

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

На правах рукописи

УДК 621.396.669

ПЛУТАХИНА
Ирина Анатольевна

**ЗАЩИТА СИСТЕМ РАДИОЧАСТОТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ
ОБЪЕКТОВ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОМЕХ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание степени магистра техники и технологии
по специальности 1-39 81 01 Компьютерные технологии проектирования
электронных систем

Научный руководитель
Лихачевский Дмитрий Викторович
канд.техн.наук, доцент

Минск 2015

Работа выполнена на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель:

Лихачевский Дмитрий Викторович,
кандидат технических наук, доцент, декан факультета компьютерного проектирования учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент:

Павлюковец Сергей Анатольевич,
кандидат технических наук, заведующий кафедрой химии учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Защита диссертации состоится «22» июня 2015 г. года в 10⁰⁰ часов на заседании Государственной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г.Минск, ул. П.Бровки, 6, 1 уч. корп., ауд. 415, тел.: 293-20-88, e-mail: kafpiks@bsuir.by.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время радиочастотная идентификация (*RFID* по принятой международной терминологии) является одной из быстро развивающихся технологий в области беспроводных коммуникаций ближнего действия.

Ключевыми элементами в любой системе *RFID* являются опрашивающее приемо-передающее устройство, или ридер (*interrogator, reader*) и радиометка, транспондер или тэг (*tag*). Тэг состоит из небольшой сравнительно с длиной волны планарной антенны, с которой одним из способов интегрируется микрочип, изготовленный с использованием полупроводниковой технологии. В зарубежных публикациях для микрочипа часто используется также термин *ASIC- Application Specific Integrated Circuit*. В настоящее время для проектирования и изготовления тэгов развивается также технология на основе акустических поверхностных волн, в которой чипы не используются.

В данной работе предложен простой вариант тэга с антенной круговой поляризации, нагруженной на стандартный чип с одной парой зажимов. Используется печатная антенна петлевого типа, не требующая дополнительной металлизации на противоположной стороне подложки.

RFID обладают множеством достоинств: возможность перезаписи, отсутствие необходимости в прямой видимости, большее расстояние чтения, большой объём хранения данных, поддержка чтения нескольких меток, считывание данных метки при любом её расположении, устойчивость к воздействию окружающей среды, интеллектуальное поведение, высокая степень безопасности. Однако, данные системы имеют ряд недостатков, один из которых заключается в том, что они подвержены помехам.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Радиоэлектронные средства функционируют в условиях естественных и искусственных радиопомех, в совокупности определяющих электромагнитную обстановку. Особо остро встает вопрос о помехоустойчивости систем радиочастотной идентификации. Рассмотрение вопроса защиты систем радиочастотной идентификации является актуальным.

Степень разработанности проблемы

Теоретические и практические вопросы и особенности систем радиочастотной идентификации раскрыты в трудах зарубежных ученых – К. Финкензеллер, Ш. Морадпоур, М. Буптани, С. К. В. Рао, П. В. Никитин, С. Ф. Лэм, С. И. Россмэн, З. Ло. Особенности реализации антенн для систем радиочастотной идентификации, современные тенденции развития инновационной сферы стран СНГ нашли отражение в работах А.С. Андренко, А.А. Бабаскин, В.И.

Калиничев, А.Г. Курушин. Также данные вопросы рассматривают в своих работах и представители белорусской науки А.А. Попов, Т.Н. Парфенович, В.Б. Кирильчук, Д.В. Гололобов.

Цель и задачи исследования

Цель диссертации состоит в исследовании воздействия помех на системы радиочастотной идентификации и разработке способов защиты систем радиочастотной идентификации от помех. Для достижения поставленной цели необходимо было решить **следующие задачи**:

- провести анализ принципа работы систем радиочастотной идентификации;
- провести анализ помех, воздействующих на системы радиочастотной идентификации;
- определить способы защиты систем радиочастотной идентификации от воздействия помех.

Объектом исследования являются системы радиочастотной идентификации.

Предметом исследования является воздействие помех на системы радиочастотной идентификации.

Область исследования. Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-39 81 01 Компьютерные технологии проектирования электронных систем.

Теоретической основой исследований, проведенных в работе, является возможность использования круговой поляризации и специальных методов обработки сигналов с круговой поляризацией для защиты от сторонних электромагнитных воздействий.

Методологической основой исследования являются разработки отечественных и зарубежных авторов, методические материалы, труды отечественных и зарубежных учёных и научные труды в области систем радиочастотной идентификации. В магистерской диссертации используются следующие общенаучные методы: структурный, факторный и сравнительный анализ, метод формализации, метод моделирования. Системы радиочастотной идентификации исследуются в рамках структурного и компонентного подходов, при создании инструментального средства используется методология системного проектирования, графические нотации. В основу изложения научных результатов положена гипотетико-дедуктивная схема научного исследования.

Информационная база исследования сформирована на базе сведений из научных изданий, ресурсов Интернет, а также материалов конференций и семинаров.

Инструментальной базой исследования является коммерческая программа трехмерного электромагнитного моделирования.

Научная новизна и значимость полученных результатов диссертационной работы заключается в разработке тэг антенны с круговой поляризацией для применения в пассивной микроволновой системе радиочастотной идентификации.

Основные положения, выносимые на защиту

– анализ принципов работы систем радиочастотной идентификации, их классификация;

– анализ помех, воздействующих на системы радиочастотной идентификации, в частности электромагнитные помехи, их классификация и степень влияния;

– основные методы защиты систем радиочастотной идентификации, а также защита с использованием круговой поляризации.

Теоретическая значимость диссертации заключается в описании метода расчета и проектирования тэг антенны с круговой поляризацией.

Практическая значимость диссертации состоит в проектировании тэга с меньшей эллиптичностью, а также увеличения полосы частот по критериям эллиптичности и согласования.

Апробация и внедрение результатов исследования

Основные положения работы и результаты диссертации изложены в опубликованной работе общим объемом 2 стр.

Структура и объем работы. Структура диссертационной работы обусловлена целью, задачами и логикой исследования. Работа состоит из введения, трёх глав и заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем диссертации – 85 страниц. Работа содержит 12 таблиц, 28 рисунков. Библиографический список включает 51 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрено современное состояние систем радиочастотной идентификации, а также дается обоснование актуальности темы диссертационной работы.

В **общей характеристике работы** сформулированы ее цель и задачи, показана связь с научными программами и проектами, даны сведения об объекте исследования и обоснован его выбор, представлены положения, выносимые на защиту, приведены сведения о личном вкладе соискателя, апробации результатов диссертации и их опубликованность, а также, структура и объем диссертации.

В **первой главе** проведен анализ работоспособности систем радиочастотной идентификации объектов. В данной главе приведены принципы функционирования систем радиочастотной идентификации объектов, работающих на различных частотах. Рассмотрена область применения систем радиочастотной идентификации (рисунок 1).



Рисунок 1 – Диаграмма сфер применения РЧИ систем

Рассмотрен принцип работы системы радиочастотной идентификации (рисунок 2).

Также были рассмотрены преимущества и недостатки систем РЧИ.

Существующие преимущества:

- бесконтактная работа – РЧИ-метка может быть прочитана без какого-либо физического контакта между меткой и ридером;
- перезапись данных – данные РЧИ-метки с перезаписью (RW-метки) могут быть перезаписаны большое количество раз;
- работа вне прямой видимости – чтобы РЧИ-метка была прочитана РЧИ-ридером, в общем случае не требуется ее нахождения в зоне прямой видимости ридера;
- разнообразие диапазонов чтения – диапазон чтения РЧИ-метки может состояться от нескольких сантиметров до 30 метров и более;
- широкие возможности хранения данных – РЧИ-метка может хранить информацию объемом от нескольких байтов до практически неограниченного количества данных;
- поддержка чтения нескольких меток – РЧИ-ридер может автоматически читать несколько РЧИ-меток в своей зоне чтения за очень короткий период времени;
- прочность – РЧИ-метки могут в значительной мере противостоять жестким условиям окружающей среды;
- высокая точность чтения – РЧИ является точной на 100%.

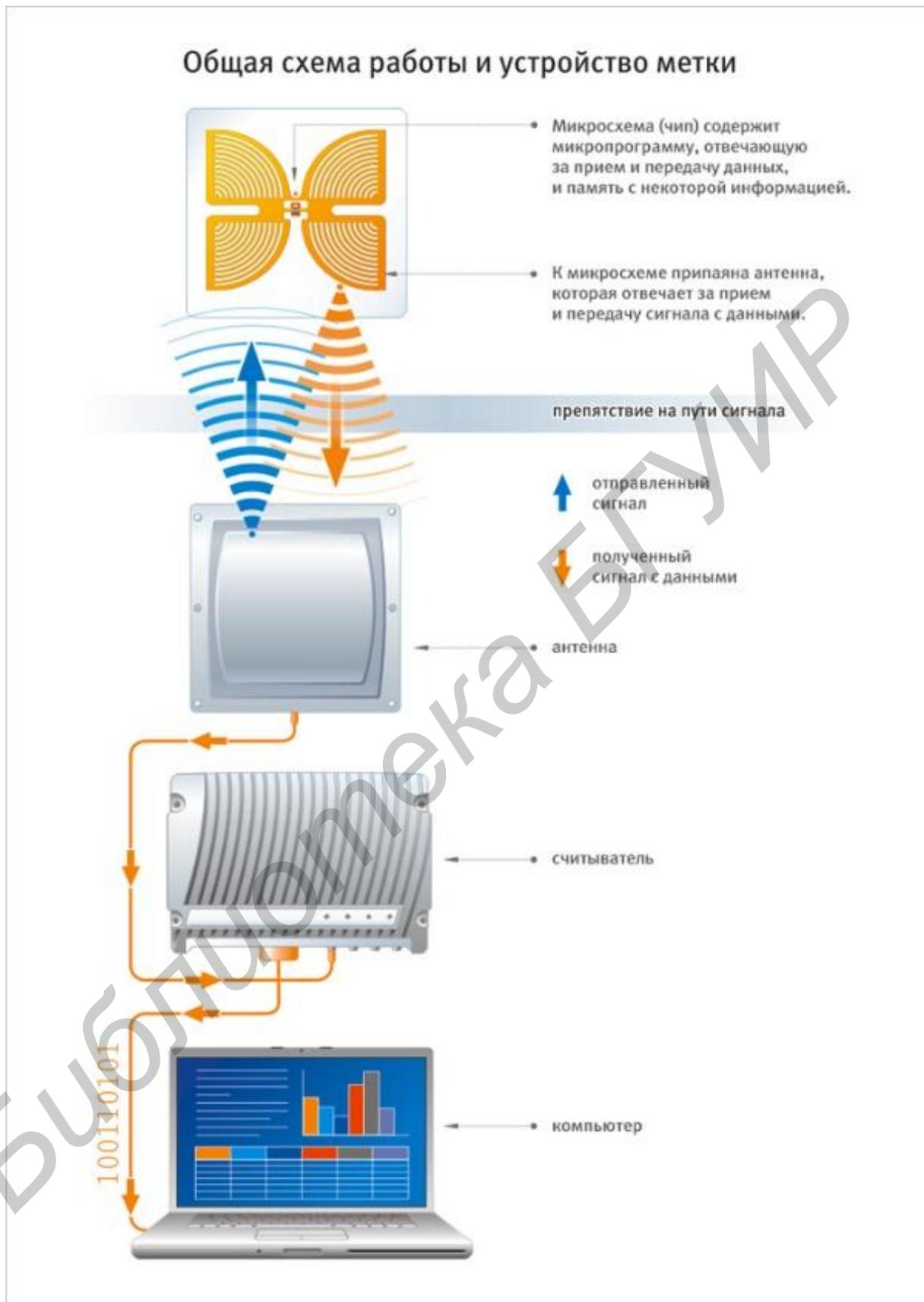


Рисунок 2 – Общая характеристика и устройство метки

Рассмотрены стандарты РЧИ (таблица 1).

Таблица 1 – Стандарты РЧИ

Стандарт ISO/IEC	Название	Статус
ISO 11784	Радиочастотная идентификация животных. Структура информации.	Изданный стандарт 1996
ISO 11785	Радиочастотная идентификация животных. Техническая концепция.	Изданный стандарт 1996
ISO/IEC 14443	Карты идентификации. Бесконтактные карты с интегральной схемой. Proximity-карты	Изданный стандарт 2000
ISO/IEC 15693	Карты идентификации. Бесконтактные карты с интегральной схемой. Vicinity-карты.	Изданный стандарт 2000
ISO/IEC 18001	Информационная технология. Технология AIDC. RFID для управления объектами. Требования к приложениям.	Изданный стандарт 2004
ISO/IEC 18000-1	Интерфейс радиосвязи (часть 1). Общие параметры каналов связи для разрешенных частотных диапазонов.	Изданный стандарт 2004
ISO/IEC 18000-2	Интерфейс радиосвязи (часть 2). Параметры интерфейса радиосвязи с частотой до 135 кГц	Изданный стандарт 2004
ISO/IEC 18000-3	Интерфейс радиосвязи (часть 3). Параметры интерфейса радиосвязи на частоте 13.56 МГц	Изданный стандарт 2004
ISO/IEC 18000-4	Интерфейс радиосвязи (часть 4). Параметры для интерфейса радиосвязи на частоте 2.45 ГГц	Идет заключительное утверждение как мирового стандарта
ISO/IEC 18000-5	Интерфейс радиосвязи (часть 5). Параметры для интерфейса радиосвязи на частоте 5.8 ГГц	Идет заключительное утверждение как мирового стандарта
ISO/IEC 18000-6	Интерфейс радиосвязи (часть 6). Параметры для интерфейса радиосвязи в диапазоне частот 860-930 МГц	Изданный стандарт 2004
ISO/IEC 18000-6	Интерфейс радиосвязи (часть 6). Параметры для интерфейса радиосвязи на частоте 433.92 МГц	Идет заключительное утверждение как мирового стандарта
ISO/IEC 15960	Синтаксис данных. Требования к прикладному сообщению.	Изданный стандарт 2004
ISO/IEC 15961	RFID для управления объектами. Протокол передачи данных - прикладной интерфейс	Изданный стандарт 2004
ISO/IEC 15962	RFID для управления объектами. Протокол правил кодировки данных и логических функций памяти	Изданный стандарт 2004
ISO/IEC 15963	RFID для управления объектами. Уникальная идентификация радиочастотной метки.	Идет заключительное утверждение как мирового стандарта т

Установлено, что основным недостатком систем РЧИ является подверженность к электромагнитным помехам.

Во второй главе рассматривались способы защит систем радиочастотной идентификации объектов от воздействия сторонних электромагнитных полей.

Рассмотрены виды электромагнитных помех (таблица 2).

Таблица 2 – Виды электромагнитных помех

Категория ЭМП Вид ЭМП	Категория ЭМП Вид ЭМП
НЧ кондуктивные ЭМП	Гармоники, интергармоники напряжения электропитания
	Напряжения сигналов, передаваемых в СЭС
	Колебания напряжения электропитания
	Провалы, кратковременные перерывы напряжения электропитания и временные перенапряжения
	Отклонение напряжения электропитания
	Изменение частоты в СЭС
	Наведенные низкочастотные напряжения
НЧ излучаемые ЭМП	Постоянные составляющие в сетях электропитания
	Магнитные поля
ВЧ кондуктивные ЭМП	Электрические поля
	Наводимые напряжения или токи
ВЧ излучаемые ЭМП	Апериодические и колебательные переходные процессы
	Магнитные поля
	Электрические поля
	Электромагнитные поля, в том числе, вызываемые переходными процессами

Проведен анализ существующих методов защиты систем радиочастотной идентификации объектов от воздействия сторонних электромагнитных полей, их сравнение с выделением недостатков, и на основе полученных данных был предложен способ защиты систем радиочастотной идентификации объектов от воздействия электромагнитных полей.

Современные RFID характеризуют следующие основные особенности:

- длительный срок эксплуатации;
- сложный алгоритм функционирования;
- устойчивость к широкому спектру механических и климатических воздействий; электрических, магнитных, электромагнитных полей;
- наличие в составе аппаратных средств, работающих в широком интервале частот, напряжений и токов;
- широкий спектр реализации конструкторско-технологических решений, с учётом достижений микроэлектроники;
- специальные схемотехнические решения, направленные на обеспечение устойчивости к электромагнитным полям;
- необходимость реализации многоступенчатого комплекса специальных исследований и испытаний, объективно подтверждающих заданные тактико-технические характеристики.

Таким образом, RFID, как объект воздействия, представляет собой сложную систему, подвергающуюся широкому спектру действий дестабилизирующих факторов при неуклонной тенденции повышения требований к надёжности и качеству функционирования.

В третьей главе представлены результаты исследования: разработка устройства с применением круговой поляризации радиоволн.

В данной главе была промоделирована работа системы радиочастотной идентификации объектов с круговой поляризацией радиоволн. Был проведен анализ результатов моделирования.

Большинство разработанных к настоящему времени различных вариантов тэг антенн являются линейно поляризованными. Очевидно, что в этом случае поляризационные потери в RFID системе отсутствуют, если излучение ридера также линейно-поляризованное и векторы поляризации ридера и тэга являются коллинеарными. Однако такое поляризационное согласование не всегда можно осуществить на практике. Наоборот, в общем случае тэги могут быть случайным образом ориентированы относительно линейно поляризованной антенны ридера, что приводит к неизбежным поляризационным потерям и, как следствие, к уменьшению расстояния чтения вплоть до полного отсутствия отклика тэга, когда поляризации ридера и тэга случайно оказываются ортогональными. Отметим также, что даже при согласовании линейных поляризаций ридера и тэга неизбежны интерференционные минимумы (нули) при наличии в поле антенны ридера проводников, например, проводящего пола или какого-либо грунта. Для снижения ориентационной зависимости (чувствительности) расстояния чтения от направления тэга в пространстве обычно используют ридер, излучающий поле круговой поляризации. При этом возникают неизбежные потери (порядка 3 дБ) на поляризационное рассогласование антенны ридера и линейно-поляризованной антенны тэга.

Для обеспечения относительной пространственной однородности плотности потока мощности поля ридера при наличии проводящих поверхностей и для ориентационной инвариантности дальности чтения без внесения дополнительных поляризационных потерь актуальной задачей является проектирование тэг антенн с круговой поляризацией.

Задачей является проектирование тэг антенн с круговой поляризацией. Такие антенны обладали бы поляризационным согласованием с излучением ридера круговой поляризации независимо от взаимной ориентации ридера и тэга. Для количественной характеристики степени независимости расстояния чтения от взаимного положения тэга и ридера в используется величина ориентационной чувствительности, равная отношению минимального и максимального расстояния чтения при произвольном положении тэга относительно ридера. Идеальной для систем RFID является величина, равная 1. Для достижения этого в ряде работ были предложены варианты ориентационно независимых тэгов без поляризационных потерь. Можно заметить, что суть предлагаемых решений состоит в комбинировании (синфазном сложении) сигналов ортогональных составляющих поля падающей волны либо внутри чипа, либо в антенне. Первый подход предполагает использование двухпортовой антенны

и двухпортового чипа. Что касается второго подхода, при котором используются традиционные однопортовые чипы, то авторам известны, по крайней мере, три конструкции тэг антенн круговой поляризации.

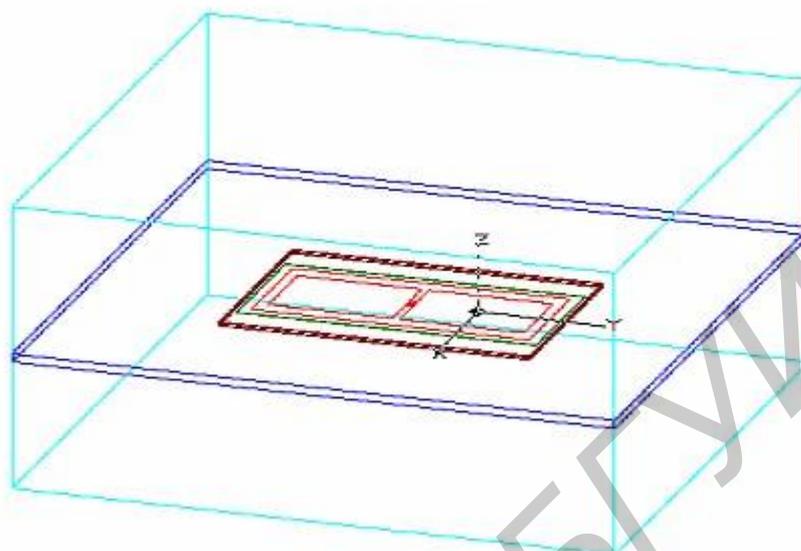


Рисунок 3 – Конструкция тэг-антенны в виде двойной петли и трехмерная модель для ее электромагнитного моделирования

Из соображений простоты изготовления и низкой себестоимости особый практический интерес представляет реализация планарных тэг антенн круговой поляризации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведен анализ систем радиочастотной идентификации: изучен принцип работы систем радиочастотной идентификации, составлена их классификация, обозначены преимущества и недостатки данных систем. Исследована область применения и предоставлена актуальность данной темы на сегодняшний день.

2. Выполнен анализ влияния внешних воздействий на системы радиочастотной идентификации. В результате анализа было установлено, что основной проблемой систем радиочастотной идентификации, является подверженность внешним воздействиям, главным образом, электромагнитным помехам. Проанализированы известные методы защиты систем радиочастотной идентификации от внешних воздействий. Исходя из этого установлено, что для защиты от сторонних электромагнитных воздействий можно использовать круговую поляризацию и специальные методы обработки сигналов с круговой поляризацией.

3. Приведен проект тэг антенны круговой поляризации для пассивных микроволновых систем *RFID*.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Плутахина, И.А. Защита систем радиочастотной идентификации объектов от воздействия помех / И.А. Плутахина // ОАО «Агат – системы управления» – управляющая компания холдинга «Геоинформационные системы управления» : Сборник тезисов 32-й науч.-технич. конф., Минск, 2015 – 116 с. – С. 82 – 83.

Библиотека БГУИР