

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

УДК 535-12:621.396.6

Лагодин

Антон Андреевич

Эмулятор приемного тракта радиочастотной метки УВЧ диапазона

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук

по специальности 1-39 80 02 «Радиотехника, в том числе системы и  
устройства радионавигации, радиолокации и  
телевидения»

---

Научный руководитель

Кирильчук В.Б.

к.т.н., доцент кафедры ИРТ

---

Библиотека БГУИР

Нормоконтроль

---

---

## ВВЕДЕНИЕ

Технология радиочастотной идентификации (РЧИД) или *RFID* (*RFID - Radio Frequency IDentification*) в настоящее время является одной из наиболее динамично развивающихся, востребованных и перспективных технологий. С её помощью может быть реализован ряд сложнейших технических задач в различных сферах человеческой деятельности, таких как:

- управление производством, товарными и таможенными складами;
- автоматический сбор данных на железных дорогах, платных автомобильных дорогах, на грузовых станциях и терминалах;
- электронный контроль доступа и перемещений персонала на территории предприятий;
- контроль, планирование и управление движением, интенсивностью графика и выбором оптимальных маршрутов;
- общественный транспорт: управление движением, оплата проезда и оптимизация пассажиропотоков;
- системы электронных платежей для всех видов транспорта, включая организацию платных дорог, автоматический сбор платы за проезд и транзит, платные автостоянки;
- обеспечение безопасности (в комплексе с другими техническими средствами аудио- и видеоконтроля);
- защита и сигнализация на транспортных средствах и др.

Основной задачей систем радиочастотной идентификации является хранение информации об объекте в виде идентификационного кода с возможностью его удобного считывания с высокой достоверностью. Широкое внедрение и обслуживание систем на основе *RFID*-технологий предполагает подготовку квалифицированных инженерных кадров, способных проектировать, изготавливать и эксплуатировать такие системы. Изучение процессов, происходящих при работе *RFID*-системы, является наиболее важной задачей при подготовке специалистов. Для решения этой задачи применяются реальные макеты систем, которые включают в себя дорогостоящее оборудование, что не всегда возможно. Поэтому возникает необходимость создания виртуальной модели, которая отражает все процессы, происходящие в системе, а также позволяет менять параметры системы, не привязываясь к использованию реальных устройств. Решение этой задачи позволило бы заметно упростить процесс изучения *RFID*-технологий, что положительно скажется на количестве и качестве подготовки специалистов в этой сфере.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Ключевые слова:** *RFID* система, *RFID* метка, *RFID* считыватель, CPPB, *PIE* кодирование, цифровая модуляция, команды, *RFID* стандарты, прямой канал, *LabVIEW*, моделирование, диапазон частот, кадр, *EPC*, *ISO*.

**Цель работы** – разработка и моделирование основных блоков прямого канала для анализа его основных спектрально-временных характеристик в ключевых точках эмулятора.

### **Актуальность темы магистерской диссертации:**

В настоящее время ультравысокочастотная радиочастотная идентификация (UHF RFID) рассматривается в качестве одной из ключевых технологий «Интернет вещей». Широкое внедрение и обслуживание систем на основе *RFID*-технологий предполагает подготовку квалифицированных инженерных кадров, способных проектировать, изготавливать и эксплуатировать такие системы. Изучение процессов, происходящих при работе *RFID*-системы, является наиболее важной задачей при подготовке специалистов. Для решения этой задачи применяются реальные макеты систем, которые включают в себя дорогостоящее оборудование, что не всегда возможно. По этой причине возникает необходимость создания виртуальной модели, которая отражает все процессы, происходящие в системе, а также позволяет менять параметры системы, не привязываясь к использованию реальных устройств.

Основной способ использования разработанного устройства – виртуальное моделирование спектрально-временных характеристик сигналов в ключевых точках прямого канала *RFID* системы УВЧ диапазона.

### **Задачи исследования:**

Основными задачами диссертации являются:

1. Анализ структурных компонентов *RFID* системы и ее основных характеристик.
2. Анализ нормативно-правовой базы в сфере *RFID* технологий УВЧ диапазона.
3. Анализ и обоснование выбранных параметров моделирования: тип кодирования, вид модуляции, распределение частотного ресурса диапазона.

4. Разработка и описание структурной схемы прямого канала *RFID* системы УВЧ диапазона.

5. Описание структуры кадра и расчет временных интервалов процесса обмена командами между считывателем и меткой.

6. Разработка основных блоков для моделирования прямого канала *RFID* системы УВЧ диапазона.

7. Анализ спектрально-временных характеристик прямого канала.

**Объект исследования:** Пассивная *RFID* система УВЧ диапазона.

**Предмет исследования:** Модель прямого канала *RFID* системы УВЧ диапазона.

**Структура магистерской диссертации:**

Работа изложена на 84 страницах, состоит из Введения, 7 разделов, заключения и списка использованной литературы.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первом разделе данной работы были рассмотрены основные компоненты *RFID* системы, такие как метка, считыватель, СРРВ и системный диспетчер. Приведены формулы для расчета максимальных расстояний прямого и обратного каналов. Описаны основные диапазоны рабочих для *RFID* систем, такие как низкие частоты (125-134 кГц), высокие частоты (13,56 МГц), ультравысокие частоты (860-960 МГц) и микроволновой диапазон (2,4 ГГц). В диссертации был выбран УВЧ диапазон для анализа характеристик прямого канала.

Во втором разделе рассмотрены международные стандарты, регламентирующие функционирование *RFID* систем УВЧ диапазона, среди которых основными являются *ISO 18000-6C* и *EPC Class 1 Generation 2*. Основываясь на данных стандартах определены основные положения для разработки и построения функциональной схемы разрабатываемого эмулятора *RFID* системы.

В третьем разделе определен и подробно описан перечень параметров, характеризующих протокол взаимодействия считывателя и метки: чувствительность метки, тип кодирования (*PIE*), вид модуляции (*ASK* и *PR-ASK*). Рассмотрены возможные среды моделирования и обосновано применение программного продукта *LabVIEW*. Программы *LabVIEW* называются виртуальными приборами (*VI*s), так как их работа и пользовательский интерфейс имитируют реальные приборы. *LabVIEW* включает стандартные средства автоматического проектирования приложений, такие, что Вы можете устанавливать контрольные точки, представлять в виде стендовой модели выполнение Вашей программы, так, чтобы видеть, как данные проходят через программу шаг за шагом, чтобы упростить понимание происходящих процессов. Сочетание графического языка программирования и современного компилятора позволяет значительно сократить время разработки сложных систем при сохранении высокой скорости выполнения программ.

В четвертом разделе рассмотрены принципы работы метки и считывателя, описаны их основные составляющие и характеристики. Особое внимание было уделено структуре энергозависимой памяти метки, которая состоит из 4 банков памяти: резервная память, *EPC* память, *TID* память и пользовательская память. Как итог, была разработана детальная структурная схема прямого канала *RFID* системы УВЧ диапазона для дальнейшей имплементации в среду *LabVIEW*.

В пятом разделе производится описание команд общения между считывателем и меткой, подробно описан кадр передачи данных, преамбула для первой команды и кадр синхронизации для последующих команд. Далее рассмотрены основные команды, которые отправляет считыватель метке и произведен расчет временных интервалов  $CW$ ,  $RTcal$ ,  $TRcal$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_4$ .

Шестой раздел посвящен описанию разработанной модели прямого канала в среде моделирования *LabVIEW*.

В седьмом разделе, после моделирования, приводятся спектрально-временные характеристики прямого канала. Проанализированы сигналы и их спектры в ключевых точках модели.

В заключении описаны основные результаты, полученные в ходе выполнения данной диссертации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения данной диссертации получены следующие основные результаты:

1. Рассмотрены основные компоненты *RFID* системы, такие как метка, считыватель, СРРВ и системный диспетчер. Даны характеристики *RFID* систем в различных диапазонах частот.

2. Изучены основные международные стандарты для работы пассивной *RFID* системы в УВЧ диапазоне. определены основные положения для разработки и построения функциональной схемы разрабатываемого эмулятора *RFID* системы.

3. Описаны параметры, которые характеризуют протокол взаимодействия считывателя и метки. Рассмотрены возможные среды моделирования и обосновано применение среды *LabVIEW*.

4. Приведены упрощенные структурные схемы считывателя и метки. Разработана структурная схема прямого канала *RFID* системы УВЧ диапазона для дальнейшего моделирования в среде *LabVIEW*.

5. Описана структура команд общения между считывателем и меткой, приведен список основных команд для общения и рассчитаны временные интервалы  $CW$ ,  $RTcal$ ,  $TRcal$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_4$ .

6. Разработана математическая модель и приведены результаты моделирования прямого канала *RFID* системы УВЧ диапазона для различных типов модуляций, реализован пользовательский графический интерфейс модели в среде программирования *LabVIEW*.

7. Произведен анализ полученных результатов моделирования. Представлены спектрально-временные характеристики прямого канала *RFID* системы УВЧ диапазона.

Технологии *RFID* в настоящее время стремительно развиваются и находят все большее применение в самых разных областях человеческой деятельности. Поэтому данная модель поможет подготовить квалифицированные инженерные кадры, способные проектировать, изготавливать и эксплуатировать такие системы.



## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

### Статьи

1. Лагодин А.А. Приемный тракт радиочастотной метки УВЧ диапазона. / Лагодин А.А. //54-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов
2. Лагодин А.А. Эмулятор прямого канала *RFID* системы УВЧ диапазона. / Лагодин А.А. //55-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов

Автор \_\_\_\_\_ А.А. Лагодин

Заведующий кафедрой ИРТ \_\_\_\_\_ Н.И. Листопад

Научный руководитель \_\_\_\_\_ В.Б. Кирильчук