти 13,56 МГц. ВЧ-транспондери подібні до НЧ-транспондерів. Однак ВЧ-транспондери мають кращий діапазон зчитування і їх можна зчитувати на відстані до 50 сантиметрів. Транспондер включає в себе резонансну антену, зазвичай виконану з декількох витків спіралі, струмопровідних матеріалів, таких як мідь, алюміній або срібло, підключену до конденсатора. Тому ВЧ-транспондери зазвичай дуже тонкі. Їх легко зчитати, прикріпивши до об'єктів, що містять воду, тканини, метал, дерево та рідини. Антена підключена до конденсатора, який слугує

накопичувачем енергії. Однак на їх ефективність впливають металеві предмети в безпосередній близькості. Ідентифікація металевих предметів за допомогою ВЧ-транспондерів є неможливою, оскільки метали істотно розсіюють магнітне поле, яке необхідне для їх ідентифікації, прикріплених на металевих поверхнях. Їх застосовують для комунікації ближнього поля (NFC), кредитних карток, міток бібліотечних книг, мітки багажу авіакомпаній та відстеження активів.

Надвисока частота (НВЧ)

Ці системи працюють на частоті близько 433 МГц та в діапазоні від 840 МГц до 960 МГц. Існують суттєві відмінності між нормативними актами дозволених частот для радіочастотної ідентифікації в різних країнах світу, таких як США, Європа, Китай та Японія. НВЧ-транспондери мають дальність зчитування приблизно до 30 м. На відміну від НЧ та ВЧ транспондерів, в діапазоні НВЧ мають антиколізійні протоколи, що дозволяє одночасно читати кілька транспондерів. Антени НВЧ-транспондерів в основному засновані на дипольних антенах і виготовлені з міді, алюмінію або срібла, нанесених на підкладку. Довжина резонансної півхвильової дипольної антени при 900 МГц становить приблизно 17 см. Однак загальний розмір антени можна зменшити за допомогою належних методів проектування. НВЧ-антени прості у виготовленні, і їх можна зробити тонкими за допомогою планарної технології виготовлення. НВЧ-транспондери пропонують більший обсяг пам'яті та кращий діапазон зчитування, порівняно з НЧ та ВЧ-транспондерами. Як відомо, продуктивність НВЧ-транспондера змінюється, коли вона розміщується на різних об'єктах. Як правило, це можна вирішити, беручи до уваги те, на якому об'єкті буде розміщено транспондер на етапі проектування. Однак предмети, що містять метали та воду, можуть зменшити діапазон зчитування транспондера через поглинання та розсіяння енергії. Цю проблему можна подолати, розробивши транспондери спеціально для позначення металевих предметів або предметів з рідким вмістом. Однак транспондери, які можна

встановити на металеві предмети, які демонструють хороші характеристики, зазвичай занадто дорогі, великі та зрідка важкі для певних застосувань. Причиною зниження ефективності поширення через металеві предмети є те, що більшість НВЧ транспондерів потрібно збуджувати електричним полем, дотично орієнтованим до металевої поверхні предмета, що надзвичайно ослаблює його. Що стосується об'єктів з рідким вмістом, то короткі хвилі НВЧ, як правило, сильно поглинаються рідинами. Застосування таких систем включає управління ланцюгами поставок, управління товарами роздрібної торгівлі та контроль доступу до паркування.

Мікрохвильовий діапазон

Системи, що працюють на центральних частотах 2,45 ГГц та 5,8 ГГц, тобто промислові, наукові та медичні діапазони (ISM), потрапляють до цієї категорії. Діапазон зчитування може досягати 100 м. Їх продуктивність може погіршуватися, коли мітки знаходяться близько до води або металів. Як і НВЧ транспондери мікрохвильові транспондери також можна зчитувати одночасно декілька одиниць, оскільки вони підтримують антиколізійні протоколи. Тим не менше, інші мікрохвильові пристрої, що використовують один і той же діапазон ISM, такі як роутери, бездротові телефони та мікрохвильові печі, створюють радіочастотний шум. Серед їх застосувань слід зазначити збір дорожнього мита, ідентифікацію автопарку, контроль доступу транспортних засобів до закритих громад, лікарень, корпоративних містечок та аеропортів та системи визначення місцезнаходження в реальному часі [17]-[19].

Зведемо характеристичні ознаки діапазонів частот у таб. 2.1.

Відповідно до габаритів сучасних складів і кількості об'єктів, які знаходяться на складі найбільш оптимальним діапазоном є НВЧ. Оскільки Україна входить до складу СЕРТ (Conference of European Post and Telecommunications), доступний для радіочастотної ідентифікації НВЧ діапазону відводиться діапазон частот 865 – 869 МГц.

Таблиця 2.1

| | НЧ | ВЧ | НВЧ | Мікрохвильовий |
|--|---------------|----------|--------------------------------|----------------|
| Частота | 125 – 134 кГц | 13.5 МГц | 433 МГц та 860 – 960 МГц | 2.4 та 5.8 ГГц |
| Дальність | 1 – 10 мм | < 1 м | <30 м | <100 м |
| Швидкість зчитування | Низька | Середня | Висока | Висока |
| Можливість зчитування декількох транспондерів | Ні | Ні | Так | Так |

2.1.2. Вибір типу живлення транспондера

Транспондери можна розділити на 2 категорії на основі забезпечення вбудованого живлення джерело. Активні та пасивні транспондери. Активні транспондери, якщо вони містять вбудоване джерело живлення, наприклад, акумулятор. Коли транспондер повинен передавати дані зчитувачу, він використовує це джерело для отримання потужності для передачі. Через це активні транспондери можуть спілкуватися з менш потужними зчитувачами і можуть передавати інформацію на значно більшій відстані, до сотні метрів.

Крім того, у цих типів транспондерів зазвичай більше пам'яті - до 128 Кбайт. Однак вони набагато більші і більш складні, ніж їх пасивні аналоги, що робить їх дорожчими у виробництві. Акумулятори в активних транспондерах можуть тримати заряд від двох до семи років.

Пасивні транспондери не мають вбудованого джерела живлення. Натомість вони отримують потужність для передачі даних від сигналу, який надсилає зчитувач, цієї потужності набагато менше, ніж якби була батарея. В результаті цього пасивні транспондери, як правило, менші та дешевші у виробництві, ніж активні транспондери. Однак ефективний діапазон пасивних транспондерів набагато менший, ніж у активних, до 30 метрів. Крім того, вони потребують більш потужних зчитувачів і мають менший обсяг пам'яті, близько декількох кілобайт.

Деякі пасивні мітки мають вбудовані батареї, але не використовують ці батареї для передавання. Такі типи пасивних міток називаються напів-пасивними транспондерами, і вони використовують батарею лише для того живлення електроніки. Щодо передачі, вони працюють точно так само, як і пасивні транспондери. Важливою перевагою є їх здатність передавати інформацію швидше, ніж пасивні транспондери, а також можливість реєструвати та контролювати зовнішні обставини та передавати навіть у присутності непрозорих матеріалів, що у випадку пасивних транспондерів було б неможливим [11], [20]. У таб. 2.2 наведені основні порівняльні характеристики до кожної категорії транспондерів .

Таблиця 2.2

| | Пасивні | Активні | Напів-пасивні |
|----------|---|---|---|
| Переваги | <ul style="list-style-type: none"> • Довгий термін життя • Низька вартість і вага • Необмежений час використання | <ul style="list-style-type: none"> • Висока надійність і дистанція зчитування за рахунок додаткових потужностей • Великий об'єм пам'яті | <ul style="list-style-type: none"> • Збільшена дальність зчитування у порівнянні з пасивними • Можливість використання датчиків |
| Недоліки | <ul style="list-style-type: none"> • Обмежена дистанція зчитування • Велика залежність від параметрів зчитувача | <ul style="list-style-type: none"> • Великі розміри і вартість • Екологічна небезпека із-за наявності батареї | <ul style="list-style-type: none"> • Висока вартість • Короткий термін життя |

Відповідно до вимог складських приміщень, де необхідно позначити велику кількість об'єктів є доцільним обрати пасивні мітки із-за низької вартості і довговічності.

2.1.3. Вибір типу пам'яті транспондера.

Ще одним відмінним фактором між транспондерами є тип пам'яті. Існує два види: лише для читання (Read Only - RO) та читання / запис (Read/Write - RW).

RO-транспондери схожі на штрих-коди тим, що їх запрограмовано один раз, наприклад, виробником продукту, і звідти їх не можна змінювати. Ці типи транспондерів, як правило, програмуються з дуже обмеженим обсягом даних, які призначені стати статичними, наприклад, серійними номерами та номерами деталей, і легко інтегруються в існуючі системи штрих-кодів.

Транспондери RW часто називають розумними. Розумні транспондери надають користувачеві набагато більшу зручність, ніж транспондери RO. Вони можуть зберігати великі обсяги даних і мати адресну пам'ять, яку легко змінити. Дані на транспондері RW можна стирати та переписувати тисячі разів. Через це транспондер може виступати як своєрідна база даних, в якій важлива динамічна інформація, що передається транспондером, а не централізована на контролері.

Також існує інший тип пам'яті, який називається Write Once Read Many (WORM). Він схожий на RO тим, що призначений бути запрограмованим зі статичною інформацією. Єдина різниця між двома категоріями полягає в тому, що дані WORM можуть бути запрограмовані лише один раз користувачем, а не виробником продукту.

Відповідно до сучасних складів, в які уже інтегрована система зі штрих-кодам буде доцільним обрати транспондери типу RW, оскільки це дозволить використовувати транспондери повторно для інших об'єктів [12].

2.2. Вибір елементів

2.2.1. Вибір мікросхеми траспондера

Серед сучасних мікросхем для транспондерів які використовуються і задовольняються вимоги є досить широкий спектр виробників, які виготовляють продукцію зі схожими параметрами.

Зведемо таб. 2.3 підходящих під вимоги мікросхем [21]-[27].

Таблиця 2.3

| Назва | Виробник | Діапазон частот | Об'єм пам'яті | Робочий температурний діапазон | Ціна |
|-----------------|----------|-------------------|---------------|--------------------------------|--------|
| SL3ICS1205_15 | NXP | 840 МГц - 960 МГц | 128 біт | -40 °C ... +85 °C | \$0.29 |
| SL3ICS1002/1202 | NXP | 840 МГц - 960 МГц | 512 біт | -40 °C ... +85 °C | \$0.33 |
| LXMSJZNCMF-198 | Murata | 865 МГц - 920 МГц | 96 біт | -40 °C ... +85 °C | \$0.86 |
| LXMS21NCNH-147 | Murata | 865 МГц - 955 МГц | 512 біт | -40 °C ... 85 °C | \$0.96 |
| 20926410601 | HARTING | 860 МГц - 960 МГц | 512 біт | -50 °C ... +85 °C | \$1.54 |
| 20926410602 | HARTING | 860 МГц - 960 МГц | 512 біт | -50 °C ... +85 °C | \$1.53 |

Серед наведених мікросхем підходящими параметрами, а саме достатній об'єм пам'яті та необхідний діапазон частот, і низькою вартістю для можливості масового маркування володіє SL3ICS1205_15.

Мітка на основі SL3ICS1205_15 не вимагає зовнішнього джерела живлення. Вбудована анти колізійна система дозволяє читачеві одночасно керувати кількома мітками / мітками в межах свого антенного поля.

Дані, що передаються від зчитувача до мітки / міток, демодулюються інтерфейсом, а також модулюють електромагнітне поле зчитувача для передачі даних від мітки / міток до зчитувача.

Міткою можна керувати без необхідності прямої видимості. Коли мітка знаходиться в межах робочого діапазону зчитувача, високошвидкісний бездротовий інтерфейс дозволяє передавати дані в обох напрямках.

Мікросхема включає в себе аналогову частину, яка забезпечує модуляцію і демодуляцію сигналу, цифрову, яка проводить анти колізійні і контролюючі операції по передачі інформації записаної на схемі (рис.2.1.).

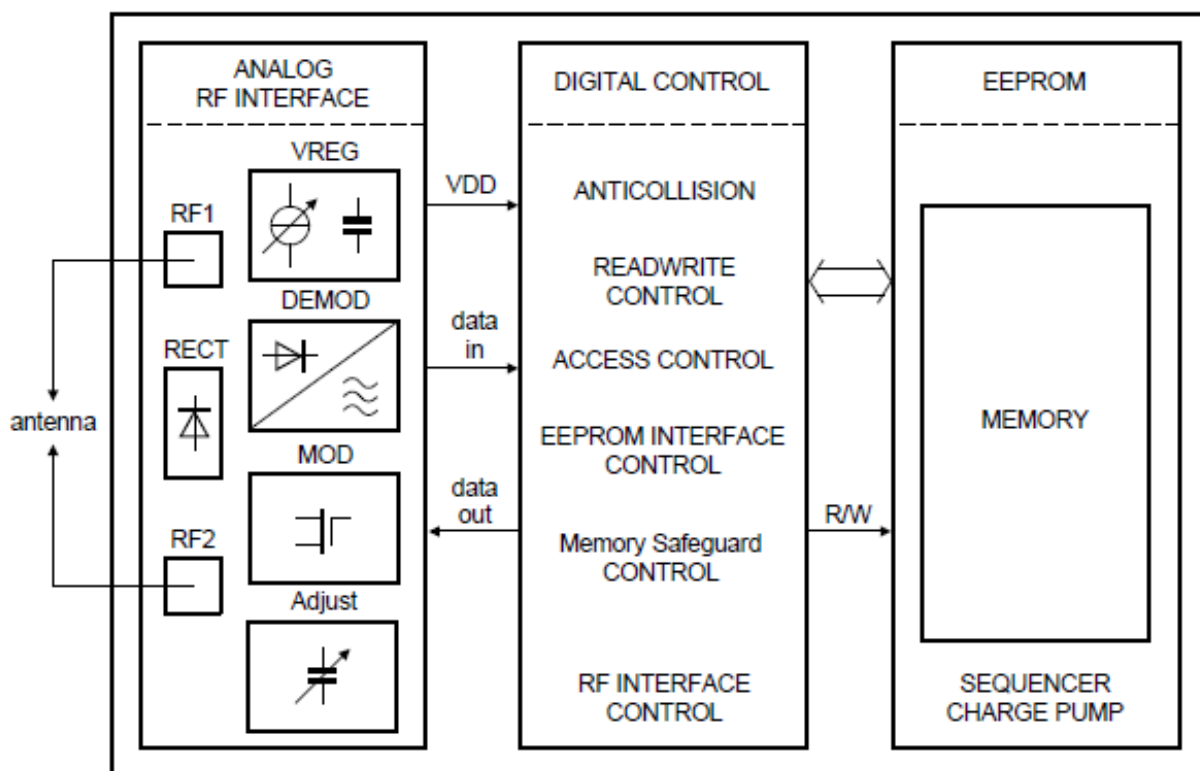


Рис. 2.1. Структурна схема мікросхеми SL3ICS1205_15[22]

Особливості мікросхеми SL3ICS1205_15:

- функції:
- саморегулювання живлення;
- Захист пам'яті, який забезпечується трьома факторами:

1. Код виправлення помилок, який виявляє і автоматично виправляється однобітова помилка в пам'яті.

2. Перевірка парності – обчислюється біт парності і блокується у процесі виробництва.

3. Перевірка запасу – відбувається перевірка зарезервованої та користувацької пам'яті. Під час виконання операції блокування для цільового банку пам'яті мікросхема перевіряє наявність достатнього запасу програмування комірки пам'яті і реагує лише після успішної перевірки;

- Регуляція чутливості - автоматичний механізм, який регулює чутливість мікросхеми до максимуму в робочому середовищі. Це регулювання виконано під час запуску мікросхеми вона вибирає між трьома різними значеннями вхідної ємності;

- Ідентифікатор бренду - дозволяє власникам брендів застосувати для своїх товарів можливість перевірки оригінальності товару;
- інтегрований реєстр статусу товару;
- сумісний з однощільною і планарною антеною;
- до 128-біт пам'яті;
- 96-бітовий унікальний ідентифікатор транспондери, включаючи 48-бітовий унікальний серійний номер;
- підтримка стандарту EPC Gen2v2.

Параметри мікросхеми наведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4

| Параметр | Значення | Одиниці виміру |
|---|----------|----------------|
| f | 866 | МГц |
| $P_{i(min)}$ – мінімальна потужність для зчитування | -22.9 | dBm |
| $P_{i(min)}$ – мінімальна потужність для зчитування | -17.8 | dBm |
| Z – імпеданс | 15-j265 | Ом |
| C – вхідна ємність | 0.69 | пФ |
| N_{endu} – кількість перезаписів | 100,000 | - |
| t_{ret} – час експлуатації | 20 | роки |
| Розміри | 500×500 | мкм |
| Товщина | 120 | мкм |

2.2.2. Вибір пристрою зчитування

Для всіх типів пристроїв зчитування можна виділити такі основні блоки на рис.2.2.: блок управління, який відповідає за кодування, декодування інформації, ВЧ інтерфейс, який генерує і приймає ВЧ сигнал і антена. Відповідно до Європейського стандарту максимальна потужність випромінювання зчитувача є 2 Вт [27]-[29].

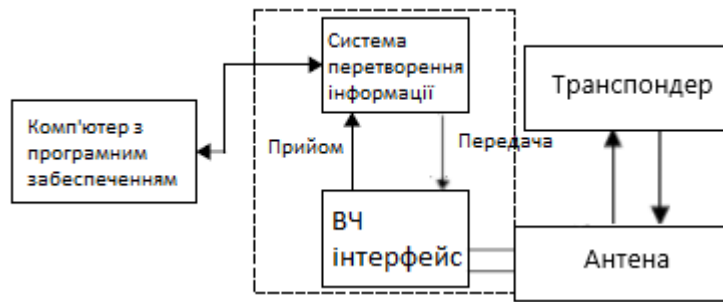


Рис. 2.2. Блок схема пристрою зчитування

В якості зчитувача використаємо UHF Long Range Reader ID ISC.LRU1002 компанії Feig, який підходить під обраний тип і параметри транспондерів (рис.2.3).



Рис. 2.3. Зчитувач ISC.LRU1002

НВЧ зчитувач дальньої дії ID ISC.LRU1002 - це високопродуктивний пристрій зчитування великого діапазону, який можна використовувати в різних видах систем. Пристрій зчитування має наступні особливості:

- Висока чутливість приймача дбає про збільшений і одночасно однорідний діапазон виявлення міток;
- Можливий захищений діапазон зчитування до 12 м;
- Підтримка підсилення чутливості за рахунок синхронізації з іншими пристроями зчитувачів;

- Підтримка транспондерів відповідно до EPC Class1 Gen2 та ISO 18000-6-C
- Безпечне зберігання ключів програми в захищеній пам'яті;
- Зчитування даних фазового кута ідентифікованих транспондерів для локалізації транспондерів;
- Підтримка 4 портів апаратного інтерфейсу: Ethernet, RS232, USB та Wiegand;
- Захист зчитувача від таких несправностей, як ярлик антени, невідповідність антени та електростатичний розряд;
- Міцний корпус з алюмінієвого корпусу для використання у важких та промислових умовах;
- Підвищення рейтингу корпусу до рівня IP 64 завдяки додатковому доступному ущільнювальному ковпачку для блоку роз'ємів;
- Швидка установка завдяки легкому доступу до інтерфейсів та антенних портів;

Висновки до другого розділу

У другому розділі було проведено аналіз доступних діапазонів частот для радіочастотної ідентифікації. Вибір НВЧ діапазону, як найбільш оптимального для використання для обліку та трекінгу комплектуючих. Проведено вибір пасивного типу живлення транспондера, оскільки він має довгий строк служби і не потребує додаткових джерел живлення, окрім живлення отриманого від зчитуючого пристрою. Також визначено, що найбільш оптимальною є пам'ять з можливістю перезапису, оскільки це дозволить використовувати однакові транспондери на різних типах товарів.

Відповідно обраних параметрів було обрано мікросхему транспондера SL3ICS1205_15 і пристрій зчитування ISC.LRU1002, які відповідають поставленим умовам і Європейським стандартам.

3. ПРОЕКТУВАННЯ АНТЕНИ ТРАНСПОНДЕРА

3.1. Вибір конструкції антени

Вибір антени є дуже важливим при проектуванні систем з пасивним транспондерами, які працюють на радіочастотах, оскільки при не достатній потужності випромінювання або вузькій діаграмі направленості можливе не спрацювання транспондера і відповідна втрата об'єкта з області ідентифікації [31] – [35].

1. Щілинна антена.

Параметри поля випромінюваної щілинною антеною змінюється залежно від розташування щілини. Розглянемо моделі і параметри відповідних щілин.

На рис.3.1. показано розміщення щілини в позиції А.

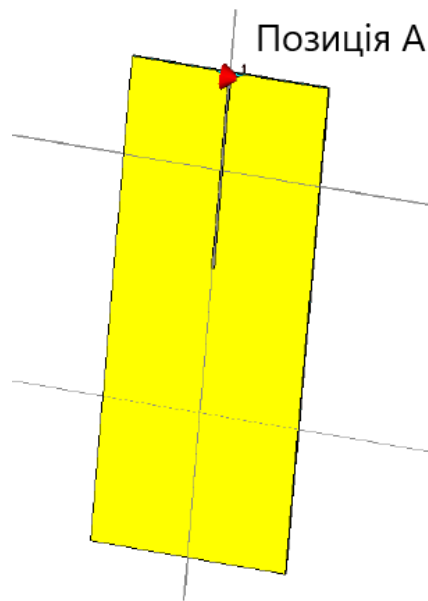


Рис.3.1. Щілинна антена, позиція А

Обираємо матеріал антени – мідь і підкладку з склотекстоліту і проводимо моделювання максимальної дистанції зчитування, при розмірах довжина – 100 м, ширина – 40 мм, товщина – 1,6 мм.

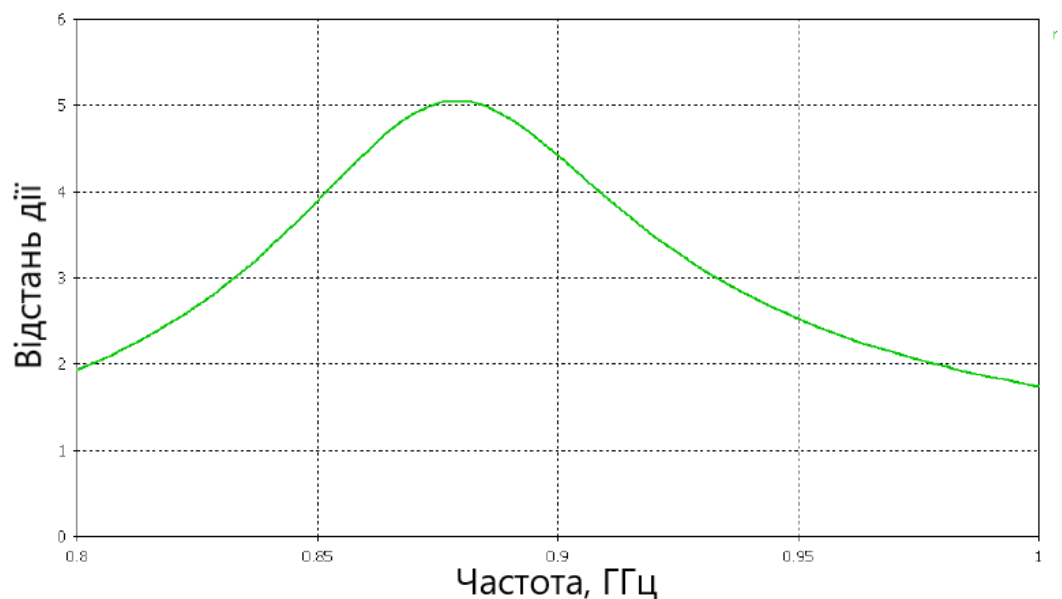


Рис.3.2. Графік відстані дії антени

З графіку на рис.3.2. видно що максимальна дальність дії цієї антени 5 м на частоті 870 МГц.

Проводимо аналогічні моделювання і побудови графіків для інших положень щілини і підведемо сумарну таблицю порівняння параметрів.

На рис.3.3. показано розміщення щілини в позиції Б.

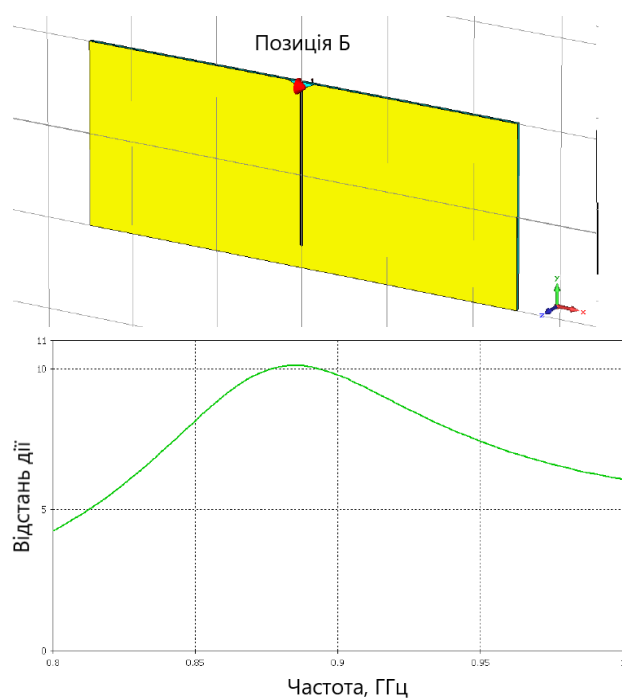


Рис.3.3. Щілинна антена, позиція Б і графік відстані дії антени

На рис.3.4. показано розміщення щілини в позиції В:

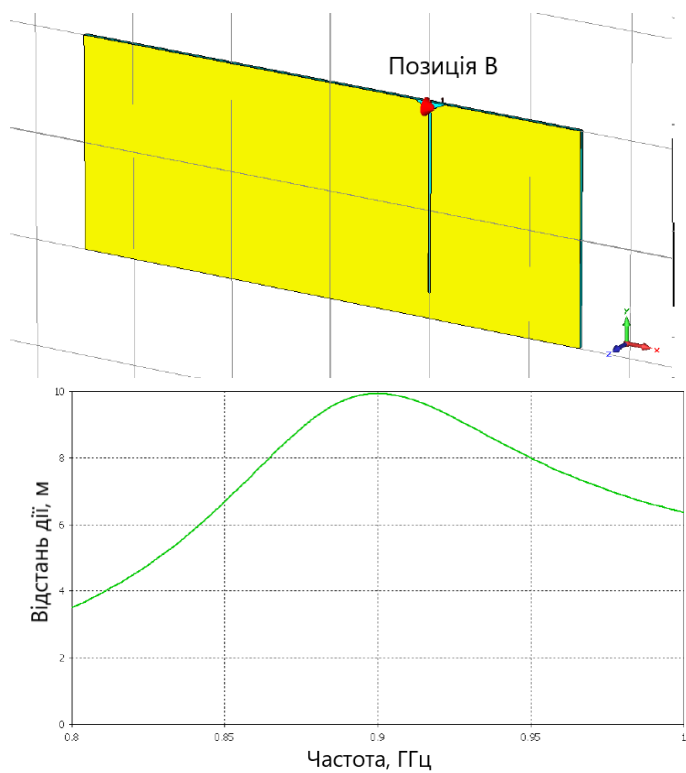


Рис.3.4. Щілинна антена, позиція В і графік відстані дії антени

На рис.3.5. показано розміщення щілини в позиції Г.

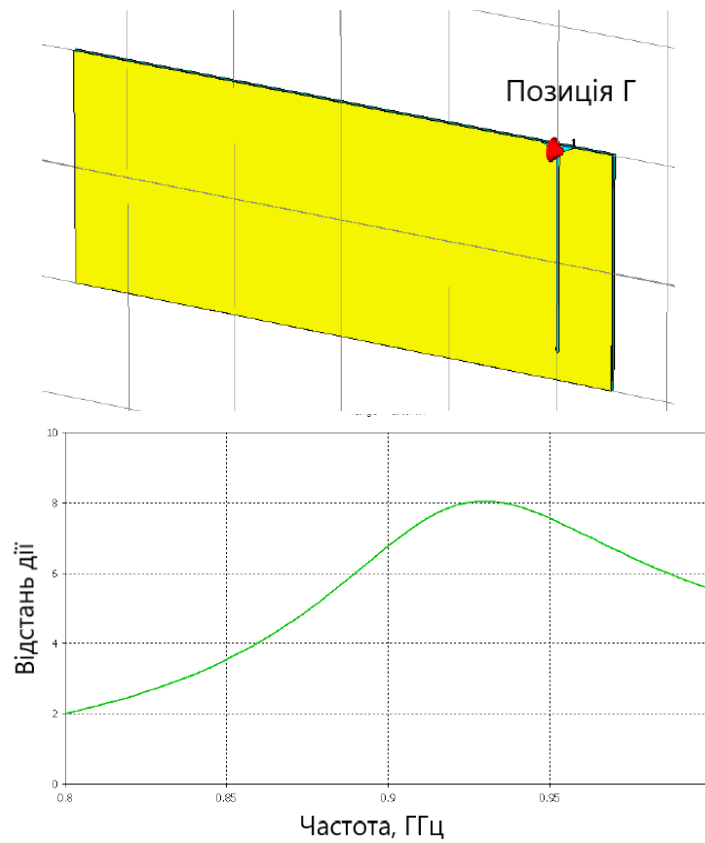


Рис.3.5. Щілинна антена, позиція Г і графік відстані дії антени

На рис.3.6. показано розміщення щілини в позиції Д.

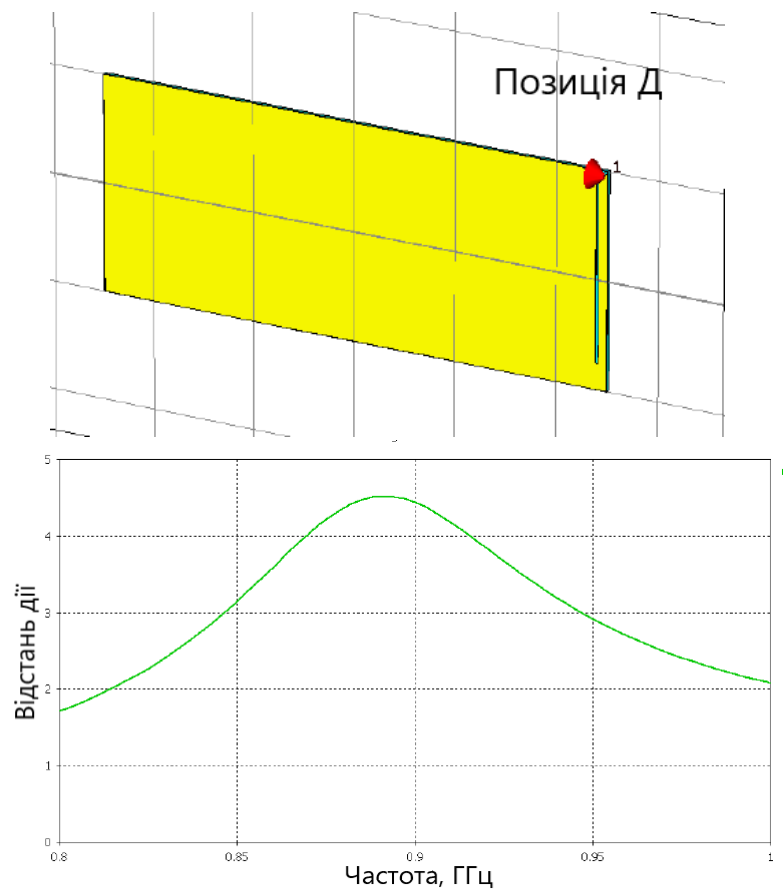


Рис.3.6. Щілинна антена, позиція Д і графік відстані дії антени

Зведемо отримані дані максимальної відстані зчитування і їх частот у табл. 3.1.

Таблиця 3.1

| | А | Б | В | Г | Д |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|
| Максимальна відстань, м | 5 | 10 | 10 | 8 | 4.8 |
| Частота максимальної відстані дії, МГц | 870 | 880 | 900 | 930 | 890 |

Серед наведених моделей щілинних антен найбільш задовільними параметрами частоти є позиція Б. Найближча частота дозволена для використання це 870 МГц і відстань дії тоді 9.8 м.

2. Друкована антена

Розглянемо можливі форми друкованої антени [36] – [45].

На рис.3.7. показано форму 1 для друкованої антени.

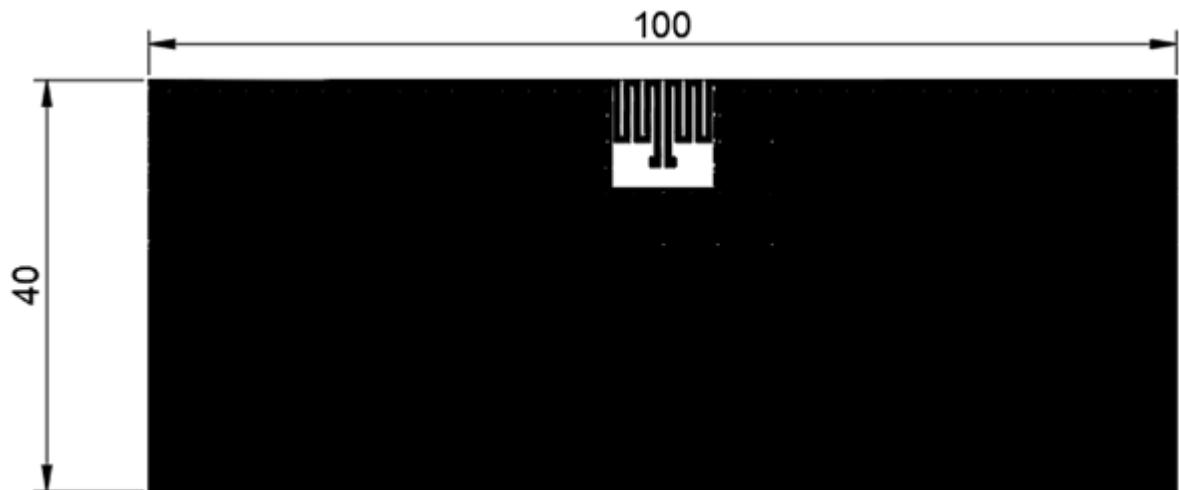


Рис.3.7. Друкована антена. Форма 1

Такий дизайн антени є досить гнучким оскільки фактичні її розміри збільшують відстань її дії і дозволяє ефективно інтегрувати її в існуючі друковані плати різних розмірів, що демонструє графік на рис.3.8.

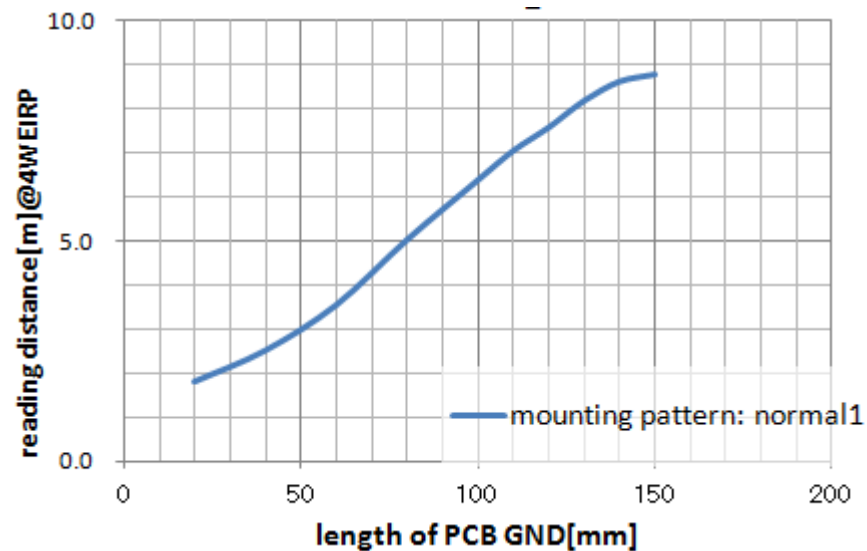


Рис.3.8. Залежність відстані дії від довжини антени

Актуальні результати моделювання, при виборі стандартизованих розмірів 100 мм х 40 мм, отримали робочу відстань 7 м на частоті 865 МГц.

На рис.3.9. показано форму 2 для друкованої антени:

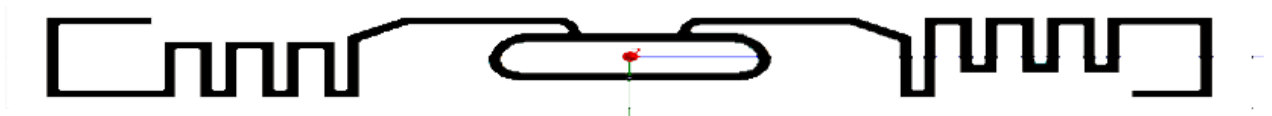


Рис.3.9. Друкована антена. Форма 2

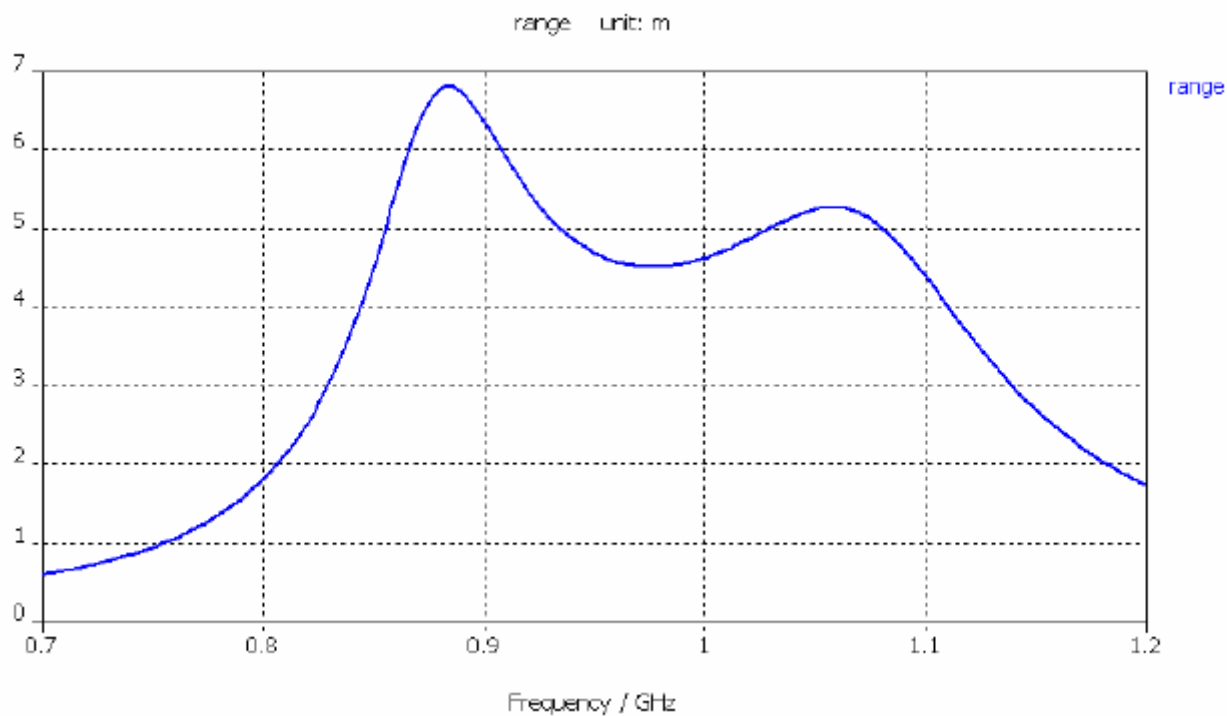


Рис.3.10. Залежність відстані дії від частоти антени. Форма 2

З графіку (рис.3.10) моделювання відстані дії антени можна спостерігати пік в 7 м при частоті 880 МГц. Найближче значення, яке попадає в дозволений діапазон частот це 870 МГц і відповідна відстань дії 6,8 м.

На рис.3.11 показано форму 3 для друкованої антени:

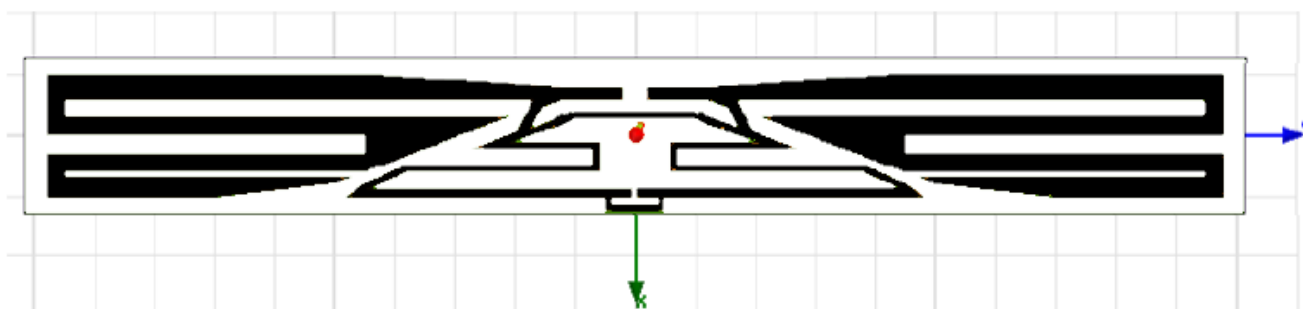


Рис.3.11. Друкована антена. Форма 3

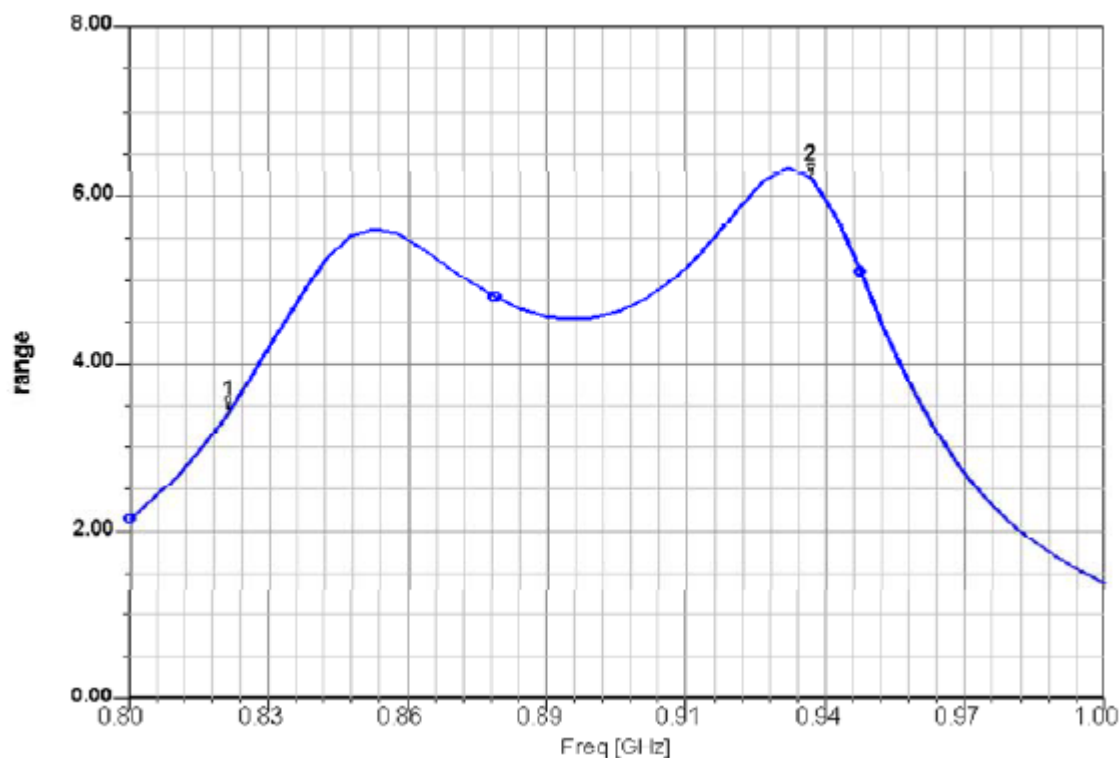


Рис.3.12. Залежність відстані дії від частоти антени. Форма 3

З графіку на рис.3.12. моделювання відстані дії антени можна спостерігати піки в 6.5 м при частоті 930 МГц і в 5,7 м при частоті 850 МГц. Найближче значення, яке попадає в дозволений діапазон частот це 860 МГц і відповідна відстань дії 5,5 м.

На рис.3.13. показано форму 4 для друкованої антени:

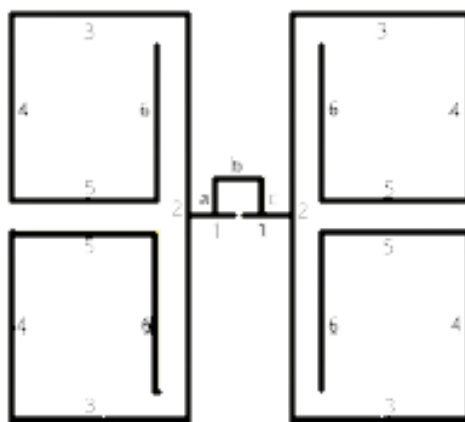


Рис.3.13. Друкована антена. Форма 4

Ця форма антени є фрактальною антеною першого порядку, що дозволить продовжити її дослідження в подальшому. При вивченні антен теорія фрактальної антени є відносно новим напрямком.

Фрактальні антени не мають характерних розмірів; фрактал із самоподібною геометричною формою, що складається з декількох копій самих себе в багатьох різних масштабах, може бути незалежним від частоти або, принаймні, багаточастотною антеною. Наприклад, було показано, що антенаметелик може ефективно працювати на різних частотах і що діапазони можна вибрати, модифікуючи структуру. Прикладами широкосмугових антен є класичні спіральні антени та класичні часові періодичні антени, які також можна класифікувати як фрактальні антени. Фрактальні антени виті, нерівномірної форми, а гострі краї, кути та проміжки, як правило, посилюють випромінювання електромагнітної енергії від електричних систем. Таким чином, фрактальні антени можуть бути ефективними. Це особливо цікаво при проектуванні малих антен, оскільки малі антени, як правило, погано випромінюють електромагнітну енергію. Деякі фрактали мають властивість, що вони можуть бути дуже довгими, але все ще перебувають у певному обсязі або площі. Оскільки фрактали не мають цілочисельної розмірності (наприклад, це може бути щось середнє між лінією та площиною), вони можуть ефективніше заповнювати об'єм або площу при нанесенні. Малі антени зазвичай мають сильно змінюване значення комплексного вхідного опору, яке із-за розмірів є досить малим, в усьому діапазоні частот. Це означає, що маленькі антени є поганими випромінювачами. Було показано, що багато малих фрактальних антен мають більш широкий діапазон частот в якому їх комплексний вхідний опір мало змінюється, ніж малі традиційні антени.

Змінний вхідний комплексний опір заважає точно підібрати антену до відповідної мережі. Було показано, що багато фрактальних антен можуть навіть резонувати з розміром, набагато меншим, ніж звичайні. Отже, можна зменшити

або навіть усунути витрати, пов'язані з узгодженням вхідного опору. Формуючи антени певними способами, ви можете покращити діаграму направленості. У деяких програмах RFID, де можна керувати орієнтацією транспондера, високонаправленим антенам надаватимуть перевагу для досягнення великих відстаней зчитування та / або для уникнення проблем, пов'язаних зі скануванням декількох транспондерів одночасно.

Оскільки частотно-незалежні антени та широкосмугові антени, як правило, не чутливі до таких деформацій, як різання та згинання, можна також очікувати, що деякі фрактальні антени будуть стійкими до деформацій.

Відповідно ця форма антен є однією з найперспективніших через можливість математичної модифікації і можливість підстроюватись під певні умови безпосередньо змінюючи лише форму антени без втручання в роботу мікросхеми. В табл. 3.2 показані значення відстані дії від частоти.

Таблиця 3.2

| Частота | Відстань дії |
|---------|--------------|
| 865 МГц | 9 м |
| 867 МГц | 8,8 м |
| 860 МГц | 8,57 м |

Максимальна відстань дії в 9 м досягається при частоті 865 МГц.

На рис.3.14. показано форму 5 для друкованої антени:

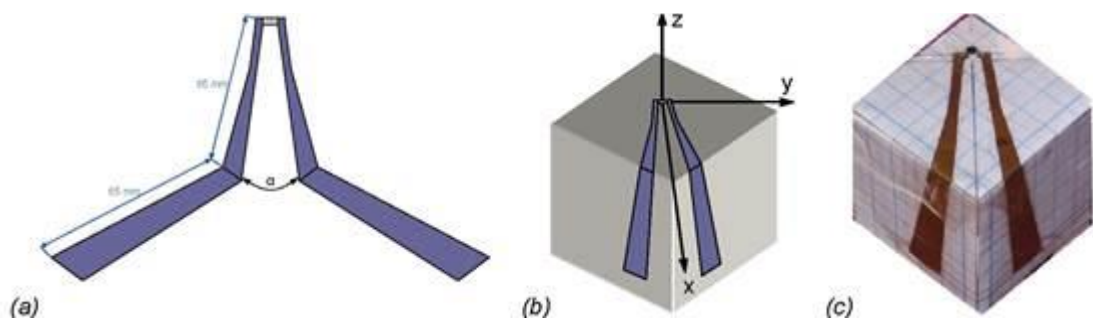


Рис.3.14. Тривимірна друкована антена

Антенa є просторовий диполь, плечі якого розташовуються в трьох попарно-непаралельних площинах. З точки зору діаграми спрямованості для двох взаємно-ортогональних поляризацій така тривимірна антенa близька до все направленої, до мінімумів однієї поляризації відповідають максимуми інший. На відміну від традиційних міток на основі планарного диполя, використання тривимірної СВЧ-мітки в поєднанні з двома зчитувальними антенами з взаємно-ортогональною поляризацією гарантує ідентифікацію рухомих об'єктів незалежно від орієнтації мітки по відношенню до антен зчитувача [46].

Антенa є досить функціональна, але оскільки вона має специфічну форму вона матиме складність закріплення на об'єктах в залежності від типу самого об'єкта і його форми. Тому подальше моделювання антени не доцільне, хоча є дуже перспективним при використанні в вбудованих системах.

Порівняємо максимальні отримані відстані дії антени в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

| Антенa | Щілинна | Друкована, форма 1 | Друкована, форма 2 | Друкована, форма 3 | Друкована, форма 4 |
|-----------------------------|---------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Максимальна відстань дії, м | 9.8 | 7 | 6,8 | 5,5 | 9 |

Серед проаналізованих антен найкращий показник відстані дії у щілинної антени. Різниця в відстані між щілинною і друкованою антеною з формою 4 є досить невелика, але вартість виробництва є вищою і фізична міцність через наявність щілини і кріплення мікросхеми на її краю є нижчим, доцільним для виробництва і подальшого використання для транспондерів є друкована антенa з формою 4.

3.2. Моделювання антени

Правильно обрана конструкція антени є одним із найважливіших етапів проектування пасивних НВЧ транспондерів. Оскільки транспондер не має власного джерела, а розміри антени повинні залишатися досить компактними, єдиним джерелом енергії для мікросхеми це енергія яку поглинула антена транспондера від антени пристрою зчитування.

Для того, щоб досягти максимальної передачі потужності, імпеданс антени повинен бути комплексно пов'язаний з імпедансом мікросхеми:

$$Z_{antena} = Z_{chip}^* . \quad (3.1)$$

Імпеданс мікросхеми на робочій частоті $f = 866$ МГц рівний

$$Z_{chip} = 15 - 265j \text{ Ом.}$$

Обмежений розмір антени не дозволяє використовувати найбільш сучасні і ефективні технічні рішення для проектування антени. Однак хороші параметри і досить просту конструкцію для моделювання при зменшенні розмірів показує прямокутна спіральна антена.

Для роботи в необхідному частотному діапазоні обираємо прямокутну спіральну антену наступної форми на рис.3.15. з розмірами з табл. 3.4.

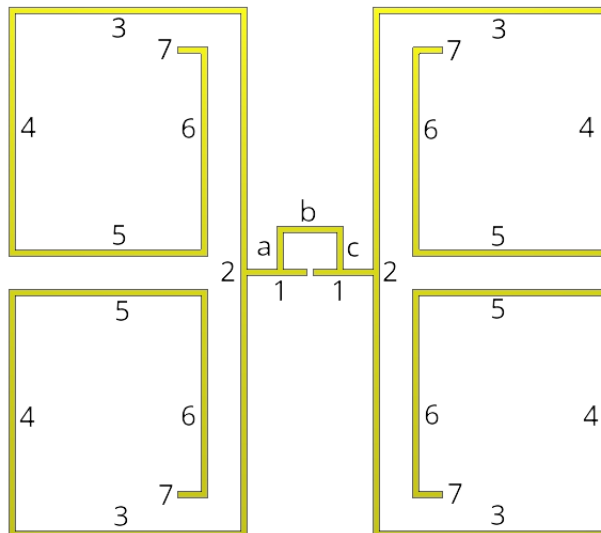


Рис. 3.15. Антена радіочастотної мітки

Таблиця 3.4

| Параметр | Розмір, мм |
|----------|------------|
| 1 | 10 |
| 2 | 80 |
| 3 | 35 |
| 4 | 37.5 |
| 5 | 30 |
| 6 | 31.5 |
| 7 | 4.5 |
| a | 6 |
| b | 10 |
| c | 6 |

Для подальшого розрахунку електромагнітних параметрів антени було проведено її моделювання в CST Studio Student Edition [47]-[49] за наступними параметрами:

- матеріал провідника – мідь;
- товщина провідника – 0,07 мм;
- матеріал підкладки – поліетилентерефталат;
- товщина підкладки – 0,08 мм;

Було отримано графік імпедансу антени на Рис.3.16., його комплексної величини.

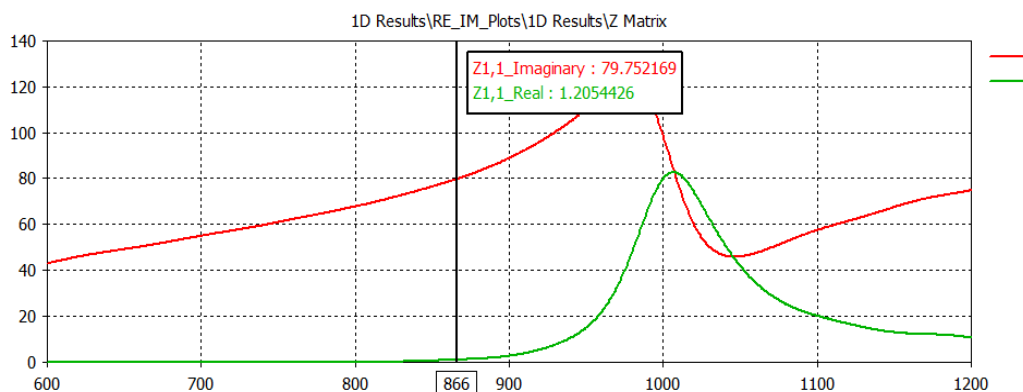


Рис.3.16. Залежність імпедансу антени від частоти

При моделюванні було отримано значення імпедансу $Z_{\text{antena}} = 1.2 + 79.7j$ Ом. Це значення є досить далеким від необхідної величини.

Для того, щоб отримати потрібні значення імпедансу, а саме збільшити значення, як активного так і реактивного опору, необхідно збільшити загальну довжину витків антени, що призведе до збільшення реактивного опору, або відповідного зменшення, і збільшити розміри другого диполя, що призведе до збільшення комплексного опору. Результуючі значення параметрів, які були змінені наведені в табл. 3.5 і результати моделювання на рис.3.17.

Таблиця 3.5

| Параметр | Розмір, мм |
|----------|------------|
| 7 | 3.1 |
| a | 16.5 |

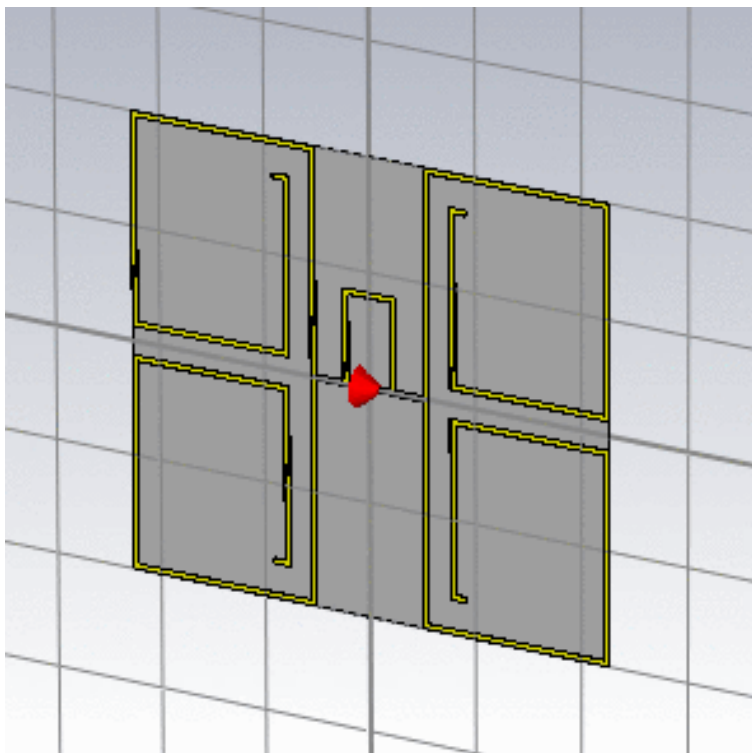


Рис.3.17. Графічне зображення розрахованої антени

Отримане значення імпедансу антени відповідно до отриманого графіку на Рис.3.18. $Z_{\text{antena}} = 15.3 + 265.2j$ Ом на робочій частоті є задовільним.

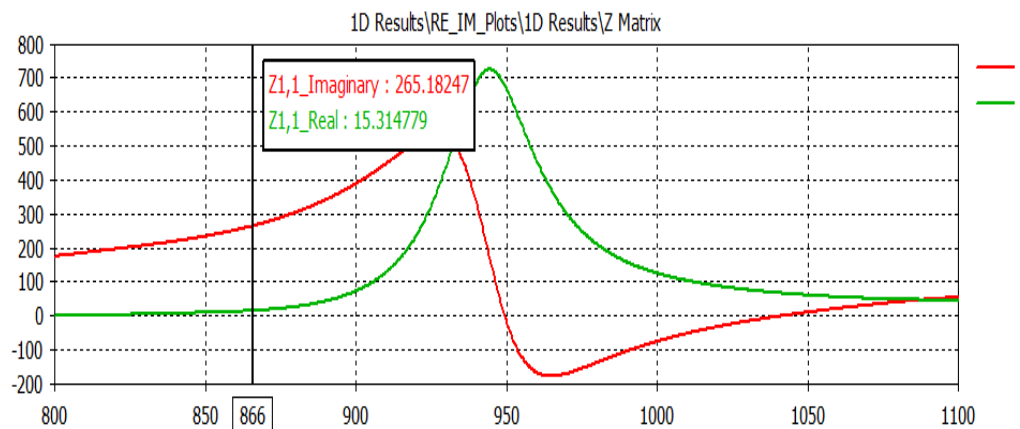


Рис.3.18. Залежність імпедансу антени від частоти

Також отримано значення підсилення антени 2.61 dBi і діаграму направленості на рис.3.19.

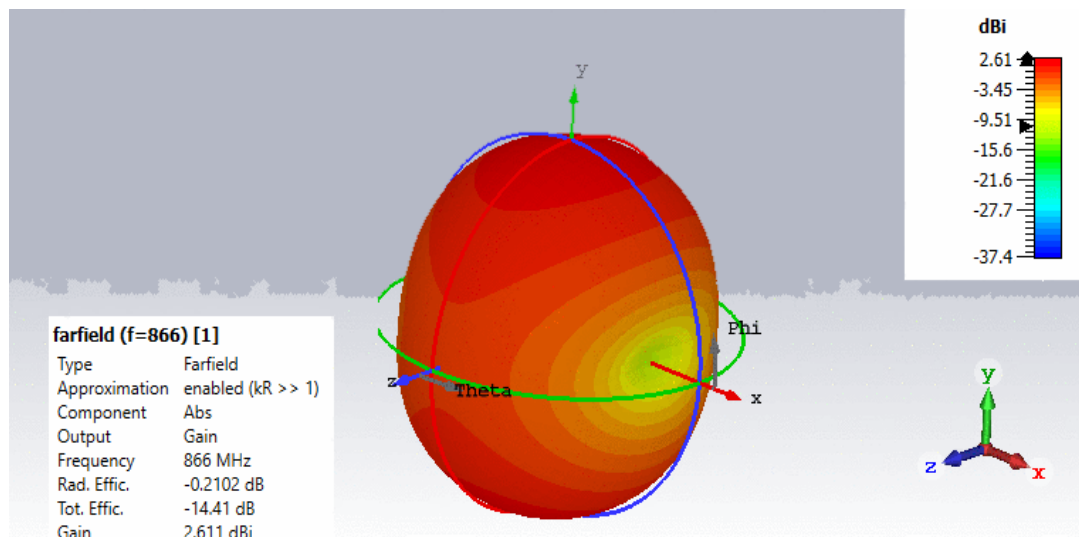


Рис.3.19. Діаграма направленості антени

Також отримані діаграми направленості для площин XY, YZ, XZ на рис.3.20, рис.3.21, рис.3.22. відповідно.

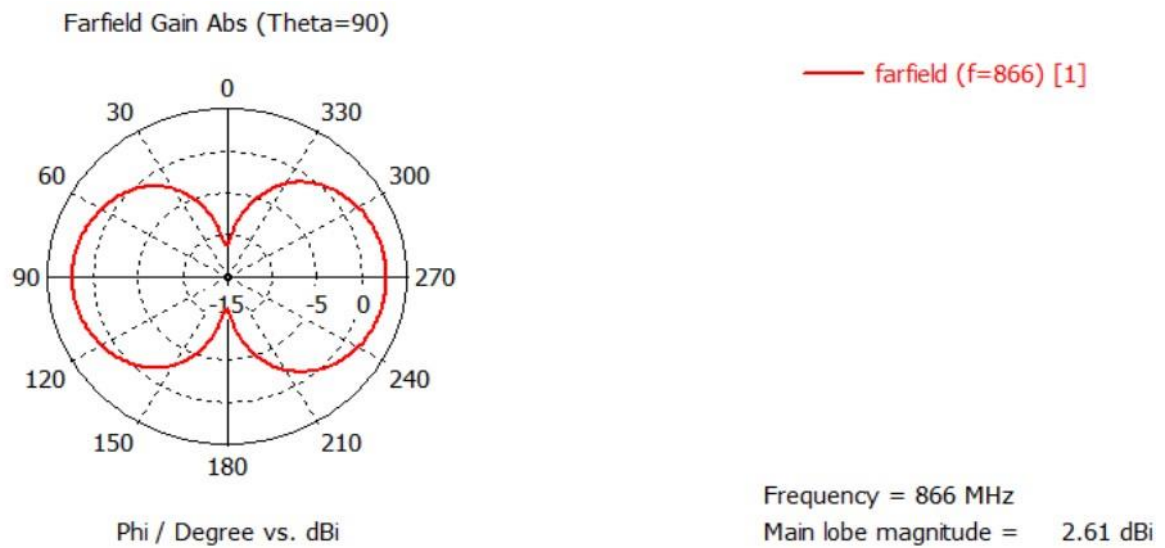


Рис.3.20. Діаграма направленості антени у площині XY

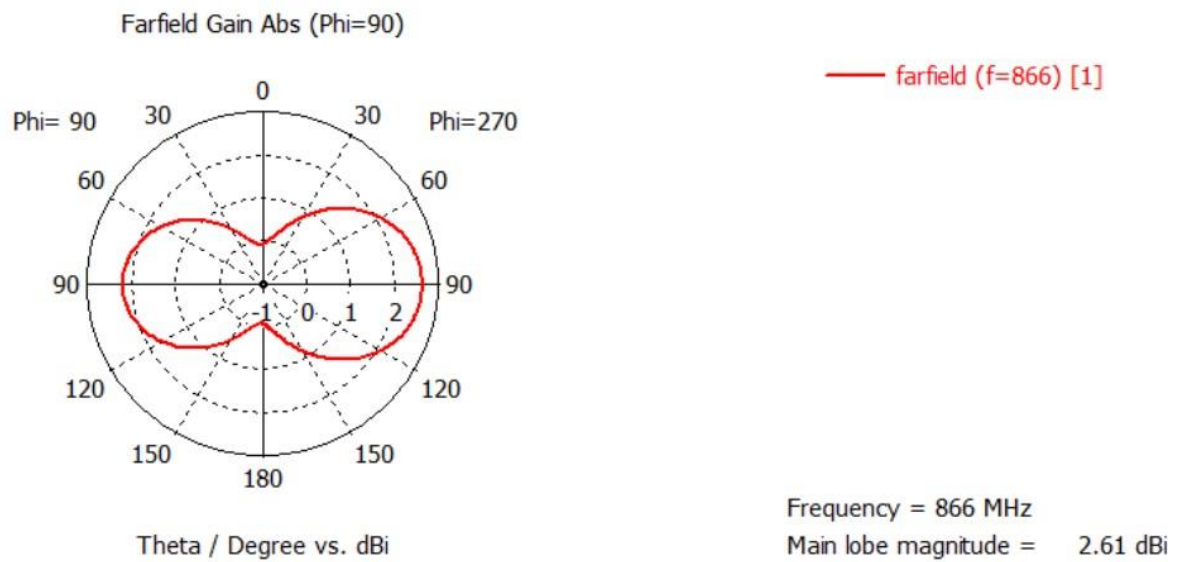


Рис.3.21. Діаграма направленості антени у площині YZ

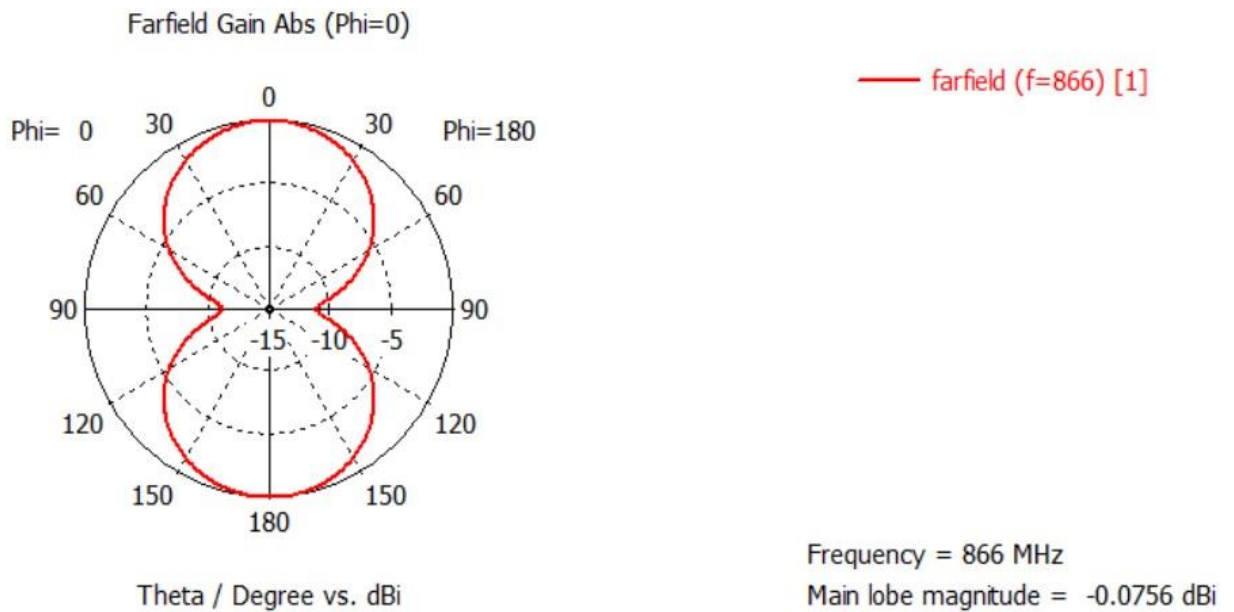


Рис.3.22. Діаграма направленості антени у площині XZ

3.3. Розрахунок відстані дії системи

Рівняння передачі сигналу Фрііса при узгоджених опорах антен:

$$\frac{P_{tag}}{P_{reader}} = G_{tag} G_{reader} \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2, \quad (3.2)$$

де P_{tag} – мінімальна необхідна потужність для роботи мікросхеми, P_{reader} – максимальна потужність випромінювання пристрою зчитування G_{tag} – коефіцієнт підсилення антени транспондера, G_{reader} – коефіцієнт підсилення антени зчитувача, λ – робоча довжина хвилі, R – відстань.

Із рівняння (3.2) отримаємо формулу для відстані дії системи:

$$R = \frac{\lambda}{4\pi} \cdot \sqrt{\frac{P_{reader}}{P_{tag}} \cdot G_{tag} G_{reader}}. \quad (3.3)$$

Відповідно необхідні значення берем з характеристик обраних елементів і результатів моделювання антени:

- $\lambda = 34.62$ см (при $f = 866$ МГц);
- $P_{reader} = 2$ Вт – максимальна випромінювана потужність пристрою зчитування відповідно до Європейського стандарту;

- $P_{\text{tag}} = 0.01$ мВт – мінімальна потрібна потужність для роботи транспондера;

- $G_{\text{tag}} = 2.61$ dBi (= 1,82);

- $G_{\text{rader}} = 2.61$ dBi (= 1,82);

Тоді максимальна теоретична відстань зчитування транспондера $R = 22,19$ м.

Висновок до третього розділу

У третьому розділі магістерської дисертації був проведений аналіз сучасних форм антени, а саме щілинної, друкованої і тривимірної друкованої антени. Було обрано друковану прямокутну спіральну антену оскільки вона має найкращі значення відстані дії на робочій частоті мікросхеми.

Проведено моделювання антени в спеціалізованому програмному середовищі CST Studio Student Edition. Відповідно до обраної мікросхеми було проведено узгодження комплексного опорів мікросхеми і антени за рахунок зміни параметрів диполів антени. В результаті моделювання було отримано діаграми направленості антени і графік залежності імпедансу антени від частоти.

Було виведено формулу максимальної відстані дії антени і розраховане максимальне значення в 22 м. Чутливість даної системи дозволить їй працювати в умовах виробництва за умови розміщення антен системи зчитування на відстанях не більше 10 – 15 м один від одної.

4 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

Розробка інноваційних продуктів є актуальною як у світі, так і в Україні. Кількість інноваційних ідей зростає завдяки комунікаційним інструментам, які спрощують систему пошуку ресурсів, технологій, інвесторів, споживачів та виробників. Ринок стартапів розвивається і поширюється. Однак лише 10-20% розроблених та запропонованих стартових проектів мають успіх. Важливо не тільки розробити інноваційний продукт, а й перетворити ідею проекту в діючу бізнес-модель, яка враховує вартість товару або послуги, сегмент клієнтів, канали продажів, взаємодію з клієнтами, монетизацію, визначені ключові напрямки діяльності, ресурси та партнери.

По суті, стартап - це організація, побудована для пошуку повторюваної та масштабованої бізнес-моделі. Для успішної реалізації стартапу необхідно визначити:

- 1) основні характеристики продукту, його переваг над іншими;
- 2) визначитися з клієнтами або користувачами, ціновою політикою, цінністю товару для споживача, можливими партнерами і фінансуванням на старті.

Для успішного розвитку стартапу головною якістю є швидкість адаптування до динамічних умов ринку і вирішення проблем, які з'являються на шляху його реалізації. Оскільки технологічний прогрес змінює умови щодня. Ідея, яка була не зрозуміла і не потрібна сьогодні, може бути революційною через пів року.

Однак наскільки би не була геніальна ідея, при не достатньому фінансуванні вона ніколи не реалізується. Тому в сучасних умовах важливою є добре спроектована маркетингова стратегія [50].

4.1. Опис ідеї проекту

У даному підрозділі буде проведено аналіз суті ідеї системи радіочастотної ідентифікації з антеною транспондера спеціально спроектованою під Європейський регіон, напрямки для його застосування та переваги, які отримує користувач. Результати аналізу подані у табл.4.1.

Таблиця 4.1

| Зміст ідеї | Напрямки застосування | Вигоди для користувача |
|--|-----------------------|--|
| Створення транспондерів системи радіочастотної ідентифікації для Європейського регіону | 1. Логістика | Швидка реєстрація об'єктів у базі даних |
| | 2. Трекінг | Дешевий спосіб слідкування за переміщенням об'єкту на певній області |
| | 3. Ідентифікація | Швидкий спосіб ідентифікації об'єкту |
| | 4. Безпека | Використання нового безпечного шляху передачі даних про статус об'єкта |
| | 5. Контроль доступу | Використання системи в якості пропускнуої системи на місця з підвищеною значимістю |

Проаналізуємо потенційні техніко-економічних переваги розробленої ідеї із товарами конкурентів у табл. 4.2., а саме:

- наведемо техніко-економічні характеристики;
- визначимо конкурентів або товарів-замінників, які існують на ринку;
- порівняємо показники, визначивши показники що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні).

Таблиця 4.2

| № п/п | Техніко-економічні характеристики ідеї | (потенційні) товари/концепції конкурентів | | | | W (слабка сторона) | N (нейтральна сторона) | S (сильна сторона) |
|----------|---|---|--------------------------------------|---|--------------------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| | | Мій проект | Molex | Harting | Murata Electronics | | | |
| 1. | Економічність | Середня | Середня | Висока | Середня | | + | |
| 2. | Призначення | Облік і трекінг комплектуючих | Ідентифікація об'єктів | Дистанційне відслідковування за параметрами об'єкта | Облік і трекінг комплектуючих | | | + |
| 3. | Надійність | Висока | Середня | Середня | Середня | | | + |
| 4. | Технологічність | Використання частотної діапазону для | Використання частотної діапазону для | Використання частотної діапазону для Американсь | Використання частотної діапазону для | | | + |

| | | | | | | | | |
|----|--------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--|---|--|
| | | Європейс ького регіону | Америка нського регіону | кого регіону | Америка нського регіону | | | |
| 5. | Ергономі чність | Висока ергономі чність | Висока ергономі чність | Висока ергономічні сть | Висока ергономі чність | | + | |
| 6. | Безпеки | Зашифро ване передача даних | Зашифро вана передача даних | Зашифрова на передача даних | Зашифро вана передача даних | | + | |

Визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик та властивостей ідеї потенційного товару є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності.

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Технологічна здійсненність ідеї проекту описана в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

| № п/п | Ідея проекту | Технології її реалізації | Наявність технологій | Доступність технологій |
|----------|---|--------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 1. | Створення форми антени | Імерсійна фотолітографія | + | |
| 2. | Припайка мікросхеми до друкованої антени | Мікропайка | + | |

Обрані технології дозволяють організувати процес виробництва транспондерів економічним і точним.

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту наведена у табл. 4.4.

Таблиця 4.4

| № п/п | Показники стану ринку (найменування) | Характеристика |
|----------|--|---|
| 1. | Кількість головних гравців, од | 5 |
| 2. | Загальний обсяг продаж, грн/ум.од | 200 000 ум.од |
| 3. | Динаміка ринку (якісна оцінка) | Зростає |
| 4. | Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень) | Немає |
| 5. | Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації | Дозвіл на використання частоти для радіочастотної ідентифікації |
| 6. | Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), % | ≈75 % |

Висновок: на даний момент відсутні системи, які спеціалізовані для Європейського регіону. На даний момент використовуються системи з розширеним діапазоном частот, що робить їх гіршими по параметрам за спеціалізовані системи.

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту наведена у табл. 4.5.

Таблиця 4.5

| № п/п | Потреба, що формує ринок | Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку) | Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів | Вимоги споживачів до товару |
|----------|-----------------------------|---|---|--|
| 1. | Облік об'єктів | Використання на великих складських приміщеннях для обліку і трекінгу товару | Для малих складів може бути економічно не рентабельним | Достатня відстань зчитування, можливість обліку декількох об'єктів одночасно |
| 2. | Ідентифікація об'єктів | Виробничі приміщення | При малій кількості видів об'єктів є не рентабельним | Швидке зчитування інформації про об'єкт, достатня відстань зчитування. |
| 3. | Контроль доступу | Пропускні пункти | Недостатній функціонал шифрування | Надійне передача інформації |

Фактори загроз наведені у табл. 4.6.

Таблиця 4.6

| № п/п | Фактор | Зміст загрози | Можлива реакція компанії |
|----------|---|--|--|
| 1. | Поява товару також спеціалізованого | Уже існуючі розвинені компанії створюють товар з такою ж особливістю і | Розподіл ринку з іншими компаніями або продажу концепції |

| | | | |
|----|---|---|--|
| | під Європейський регіон | перевагами | |
| 2. | Вдосконалення вже існуючих систем | На даний момент вже впроваджено інші системи, які можуть бути вдосконалені | Акцентування уваги на переваги використаної технології обліку і трекінгу |

Фактори можливостей наведені в табл. 4.7.

Таблиця 4.7

| № п/п | Фактор | Зміст можливостей | Можлива реакція компанії |
|----------|------------------------|---|---|
| 1. | Попит | Потреба в автоматичному трекінгу і обліку комплектуючих на Європейському ринку | Продовження розвитку продукту для Європейського ринку |
| 2. | Конкурентоспроможність | Товар конкурентів спеціалізований під інший ринок. | Кращі характеристики продукту для наведеного ринку. |

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку наведений в табл. 4.8.

Таблиця 4.8

| Особливості конкурентного середовища | В чому проявляється дана характеристика | Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною) |
|--|--|---|
| 1. Вказати тип | На ринку присутня | Покращення якості і |

| | | |
|--|--|---|
| конкуренції – олігополія. | невелика кількість фірм. | параметрів продукту. Зменшення ціни. |
| 2. За рівнем конкурентної боротьби – локальний. | Рівень як локальний | Експорт товару тільки для Європейського регіону |
| 3. За галузевою ознакою – міжгалузева. | Існують інші технології | Акцентування уваги на перевагах використовуваної технології |
| 4. Конкуренція за видами товарів – товарно-родова. | Конкуренція між товарами, які виконують одну функцію, але мають різну конструкцію. | Покращення характеристик продукту. |
| 5. За характером конкурентних переваг – нецінова. | Ціна приблизно однакова на ринку. | Покращення характеристик продукту. |
| 6. За інтенсивністю – не марочна. | Неважливо якій компанії належить товар. | Покращення характеристик продукту. |

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером наведено в табл. 4.9.

Таблиця 4.9

| Складові аналізу | Прямі конкуренти в галузі | Потенційні конкуренти | Постачальники | Клієнти | Товари замітники |
|------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | Murata Electronics, Molex | Harting, «ВОСТОК» | Більшість компаній займаються повним | Направлені для використання у | Існуючі системи покращать свій |

| | | | | | |
|-----------|--|---|---|---|------------|
| | | | циклом виготовлення товару, і постачальники сировини грають важливу роль | логістиці, ідентифікації об'єктів і підвищення безпеки | функціонал |
| Висновки: | Інтенсивність з боку конкурентної боротьби є незначною, оскільки основна увага нашого товару приділяється Європейському регіону. | Є можливість виходу на ринок; потенційні конкуренти присутні, і їх технологія спеціалізована на схожий ринок. | Постачальники диктують умови ринку, оскільки ціни на сировину вирішують ціну на товар | Клієнти часткову частку диктують умови роботи на ринку, а саме вибір технології | Відсутні |

Висновок: необхідно мати постійних клієнтів, і постійно розвивати компанію, щоб можна було конкурувати з різними постачальниками схожих продуктів і закріпитися на встановленому ринку.

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності наведені в табл. 4.10.

Таблиця 4.10

| № п/п | Фактор конкурентоспроможності | Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим) |
|----------|----------------------------------|---|
| 1. | Кращі параметри | Отримання максимальної відстані зчитування для Європейського ринку. |
| 2. | Якість | Гарантія щодо якості вихідного продукту. Постійне вдосконалення. |
| 3. | Ціна | Отримання максимального прибутку, можливість входження до певного сегменту ринку, доступність товару для споживача. |
| 4. | Інновації | Застосування нових екологічних матеріалів |

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін з моїм продуктом наведений в табл. 4.11.

Таблиця 4.11

| № п/п | Фактор конкурентоспроможності | Бали 1-20 | Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з моїм продуктом | | | | | | |
|----------|----------------------------------|--------------|---|----|----|---|----|----|----|
| | | | -3 | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | +3 |
| 1. | Параметри | 18 | | | | | | | + |
| 2. | Якість | 20 | | | | | | + | |
| 3. | Ціна | 15 | | | | + | | | |
| 4. | Інновації | 18 | | | | | + | | |

SWOT- аналіз стартап-проекту наведений в табл. 4.12.

Таблиця 4.12

| | |
|-----------------|-----------------|
| Сильні сторони: | Слабкі сторони: |
|-----------------|-----------------|

| | |
|--|---|
| Якісний та доступний продукт. Перший спеціалізований продукт для Європейського ринку | Сильні конкуренти, які можуть також почати розвиватися у ринку на який націлений продукт |
| Можливості: Постійне покращення параметрів системи. Використання сучасних і екологічних матеріалів. Застосування нових технологій для виготовлення транспондерів. | Загрози: Мала клієнтська база на початку входження в ринок. Нестача коштів. Витіснення конкурентами, за рахунок їх закріпленості на ринку. |

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту наведені в табл. 4.13.

Таблиця 4.13

| № п/п | Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки | Ймовірність отримання ресурсів | Строки реалізації |
|----------|--|-----------------------------------|-------------------|
| 1. | Зробити систему знижок. | Дешевизна продукту. | 6 місяців |
| 2. | Залучити науково-дослідні проекти. | Покращення параметрів товару. | 12 місяців |
| 3. | Впровадити рекламну кампанію через форуми та виставки пристроїв схожого призначення. | Отримання клієнтів та тендерів. | 6 місяців |

Висновок: Для ефективного входу на ринок необхідно презентувати товар для зацікавлених компаній, які розвиваються і створити систему знижок,

для компаній, які розвиваються. Найоптимальніший шлях отримання клієнтів – вміння представлення своїх конкурентних переваг на визначеному ринковому регіоні.

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Вибір цільових груп потенційних споживачів наведено в табл. 4.14.

Таблиця 4.14

| № п/п | Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів | Готовність споживачів сприйняти продукт | Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту) | Інтенсивність конкуренції в сегменті | Простота входу у сегмент |
|--|---|--|--|--|--------------------------------|
| 1. | Склади | Так | Попит надзвичайно великий | Висока | Середня |
| 2. | Виробництв а | Так | Великий | Середня | Середня |
| 3. | Контроль доступу | Так | Попит середній | Висока | Середня |
| Які цільові групи обрано: обрано склади і виробництва як основні клієнти | | | | | |

Визначення базової стратегії розвитку наведено в табл. 4.15.

Таблиця 4.15

| № п/п | Обрана альтернатива | Стратегія охоплення | Ключові конкурентоспроможні | Базова стратегія |
|----------|------------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------|
|----------|------------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------|

| | розвитку проекту | ринку | позиції відповідно до обраної альтернативи | розвитку* |
|----|--|---|---|-------------------------|
| 1. | Концентрація на потребах виробництв і складів. | Відповідати цільовим потребам ринку краще ніж конкуренти. | Важливими конкурентоспроможними позиціями є виготовлення продукту за вигідною ціною та кращими параметрами. | Стратегія диференціації |

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки наведено в табл. 4.16.

Таблиця 4.16

| № п/п | Чи є проект «першопрохідцем» на ринку? | Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів? | Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які? | Стратегія конкурентної поведінки* |
|-------|--|--|---|-----------------------------------|
| 1. | Ні | Шукати нових | Так, безпечність зчитування, достатня відстань дії. | Стратегія лідера. |

Стратегія лідера. При прийнятті стратегії лідера необхідно визначитися цільовим сегментом і демонструвати свої переваги в порівнянні з конкурентом.

Визначення стратегії позиціонування наведено в табл. 4.17.

Таблиця 4.17

| № п/п | Вимоги до товару цільової аудиторії | Базова стратегія розвитку | Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту | Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових) |
|-------|---|---------------------------|---|--|
| 1. | Достатня відстань зчитування, наявність необхідного функціоналу | Стратегія диференціації | Кращі параметри для визначеного регіону за рахунок спеціалізованої розробки | Висока відстань дії Безпека Ціна |

Висновок: Стратегія диференціації передбачає концентрацію на перевагах товару в порівнянні з конкурентами. Оскільки розробка товару відбувалася для отримання найкращих під спеціалізований ринок ця стратегія є найкращою.

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару наведено в табл. 4.18.

Таблиця 4.18

| № п/п | Потреба | Вигода, яку пропонує товар | Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, |
|-------|---------|----------------------------|--|
|-------|---------|----------------------------|--|

| | | | |
|----|--------------|---|------------------------------|
| | | | що потрібно створити) |
| 1. | Відстань дії | Найбільша відстань дії системи в цьому регіоні за рахунок спеціалізованої розробки товару | Достатня відстань зчитування |
| 2. | Безпека | Безпечний канал передачі даних | Достатня безпечність |
| 3. | Ціна | Низька ціна за рахунок використання сучасних матеріалів | Низька ціна |

Опис трьох рівнів моделі товару наведено в табл. 4.19.

Таблиця 4.19

| Рівні товару | Сутність та складові | | |
|---------------------------------|--|------|---------------|
| I. Товар за задумом | Опис базової потреби споживача, яку задовольняє товар (згідно концепції), її основної функціональної вигоди | | |
| II. Товар у реальному виконанні | Властивості/характеристики | М/Нм | Вр/Тх/Тл/Е/Ор |
| | 1. Ціна | М | Вр/Тл |
| | 2. Відстань дії | М | Тл |
| | 3. Безпека | М | Е/Ор/Вр |
| | Якість: продукт відповідає вимогам та стандартам систем радіочастотної ідентифікації в Європейському регіоні | | |
| III. Товар із підкріпленням | Пакування | | |
| | Марка: | | |
| | До продажу гарантійний строк роботи. | | |
| | Після продажу вдосконалення продукту, технічна підтримка, випуск оновленого ПЗ. | | |

За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: патент, АП.

Визначення меж встановлення ціни наведено в табл. 4.20.

Таблиця 4.20

| № п/п | Рівень цін на товари- замінники | Рівень цін на товари-аналоги | Рівень цільової групи споживачів | Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу |
|----------|---------------------------------------|---------------------------------|--|--|
| 1. | ≈ 0.01 \$ | ≈ 0.3 \$ | Неможливо визначити однозначно. | 0.2 – 0.6 \$ |
| 2. | | ≈ 0.5 \$ | | |

Формування систем збуту наведено в таблиці 4.21.

Таблиця 4.21

| № п/п | Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів | Функції збуту, які має виконувати постачальник товару | Глибина каналу збуту | Оптимальна система збуту |
|----------|--|---|---|-----------------------------|
| 1. | Залежить від кількості об'єктів, які потрібно промаркувати | Транспортування, зберігання, встановлення контакту з споживачами, встановлення, збутова політика. | Прямий канал та можливість залучення 1 посередника. | Власна |

Концепція маркетингових комунікацій наведена в табл. 4.22.

Таблиця 4.22

| № | Специфіка | Канали | Ключові | Завдання | Концепція |
|---|-----------|--------|---------|----------|-----------|
|---|-----------|--------|---------|----------|-----------|

| п/п | поведінки цільових клієнтів | комунікацій, якими користуютьс я цілові клієнти | позиції, обрані для позиціонування | рекламного повідомлення | рекламного звернення |
|-----|---|--|---|--|--|
| 1. | Клієнти обізнані у сфері сучасних систем ідентифіка ції | Офіційні (різні виставки та патентні бюро), неофіційні (Інтернет, пошук через бази клієнтів). | Відстань дії, вигідна ціна, параметри, відповідність Європейським нормам та стандартам. | Зацікавити клієнта, ознайомити з компанією та продуктом, який вона пропонує. | Підкреслен ня переваг продукту, представлен ня якості та переваг продукту. |

Висновок: Так як ключові переваги перед конкурентами в проекті це приваблива ціна та кращі параметри у обраному регіоні, то доречно буде зацікавити клієнта, ознайомити з компанією та продуктом, який вона пропонує, підкреслення переваг продукту, представлення якості безпеки та відстані дії продукту клієнтам, які обізнані у технологічних особливостях.

Висновки до четвертого розділу

Оскільки товар був розроблений під Європейський регіон і є першим спеціально оптимізований за параметрами для цього регіону вихід на ринок є перспективним з набуттям швидкої популярності, але тільки для даного регіону. Також, базова стратегія розвитку обрана як стратегія диференціації, а стратегія конкурентної поведінки – стратегія лідера.

ВИСНОВКИ

У першому розділі магістерської дисертації було проведено короткий огляд сучасних систем ідентифікації, а саме штрих-кодової системи, системи розпізнавання текстів, чіп-карт і радіочастотної ідентифікації. Складено таблицю порівняння параметрів систем, важливих для обліку і трекінгу.

З сформованої таблиці порівняння було визначено, що найбільшими перевагами для систем трекінгу та обліку комплектуючих для застосування на виробництві має система радіочастотної ідентифікації. А саме: кращі показники відстані зчитування, щільності інформації і її записуваний об'єм, відсутність впливу перешкод оптичних, фізичних і можливість зчитування з декількох носіїв інформації одночасно.

У другому розділі магістерської дисертації було проведено аналіз доступних діапазонів частот для радіочастотної ідентифікації в Європейському регіоні. Вибір НВЧ діапазону, як найбільш оптимального для використання для обліку та трекінгу комплектуючих. Проведено вибір типу живлення транспондера – пасивний, оскільки він має довгий строк служби і не потребує додаткових джерел живлення, окрім живлення отриманого від пристрою зчитування. Також визначено, що найбільш оптимальною є пам'ять з можливістю перезапису, оскільки це дозволить використовувати однакові транспондери на різних типах товарів, і їх повторне використання.

Відповідно обраних параметрів було обрано мікросхему транспондера SL3ICS1205_15 і зчитуючий пристрій ISC.LRU1002, які відповідають поставленим умовам і Європейським стандартам.

У третьому розділі магістерської дисертації був проведений аналіз сучасних форм антени, а саме щілинної, друкованої і тривимірної друкованої антени. Було обрано друковану прямокутну спіральну антену оскільки вона має найкращі значення відстані дій на робочій частоті мікросхеми.

Проведено моделювання антени в спеціалізованому програмному середовищі CST Studio Student Edition. Відповідно до обраної мікросхеми було проведено узгодження комплексного опорів мікросхеми і антени за рахунок зміни параметрів диполів антени. В результаті моделювання було отримано діаграми направленості антени і графік залежності імпедансу антени від частоти.

Було виведено формулу максимальної відстані дії антени і розраховане максимальне значення в 22 м за ідеальних умов. Але в умовах виробництва дана система може працювати на відстанях не більше 10 – 15 м один від одної.

У четвертому розділі магістерської дисертації було проведено розробку стартап проекту на основі спроектованої системи. Було визначено, що стартап є рентабельним на Європейському ринку, оскільки відсутні аналогічні системи для виробництва, які б мали рентабельні дані для застосування в даному регіоні.

В магістерській дисертації було розроблену систему радіочастотної ідентифікації відповідно до Європейських стандартів і дозволить її запровадження на будь-яких складських приміщеннях та виробництвах цього регіону для обліку та трекінгу комплектуючих.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сергеев А. М., Востриков А. А. Штриховое кодирование: учебное пособие. СПб: ГУАП, 2010. 56 с.
2. Monica Burns. Deeper Learning With QR Codes and Augmented Reality: A Scannable Solution for Your Classroom Text. / Corwin - First edition. – 2016 - с. 5-6, с. 17-18.
3. Denso ADC. QR Code Essentials Text. / Denso ADC, Inventor of the QR Code – 2011 - с. 5-6, с. 17-18.
4. IDAutomation.com BarcodeFAQ. Electronic Resource. <https://www.barcodefaq.com/2d/maxicode/> - 10 с.
5. Буряк В. Г. Метод оптичного розпізнавання текстів на основі неорієнтованих псевдографів Текст. / В. Г. Буряк, В. В. Буряк // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2018. – № 2. – С. 99-106.
6. Neumann L. Real-time lexicon-free scene text localization and recognition / L. Neumann, J. Matas // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2016. – vol. 38, is. 9. – P. 1872–1885.
7. Rao N.V. Optical Character Recognition Technique Algorithms / N.V. Rao, A.C. Sastry, A.N. Chakravarthy, P. Kalyanchakravarthi // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. – 2016. – Vol. 83, No. 2. – P. 275–282.
8. Бондаренко М. Ф. Аналіз технологій смарт-карт / М. Ф. Бондаренко, М. Г. Заросилова // Прикладная радиоэлектроника : науч.-техн. журн. – Х. : ХНУРЭ, 2011. – Т. 10, № 2 – С. 264–270.
9. David Everett, “Smart Card tutorial” (26 parts), Sept. 1992-Oct. 1994
10. Istvan Zsolt Berta, Zoltan Adam Mann, “Smart CardsPresent and future”, Budapest University of Technology and Economic.

11. RFID-технологии. Справочное пособие / К. Финкенцеллер; пер. с нем. Сойунханова Н.М. — М. : Додэка-XXI, 2010. — 496 с.: ил. — Доп. тит. л. нем. — ISBN 978-5-94120-232-4.
12. Triantis Dimitris. SYNTHESIS AND ANALYSIS OF RFID ANTENNA WITH FRACTAL METAMATERIAL SUBSTRATE SUITABLE FOR TRACKING METALLIC COMMODITIES — Academic year 2019/2020 — THESSALONIKI, GREECE
13. Радіочастотна ідентифікація Електронний ресурс.. —Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Радіочастотна_ідентифікація.
14. I. Ahson, Syed. II. Ilyas, Mohammad, Radio frequency identification systems--Handbooks, manuals, etc. 1953, ISBN 1-4200-5499-6
15. Nemai Chandra Karmakar, Handbook of smart antennas for RFID systems, 2010, ISBN 978-0-470-38764-1
16. _V. S. Hunt, A. Puglia, and M. Puglia, *RFID: A Guide to Radio-Frequency Identification*, John Wiley and Sons, NY, 2007.
17. Дудикевич В.Б., Ракобовчук ЛМ., Бікташева С.Р. АНАЛІЗ ЧАСТОТНИХ ДІАПАЗОНІВ ДЛЯ БЕЗКООНТАКТНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ В ГАЛУЗІ БЕЗПЕКИ Електронний ресурс.. — 2015. — Режим доступу: <http://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/jun/3725/dudykevychvbrakobovchuklmbiktashevasr0.pdf>.
18. Лахири С. RFID Руководство по внедрению./ С. Лахири Пер.с англ. М.: Кудиц-пресс.-2007.-312с
19. Стасенко Л. Современные технологии радиочастотной идентификации / Журнал Системы безопасности № 2(56), 2004.
20. Victor Marcelo Peruzzi; Favio R. Masson; Pablo S. Mandolesi, Characterization of a UHF RFID chip, 2015 XVI Workshop on Information Processing and Control (RPIC), DOI: 10.1109/RPIC.2015.7497087
21. UHF RFID Tag Data sheet LXMS21ACMF-218 Електронний ресурс.. — Murata Manufacturing, July, 2020. — Режим доступу: <https://www.murata.com/>

/media/webrenewal/products/rfid/rfid/pdf/lxms21acmf-218-datasheet-200731.ashx?la=en-us&cvid=20200826063252000000.

22. SL3ICS1205_15. Product data sheet Электронный ресурс.. – NXP, 11 November 2013. – Режим доступа: <https://www.nxp.com/docs/en/datasheet/SL3S1205-15-DS.pdf>.

23. UHF RFID Tag Data Sheet LXMS21ACMF-183 Электронный ресурс.. – Murata Manufacturing, November, 2018. – Режим доступа: https://www.murata.com/-/media/webrenewal/products/rfid/rfid/uhf/uhf-smd/media-datasheets/uhf-rfid-tag-lxms21acmf-183-datasheet-rev1_3_181130.ashx?la=en-gb.

24. SL3ICS1002/1202. Product data sheet Электронный ресурс.. – NXP, 11 November 2013. – Режим доступа: https://www.nxp.com/docs/en/datasheet/SL3ICS1002_1202.pdf.

25. RFID Transponders RFID_SD-13358-0861_ Электронный ресурс.. – Han Data Sheet, 2014-05-20. – Режим доступа: https://eu.mouser.com/datasheet/2/179/2092641060X_100725522DRW000A-1880908.pdf.

26. RFID Transponders SPSXF001PET Электронный ресурс.. – Semiconductor Components Industries, March, 2019 – Режим доступа: https://eu.mouser.com/datasheet/2/308/SPSXF001_D-1814701.pdf.

27. UHF RFID Single Chip Reader ST25RU3992 Электронный ресурс.. – STMicroelectronics, November 2016 – Режим доступа: <https://eu.mouser.com/datasheet/2/389/st25ru3992-1378796.pdf>.

28. UHF Long Range Reader ID ISC.LRU1002 Электронный ресурс.. – FEIG ELECTRONIC, December 2016. – Режим доступа: https://www.feig-electronics.com/fileadmin/user_upload/Downloads/Datenblaetter/Data_sheet_Identification_Stationary_Readers_ID_ISC_LRU1002.pdf.

29. High performance HF reader ST25R3911B Электронный ресурс.. – ST, April 2020. – Режим доступа: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/st25r3911b.pdf>.

30. UHF Long Range Reader ID ISC.LRU3000 / ID ISC.LRU3500
Електронний ресурс.. – FEIG ELECTRONIC, November 2016. – Режим
доступу:

https://www.cipam.com/uploads/produits/documentation/Feig_Electronic_Lecteur_LRU3000_LRU3500.pdf.

31. Ming-Tao Zhang, Yong-Chang Jiao, Fu-Shun Zhang and Wu-Tu Wang
(2009). Design of Antennas for RFID Application, Development and
Implementation of RFID Technology, Cristina Turcu (Ed.), ISBN: 978-3-902613-
54-7, InTech, Available from:
http://www.intechopen.com/books/development_and_implementation_of_rfid_technology/design_of_antennas_for_rfid_application.

32. Вертегел В.В. Моделивання системи радіочастотної ідентифікації.
Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Вип. 131/2012. Серія: Інформатика, електроніка,
зв'язок. — Севастополь, 2012. с. 95 – 101

33. Chuangrong Yin¹, Haikun Wei¹, Fan Kuang¹, The Design of Planar
Rectangular Spiral Antenna for Corona Discharge in Transmission Lines .
doi:10.1088/1742-6596/1325/1/012198

34. J. H. Rudander, P. S. Kildal and C. Orlenius, “Measurements of RFID
tag sensitivity in reverberation chamber”, *IEEE Antennas and Wireless Propagation
Letters*, vol. 10, pp. 1345–1348, Nov. 2011

35. Вертегел В.В. Моделивання системи радіочастотної ідентифікації.
Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Вип. 131/2012. Серія: Інформатика, електроніка,
зв'язок. — Севастополь, 2012. с. 95 – 101

36. Mark Yeoman. Дальность считывания RFID-меток и оптимизация
антенны Електронний ресурс.. – Блог COMSOL, 08/10/2014. – Режим
доступу: <https://www.comsol.ru/blogs/rfid-tag-read-range-antenna-optimization/>.

37. Khalil El Khamlichi Drissi¹, El Mostafa Makroum, Mounir Ri,
Simplified Design Approach of Rectangular Spiral Antenna for UHF RFID Tag.

Progress In Electromagnetics Research Symposium Proceedings, Marrakesh, Morocco, Mar. 20-23, 2011.

38. D.-K. Srivastava, J.-P Saini, D.-S. Chauhan, "Design of double spiral microstrip antenna over a rectangular patch for mobile and Wi-Max applications," Conference on Advances in Communication and Control System, (CAC2S 2103), pp. 227–228, 2013.

39. Zhu L, Liu S H, Wang L, et al. (2013) The Research on Spiral Antenna for Long-range Detection of Corona Discharge. Science Technology and Engineering, 2, 23: 7332-7336.

40. Anil Kumar Gupta, Niraj Kumar, "Dual band Meander slot Antenna for Mobile Applications.", IEEE ICCSP conference 2015

41. Jankowski-Mihułowicz P., Kawalec D., Węglarski M., Synthesis of omnidirectional read/write device antenna for UHF RFID system, Elektronika : konstrukcje, technologie, zastosowania, 2015, Vol. 56, nr 3 p. 23-24 , DOI: 10.15199/13.2015.3.5

42. Yu-Jiun Ren, Chieh-Ping Lai, Pin-Heng Chen, Narayanan R.M., "Compact Ultrawideband UHF Array Antenna for Through-Wall Radar Applications", IEEE Antennas Wireless Propag. Lett., 8 (2009) 1302-1305.

43. Nabilah Ripin, Ahmad A. Sulaiman, E.A. Rashid, Mohamad F. Hussin, Nor N. Ismail, "A Miniaturized 878 MHz Slotted Meander Line Monopole For UHF Applications." Electromagnetic Research Letters, Vol.67, 2017

44. Jankowski-Mihułowicz P., Kalita W., Pawłowicz B., "Problem of dynamic change of tags location in anticollision RFID systems", Microelectronics Reliability, 48 (2008) 911-918.

45. D.-K. Srivastava, J.-P Saini, D.-S. Chauhan, "Design of double spiral microstrip antenna over a rectangular patch for mobile and Wi-Max applications," Conference on Advances in Communication and Control System, (CAC2S 2103), pp. 227–228, 2013.

46. ТРИВИМІРНА МЕТКА ДЛЯ радіочастотної ідентифікації, інваріантних до ОРІЄНТАЦІЇ В ПРОСТОРИ [Електронний ресурс]. – Туральчук П А, Холодняк Д В, Вендік І Б, Матеріали Міжнародної Кримської конференції «СВЧ-техніка і телекомунікаційні технології», 2006р. – Режим доступу: <http://ua.nauchebe.net/2014/08/trivimirna-metka-dlya-radiochas-tno%D1%97-identifikaci%D1%97-invariantnix-do-oriyentaci%D1%97-v-pros-ri/>
47. CST MAFIA code; CST Microwave Studio Suite 2006, www.cst.com.
48. Моделирование антенной решетки 2x2 в пакете программ CST STUDIO SUITE. Електронний ресурс – Режим доступу: http://www.eurointech.ru/education/articles/cst_articles/Modelirovanie-antennoj-reshetki-2h2-v-pakete-programm-CST-STUDIO-SUITE-2310.phtml
49. Моделирование антен. Советы при моделировании с использованием CST Studio. Електронний ресурс – Режим доступу: http://www.eurointech.ru/products/CST/CST_Advices_for_Antenna_Design_Rus.pdf
50. KEVIN SUN. IN AND AROUND LANGUAGE: WHAT'S UP WITH "STARTUP"?, November 17, 2011. Available from: <https://www.thecrimson.com/article/2011/11/17/startup-language-ide>

ABSTRACT

Actuality of theme. Modern production increasingly supports the idea of automation of all production processes. One of such processes is the accounting, tracking and identification of components and objects, both in the production process and at registration in the database upon their receipt. The reason for the growing popularity and importance of automation through the involvement of people in the process of accounting, tracking and identification, because in all processes where there is a person, leads to errors dependent on the human factor. The impact of the human factor is quite uncertain and can lead to errors of various scales, from a second delay in production, and large financial losses.

Most modern component accounting and tracking systems, such as bar coding, optical text recognition, and chip cards, do not preclude human involvement in object identification, although they remain quite efficient due to their low operating costs and fairly simple implementation. However, in contrast, the system of radio frequency identification allows to completely eliminate the human factor from the process of accounting for objects, while increasing the speed and efficiency of automatic accounting.

The radio frequency identification system has not yet supplanted others, due to the peculiarities of its application, namely the need to adjust parameters or design new elements according to the new geographical location, surrounding objects and the objects themselves to be identified. For use in domestic industries there is a problem of their rather small number and, accordingly, some do not have the financial capacity to design a system specialized for our region. Although there are many companies that are currently engaged in radio frequency identification systems, but they are not engaged in the development of systems for our region, due to the rather small possible market for such systems. The use of systems for foreign markets

is not possible due to different standards of available radio frequencies and their features.

The purpose and objectives of the study. The purpose of the master's degree is to develop a system that would meet modern standards is a promising task. One of the most problematic elements is the antennas for transponders of the radio frequency identification system, because it is its efficient operation that is regulated by the frequency range that is allowed in our region.

Accordingly, for the possibility of using the antenna for the transponder in modern domestic production, it must have the following characteristics:

- small size, for the possibility of placement on objects with small linear dimensions;
- maximum warranty reading distance not less than 5 m;
- high transfer rate;
- not directed antenna pattern;
- availability of materials.

The object of the study is the analysis of modern systems of automatic accounting and tracking of components and its elements.

The subject of the study is to determine the elements of the system of automatic accounting and tracking of components for the selected parameters, and modeling of the transponder antenna.

Connection of work with scientific programs, topics, plans. Research work on the topic of the master's dissertation was performed in accordance with the directions of scientific research and the work plan of the Department of Electronic Devices and Systems KPI. Igor Sikorsky.

Research methods. The CST Studio Student Edition simulation software environment was used to design the transponder antenna, which would correspond to the set parameters of the chip.

The scientific novelty of the obtained results is as follows:

1. Selection of elements of the tracking system and accounting of components that meet domestic standards.

2. Modeling of the antenna operating frequency which satisfies the European standards of the allowed frequency ranges of radio frequency identification is carried out.

The practical significance of the obtained results - the designed antenna allows to introduce with selected elements an electronic system of radio frequency identification in any production of our region.

Publications. The main provisions and results of the master's research are covered in the following publications:

Stetsenko VA Electronic system of accounting and tracking of components - the article is submitted for publication in the professional periodical "Microsystems, Electronics and Acoustics". Reviewed

Stetsenko VA The system of continuous monitoring of the antistatic protection bracelet - Proceedings of the XIII scientific-practical conference "Prospective directions of modern electronics".

The structure and scope of the dissertation. The master's dissertation consists of 4 sections, general conclusions, the list of the used literature from 50 names. The total volume of the dissertation is 78 pages, including 74 pages of the main text, 29 figures and 10 tables and 1 appendix.