

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри
безпеки інформації та телекомунікацій
_____ д.т.н., проф. Корнієнко В.І.

« _____ » _____ 20 ____ року

**ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавра**

студенту Коломойцю Артему Вікторовичу академічної групи 172-17ск-1
(прізвище ім'я по-батькові) (шифр)

спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка
(код і назва спеціальності)

на тему Розробка та моделювання мікросмушкових антен для систем RFID-
мітки за допомогою програми AWR Design Environment

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 26.05.2020 р.
№275 - с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання Постановка задачі	Проаналізувати сучасні RFID-системи, поняття та їх особливості. Визначити проблематику RFID-технологій.	15.01.2020 - 30.03.2020
Спеціальна частина	Промодельовані основні функціональні та структурні елементи мікрополоскових антен та позначено специфіку їх взаємодії в RFID-системах.	30.03.2020 - 28.05.2020
Економічний розділ	Визначено основні елементи щодо підвищення ефективності використання мікрополоскових антен в RFID-системах.	28.05.2020 - 02.06.2020

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

Сафаров О. О.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі: 15.01.2020 р

Дата подання до екзаменаційної комісії: 17.06.2020 р.

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

Коломоєць А. В.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 64 с., 9 рис., 5 табл., 4 додатків, 30 джерел.

Об'єкт дослідження: визначається специфікою та проблематикою використання RFID-технологій на сучасному етапі науково-технічного прогресу.

Предмет дослідження: розробка і моделювання мікрополоскових антен для систем RFID-мітки.

Методи дослідження: аналіз загального стану радіочастотної ідентифікації на сучасному етапі науково-технічного прогресу, синтез різних теоретичних визначень щодо змісту RFID-систем та можливостей застосування мікрополоскових антен, комбінування різних методів визначення ролі мікрополоскових антен в RFID-системах, дедукція та індукція, спостереження, моделювання.

Мета кваліфікаційної роботи: комплексне висвітлення проблематики розвитку радіочастотної ідентифікації та систем такої ідентифікації, а також визначення особливостей ефективної діяльності даних систем у відповідності до використання мікрополоскових антен.

В першому розділі зазначено основні теоретичні положення щодо систем радіочастотної ідентифікації, зокрема в межах наукового обґрунтування ефективності та раціональності використання даних систем в життєдіяльності людини.

В другому розділі було визначено основні функціональні та структурні елементи мікрополоскових антен та позначено специфіку їх взаємодії в RFID-системах.

В економічній частині було визначено основні елементи щодо підвищення ефективності використання мікрополоскових антен в RFID-системах.

RFID-СИСТЕМИ, МІКРОСМУЖКОВА АНТЕНА, RFID-МІТКА

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: 64 с., 9 рис., 5 табл., 4 приложений, 30 источников.

Объект исследования: определяется спецификой и проблематикой использования RFID-технологий на современном этапе научно-технического прогресса.

Предмет исследования: разработка и моделирование микрополосковых антенн для систем RFID-метки.

Методы исследования: анализ общего состояния радиочастотной идентификации на современном этапе научно-технического прогресса, синтез различных теоретических определений по содержанию RFID-систем и возможностей применения микрополосковых антенн, комбинирование различных методов определения роли микрополосковых антенн в RFID-системах, дедукция и индукция, наблюдение, моделирование.

Цель квалификационной работы: комплексное освещение проблематики развития радиочастотной идентификации и систем такой идентификации, а также определение особенностей эффективной деятельности данных систем в соответствии с использованием микрополосковых антенн.

В первом разделе указаны основные теоретические положения относительно систем радиочастотной идентификации, в частности в рамках научного обоснования эффективности и рациональности использования данных систем в жизнедеятельности человека.

Во втором разделе были определены основные функциональные и структурные элементы микрополосковых антенн и обозначено специфику их взаимодействия в RFID-системах.

В экономической части были определены основные элементы по повышению эффективности использования микрополосковых антенн в RFID-системах.

RFID-СИСТЕМЫ, МИКРОПОЛОСКОВАЯ АНТЕНА, RFID-МЕТКА

THE ABSTRACT

Explanatory note: 64 pages, 9 fig., 5 tab., 4 appendixes, 30 sources.

Object of study: determined by the specifics and problems of using RFID-technologies at the present stage of scientific and technological progress.

Subject of study: development and modeling of microstrip antennas for RFID tag systems.

Research methods: analysis of the general state of radio frequency identification at the present stage of scientific and technological progress, synthesis of various theoretical definitions of the content of RFID systems and the possibilities of using microstrip antennas, a combination of various methods for determining the role of microstrip antennas in RFID systems, deduction and induction, observation, modeling.

The Purpose of qualifying work: comprehensive coverage of the development of radio frequency identification and systems for such identification, as well as determining the features of the effective operation of these systems in accordance with the use of microstrip antennas.

The first section describes the main theoretical provisions regarding radio frequency identification systems, in particular in the framework of the scientific justification of the effectiveness and rationality of using these systems in human life.

In the second section, the basic functional and structural elements of microstrip antennas were identified and the specifics of their interaction in RFID systems were identified.

In the economic part, the main elements were identified to increase the efficiency of using microstrip antennas in RFID systems.

RFID SYSTEMS, MICROWAVE ANTENNA, RFID TAG

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

RFID – radio Frequency Identification;

IC – інтегральна мікросхема;

ASIC – спеціалізована інтегральна схема;

FPGA – програмована користувачем вентилярна матриця;

УВЧ – ультрависокочастотні дециметрові хвилі;

НВЧ – надвисокочастотні;

ВЧ – високочастотні;

RO – Read Only;

WORM – Write Once Read Many;

RW – Read and Write;

ПАХ – поверхневі акустичні хвилі;

ЗП – зустрічний перетворювач;

ДС – діаграма спрямованості;

МПА – мікрополоскова антена

КЕ – коефіцієнт еліптичності.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 СТАН ПИТАННЯ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	9
1.1 Сучасні RFID-системи.....	9
1.2 Поняття та особливості RFID-мітки.....	15
1.3 Проблематика використання RFID-технологій.....	24
1.4 Постановка завдання.....	31
1.5 Висновок.....	32
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	33
2.1 Особливості мікрополоскових антен.....	33
2.2 Специфіка використання мікрополоскових антен в RFID-системах.....	38
2.3 Проектування мікрополоскової антени.....	41
2.4 Висновок.....	48
3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	49
3.1 Підвищення ефективності використання мікрополоскових антен.....	49
3.2 Техніко-економічне обґрунтування розробки мікрополоскових антен..	51
3.3 Визначення трудомісткості розробки моделі мікрополоскової антени..	51
3.4 Визначення середньої заробітної плати інженера-розробника.....	53
3.5 Розрахунок витрат на заробітну плату.....	53
3.6 Розрахунок витрат на необхідне програмне та апаратне забезпечення	54
3.7 Розрахунок капітальних витрат.....	54
3.8 Висновок.....	55
ВИСНОВКИ.....	56
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	58
ДОДАТОК А. Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи.....	61
ДОДАТОК Б. Перелік документів на оптичному носії.....	62
ДОДАТОК В. Відгук керівника економічного розділу.....	63
ДОДАТОК Г. Відгук керівника кваліфікаційної роботи.....	64

ВСТУП

В даний час життя людини, так чи інакше, пов'язана з інтернетом. З його допомогою можна Отримати доступ до різноманітної інформації. Однак «всесвітня павутина» служить лише засобом доставки інформації, яка існує у віртуальній формі. Проблема перетворення інформації з фізичної форми в віртуальну на сучасному етапі розвитку галузі мереж і телекомунікацій все ще є актуальною. Рішенням даної проблеми може служити технологія радіочастотної ідентифікації. В англomовній літературі прийнято термін Radio Frequency Identification (RFID). Віртуальна інформація зберігається в мітці, приліпленою до об'єкта, і перетворення в фізичну форму відбувається за рахунок безконтактного зчитування даних з цієї позначки.

Існують пасивні системи RFID, здатні функціонувати без вбудованих джерел живлення. У таких систем є важлива перевага – це низька вартість самої мітки, що збільшує значимість їх створення. Для кращого розуміння актуальності створення недорогої мітки і подальшого впровадження RFID технології розглянемо ланцюг доставки товарів. Ні для кого не секрет, що наявність швидкого і зручного способу отримання інформації дозволяє не тільки підвищити ефективність доставки товарів споживачеві, але і скоротити витрати виробникам, дистриб'юторам, продавцям. Сучасні технічні рішення використовують для маркування штрих-коди, зчитувати які потрібно або вручну – що не дуже ефективно з точки зору швидкодії, або за допомогою засобів автоматизації, які в свою чергу складні у використанні.

Технологія RFID до теперішнього часу ще не набула масового застосування та широку популярність. Однак уже зараз технічна реалізація апаратури RFID знаходиться на досить хорошому рівні і постійно вдосконалюється.

1 СТАН ПИТАННЯ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Сучасні RFID-системи

Стрімкий розвиток інформаційних технологій призвів до формування глобального інформаційного середовища. Глобальна інформатизація супроводжується активною комп'ютеризацією і автоматизацією процесів управління підприємствами та установами. Найважливішою проблемою інформатизації є забезпечення точною і безпечною інформацією. Одним із основних завдань, що вирішуються в процесі інформатизації, є завдання електронної безконтактної ідентифікації. Зокрема, в даний час найбільш перспективною технологією є радіочастотна ідентифікація, або RFID (Radio Frequency Identification). Дана технологія, використовуючи радіоканал, дозволяє отримати інформацію щодо предмету або людини автоматично, без необхідності безпосереднього контакту.

Фактично, система RFID складається з трьох основних компонентів: зчитувача (рідера), транспондера (радіочастотна мітка, тег) і комп'ютерної системи обробки інформації. Рідер зазвичай містить радіочастотний модуль (передавач і приймач), антену і блок управління, що включає мікропроцесор і пам'ять. Транспондер являє собою пристрій, що є носієм даних RFID. Він включає в себе приймач, передавач і блок пам'яті для зберігання інформації. Приймач, передавач і пам'ять зазвичай конструктивно виконуються у вигляді окремої інтегральної схеми (чіпа). Залежно від конфігурації транспондер може ще включати в себе джерело живлення. Транспондер і рідер зв'язуються між собою, використовуючи радіочастотний канал.

Процес радіочастотної ідентифікації відбувається наступним чином. Передавач рідера через антену випромінює електромагнітне поле певної частоти.

Транспондер, який потрапляє в зону цього електромагнітного поля, виявляє сигнал і відповідає власним сигналом, що містить корисну

інформацію (наприклад, код доступу або код товару), на цій же або іншій частоті. Сигнал вловлюється антеною рідера і корисна інформація надходить для подальшої обробки.

Залежно від того, чи містить транспондер джерело живлення чи ні, системи RFID можна розділити на дві групи: активні і пасивні.

Суттєвою відмінністю транспондера є його інформаційна ємність. За цим параметром вони поділяються на однобітні та n-бітові. Класифікація систем RFID зображена на таб. 1

Таблиця 1.1 – Класифікація RFID-систем

RFID-системи		
Однобітні	n-бітні	
1. Акустичні 2. Електромагнітні 3. З поділом частоти 4. Мікрохвильові 5. Радіочастотні	Напівдуплексні і дуплексні	Дуплексні
	1. Електричні 2. Близького контакту 3. Електромагнітне випромінювання 4. Індуктивно пов'язанні	1. Поверхнево-акустичні хвилі 2. Індуктивно пов'язанні

Прості однобітні транспондери працюють на різних фізичних ефектах, таких як резонанс LC-ланцюга, множення частоти нелінійним накопичувачем енергії, резонанс феромагнітного елемента на основі магнітострикційного ефекту, тощо. Однобітні транспондери здатні тільки сигналізувати зчитувача

щодо своєї присутності в зоні опитування. Кількість інформації, що дорівнює 1 біту, досить тільки для подачі на зчитувач сигналу, що має два стани: «транспондер в зоні контролю» або «в зоні контролю транспондера немає. Гідність таких систем полягає в дешевизні виготовлення міток, при цьому термін функціонування мітки обмежений тільки фізичним зносом.

Недоліками цих систем є мала дальність дії, неможливість розміщення під металевими і електропровідними поверхнями, взаємні колізії, а також неможливість отримання даних про предмет ідентифікації, а тільки виявлення його присутності в зоні дії рідера.

Таким чином, мітку, внаслідок її граничної простоти, досить просто підробити або вивести з ладу. Також досить просто заблокувати роботу всієї системи зовнішнім джерелом радіоперешкод. Внаслідок цих недоліків даний тип ідентифікаторів не може бути використаний як надійний. Однак такі системи, незважаючи на перераховані недоліки, в даний час набули найбільшого поширення завдяки дешевизні виготовлення міток. Такі системи, зазвичай, застосовуються в системах протидії крадіжкам, встановлених в супермаркетах, в салонах прокату, тощо. Такі транспондери виготовляються у вигляді етикеток, які наклеюються на товар і в разі його незаконного вносу повз охоронного пристрою спрацьовує сигналізація. Дезактивація таких міток відбувається на касі при оплаті товару. Зокрема, розглянута система (як зазначалося вище) не може розпізнавати об'єкти, а тільки сповіщати про факт потрапляння їх в зону дії зчитувача. завдання отримання інформації про об'єкт була вирішена в системах з n-бітовим транспондером.

Система з n-бітовим транспондером зазвичай містить одиночний мікročіп і обмотку, яка виконує роль антени. Така система працює наступним чином, рідер генерує електромагнітне поле, силові лінії якого, пронизуючи обмотку антени транспондера, індукують змінна напруга. Ця напруга випрямляється випрямлячем на діоді і конденсаторі і використовується як електроживлення для ІС (інтегральної схеми – носія

даних). Транспондер може відповідати рідеру декількома способами. Наприклад, передаючи дані на частоті, що відрізняється від частоти передавача рідера, або змінюючи напруженість поля, випромінюваного рідером за допомогою шунтування обмотки тега відповідно до значення надходить біта з пам'яті ІС. Так, при надходженні «1» обмотка шунтується, а при надходженні «0» залишається розімкнутою.

Існує безліч різних типів транспондерів. Це і мітки, які можна програмувати тільки одноразово (наприклад, мітки для занесення унікального серійного номера товару на заводі при його виготовленні), і багато разів перепрограмовані. Мітки, з можливістю тільки зчитування з них інформації, і більш складні, з яких можливо виробляти як читання, так і оперативно за допомогою телефону заносити дані. Транспондери розрізняються за обсягом пам'яті з різною її організацією. Можливо застосування алгоритму криптографічного захисту. Існують також транспондери, які мають не тільки незалежну пам'ять, а ще й мікропроцесор, що дозволяє завантажувати в себе, наприклад, Java-додатки. Це дозволяє виробляти мітці необхідні обчислення. Отже, застосування таких типів транспондерів допоможе завантажити основну контролюючу систему, що спрощує її роботу і як наслідок здешевлює.

Системи радіочастотної ідентифікації також можна класифікувати по використовуваній частоті. На сьогоднішній день сформувалися три основні групи систем:

- низькочастотні (наприклад, робоча частота - 100-150 кГц);
- високочастотні (наприклад, робоча частота - 13,56 МГц);
- надвисокочастотні (наприклад, робоча частота 900 МГц, 2,4 ГГц).

Зазвичай, чим вище діапазон частот систем RFID, тим більше дальність, на якій можливо зчитування інформації з транспондера. Низькочастотні системи застосовуються для контролю доступу, логістики, маркування товару, маркування тварин, запобігання підробки різних категорій товарів. Дальність дії таких систем невелика: від 2 до 15 см

Високочастотні системи застосовуються для контролю доступу, як електронних паспортів, маркування виробів, банківських карт, проїзних квитків, систем сортування, контролю технічного процесу. Для них характерна висока швидкість передачі даних. Дальність дії таких систем – від 10 см до 1,5 м. Системи, що працюють на надвисоких частотах, характеризуються найбільшою дальністю дії – до 7 метрів.

Вони застосовуються в логістиці та складських господарствах, в системах управління парковками, маркування контейнерів і паллет, тощо.

Широке поширення RFID систем в різних галузях народного господарства обумовлено наступними їх перевагами:

- вони не вимагають контакту або знаходження рідера і транспондера в прямої видимості;
- мітки читаються швидко і точно;
- можливість прихованої установки електронної мітки;
- дані на мітці можуть доповнюватися;
- висока швидкість зчитування даних;
- необмежений термін експлуатації (для пасивних систем);
- великий обсяг кодової інформації, можливість виключення повторюваності міток;
- можливість читання / запису;
- можливість засекречування даних на мітці.

Однак поряд з достоїнствами RFID системам властиві недоліки. До них відносяться:

- відносно висока вартість (0,1 – 5 USD);
- неможливість розміщення під металевими і електропровідними поверхнями;
- взаємні колізії;
- схильність перешкод у вигляді електромагнітних полів;
- можливість злому системи спеціальними пристроями - грабер.

Розглянемо окремо кожен з них.

1. Відносно висока вартість. Незважаючи на відносно високу вартість, використання радіочастотних міток доцільно для захисту дорогих товарів від крадіжок або для забезпечення схоронності виробів, переданих на гарантійне обслуговування. В сфері логістики і транспортування вантажів вартість радіочастотної мітки може виявитися зовсім незначною щодо порівняння з вартістю вмісту контейнера. Крім того, за сучасною динамікою розвитку електронних технологій вартість мітки може бути значно знижена протягом короткого часу. Фактично, цей недолік не є принциповим.

2. Неможливість розміщення під металевими і електропровідними поверхнями. Внаслідок фізичних принципів, покладених в основу функціонування систем RFID, радіочастотні мітки схильні до впливу струмопровідних поверхонь, які є екрануючими щодо мітки. Зокрема, усунення цього недоліку можливо при застосуванні спеціальних прийомів установки мітки.

3. Взаємні колізії. Незважаючи на різноманіття пропонованих антиколізійні процедур, дана проблема також не вирішена в повному обсязі. Наприклад, при мультидоступу з поділом у TDMA, при виникненні нештатної ситуації (при виході з ладу ключа управління передавачем всього одного тега) блокується робота всієї системи. Це ж відноситься і до поділу за кодом, а також практично до всіх інших методів.

4. Схильність перешкод у вигляді електромагнітних полів. В сучасних многобітних системах досі до кінця не вирішена проблема електромагнітної сумісності. Зокрема, сучасні системи мають практично нульову захищеність по відношенню до систем протидії, тобто до систем радіочастотного придушення. За умов цілеспрямованої радіочастотної перешкоди, втім як і випадкової, робота всієї системи блокується, тому як розділити сигнал перешкоди і сигнал транспондера не є можливим

5. Оскільки система RFID використовує радіочастотний канал, завжди є можливість перехоплення інформації спеціальними пристроями - грабер. Грабери можуть не тільки приймати і записувати радіочастотні посилки,

присутні в каналі, але також і випромінювати їх, імітуючи роботу транспондера.

Таким чином, визначаючи особливості аналізу існуючих систем RFID, стає очевидним наявність досить серйозних проблем надійності ідентифікації, інформаційної ємності і стійкості стосовно електромагнітних завад і системам радіотехнічного протидії. Все це вказує на безумовну актуальність створення принципово нових систем ідентифікації для таких областей як медицина, логістика, транспортні послуги, тощо. Зокрема, в процесі розробки цих систем основна увага буде приділена мінімізації наведених вище недоліків для підвищення надійності ідентифікації.

1.2 Поняття та особливості RFID-мітки

Зазвичай мітка RFID працює при прийомі запитувача електромагнітного поля зі зчитувача і виводить сигнал, що формується в результаті завантаження поля, на основі даних ідентичності, збережених в мікросхемі мітки. Зокрема, мітки такого типу широко використовують, і вважається, що такі мітки можна використовувати навіть на одязі, на продовольчих товарах, а також на лікарські засоби і на великих банкнотах. Проблема виникає в зв'язку з тим, що такі мітки можуть бути визначені і ідентифіковані як авторизованими пристроями зчитування, але також і іншими.

Таким чином, оскільки людині було б небажано, щоб інші знали розмір його одягу або взуття, і оскільки людині було б небажано, щоб на відстані можна було визначити суму готівки в його гаманці, бажано, щоб роботою міток RFID можна було керувати для підтримки необхідного ефекту, коли це потрібно, а в іншому запобігати відгуку таких міток. В цьому контексті мітка RFID може являти собою будь-який тип портативного елемента, адаптованого для виконання бездротового зв'язку, переважно, бездротового зв'язку малої дальності, з одним або більше об'єктами. Більш загальний

термін «бездротовий зв'язок в ближній зоні» (NFC), яку можна використовувати в стільникових телефонах або таке інше, в той час як широко використовуваний протокол RFID можна використовувати для продуктів харчування, одягу, кредитних карт, елементів управління доступом (підвіска для ключів або тощо), паспорта або таке інше.

Залежно від розміру, ціни і рівня захисту такі мітки можуть бути виконані більш дрібними або більшими і захищені в більшій чи в меншій мірі від крадіжки, втрати або тому подібного. Переважний в даний час варіант здійснення є використанням протоколу RFID в елементах типу кредитної картки для ідентифікації користувача або банківського рахунку, наприклад, для банкоматів або точок продажу. Природньо, може використовуватися будь-якого типу антена або ретранслятор. Зокрема, в даний час для протоколу RFID краща котушка, але також можуть використовуватися антени іншого типу для інших довжин хвиль або відстаней. В даний час котушка може являти собою котушку будь-якого типу, таку як галактика котушка, звичайно передбачену як плоска котушка, розміщена в більшій чи меншій мірі в одній і тій же площині.

Переважно, мікросхема RFID являє собою стандартну мікросхему RFID, що має тільки однакові два входу / виходу, за якими мікросхема приймає сигнал і / або харчування і на які передається вихідний сигнал. Сучасна, високо захищених мікросхема RFID має тільки таких два входу / виходу, і бажано забезпечити мітку з більш високим ступенем захисту, адаптовану для мікросхеми RFID такого типу. Як буде згадано нижче, мікросхеми RFID, що мають входи / виходи сигналу, а також входи тільки для живлення, також можна використовувати відповідно до даного винаходу. Таким чином, фактично на висновок мікросхеми можуть надходити вхідні / вихідні сигнали, і / або може надходити енергія харчування. Зазвичай входи / виходи з'єднані з котушкою, кожен вхід / вихід з'єднаний з одним з двох кінців провідника котушки з одного провідника. В цьому контексті електрична схема може являти собою схему з одного або декількох

електронних компонентів, таких як тригери, транзистори, діоди або тощо, аж до ASIC (спеціалізована інтегральна схема), процесорів, процесорів сигналів, логічних схем, реалізованих апаратними засобами, FPGA (програмована користувачем вентиляційна матриця) чи щось таке. Природно, бажані два режими, але навіть тригер може працювати в двох режимах і може діяти для запобігання або для подачі живлення або для пропуску сигналів через нього. В цьому контексті сигнал може являти собою специфічний сигнал, який генерується і виводиться зі схеми, але сигнал також може бути виведений просто шляхом підключення навантаження до будь-якого джерела живлення з входів / виходів, зокрема в описаній нижче ситуації, коли енергія приймається з котушки.

Засіб для управління тим, в якому з першого і другого режимів працює електрична схема, може являти собою контролер будь-якого типу, такий як елемент, виконаний з можливістю виведення сигнал, на який реагує схема. Такий відгук може бути переходом з одного з режимів в інший або визначення режиму, в який повинен бути виконаний перехід, якщо схема ще не знаходиться в цьому режимі. Такий засіб управління може визначати простого перемикача або щось подібного, виконаний з можливістю передачі сигналу (або відсутності сигналу) в схему. В якості альтернативи, засіб може генерувати і передавати складніший сигнал в схему, яка може бути здатна визначати за сигналом, чи слід змінити режим чи ні. Природньо, джерело живлення, такий як батарея або інше джерело живлення, може бути передбачений для живлення схеми, засоби керування і/або мікросхеми. Однак переважно, щоб електрична схема була виконана з можливістю приймати енергію харчування з котушки і працювати, переважно, у другому режимі, на основі прийнятої енергії. Зазвичай той же відноситься до мікросхеми RFID. Така енергія харчування може бути запасена, як в стандартних мікросхемах RFID. В якості альтернативи, можуть бути надані батареї або інший засіб. В цьому або в іншому кращому варіанті здійснення засіб управління являє собою механічно приводиться в дію елемент,

пристосований, при приведенні в дію, виводити сигнал, причому схема виконана з можливістю переходу в перший режим при прийомі цього сигналу.

Таким чином, засіб управління може, як згадано вище, являти собою простий перемикач. Однак, переважно, засіб управління являє собою п'єзоелемент, виконаний з можливістю виведення напруги при деформації, в той час як схема виконана з можливістю реагування і переходу в перший режим при прийомі напруги, що перевищує порогове значення. Натомість, в одному переважному варіанті здійснення схема виконана з можливістю, при роботі в другому режимі, виводити стохастический / випадковий сигнал на входи / виходи. Таким чином, комбінований сигнал є стохастичним / випадковим сигналом і, таким чином, є марним. В цьому відношенні стохастичні або випадкові сигнали можуть бути згенеровані безліччю способів, і навіть полуслучайние / стохастичні сигнали (такі як повторювані сигнали) можна використовувати, якщо не потрібно занадто високий рівень захисту.

Аспект винаходу стосується способу роботи мітки RFID відповідно до першого аспектом, причому спосіб містить наступні етапи:

- 1) приймають / сприймають електромагнітне поле за допомогою котушки і передають сигнал і / або енергію харчування в мікросхему;
- 2) схема працює в своєму другому режимі і виводить сигнал на входи / виходи мікросхеми;
- 3) засіб управління передає сигнал в схему, переводячи схему в її перший режим, мікросхема діє для виведення заданої інформації в котушку.

В даному контексті електромагнітне поле буде наводити напруга / струм в котушці, які можуть бути передані або збережені або можуть використовуватися в мікросхемі. Переважно, ці етапи виконуються в зазначеному порядку, в результаті чого мітка може почати роботу при прийомі сигналу, але схема виводить сигнал, який запобігає висновок мікросхемою сигналу або скремблюється будь-який вихідний сигнал.

Як зазначено вище, сигнал, який передається засобом управління, може бути чим завгодно, від одиночного напруги / струму або його відсутності до більш складних, многобітових або навіть зашифрованих сигналів. В кращому варіанті здійснення етап роботи схеми в другому режимі містить етап, на якому електрична схема приймає харчування з котушки. Таким чином, не потрібно будь-якої внутрішньої або інше джерело живлення. Як згадано вище, справжня мітка RFID і мікросхема можуть бути адаптовані для виконання будь-якого типу бездротового зв'язку, переважно малої дальності, включаючи, але без обмежень, протокол RFID. Тому можна використовувати антену або приймач будь-якого типу, хоча котушка є кращою, така як галактика котушка, переважно виконана з одного провідника. Справжня мікросхема RFID має два входи, з'єднані з котушкою. Переважно, ці входи призначені для прийому енергії харчування з котушки. В одному типі мікросхеми RFID тільки два входи передбачені і використовуються як для прийому енергії харчування з котушок, так і для передачі сигналу в котушку, і потенційно також для прийому сигналу з котушки. Інші типи мікросхем RFID також мають описані вище входи прийому енергії харчування і виходи для сигналів, для передачі сигналу в котушку і потенційно також для прийому сигналу з котушки.

Аспект винаходу стосується способу роботи мітки RFID відповідно до специфічного аспекту, причому спосіб містить наступні етапи:

- 1) приймають / сприймають електромагнітне поле за допомогою котушки і передають енергію харчування в мікросхему і в схему;
- 2) схема працює і знижує напругу, доступне для мікросхеми, до напруги нижче, ніж перше найнижче робоча напруга;
- 3) засіб управління передає сигнал в схему, переводячи схему в неробочий стан, мікросхема діє для виведення заданої інформації в котушку.

Як вже було зазначено, розміщення котушки в електромагнітному полі призводить до генерування напруги або струму в котушці, які в даному аспекті передають в мікросхему і в схему. Зокрема, справжня мітка може

використовуватися в безлічі різних ситуацій, наприклад, на одязі, на продуктах харчування, на банкнотах, і конкретним становлять інтерес варіантом є використання в елементах типу кредитної картки, на яких RFID або інша бездротовий зв'язок малої дальності використовується для ідентифікації користувача або номера рахунку для, наприклад, банкомату.

Фактично, існує два основних типи RFID-міток: активні і пасивні. Активна мітка RFID має власне джерело живлення, пасивна мітка RFID не має вбудованого харчування і отримує енергію для роботи від зчитувача, електромагнітна хвиля якого індукує струм в антені RFID мітки. Існують також напівпасивну RFID мітки у яких батарея живить інтегральну схему, а зв'язок забезпечується енергією зчитувача. RFID-мітки зазвичай містять менш як 2000 КБ даних, включаючи унікальний ідентифікатор / серійний номер. Теги можуть бути доступні тільки для читання або читання / запису, де дані можуть бути додані зчитувачем. Діапазон зчитування для RFID-міток варіюється в залежності від факторів, включаючи тип тега, тип зчитувача, частоту RFID і перешкоди в навколишньому середовищі або від інших RFID-міток і зчитувачів. Взагалі кажучи, активні мітки RFID мають більш довгу відстань зчитування, ніж пасивні мітки RFID.

Відстань читання RFID-міток:

- 1) LF мітки -5-10 сантиметрів;
- 2) HF мітки - 2-5 сантиметрів;
- 3) UHF мітки - 1-25 метрів;
- 4) Активні мітки – більше 50 метрів.

В сучасному світі, існує декілька способів систематизації RFID-міток і систем:

- а) за робочою частотою;
- б) за джерелом живлення;
- в) за типом пам'яті.

За типом джерела живлення RFID-мітки діляться на:

- 1) пасивні;

- 2) активні;
- 3) напівпасивні.

Пасивні RFID-мітки не мають вбудованого джерела енергії. Електричний струм, що індукується в антені електромагнітним сигналом від зчитувача, забезпечує достатню потужність для функціонування кремнієвого CMOS-чипа, розміщеного в мітці, і передачі у відповідь сигналу. Комерційні реалізації низькочастотних RFID-міток можуть бути вбудовані в стикер (наклейку) або імплантовані під шкіру. Сьогодні, основна проблема RFID-пристроїв полягає в тому, що для них потрібна зовнішня антена, яка за розмірами перевершує чип у найкращому разі в 80 разів. Варто відзначити, що найменша вартість RFID-міток, які стали стандартом для таких компаній, як Wal-Mart, DOD, Target, Tesco у Великій Британії і Metro AG в Німеччині, становить приблизно 5 центів за мітку фірми SmartCode. До того ж, через розкид розмірів антен, і мітки мають різні розміри — від поштової марки до листівки. На практиці максимальна дистанція зчитування пасивних міток варіюється від 10 см (4 дюймів) (згідно зі стандартом ISO 14443) до декількох метрів (стандарти EPC і ISO 18000-6), залежно від вибраної частоти і розмірів антени. В деяких випадках антена може бути виготовлена друкарським способом.

Сучасні тенденції виробничих процесів від Alien Technology під назвою Fluidic Self Assembly, від SmartCode — Flexible Area Synchronized Transfer (FAST) і від Symbol Technologies PICA направлені на подальше зменшення вартості міток за рахунок застосування масового паралельного виробництва. Alien Technology використовує процеси FSA і HiSam для виготовлення міток, тоді як PICA процес від Symbol Technologies знаходиться ще на стадії розробки. Процес FSA дозволяє проводити понад 2 мільйони IC пластин в годину, а PICA процес — понад 70 мільярдів міток в рік (якщо його допрацюють). У цих технічних процесах IC приєднуються до пластин міток, які у свою чергу приєднуються до антен, утворюючи готовий чип. Приєднання IC до пластин і надалі пластин до антен — просторово

найчутливіші елементи процесу виробництва. Це означає, що при зменшенні розмірів ІС монтаж (англ. Pick and place) стане найдорожчою операцією. Альтернативні методи виробництва, такі як FSA і HiSam, можуть значно зменшити собівартість міток. Зокрема, стандартизація виробництва приведе до подальшого падіння цін на мітки при їхньому широкомасштабному впровадженні. Натомість, некремнієві мітки виготовляються з полімерних напівпровідників. В сучасності, їхньою розробкою займаються декілька компаній в усьому світі. Мітки, що виготовляються в лабораторних умовах і працюють на частотах 13.56 МГц, були продемонстровані в 2005 році компаніями POLYIC (Німеччина) і Philips (Голландія). В промислових умовах полімерні мітки виготовлятимуться методом прокатного друку (технологія нагадує друк журналів і газет), внаслідок чого вони будуть дешевші, ніж мітки на основі ІС. Це може закінчитися тим, що для більшості сфер застосування мітки почнуть друкувати так само просто, як і штрих-коди, і вони стануть такими ж дешевими.

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

Активні RFID-мітки володіють власним джерелом живлення і не залежать від енергії зчитувача, унаслідок чого вони читаються на дальній відстані, мають великі розміри і можуть бути оснащені додатковою електронікою. Проте, такі мітки найдорожчі, а у батарей обмежений час роботи. Активні мітки в більшості випадків надійніші (наприклад,

здійснюють меншу кількість помилок), ніж пасивні, завдяки особливій сесії зв'язку між міткою і пристроєм зчитування. Активні мітки, володіючи власним джерелом живлення, також можуть генерувати вихідний сигнал більшого рівня, ніж пасивні, дозволяючи застосовувати їх в агресивніших для радіочастотного сигналу середовищах: воді (включаючи людей і тварин, які в основному складаються з води), металах (корабельні контейнери, автомобілі), для великих відстаней на повітрі. Більшість активних міток дозволяють передати сигнал на відстані в сотні метрів при тривалості життя батареї живлення до 10 років.

Деякі RFID-мітки мають вбудовані сенсори, наприклад, для моніторингу температури товарів, які швидко псуються. Інші типи сенсорів в сукупності з активними мітками можуть застосовуватися для вимірювання вологості, реєстрації поштовхів/вібрації, світла, радіації, температури і газів в атмосфері (наприклад, етилену). Активні мітки зазвичай мають набагато більший радіус зчитування (до 300 м) і обсяг пам'яті, ніж пасивні, і здатні зберігати більший обсяг інформації для відправки приймачем. В даний час, активні мітки роблять розмірами не більше звичайної пілюлі і продають за ціною в декілька доларів.

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

За типом використовуваної пам'яті RFID-мітки діляться на:

- 1) RO (англ. Read Only) дані записуються тільки один раз, відразу при виготовленні. Такі мітки придатні тільки для ідентифікації. Ніяку нову інформацію в них записати не можна, і їх практично неможливо підробляти;
- 2) WORM (англ. Write Once Read Many) окрім унікального ідентифікатора такі мітки містять блок одноразово записуваної пам'яті, яку надалі можна багато разів читати;

3) RW (англ. Read and Write) такі мітки містять ідентифікатор і блок пам'яті для читання/запису інформації. Дані в них можуть бути перезаписані багаторазово.

Таким чином, сучасні rdif- мітки виконують низку завдань та мають певне функціональне призначення, що характеризується специфікою підтримання ефективності використання RDIF- систем та способів радіочастотної ідентифікації.

1.3 Проблематика використання RFID-технологій

Повсюдне впровадження автоматизованих систем управління істотно сприяло трансформаціям у повсякденному житті людей. Однак, єдиним важливим бар'єром у використанні RFID-технологій постає людина та її діяльність, хоча такі технології і спрямовані на оптимізацію життєдіяльності. Зокрема, це не дозволяло до кінця вирішити проблему збору та введення-виведення інформації в комп'ютерну систему управління будь-яким процесом – в не залежності від того що це: виробництво, торгівля, транспортні перевезення, тощо. Такий стан речей визначався до того часу, доки людина не почала використовувати технологію радіочастотної ідентифікації. Зокрема, технології безконтактної ідентифікації найбільш повно відповідають всім вимогам комп'ютерної системи управління (в тому числі, управління рухомими об'єктами), де потрібне розпізнавання і реєстрація об'єктів і прав користувачів в реальному масштабі часу. Будуються вони зазвичай на оптичному (система штрих-кодів) або радіочастотному принципі. Бездротове розпізнавання здійснюється за допомогою закріплених за об'єктом спеціальних міток, які несуть таку нормативну та іншу інформацію.

Як зазначалося в попередніх розділах, за принципом дії системи RFID можна розділити на пасивні і інтерактивні. Зокрема, в більш простий пасивної системі випромінювання зчитувача постійно під часу (не

модулювати) і служить тільки джерелом харчування для ідентифікатора. Отримавши необхідний рівень енергії, ідентифікатор включається і модулює випромінювання зчитувача своїм кодом, який зчитувачем і приймається. Фактично, за таким принципом працюють більшість систем управління доступом, де потрібно тільки отримати серійний номер ідентифікатора. Системи, що використовуються, наприклад, в логістиці, працюють в інтерактивному режимі. Зчитувач в такій системі випромінює модульовані коливання, тобто формує запит, а сам ідентифікатор дешифрує запит і за необхідності формує відповідну відповідь.

Отже, необхідність в інтерактивних системах з'явилася в зв'язку з потребою одночасно працювати більш ніж з одним ідентифікатором. Наприклад, якщо на складі необхідно прочитати всі мітки в упаковці з товаром. В подібних ситуаціях не обійтися без механізму антиколізії, який забезпечує вибіркочуву послідовну роботу з декількома ідентифікаторами, одночасно знаходяться в полі зчитувача. Без такого механізму сигнали ідентифікаторів наклалися б один на одного, натомість в процесі антиколізії зчитувач визначає всі ідентифікатори за їх унікальним серійним номером, а потім вже по чергово обробляє.

Таким чином, для прийняття рішення стосовно допуску людини в приміщення або для підрахунку кількості коробок на піддоні досить, щоб кожен ідентифікатор мав свій унікальний номер. Однак є великий клас завдань, коли в мітку необхідно поміщати додаткову інформацію, яка відобразить хід технологічного процесу. В такому випадку використовують перезапис ідентифікаторів з додатковою енергонезалежною пам'яттю, в якій інформація зберігається і після зникнення живлення. Обсяг такої пам'яті може коливатися від декількох десятків біт до десятків кілобайт, в залежності від прикладної задачі. Для подолання технічних проблем, пов'язаних з розробкою міжнародного стандарту щодо RFID- технологій, найбільші фірми-виробники систем Мірчі утворили в межах Міжнародної організації зі стандартизації (ISO) і Міжнародного електротехнічного

комітету (IEC) робочу групу, що займається розробкою міжнародних стандартів систем Мірчі, призначених для управління товарами. 31-й підкомітет, до складу якого входить ця робоча група, веде роботи, пов'язані з маркуванням товарів штриховими кодами. Сама робоча група по радіочастотній ідентифікації ділиться на чотири підгрупи: профілі вимог до додатків, синтаксис даних, унікальна ідентифікація радіочастотних міток і радіоінтерфейс[6]. Ці підгрупи працюють над створенням міжнародних стандартів, присвячених, відповідно, загальних питань застосування систем RFID, інформаційного наповнення радіочастотної мітки і системі управління її роботою, єдиній системі унікальної ідентифікації радіочастотної мітки і, нарешті, правилам радіообміну, що відбувається між радіочастотною міткою і пристроєм зчитування інформації. Результатом роботи цих підгруп буде серія міжнародних стандартів, повністю роздільна всі проблеми, пов'язані з сумісністю компонентів систем різних виробників.

До останнього часу RFID-системи були більш дорогими у порівнянні зі штрих-кодovими системами безконтактної ідентифікації. Однак технічний прогрес в області тегів привів до того, що вони почали використовуватися в областях, в яких перш використовувався тільки штрих-код. Сьогодні, RFID-системи успішно конкурують зі штрих-кодovими, в тому числі і в ціні. Більш того, RFID-технологія дозволяє пропонувати рішення для роботи в оптично важких умовах. Фактично, мікросхема RFID - це щось на зразок штрих-коду, що передає інформацію на пристрій зчитування або рідер[8]. Друковані штрих-коди зазвичай зчитуються сканером, яким для визначення та вилучення інформації потрібно пряма видимість. За умови використання технології RFID сканер може вважати закодовану інформацію, навіть коли бирка прихована - наприклад, вбудована в корпус виробу або вшита в одяг. Крихітна бирка RFID може містити набагато більше інформації, ніж штрих-код, а також, на відміну від штрих-кодів, бірки RFID можуть передавати дані з різних упаковок, наприклад, з візка покупця або з коробок з товарами(див.таб.2).

Таблиця 2 – Недоліки та переваги RFID-систем у порівнянні з Barcode

Характеристики	RFID	Barcode
Ідентифікація предмета без безпосередньої взаємодії	Так	Ні
Ідентифікація поза зором	Так	Ні
Хранні інформації більше 8Kb	Так	Ні
Можливість повторного запису даних та їх подальше використання	Так	Ні
Одночасна ідентифікація декількох об'єктів	Так	Ні
Супротив механічному впливу	Так	Ні
Супротив хімічному впливу	Так	Ні
Безпека	Так	Ні
Ідентифікація об'єктів, що рухаються	Так	Ні
Довговічність	Так	Ні
Схильність до пошкодження внаслідок діяльності електромагнітних частот	Так	Ні
Автоматична запис в режимі Non-Stop	Так	Ні

Інформаційна ємність	8 Кбайт	100 байт
Чутливість до забруднення	відсутня	висока
Здатність підробки	Неможливо	Досить легко
Одночасне зчитування багатьох елементів	Можливо	Неможливо
Швидкість зчитування	низький	Висока

Таким чином, можна зазначити, що в сучасному житті технології RFID займають чільне місце, у порівнянні з іншими технологіями безконтактної ідентифікації. Натомість, хоча системи RFID вже сьогодні полегшують життя багатьом людям, не всі підприємства реалізують такі системи. Наприклад, в США і Європі захисники прав споживачів стурбовані використанням бірок RFID на товарах роздрібною торгівлі, побоюючись, що з їх допомогою компанії зможуть відстежувати всі пристрасті споживачів від їх улюбленого сорту ковбаси до розміру, стилю і кольору одягу[10]. Такий стан речей призводить до порушення прав людини і визначення загальних прав і свобод людини і громадянина лише номінальними. Більшість же аналітиків, що працюють в галузі, вважають, що переваги від використання технології RFID, пов'язані з підвищенням якості обслуговування, переважають будь-які занепокоєння щодо конфіденційності[8]. Фактично, переваги технології RFID набагато переважають її недоліки. До того ж центр Auto-ID (дослідний консорціум RFID, що розміщується в Массачусетському технологічному інституті) запропонував дати підприємствам роздрібною торгівлі можливість відключати бирки RFID на виході з магазинів[4]. Оскільки зчитати

інформацію з RFID-чіпа можна на відстані в кілька метрів, захисники громадянських прав і свобод побоюються несанкціонованого використання таких чіпів поза межами магазинів: зловмисник, який володіє зчитувальним пристроєм, зможе прочитати ідентифікатори речей і використовувати отриману інформацію проти людини (наприклад, зламавши базу даних потрібного магазину і дізнавшись номер кредитки).

За таких обставин, використання RFID-технологій поза цільовими методами та призначенням досить поширене, а тому потребує спеціальних умов законодавчого регулювання в окремих країнах та на міжнародному рівні. Також, важливим є той факт, що дорожнеча та громоздкість RFID-систем досить сильно заважала їх розвитку та поширенню до нещодавнього часу. Натомість, розвиток технологій та поширення інновацій дозволили зменшити розміри та вартість RFID-систем, що сприяло їх більшому поширенню[6].

Втім, до сучасних обмежень RFID відносяться також і наступні фактори:

1) Невисокі робочі характеристики в присутності радіонепрозорих і радіопоглинаючих об'єктів. Така поведінка залежить від частоти, адже технологія в сучасному її стані погано працює з такими матеріалами, а в деяких випадках відмовляє повністю.

2) Вплив факторів навколишнього середовища, оскільки за умови навколишнього середовища можуть чинити негативний вплив на RFID-рішення.

3) Обмежена кількість читаних міток.

Існує практичне обмеження на кількість міток, які можна прочитати за певний час.

4) Вплив перешкод від апаратури, адже на RFID-рішення може негативно впливати неправильна установка апаратури (наприклад, розташування і орієнтація антени).

5) Обмежена проникаюча здатність енергії радіохвиль. Хоча RFID не вимагає прямої видимості, існує межа проникнення енергії радіохвиль, навіть в радіопрозорих об'єктах.

б) Незрілість технології. Зміни в RFID-технології пов'язані з постійним її розвитком можуть створювати проблеми для необережних і недосвідчених користувачів.

Однак, не можна свідчити щодо великої кількості проблем пов'язаних із використанням суто RFID-систем, оскільки основними недоліками як RFID, так і штрихкодів є:

а) Вплив перешкод.

Зчитувач штрих-кодів не може читати штрихкод при наявності будь-якої перешкоди між зчитувачем і штрихкодом. RFID-рідер в залежності від робочих частот і інших чинників, таких, як потужність і робочий цикл, може бути нездатним читати мітку за наявності між рідером і міткою таких радіонепрозрачних перешкод, як метал, або таких радіопоглинаючих елементів, як вода.

б) Вплив вологості.

В разі зчитувачів штрих-кодів світловий промінь може переломлюватися зваженими в повітрі частинками води, що буде виражатися в спотворенні фокусування. При застосуванні RFID-рідерів, які працюють в мікрохвильовому діапазоні, зважені в повітрі частки води можуть поглинати енергію радіохвиль, що буде приводити до недостатності енергії, яка досягає позначки, для належної передачі даних.

в) Обмеження по швидкості.

Якщо швидкість руху штрихкодів буде перевершувати швидкість сканування зчитувача, то це може привести до втрати точності, а також до нездатності прочитати штрихкод. Для RFID-рідерів також може виникати втрата точності зчитування і відмова читання мітки, якщо швидкість мітки буде така висока, що у неї не буде достатньо часу для оптимального забезпечення себе енергією і передачі даних назад рідеру.

г) Зовнішній характер схем ідентифікації. Штрихкод або RFID-мітки повинні прикріплятися до об'єкта ззовні. Вони не є частиною фізичних характеристик самого об'єкта.

Отже, якщо такий об'єкт буде забезпечений неправильним штрихкодом або неправильною міткою, то його ідентифікація стане проблематичною. Проте є можливість використання невід'ємних властивостей об'єкта для його однозначної ідентифікації[9]. Наприклад, особистість можна однозначно ідентифікувати за допомогою відбитків пальців або сканування сітківки ока без будь-якої потреби застосовувати до такої особи зовнішню схему ідентифікації, як наприклад, зі штрихкодом або RFID-міткою.

Таким чином, в результаті проведеного аналізу можна визначити, що основна проблема використання RFID – технології пов'язана із її глобальною технічною недосконалістю, адже вона не задовільняє всіх аспектів процесів життєдіяльності людини. Натомість, варто зазначити що розвиток сучасних технологій відбувається досить стрімко, що і передбачає поступове збільшення переваг таких систем та мінімізації їх недоліків.

1.4 Постановка завдання

Промоделювати мікрополоскову антену в середовищі AWR Design Environment методом кінцевих елементів без діелектричного заповнення при висоті.

За необхідними характеристиками необхідно забезпечити в робочій смузі частот, і кругову ліву і праву поляризацію.

Розташувати кріплення у вигляді стійки (діаметр 6 мм) в центрі антени, оскільки центр відповідає нульовому падінню напруги квадрат.

Для подальшого проектування мікрополоскової антени необхідно скористатися формулами (1.1), (1.2), (1.3), (1.4), (1.5) для розрахунку: центральної частоти, довжини хвилі, резонансного розміру, провідимості випромінювання, точки заживлення.

Розробити ескіз проектування, відобразити особливості проектування МПА і за розрахунковими даними створити проект антени.

Побудувати діаграму спрямованості в головних площинах, а також кутові та частотні залежності коефіцієнту еліптичності, КСВ після оптимізації, модуль коефіцієнта відбиття.

Відобразити особливості використання мікрополоскових антен в межах ефективної діяльності RFID-систем на сучасному етапі вдосконалення радіочастотної ідентифікації та їх широкого поширення.

1.5 Висновок

В першому розділі було розкрито питання глобальної інформатизації, а також завдання електронної безконтактної ідентифікації. А саме, перспективи радіочастотної ідентифікації, або RFID (Radio Frequency Identification). Розглянули, з яких компонентів складається RFID-система, що собою являє кожен із елементів системи, як відбуваються процеси радіочастотної ідентифікації. Розглянули класифікацію RFID-систем за інформаційною ємністю. Сформували три основні групи систем по використовуваній частоті, тобто діапазони частот, на яких працюють RFID-системи. Порівняли переваги та недоліки цих систем. Розглянули поняття та особливості RFID-мітки, як вона працює, через що проходить сигнал та які є способи роботи цих міток. Виділили два основних типи RFID-міток: активні і пасивні. Дізналися про відстань читання RFID-міток, типи використовуваної пам'яті, а також способи систематизації міток. Розкрили проблематику використання RFID-технологій.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Особливості мікрополоскових антен

Мікрополоскова антена (друкована антена, патч-антена, англ. Patch-antenna) є узкополосною антеною з широким діапазоном випромінювання. Фізично така антена має двовимірну геометрію, адже основним елементом патч-антени є плоска металева пластина («п'ятачок», від англ. Patch - латка). В простій мікрополосковій антени використовуються пластини полухвильової довжини, так що металева поверхня цих пластин діє як резонатор подібно напівхвильовому диполю. Можна також позначити, що мікрополоскова антена зазвичай виготовляється шляхом приміщення металевої пластини заданої форми на ізолюючому шарі діелектрику, подібно до того, як роблять друковані плати, з тією різницею, що на протилежній від пластини стороні діелектрика встановлюється суцільна металева підкладка, яка утворює заземлювальну поверхню. Така конструкція проста в розробці і недорога в виготовленні, а тому в деяких патч-антенах не використовується суцільний шар діелектрику, взамін чого металеві пластини встановлюються над металевою підкладкою на діелектричних прокладках[7]. Мікрополоскових антени можна знайти в багатьох сучасних комунікаційних пристроях, натомість особливо важливого значення вони набувають в RFID-системах. Також, вони використовуються в самих останніх поколіннях GPS-приймачів і мобільних телефонів, які стають все більш мініатюрними. Завдяки особливій конструктивній формі, мікрополоскові антени надають також певні переваги для систем RFID.

В своєму найпростішому вигляді мікрополоскові антени будуються на основі друкованої плати (наприклад, із фторопласта для більш високих частот), покритої металевим шаром з обох сторін, з яких одна сторона (нижня) виконує функції «заземлення». Зокрема, на верхній стороні формується прямокутний майданчик, на який подається НВЧ живлення або

за допомогою мікрополоскової лінії на тій же стороні), або за допомогою фідера через отвір в основній платі, або за допомогою проміжної підкладки, використовуючи ємнісний зв'язок. Натомість, довжина прямокутного майданчика визначає резонансну частоту антени, і якщо мікрополоскова антена працює на своїй резонансній частоті, різниця фаз між крайками прямокутного майданчика дорівнює точно 180° . На вхідних і вихідних крайках цієї прямокутного майданчика силові лінії поля знаходяться в фазі. Відповідно кромки поводяться подібно до двох синфазних порушених щілинами антен. Поляризація антени лінійна і паралельна поздовжній крайці, а тому при відповідному способі подачі енергії, мікрополоскових антен можна також використовувати з круговою поляризацією. Саме такого типу антени кругової поляризації і можуть бути використаними при створенні автоматичної системи обліку складської продукції для певної компанії, яка пропонує, наприклад, верстати слюсарні для виробничих потреб. А саме, щоб генерувати електромагнітні хвилі з круговою поляризацією, на випромінюючий елемент подаються сигнали з фазовим зрушенням на 90° тільки на дві кромки, які геометрично зміщені на 90° . Фактично, з'єднання мікросмужкових елементів в групі дозволяє збільшити спрямовану дію і коефіцієнт посилення антени, а тому щоб сформувати групову мікрополоскову антену, можна об'єднати окремі елементи, що випромінюються. В результаті такого об'єднання зростає посилення в порівнянні з окремим елементом[6].

Таким чином, гарантується синфазне живлення окремих елементів, а сам пристрій поляризується в напрямку відрізків з'єднувальних смужок.

За умови використання технології живлення друкованих плат виробництво мікросмужкових антен виходить недорогим і з високим рівнем відтворюваності. Можна також позначити, що якщо в середині великої металевої площині вирізати смужку довжиною $L/2$, то отримана щілина може бути використана як випромінювач щілинної антени для НВЧ і мікрохвильового діапазону. Ширина цієї щілини повинна бути набагато

менше її довжини, а базова точка такого випромінювача розміщується в середині його поздовжньої сторони. НВЧ живлення на таку антену зазвичай подається за коаксіальним кабелем.

Радіочастотні ідентифікаційні мітки (РІМ), що дозволяють ідентифікувати об'єкти за відгуком від модульованого квазі – монохромного імпульсу, мають велику перспективу в різних застосуваннях [1]. Вихідний імпульс генерує відгук від мітки у вигляді певного коду, що обумовлено порушенням поверхневих акустичних хвиль (ПАХ) в діелектричному п'єзокристалі РІМ з полосковою структурою. Імпульс збуджує поле під зустрічних перетворювачів (ЗП) з полосковою структурою і, відповідно, два імпульсу ПАХ, що поширюються в різних напрямках[5]. Затримані відбиті від штрих-кодових відбивачів імпульси приходять на перетворювач і випромінюються в простір антеною.

Зазвичай мітку виконують у вигляді кристала з ЗП і планарного відкритого півхвильового кільця на підкладці з малою діелектричною проникністю, а тому такий РІМ має істотні габарити і невисоку спрямованість. Варто позначити, що полоскова-діелектрична антена може мати планарну і непланарну структуру. В зв'язку з цим постають такі завдання моделювання антени: необхідно розрахувати вхідний імпеданс зазору, що визначає опір випромінювання і узгоджений з опором ЗП; необхідно отримати достатньо ізотропну діаграму спрямованості. Відомо, що інтегральне визначення опору випромінювання через випромінювану потужність дорівнює реальної частини вхідного імпедансу вібраторної антени, а тому, відповідно, імпеданс визначає радіаційну здатність. Імпеданс повинен бути узгоджений з опором ЗП, а саме комплексно пов'язаний з ним. Бажано зменшити габарити мітки, тому перспективні кристали ніобату лиття з великою діелектричною проникністю – близько 40.

Особливо важливим параметром є діаграма спрямованості (ДС), а для мітки вона повинна бути, за можливості, більш симетричною. Тому полоскову – діелектричну антену доцільно виконувати з переходами

полоскової структури антени на іншій грані кристала, виконаного у вигляді прямокутного паралелепіпеда. Розміри такого кристала порядку міліметрів, при цьому габарити антени зменшуються приблизно на порядок. Труднощі розрахунку полягають в тому, що полоскова структура має складну конфігурацію і лежить на підкладці з великою діелектричною проникністю, що знижує імпеданс. Висока діелектрична проникність підкладки призводить до того, що виникають дипольні моменти поляризації, орієнтовані за трьома напрямками. Фактично, це покращує рівномірність діаграми спрямованості, але призводить до ускладнення моделювання: замість інтегрального рівняння типу Галлена або Поклінгтона необхідно використовувати об'ємно-поверхневі інтегральні рівняння. Досить суворий розрахунок вимагає розв'язання задач великої розмірності.

В патч-антенах в основному використовуються пластини квадратної, прямокутної, кругової або еліптичної форми. Однак, можливо використання і будь-яких інших суцільних (безперервних) форм. Патч-антени характеризуються механічною міцністю і можуть мати форму, відповідну вигнутій поверхні транспортного засобу. Такі антени встановлюються на зовнішніх поверхнях літаків або космічних апаратів, а також вбудовуються в мобільні пристрої радіозв'язку. Вони мають високу поляризаційну вибірковість і можуть використовуватися для декількох точок харчування.

Переваги використання мікрополоскових антен :

- Висока точність виготовлення за рахунок використання технології фотодруку.
- Легкість інтеграції з іншими пристроями.
- Малі розміри антени підходять для портативних переносних пристроїв.
- Можливе отримання високого коефіцієнта спрямованої дії за рахунок застосування мікросмужкових решіток.
- Решітка патч-антен може використовуватися для отримання діаграми спрямованості, яку важко сформувати з використанням одноелементної антени.

- В комбінації з фазовращателями і перемикачами на рiп-діодах можуть використовуватися для розробки інтелектуальних антен (смарт-антен).

Недоліки використання мікрополоскових антен:

- Вузька робоча смуга частот (1%), в той час як для мобільних пристроїв потрібно 8%.
- Невисока ефективність, особливо, для короткозамкнених мікросмужкових антен.
- Складність реалізації деяких способів харчування (апертурний, безконтактний).
- Для решіток необхідна мережа ліній живлення, вплив яких знижує ефективність антени, оскільки живлять лінії знаходяться на тому ж рівні, що і антенні елементи.

Мікрополоскові антени з'явилися в 1980-х роках, а тому спочатку це була військова розробка, тому вартість не мала вирішального значення, однак вже в 1990-х ця технологія була також адаптована для пристроїв зв'язку як низьковитратна технологія. Однак ефективність мікрополоскових антен залишалася нижчою, ніж рефлекторних антен. Далі наводиться порівняння основних властивостей антен цих двох типів.

Мікрополоскові антени

- переважні для задач, де не потрібна висока спрямованість;
- мають меншу ефективність;
- одним з факторів зниження ефективності є наявність мережі ліній живлення;
- підходять для смарт-антен; в комбінації з фазовращателями забезпечують електронне сканування;
- велика точність у виготовленні за рахунок використання фотодруку;
- харчування здійснюється за допомогою двопровідних або коаксіальних ліній.

Рефлекторні антени

- переважні для задач, де потрібна висока спрямованість;

- Мають високу ефективність;
- Елементи кріплення опромінювача знижують ефективність антени;
- використовується механічне сканування;
- менша точність виготовлення; іноді поверхня відбивача має нерівності;
- потребують використання інших антен (дипольних, вібраторних, апертурних, тощо) в якості опромінювача.

Таким чином, особливості функціонування мікрополоскових антен відображаються умовами розвитку RFID-технологій та їх поширенням в сучасних векторах діяльності людини.

2.2 Специфіка використання мікрополоскових антен в RFID-системах

Параметри антен не залежать від того, чи використовуються антени для передачі або для прийому (принцип взаємності).

Якщо відомі властивості антени при використанні її для передачі, то ці властивості дозволяють повністю оцінити її як прийомну, і навпаки. До основних параметрів антен відносяться:

- діаграма спрямованості;
- вхідний опір;
- коефіцієнт спрямованої дії;
- коефіцієнт корисної дії;
- коефіцієнт підсилення;
- діюча довжина (висота);
- ширина смуги пропускання.

Натомість, для практичних цілей достатнє уявлення про спрямовані властивості антени можна отримати, знаючи її діаграми спрямованості в горизонтальній (азимутальній) і вертикальній (меридіональній) площинах[7]. Наприклад, можна проаналізувати введену в промислову експлуатацію складську систему обліку продукції для підприємства «Лайт ЕЛЕКТРОСНАБ», яке пропонує купити світлодіодну стрічку

водонепроникного типу і різне низьковольтне устаткування, відмінною рисою системи є використання антен з круговою поляризацією для надійного зчитування даних з міток на обладнанні. Більш важливою, особливо в НВЧ і мікрохвильовому діапазонах, є діаграма спрямованості в горизонтальній площині. Потужність, яку випромінює ізотропним джерелом, рівномірно розподіляється по площі сферичної поверхні, втім якщо проінтегрувати питому потужність S електромагнітної хвилі за площею всієї поверхні сфери, в результаті можна отримати потужність різного випромінюваного ізотропного джерела. Однак реальна антена, наприклад диполь, випромінюючи подається на неї енергію нерівномірно розподілену в різних напрямках. Зокрема, антена-вібратор зовсім не випромінює енергії в своєму осьовому напрямку, натомість якщо антена випромінює подається енергію з різною напруженістю в різних напрямках, тоді інтенсивність випромінювання S в кращому напрямку антени може бути більше, ніж для ізотропного джерела. Зокрема, максимальна отримана потужність, яка може бути виведена з антени, забезпечуючи оптимальну настройку і правильну поляризацію, пропорційну питомій потужності S надходить плоскої хвилі і ефективній апертурі. Ефективну апертуру можна розглядати як майданчик, розташований під прямим кутом до напрямку поширення плоскої хвилі, через яку проходить потужність P при заданій щільності випромінювання S .

З діаграмою спрямованості пов'язані такі параметри антени:

1. Коефіцієнт спрямованої дії антени - характеризує виграш потужності в навантаженні завдяки спрямованим властивостям антени і відображає відношення потужності, яку розвиває антена на навантаженні, до потужності, що розвивається на тому ж навантаженні уявним ненаправленим (ізотропним) випромінювачем при одній і тій же напруженості електромагнітного поля в точці прийому. При цьому передбачається, що антена орієнтована на максимум прийому.

2. Коефіцієнт корисної дії антени характеризує втрати потужності в антені і відображає відношення потужності випромінювання до суми

потужностей випромінювання і втрат, тобто до повної потужності, яка підводиться до антени радіо–передаючої станції від передавача, а тому чим менше опір випромінювання R_r і чим більше опір втрат R_p , тим нижче коефіцієнт корисної дії. Антени НВЧ і мікрохвильового діапазонів мають коефіцієнт корисної дії, близький до одиниці.

3. Коефіцієнт посилення антени за потужності K_p характеризує реальний виграш щодо потужності в навантаженні, яке дається даною антеною в порівнянні з ненаправленим випромінювачем, з урахуванням спрямованих властивостей антени і втрат в ній. Коефіцієнт посилення антени тим більше, чим менше ширина діаграми спрямованості і рівень задніх і бічних пелюсток. Натомість, в довідковій літературі часто вказують коефіцієнт посилення по відношенню до напівхвильового вібратора, а не до ізотропного випромінювача. Важливою характеристикою мікрополоскової антени є вхідний опір (вхідний імпеданс) антени, яке визначається як відношення напруги до струму на затискачах антени. Ширина смуги пропускання антени - смуга частот, в межах якої нерівномірність частотної характеристики (залежність напруги на навантаженні від частоти) не перевищує заданої. Ширина смуги пропускання тим більше, чим менше залежать від частоти коефіцієнт посилення і вхідний опір антени.

Таким чином, можна позначити, що в системах RFID зазвичай немає фіксованої взаємної орієнтації між антеною мобільного транспондера і антеною зчитувача, а тому це може привести до випадкових змін дальності зчитування, які можуть бути великими і непередбачуваними. Дану проблему можна вирішити шляхом використання в антені зчитувача кругової поляризації. Саме антени даного типу були використані при впровадженні RFID-системи обліку складської продукції для компанії «ЕрПлюс», яка пропонує декоративні панелі і теплоізоляційні плити. Для отримання кругової поляризації два диполя монтуються в формі хреста, а один з цих двох диполів підключений до джерела живлення через лінію затримки із зсувом на 90° . Напрямок поляризації електромагнітного поля, що

генерується таким чином, змінюється на 360° в міру того, як хвильовий фронт переміщується вперед на одну довжину хвилі, однак напрямок обертання поля може бути задано відповідним підключенням лінії затримки.

Сьогодні, розрізняють ліву і праву кругову поляризацію, а тому для пари антен з лінійної і кругової поляризацією слід враховувати втрати поляризації - при цьому вони не залежать від напрямку поляризації антени транспондера. Енергія, яка транспортується електромагнітної хвилею, запасена в електричному і магнітному полях цієї хвилі, тому існує певне співвідношення між інтенсивністю випромінювання S і напруженням E і H взаємопов'язаних електричного і магнітного полів. Електричне поле з напруженістю E розташовується під прямим кутом стосовно до магнітного поля з напруженістю H . Електромагнітна хвиля, що випромінюється антеною в навколишній простір, зустрічає різні об'єкти. Частина високочастотної енергії, що досягає об'єкта, поглинається цим об'єктом і перетворюється в тепло; інша енергія відбивається в різних напрямках. Невелика частина відбитої енергії повертається назад до антени джерела, а сама радіолокаційна технологія використовує це відображення для вимірювання відстані і положення віддалених об'єктів.

В системах RFID зворотне відображення електромагнітних хвиль використовується для передачі даних від радіочастотної мітки до зчитувача. Оскільки відбивні властивості об'єктів зазвичай зростають зі збільшенням частоти, ці системи використовуються переважно в діапазонах частот 868 МГц (Європа), 915 МГц (США), 2,45 ГГц і вище.

2.3 Проектування мікрополоскової антени

Моделювання буде виконуватися в середовищі AWR Design Environment методом кінцевих елементів без діелектричного заповнення при висоті.

За необхідними характеристиками необхідно забезпечити в робочій смузі частот, і кругову ліву і праву поляризацію. Кріплення у вигляді стійки, діаметром 6 мм буде розташовуватися в центрі МПА, оскільки центр відповідає нульовому падінню напруги квадрат. Для подальшого проектування варто скористатися наближеними формулами для розрахунку мікрополоскової антени:

- Центральна частота

$$f^0 = f^n + \frac{f^B - f^H}{2} = 2400 + \frac{2484 - 2440}{2} = 2442 \text{ МГц} \quad (1.1)$$

- Довжина хвилі

$$\lambda = \frac{c}{f^0} + \frac{3 * 10^8}{2.442 * 10^9} = 122,8 \text{ мм} \quad (1.2)$$

- Резонансний розмір

$$W = \frac{0,48 * \lambda}{E} = \frac{0,48 * 12,28}{1} = 58,9 \text{ мм} \quad (1.3)$$

- Проводимість випромінювання

$$G = \frac{\pi}{377} = \frac{W}{\lambda} = \frac{W}{\lambda} \quad (1.4)$$

- Точка заживлення

$$y^0 = \frac{W * \arccos 2 * R^{bx} * G}{\pi} = 16,2 \text{ мм} \quad (1.5)$$

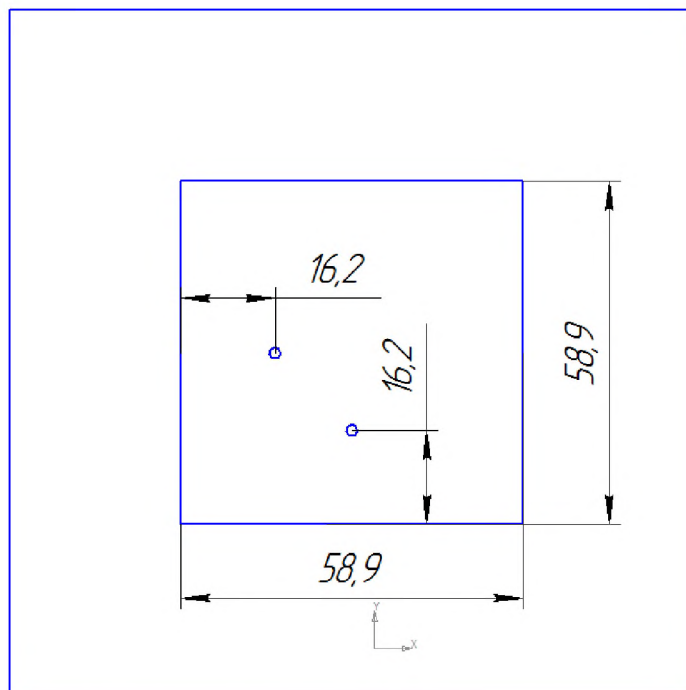


Рисунок 2.1 – Ескіз проектування

Варто відобразити особливості проектування МПА і за розрахунковими даними створити проект антени.

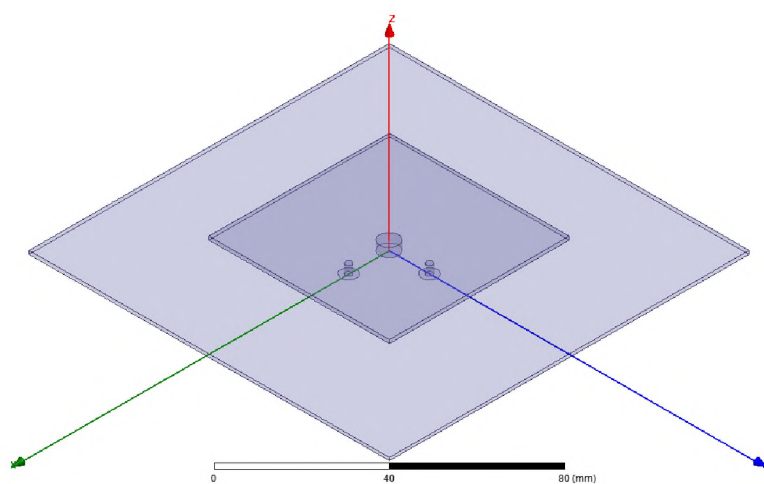


Рисунок 2.2 – Модель мікрополоскової антени, виконана за розрахунковими розмірами

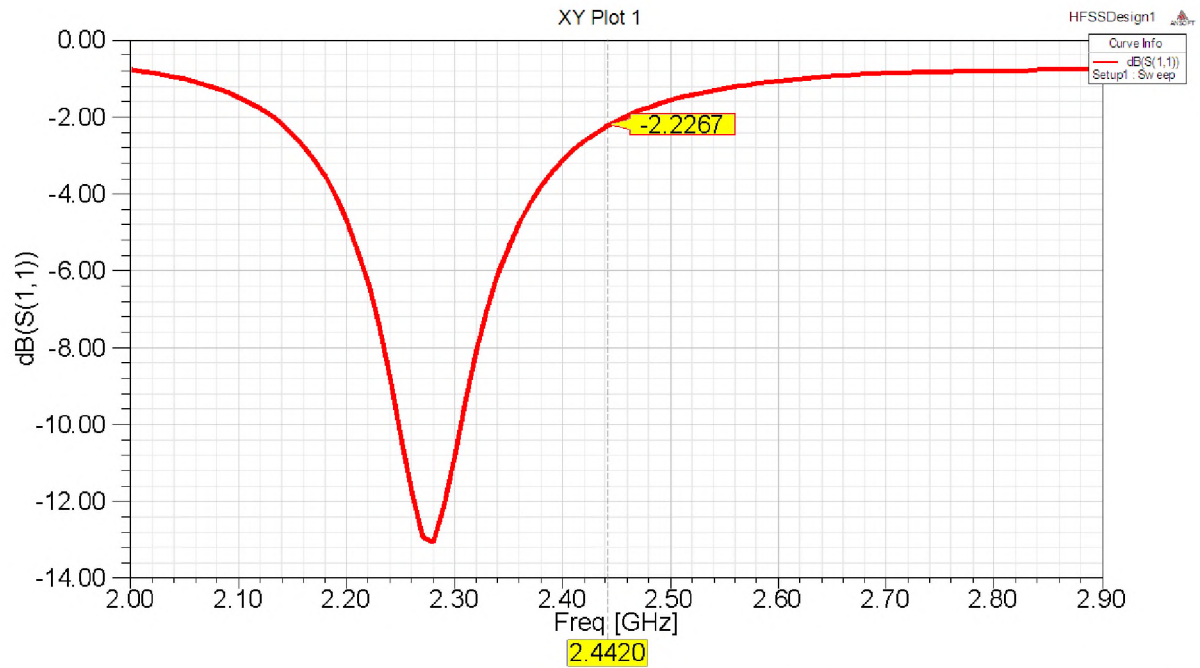


Рисунок 2.3 – Модуль коефіцієнта відбиття для моделі, виконаної за розрахунковими розмірами

Як видно з наведеного графіка (рис. 1.3), робоча частота не відповідає необхідній. Зміною точки живлення і резонансного розміру доб'ємося роботи антени на необхідну частоту.

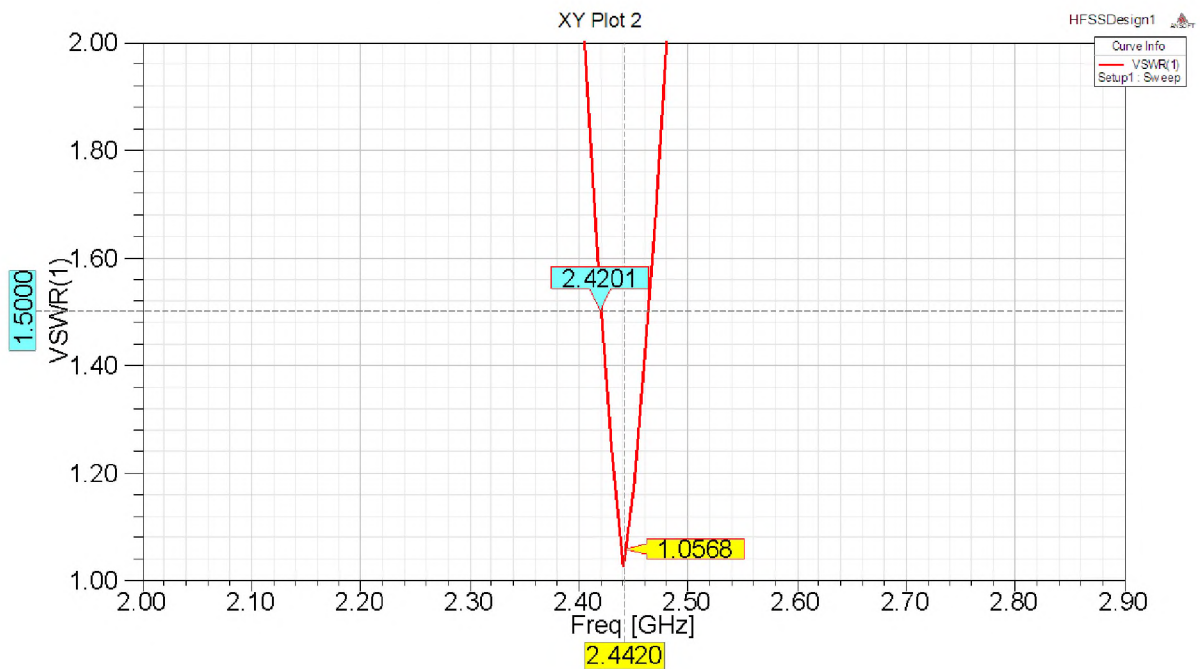


Рисунок 2.4 – Частотна залежність КСВ після оптимізації

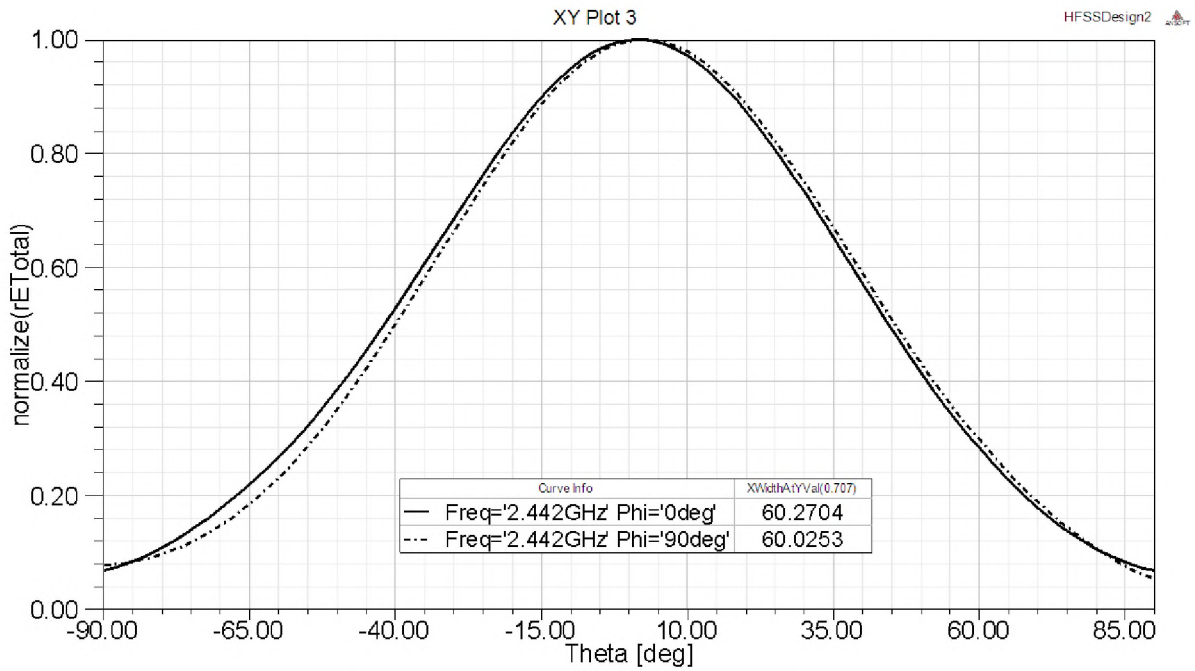


Рисунок 2.5 – Діаграма спрямованості в головних площинах

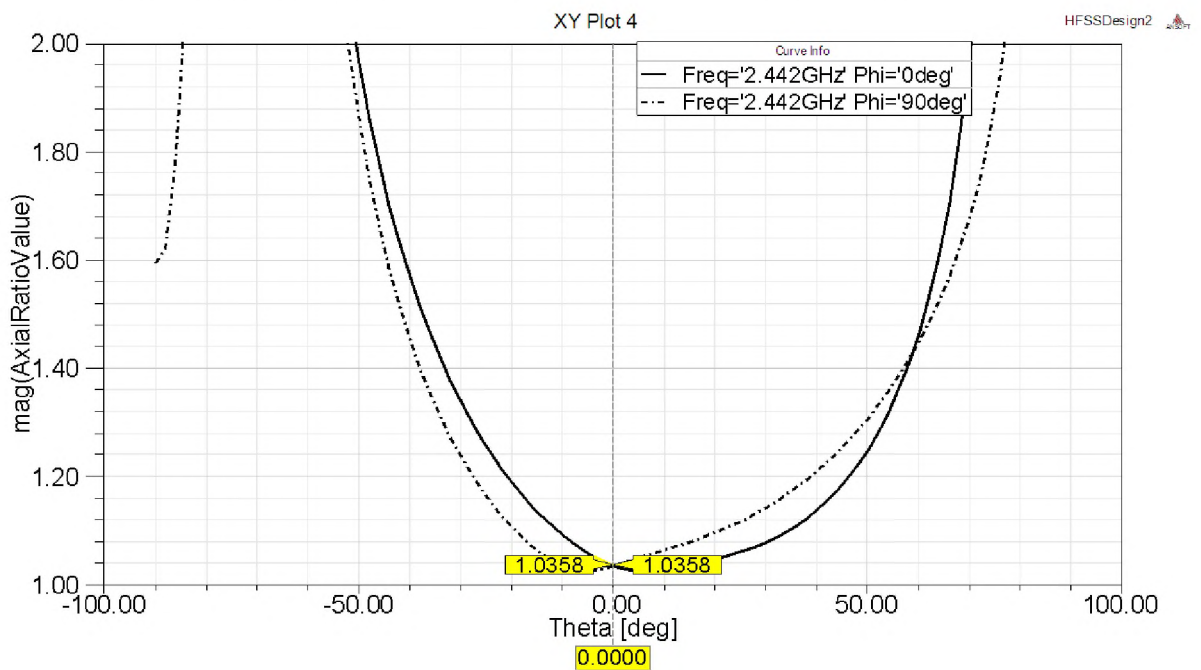


Рисунок 2.6 – Кутова залежність коефіцієнта еліптичності

За умови побудованої частотної залежності КСВ (рис. 1.4) після оптимізації у резонансному розмірі, і точці живлення, видно, що вдалося домогтися роботи МПА на необхідну частоту (КСВ на робочій частоті становить 1,05), натомість смуга за рівнем КСВ = 1,5 не відповідає вимогам. В зв'язку з цим, необхідно застосувати пасивний елемент для забезпечення

широкосмугового. Такий елемент буде служити як другий випромінювач, закріплений на загальній стійці, в центрі антени, яка не впливає на поляризацію. При додаванні пасивного елемента на діаграмі Вольперт-Сміта утворюється петля, а тому при зміні висоти від першого випромінювача регулюється радіус утвореної петлі, а при зміні резонансного розміру відбувається зміщення за частотою.

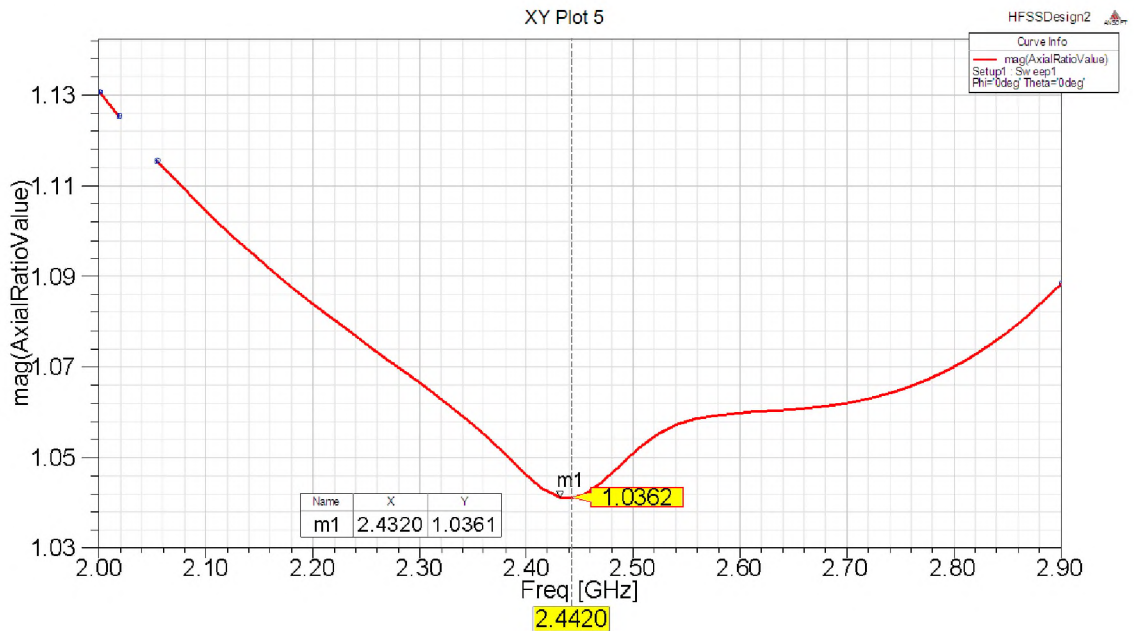


Рисунок 2.7 – Частотна залежність коефіцієнта еліптичності

Таким чином, побудовані діаграми спрямовуються в площині і відображена широта КЕ за рівнем 0, 707. Ширина діаграми спрямованості відповідає градусам, а вони, в свою чергу – відповідають рівню. Натомість, побудовані кутові та частотні залежності коефіцієнту еліптичності, оскільки сама дана використана ідеальна варіація фаз реалізує найбільш подібне до значення коефіцієнту еліптичності.

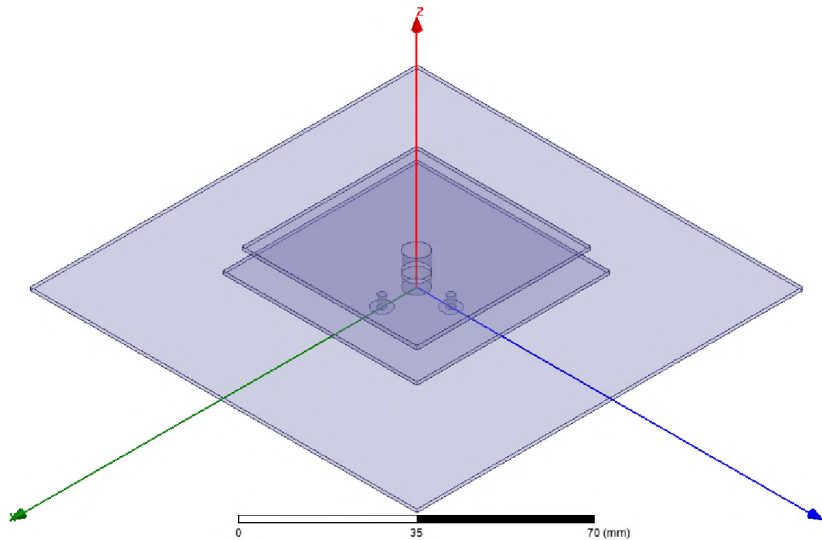


Рисунок 2.8 – Модель широкопалосової мікропалосової антени

Відображаючи розміри пасивного елемента та висоти над першим, випромінювання потрібно узгодити за допомогою напів-хвильового або чверть-хвильового трансформатора, переміщаючи петлю в центр.

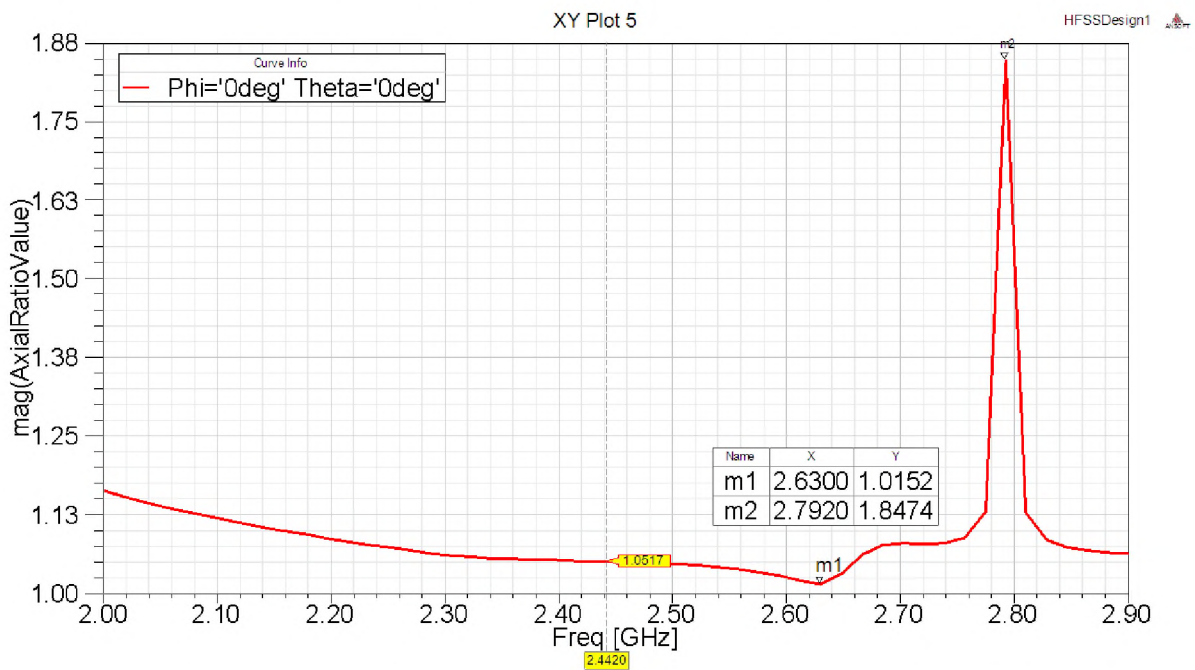


Рисунок 2.9 – Частотна залежність коефіцієнта еліптичності

Таким чином, при додаванні пасивного елемента в межах робочого діапазону зберігається КЕ, хоча на частоті 1847 МГц з'являється стрибок КЕ, обумовлений порушенням пасивного елемента (резонансний розмір менше, отже, резонансна частота більше). А тому можна відобразити особливості

використання мікрополоскових антен в межах ефективної діяльності RFID-систем на сучасному етапі вдосконалення радіочастотної ідентифікації та їх широкого поширення.

2.4 Висновок

У приведеному розділі розглянули особливості мікрополоскових антен. А саме: що собою представляє мікрополоскова антена, з чого вона виготовляється, яка її конструкція і структура та де вона використовується. Розглянули, які є параметри мікрополоскової антени, порівняли їх переваги та недоліки. Порівняли основні властивості мікрополоскової та рефлекторної антени.

Розглянули специфіку використання мікрополоскових антен. Спроекували мікрополоскову антену в середовищі AWR Design Environment методом кінцевих елементів без діелектричного заповнення при висоті. За необхідними характеристиками забезпечили в робочій смузі частот кругову, ліву і праву поляризацію. Розраховали по формулам наступні параметри: центральну частоту, довжину хвилі, резонансний розмір, провідність випромінювання, точку заживлення.

3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Підвищення ефективності використання мікрополоскових антен

Мікрополоскова антена складається з активного, пасивного випромінювача, діелектричної підкладки, чотирьох коаксіальних входів / виходів і двох резисторів. Схема живлення розташовується на зворотному боці діелектричної підкладки, а екраном, зазвичай, служить зворотний металізована сторона діелектричної підкладки.

Таке розташування схеми живлення та випромінювальних елементів дозволяє розв'язати ці елементи і не допустити можливості взаємного впливу елементів конструкції. Активний і пасивний випромінювачі закріплені в центрі, в точці нульового потенціалу, на відстані від екрану $0,025$ середньої довжини хвилі, маючи зазор між активним і пасивним випромінювачами, рівний $0,05$ середньої довжини хвилі.

Порушення активного випромінювача здійснюється в двох точках через штир за допомогою несиметричною полосковою лінією передачі. Схема живлення розташовується на зворотному боці від випромінювачів і складається з мостових ділянок і узгоджувальних пристроїв.

Натомість, перехід від канонічних форм мікросмушкових антен до ускладнених геометричних форм дозволяє одночасно вирішити завдання узгодження активної та компенсації реактивних компонентів вхідного опору, забезпечення необхідної поляризації випромінювання, зручності поєднання окремих випромінюючих елементів в антенні решітки.

Проте застосування мікрополоскових антен різноманітних форм ускладнює теоретичний аналіз таких електродинамічних структур.

Зокрема, одним із серйозних недоліків мікрополоскових антен є їх вузька спрямованість.

Таким чином, їх резонансна частота визначається розмірами, які вибираються кратною резонансною довжиною хвилі. І тому, вже при

незначному відхиленні частоти, ефективність прийому різко падає. Розширення робочої смуги частот можна домогтися, використовуючи випромінюючі елементи.

Спосіб визначення резонансної частоти, однак, приводить до збільшення площі антени, що небажано через значні втрати сигналу в мікросмужковій лінії.

Так, на частотах 11-12 ГГц вони становлять 2 – 6 дБ, а робоча смуга може бути розширена і за рахунок використання більш товстого діелектричного шару, що призводить до збільшення бічних пелюстків діаграми спрямованості.

Отже, можна позначити, що в системах RFID широко застосовуються мікрополоскові антени не лише вібраторного і резонаторного, але і щілинного типу.

Клас щілинних антен досить великий як за конструктивними особливостями виконання, так і за областями їх застосування. Підвищенню інтересу до щілинних антен сприяє розвиток мікрополоскових технологій.

Відмінною особливістю щілинних антен є висока ступінь інтеграції з іншими мікрополосковими НВЧ схемами. Натомість, саме дослідження електродинамічних властивостей випромінюючих структур на базі щілинних ліній передачі представляє собою важливу задачу, оскільки служить базою для створення нових мініатюрних антен із заданими параметрами.

Таким чином, оптимізація використання мікрополоскових антен в сучасних RFID-системах відображається найбільшими тенденціями щодо мінімізації розмірів таких систем, зокрема і за рахунок зменшення самих антен, так і за рахунок зменшення загальної вартості стосовно використання RFID – систем та їх запровадження на сучасному етапі розвитку процесів та систем радіочастотної ідентифікації.

3.2 Техніко-економічне обґрунтування розробки мікрополоскових антен.

В даному розділі проводяться економічні розрахунки витрат на розробку і моделювання в середовищі AWR Design Environment моделі мікрополоскової антени методом кінцевих елементів без діелектричного заповнення при висоті.

Таким чином, з'явиться можливість проаналізувати час та витрати на розробку і дослідження моделі мікрополоскової антени, а також можливість орієнтуватися на вибір антени не лише з технічної, але й з економічної сторони.

3.3 Визначення трудомісткості розробки моделі мікрополоскової антени.

Трудомісткість – один з показників продуктивності праці, він являє собою суму затрат живої праці на виробництво одиниці продукції. Трудомісткість обернено пропорційна показнику продуктивності праці (кількості продукції, що виробляється за одиницю робочого часу). Поняття трудомісткості тісно пов'язане з поняттям капіталоємності (показник, який характеризує обсяги основного капіталу або основних фондів для випуску продукції, послуг і визначається діленням вартості основних фондів на обсяг продукції у грошовому вираженні, випущеної за рік) [23].

Трудомісткість при розробці і моделюванні мікрополоскових антен для систем RFID-мітки визначається тривалістю кожної робочої операції (таблиця 3.1), починаючи зі збору та аналізу необхідної інформації і закінчуючи оформленням документації (за умови роботи одного чоловіка):

$$t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10} + t_{11} + t_{12} \quad (3.1)$$

Оцінка витрат праці на збір і аналіз інформації залежить від конкретних умов і визначається на основі експертних оцінок. Зважаючи на

той факт, що дослідження, пов'язані з обробкою складних сигналів в телекомунікаційних системах, охоплюють великий пласт інформації, представимо результати трудомісткості кожної операції в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Тривалість кожної робочої операції

Робоча операція	Тривалість
1.Збір і аналіз інформації	$t_1=36$ години
2. Постановка задачі	$t_2=1$ години
3. Складання технічного завдання	$t_3=4$ годин
4. Аналіз технічного завдання.	$t_4 =6$ годин
5. Визначення основних параметрів антени	$t_5=12$ годин
6. Аналіз методів побудови мікрополоскових антен	$t_6=13$ годин
7. Вибір вхідного опору антени	$t_7=2$ години
8. Вибір коефіцієнта підсилення	$t_8=1$ година
8. Визначення ширини смуги пропускання	$t_9=3$ години
9. Налаштування програми на ЕОМ	$t_{10}=6$ годин
10. Розробка ескізу проектування МПА	$t_{11}=24$ годин
11. Побудова моделі МПА за розрахунковими розмірами	$t_{11}=18$ годин
12. Підготовку документації по завданню	$t_{12}=10$ годин

Отже, трудомісткість при розробці і моделюванні мікрополоскових антен для систем RFID-мітки., що розраховується за формулою 3.1, складатиме:

$$t = 36+1+4+6+12+13+2+1+3+6+24+18+10=136 \text{ людино-годин.}$$

3.4 Визначення середньої заробітної плати інженера-розробника

Інженер-розробник радіоелектронних пристроїв забезпечує побудову архітектури цифрової та аналогової частин радіоелектронних пристроїв, складання технічного завдання на окремі електронні модулі, проведення електродинамічного розрахунку розподілених схем (ліній передачі, антен, інших СВЧ, НВЧ пристроїв), складання протоколів тестування, аналіз на відповідність розрахунковим характеристикам, і підготовка звітів, тощо.

Підрахунок середньої заробітної плати:

- Розрахуємо середню заробітну плату за один місяць за формулою:

$$ЗП_{\text{сер}} = ЗП_{\text{рік}} / 12 \quad (3.2)$$

$$ЗП_{\text{сер}} = 200400 / 12 = 16700 \text{ грн/місяць}$$

- Розрахуємо середню заробітну плату за одну годину роботи, з урахуванням 8-ми годинного робочого графіку на добу і 5-ти денній робочій тиждень:

- Кількість робочих годин в місяць (підрахунок за місяць червень (30 днів в місяці)): 168 год/місяць;

- Середня заробітну плату за одну годину роботи становить: 99 грн/годину.

3.5 Розрахунок витрат на заробітну плату

Заробітна плата (оплата праці працівника) - винагорода за працю залежно від кваліфікації, складності, обсягу, якості та умов виконуваної роботи, а також компенсаційні та стимулюючі виплати. Заробітна плата - грошова компенсація, яку працівник отримує в обмін на свою працю.

Заробітна плата виконавця враховує основну і додаткову заробітну плату, а також відрахування на соціальні потреби (пенсійне страхування,

страхування на випадок безробіття, соціальне страхування тощо) і визначається за формулою:

$$Z_{\text{зп}} = t \cdot Z_{\text{ит}}, \text{ грн}, \quad (3.3)$$

де t – загальна тривалість при розробці та моделюванні мікрополоскових антен для систем RFID-мітки., годин;

$Z_{\text{ит}}$ – середньогодинна заробітна плата інженера в галузі телекомунікацій, грн/годину [23].

$$Z_{\text{зп}} = 136 \cdot 99 = 13464 \text{ грн.}$$

3.6 Розрахунок витрат на необхідне програмне та апаратне забезпечення

Розрахунок витрат на необхідне програмне та апаратне забезпечення при розробці та моделюванні мікрополоскових антен для систем RFID-мітки наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.2 – Вартість необхідного програмного та апаратного забезпечення

Найменування	Вартість, грн
Ноутбук Acer Aspire ES 15 ES-532G-P1Q4	16999,00
Миша Esperanza EGM201G	499,00
Операційна система Microsoft Windows 10 Pro, 64-bit	4590,00
AWR Design Environment	3760,00
Разом:	25848,00

Отже, витрати на необхідне програмне та апаратне забезпечення становлять 25848 гривень.

3.7 Розрахунок капітальних витрат

Під капітальними витратами розуміють усі витрати, які забезпечують підготовку й реалізацію проекту, включаючи формування або збільшення

основних та оборотних коштів. Вони не мають на меті дати прибуток принаймні протягом року і є довгостроковими вкладеннями. Залежно від виду і форм капітальних витрат значення їх показників матиме різний економічний сенс.

Це витрати на придбання довгострокових активів, які функціонують протягом тривалого періоду, з поступовою амортизацією ціни. До капітальних витрат звичайно відносять початкову вартість будівель та споруд (або крокові витрати на їх встановлення); вартість нових видів машин та механізмів; придбання обладнання та приладів (крім малокоштовних та швидкозношувальних); вартість придбаних нематеріальних активів (патентів, ліцензій), що належать до поступового списання тощо [5].

Таким чином, капітальні витрати на розробку і моделювання в середовищі AWR Design Environment моделі мікрополоскової антени є сумою витрат на заробітну плату і витрат на необхідне програмне та апаратне забезпечення.

$$13464 + 25848 = 39312 \text{ грн.}$$

3.8 Висновок

В економічному розділі було розраховано кількість часу, що необхідно для розробки в середовищі AWR Design Environment моделі мікрополоскової антени для систем RFID-мітки, заробітну плату інженера-розробника, витрати на необхідне програмне та апаратне забезпечення, на основі чого було зроблено висновок, що сума капітальних витрат складає 39312 грн.

ВИСНОВКИ

В результаті проведеного дослідження було визначено особливості застосування мікрополоскових антен в RFID–системах на сучасному етапі науково–технічного прогресу, зокрема в межах підвищення інтересу до використання систем радіочастотної ідентифікації. А тому, актуальність даного дослідження чітко обумовлена потребами суспільства як в межах підприємницької діяльності, так в межах логістичних операцій, так в межах авіаційного моніторингу так і в багатьох інших сферах життєдіяльності людини.

У відповідності до мети дослідження було проведено комплексний та детальний аналіз особливостей функціонування RFID –систем, специфіки формування та застосування RFID –міток, а також умов використання мікрополоскових антен в процесі радіочастотної ідентифікації.

Таким чином, у відповідності до мети дослідження було реалізовано наступні завдання, які посприяли більш детальному та комплексному аналізу проблематики предмету дослідження, а саме:

- визначено загальнотеоретичну характеристику RFID –технологій;
- позначено сутність сучасних RFID –систем;
- охарактеризовано поняття та особливості RFID –мітки, як важливого структурного компоненту RFID –системи;
- проаналізовано проблематику використання RFID –технологій;
- проведено дослідження і моделювання особливостей використання мікрополоскових антен;
- досліджено особливості мікрополоскових антен;
- зазначено специфіку використання мікрополоскових антен в RFID –системах;
- реалізовано проектування мікрополоскової антени;
- позначено основні методи оптимізації ефективного використання RFID–системи;
- визначено способи усунення колізій в RFID –системах;

- зазначено способи підвищення ефективності використання мікрополоскових антен;

Отже, в результаті роботи було проаналізовано основні аспекти використання RFID –систем та зазначено проблематику вдосконалення та масового запровадження RFID –технологій. Також, було визначено роль мікрополоскових антен в процесі функціонального вдосконалення процесів радіочастотної ідентифікації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Організація протидії технічним засобам розвідки в автоматизованих системах управління з елементами радіочастотної ідентифікації / Васильєв С. В., Сілкін А. Т., Тікменова І. В., Уткін А. В. Науково-методичні матеріали досліджень, праці семінарів і науково-технічних конференцій з ЦНДІ МО РФ. Книга 12. Москва: ЗЦНП МО РФ, 2008. С. 38–41.
2. Nochta Z., Staake T., Fleisch E. 2006. Product specific security features based on RFID technology. In Proceedings, International Symposium on Applications and the Internet Workshops – SAINTW '06. Pp. 72–75.
3. European Patent Convention. European Patent Office. URL: <http://www.epo.org/law-practice/legal-texts/html/epc/2010/e/index.html>.
4. Севастьянова Б. А. Зроблені шифри: Вступне слово чл.-кор. РАН Москва: Геліос АРВ, 2013. 160 с. Іл. С. 11–16.
5. Sarma Sanjay E., Weis Stephen A., Engels Daniel W. RFID Systems and Security and Privacy Implications, Auto-ID Center, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA 02139. B. S. Kaliski Jr. et al. (Eds.): CHES 2002 LNCS 2523. 2017. Pp. 454–469.
6. Maricel O. Balitanas and Taihoon Kim Review: Security Threats for RFID-Sensor Network AntiCollision Protocol. International Journal of Smart Home. 2010. Vol. 4. № 1. January. Pp. 23–36.
7. Liang Y., Rong C. Strengthen RFID Tags Security Using New Data Structure. International Journal of Control and Automation. 2018. Vol. 3. № 4. Pp. 51–58.
8. Гімпілевич Ю.Б. Розробка критерію оптимальності розміщення антен при реалізації комбінованого методу просторової двовимірної RFID-локалізації / Ю.Б. Гімпілевич, Д.О. Савочкін. Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи : Міжнар. наук.-техн. конф., 16–22 берез. 2015 р. : матеріали конф. – Київ, 2015. – С. 169–171.
9. Савочкін Д.О. Метод просторової RFID-локалізації на основі комбінування алгоритмів та видів вимірювальної інформації / Д.О. Савочкін //

- Радіоелектроніка і молодь в ХХІ столітті : 19-й Міжнар. молодіж. форум, 20–22 квіт. 2015 р. : матеріали форуму. – Харків, 2015. – Т. 3. – С. 98–99.
10. Савочкін Д.О. Моделювання вимірювальної інформації виду received signal strength пасивних RFID-міток / Д.О. Савочкін. Проблеми телекомунікацій : 9-а Міжнар. наук.-техн. конф., 21–24 квіт. 2015 р. : збірник матеріалів конф. – Київ, 2015. – с. 214–216.
11. Савочкін Д.О. Евристична оптимізація розміщення антен у системі двовимірної просторової локалізації / Д.О. Савочкін. Проблеми телекомунікацій : 9-а Міжнар. наук.-техн. конф., 21–24 квіт. 2015 р. : збірник матеріалів конф. – Київ, 2015. – С. 211–213.
12. Lluís Jofre Roca, Marta Martínez-Vázquez, Raquel Serrano «Handbook on Small Antennas» published by EurAAP Technical Working Group on Compact Antennas, 2012, 716 с.
13. Girish Kumar, K. P. Ray « Broadband Microstrip Antennas», Artech House antennas and propagation library, 2003, 432 с.
14. Б.А.Панченко, Е.И.Нефёдов. Микроразомосковые антенны. – М.: Радио и Связь, 1986, 144 с.
15. С.Е.Банков, Э.М. Гутцайт, А.А.Курушин. Решение оптических и СВЧ задач с помощью HFSS. – Москва Оркада, 2012, 242 с.
16. Anandan, S. K., P. K. Mohanan, and K. G. Nair, «Broadband Gap-Coupled Microstrip Antenna» IEEE Trans. Antennas Propagation, Vol. AP-38, 1990.
17. Хаханов В.И., Филиппенко И.В. Современные системы и проблемы идентификации. Автоматизированные системы управления и приборы автоматики No136, 2006, – 45-50с.
18. Хаханов В.И., Филиппенко И.В. Особенности построения систем радиочастотной идентификации. Восточно- европейский журнал передовых технологий No6/3 (36), 2008, –9-12с.
19. Lluís Jofre Roca, Marta Martínez-Vázquez, Raquel Serrano «Handbook on Small Antennas» published by EurAAP Technical Working Group on Compact Antennas, 2012, 716 с.

20. Girish Kumar, K. P. Ray « Broadband Microstrip Antennas», Artech House antennas and propagation library, 2003, 432 с.
21. Б.А.Панченко, Е.И.Нефёдов. Микроразомкнутые антенны. – М.: Радио и Связь, 1986, 144 с.
22. С.Е.Банков, Э.М. Гутцайт, А.А.Курушин. Решение оптических и СВЧ задач с помощью HFSS. – Москва Оркада, 2012, 242 с.
23. Anandan, C. K., P. K. Mohanan, and K. G. Nair, «Broadband Gap-Coupled Microstrip Antenna» IEEE Trans. Antennas Propagation, Vol. AP-38, 1990.
24. Подторжнов О.М., Воробьева З.М. Печатные полосковые антенны (Патенты США, Англии, Франции, ФРГ, Японии). Обзоры по электронной технике. Серия: «Электроника СВЧ», вып. 8(902). — М.: ЦНИИ «Электроника», 1982, 54 с.;
25. Веселов Г.И., Егоров Е.Н., Алехин Ю.Н. и др. Микроэлектронные устройства СВЧ. Учеб. пособие для радиотехнических специальностей ВУЗов. — М.: Высш. шк., 1988, 280 с.;
26. Проектирование полосковых устройств. Учебное пособие, Ульяновский государственный технический университет, 2001, 129 с.;
27. Князев В.К., Сидоров Н.А., Курбанов В.Г., Касьянов Г.В.. Радиационная стойкость материалов радиотехнических конструкций. Под редакцией Князев В.К., Сидоров Н.А.. – М.: «Сов. радио», 1976, 568 с.
28. Воскресенский Д.И., Гостюхин В.Л., Максимов В.М., Пономарев Л.И.. Устройство СВЧ и антенны/ Под редакцией Воскресенского Д.И.. Изд. 3-е, исп. и доп. – М.: Радиотехника, 2008, 384с.;
29. Нефёдов Е.И.. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства. Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. — М.: Издательский центр «Академия», 2010, 320 с.;
30. Панченко Б.А., Нефёдов Е.И.. Микроразомкнутые антенны. — М.: Радио и связь, 1986, 144 с.;

ДОДАТОК А. Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№	Формат	Найменування	Кількість листів	Примітки
<i>Документація</i>				
1	A4	Реферат	3	
2	A4	Список умовних скорочень	1	
3	A4	Зміст	1	
4	A4	Вступ	1	
5	A4	Стан питання. Постановка задачі	24	
6	A4	Спеціальна частина	16	
7	A4	Економічний розділ	7	
8	A4	Висновки	2	
9	A4	Перелік посилань	3	
10	A4	Додаток А	1	
11	A4	Додаток Б	1	
12	A4	Додаток В	1	
12	A4	Додаток Г	1	

ДОДАТОК Б. Перелік документів на оптичному носії

1. Пояснювальна записка на 64 с.
2. Презентація Коломойця Артема.pptx

**ДОДАТОК Г. Відгук керівника кваліфікаційної роботи
ВІДГУК
на кваліфікаційну роботу бакалавра за темою:
«Розробка та моделювання мікросмушкових антен для систем RFID-
мітки за допомогою програми AWR Design Environment»
студента групи 172-17ск-1 Коломоїця Артема Вікторовича**

Пояснювальна записка складається зі вступу, трьох розділів і висновків, розташованих на 64 сторінках.

Мета кваліфікаційної роботи є актуальною, оскільки вона направлена на детальний аналіз особливостей розробки та моделювання мікросмушкових антен RFID-міток. Автор зумів відобразити вищезгадану специфіку, аргументовано обґрунтував актуальність теми свого дослідження.

Характеризуючи роботу необхідно відзначити, що вибрана автором логіка дослідження, послідовність і зміст розділів дають змогу якісно розкрити тему.

В економічному розділі визначено трудомісткість в розробці моделі RFID-мітки також визначено середню заробітну плату спеціаліста в галузі телекомунікацій.

Рівень запозичень у кваліфікаційній роботі відповідає вимогам "Положення про систему виявлення та запобігання плагіату".

Як зауваження необхідно відзначити деякі стилістичні неточності та недостатню проробку окремих питань.

В цілому кваліфікаційна робота бакалавра заслуговує оцінки «задовільно», а її автор присвоєння кваліфікації «Бакалавр з телекомунікації та радіотехніки».

**Керівник спеціальної частини,
асистент кафедри БІТ**

Ю.П. Рибальченко

**Керівник роботи,
к.ф.-м.н., проф. кафедри БІТ**

О.О. Сафаров