

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники  
Кафедра информационных радиотехнологий

УДК

Клюцкий  
Алексей Юрьевич

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС СИСТЕМЫ РАДИОЧАСТОТНОЙ  
ИДЕНТИФИКАЦИИ ДИАПАЗОНА УВЧ

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание академической степени магистра технических наук  
по специальности 1-39 80 01 Антенны, СВЧ устройства и их технологии

Магистрант А.Ю. Клюцкий

Научный руководитель  
В.Б. Кирильчук, кандидат  
технических наук

Заведующий кафедрой ИРТ  
Н.И. Листопад, доктор  
технических наук, профессор

Минск 2018

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время происходит масштабное внедрение систем на основе технологии радиочастотной идентификации (RFID) в различные сферы деятельности. Наиболее распространенными примерами таких систем могут быть: системы отслеживания перемещения объектов, наблюдение и контроль в системах инвентарного учета, системы наблюдения за имуществом, защиты от краж, электронных платежей, контроля доступа и другие. Данная технология позволяет идентифицировать различные физические объекты с помощью радиочастотных меток, расположенных непосредственно на объекте.

Основной задачей систем радиочастотной идентификации является хранение информации об объекте в виде идентификационного кода с возможностью его удобного считывания с высокой достоверностью.

Актуальность работы обусловлена необходимостью подготовки специалистов в связи с широким внедрением систем на основе RFID-технологий. Для повышения эффективности практической подготовки инженерно-технического персонала в сфере RFID-технологий необходимо соответствующее оборудование, с помощью которого обучаемый приобретает теоретические и практические навыки исследования характеристик, как отдельных функциональных узлов, так и интегральных параметров.

Целью данной работы является разработка аппаратных средств и методик измерения параметров систем радиочастотной идентификации УВЧ диапазона. В связи с этим поставлены следующие задачи:

- Анализ состояния разработок измерительных комплексов для исследования и верификации RFID-систем.
- Определение перечня параметров RFID-системы УВЧ диапазона.
- Разработка алгоритма функционирования измерителя параметров RFID-системы УВЧ диапазона.
- Разработка структурной и функциональной схем измерителя.
- Разработка методик измерения параметров функциональных модулей RFID-систем.
- Экспериментальные исследования.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью данной работы является разработка аппаратных средств и методик измерения параметров систем радиочастотной идентификации УВЧ диапазона. В связи с этим поставлены следующие задачи:

- Анализ состояния разработок измерительных комплексов для исследования и верификации RFID-систем.
- Определение перечня параметров RFID-системы УВЧ диапазона.
- Разработка алгоритма функционирования измерителя параметров RFID-системы УВЧ диапазона.
- Разработка структурной и функциональной схем измерителя.
- Разработка методик измерения параметров функциональных модулей RFID-систем.
- Экспериментальные исследования.

Результаты, полученные при выполнении магистерской диссертации, были опубликованы в виде тезисов сборнике материалов конференций [1-А]. Так же результаты были апробированы на следующих мероприятиях:

54-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе работы приведен обзор существующих аппаратно-программных средств для исследования параметров RFID-систем.

Рассмотрена классификация комплексов для исследования RFID-систем. Показано, что все комплексы можно подразделить на три группы: простейшие, полупрофессиональные и профессиональные. Простейшие системы являются исключительно демонстрационными. Их считыватели не могут быть использованы в качестве основы в высокоточных измерительных, а также аттестационных комплексах. Показано, что полупрофессиональные тестовые системы также основаны на RFID-считывателе, но в отличие от демонстрационных, такие системы позволяют определить необходимый пользователю набор параметров RFID-систем и обеспечивают достаточную точность измерения для исследовательских и аттестационных целей. Для этого полупрофессиональные комплексы используют более высококлассные RFID-считыватели в своей основе.

Проведен анализ профессиональных измерительных комплексов. Выявлено, что профессиональные комплексы основаны, как правило, на программно-определяемой радиосистеме (SDR), что делает их достаточно гибкими в программном плане. Профессиональные системы, в отличие от остальных, обладают полным набором необходимого оборудования для проведения исследований.

Во второй главе приведено краткое описание нормативных документов, определяющих требования к RFID-системам УВЧ диапазона.

Рассмотрена классификация стандартов. Выявлено, что стандарты в области RFID можно разделить на региональные и протокольные. Региональные стандарты регулируются на государственном уровне, тогда как протокольные являются общемировыми.

Определено, что в настоящее время существует два конкурентоспособных протокольных стандарта RFID: ISO RFID и EPC Global. ISO RFID стандарты могут быть разделены на две группы: общие и прикладные. Общие стандарты обеспечивают основные модели и архитектуры, в которых прикладные стандарты определяют детали и дополнения в зависимости от различных приложений.

Выделены основные параметры компонентов RFID-систем, определяемые как региональными стандартами (эффективная излучаемая мощность, спектральная маска, требования к каналам, временные параметры приемопередачи), так и протокольными (вид и глубина модуляции команд, длительность «тари», структура кодирования данных, форма преамбулы и кадра синхронизации и др.).

В третьей главе рассмотрены основные компоненты RFID-систем. Определено, что основными компонентами таких систем являются: метка, считыватель, среда распространения радиоволн. Считыватель, через среду распространения радиоволн, взаимодействует с меткой, установленной на метконосителе. Метка принимает сигнал от считывателя и формирует ответный сигнал, отправляемый обратно к считывателю.

Рассмотрена классификация типов меток и определены основные параметры метки (чувствительность, дальность чтения, дифференциальная эффективная площадь отражения антенны, коэффициент усиления антенны, диаграмма направленности антенны).

Рассмотрены основные компоненты структуры считывателей. Определены параметры считывателей (вероятность ошибки на бит, чувствительность приемника, эффективная излучаемая мощность, коэффициент усиления антенны, динамический диапазон, диаграмма направленности антенны, спектральная маска излучения передатчика, шум-фактор, скорость передачи).

В четвертой главе рассмотрены структура и компоненты аппаратно-программного комплекса УВЧ диапазона. Она включает такие основные компоненты, как аппаратный комплекс УВЧ/ВЧ диапазонов, модуль моделирования и графический интерфейс пользователя. Приведено описание RFID-считывателя Arnie AS3992, который является базовым блоком АПК. Рассмотрен принцип работы основных структурных блоков считывателя. Продемонстрирован графический интерфейс пользователя для Arnie AS3992 и основные возможности при работе с ним.

Перечислены вспомогательные компоненты, входящие в состав комплекса (комплект радиочастотных меток ВЧ и УВЧ диапазона, контрольная антенна УВЧ диапазона, направленный ответитель, анализатор спектра, осциллограф, комплект переходов типа SMA-N, комплект согласованных нагрузок, детекторная секция, антенна дальнего поля считывателя УВЧ диапазона с калиброванным фидером).

В пятой главе рассмотрены методики измерения параметров компонентов RFID-систем. Приведены такие методики, как измерение эффективной излучаемой мощности считывателя, измерение спектральной маски зондирующего сигнала считывателя, измерение времени передачи в канале считыватель-метка, измерение коэффициента усиления передающей антенны считывателя, измерение диаграммы направленности передающей антенны считывателя, измерение чувствительности радиочастотной метки.

Приведены функциональные схемы измерительных установок и необходимый комплект вспомогательного оборудования для проведения измерений.

В шестой главе приведены результаты экспериментальных исследований. Приведены измерения эффективной излучаемой мощности RFID-считывателя, диапазона регулировки выходной мощности передающего тракта, диапазона рабочих частот считывателя RFID системы УВЧ диапазона. Приведено исследование процесса обмена данными между считывателем и одиночной меткой.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом активное развитие RFID-технологий приводит к необходимости создания комплексов для их исследования и верификации. Для определения измеряемых параметров RFID-систем были проанализированы существующие стандарты. Стандартизация систем RFID основана на региональных и общемировых стандартах. Общемировыми являются EPC Global и ISO/IEC RFID. Региональным стандартом в РФ является СТБ П 1997-2012, который использует в своей основе европейский стандарт ETSI 302 208.

В результате выполнения данной работы были также проанализированы существующие измерительные комплексы систем радиочастотной идентификации. Исходя из данного анализа можно сделать вывод, что профессиональные системы, хоть и являются высокоточным и простыми в использовании, но не удовлетворяют стоимостным требованиям для создания АПК УВЧ диапазона. Наиболее выгодным, с экономической точки зрения, является выбор полупрофессионального комплекса, с возможностью его дальнейшей настройки под поставленную задачу.

В ходе выполнения была разработана структурная схема аппаратно-программного комплекса для исследования и верификации систем RFID УВЧ диапазона. В качестве базового блока комплекса используется демонстрационный комплект высококласного RFID-считывателя Arnie AS3992. Данный считыватель обладает необходимым набором характеристик для создания такого комплекса и выполнения поставленных задач. Считыватель имеет поддержку современных стандартов и, в случае необходимости, возможность обновления программного обеспечения. Графический интерфейс пользователя демонстрационного комплекта считывателя обладает удобным функционалом и может быть интегрирован в разрабатываемый комплекс.

В состав аппаратного комплекса также входит дополнительное оборудование такое, как анализатор спектра, осциллограф, безэховая камера, комплект опорно-поворотных устройств, набор радиочастотных меток, комплект согласованных нагрузок, антенна дальнего поля, детекторная секция, направленный ответвитель. Для комплекса были разработаны и опробованы методики измерения и аттестации параметров функциональных модулей RFID-систем. Были проведены экспериментальные исследования, которые показали, что разработанный аппаратно-программный комплекс может успешно использоваться как в аттестационных, так и в учебно-исследовательских целях.