

УДК 004.71

В.А. Михеев, И.М. Рахманов, А.В. Уткин

Требования к программно-аппаратному комплексу для тестирования RFID систем на соответствие эксплуатационным требованиям

С применением технологии радиочастотной идентификации открываются широкие возможности автоматизации различных производственных и бизнес процессов. Задачей программно-аппаратного комплекса является обеспечение тестирования системы радиочастотной идентификации УВЧ диапазона поиск с целью оптимальной её настройки. Предлагаемый метод тестирования RFID системы позволяет разработать общие требования к маркировке объектов идентификации, а также конкретные требования к составу маркировки, её месту и способам нанесения, качеству выполнения и контролю.

автоматизация, автоматическая идентификация, настройка системы, информационная система, радиочастотная идентификация, тестирование

Применение электронных средств для автоматической идентификации объектов – одно из наиболее важных направлений развития науки и техники, связанное с процессами информатизации жизни общества. Появление интегральных приёмо-передающих модулей, микроконтроллеров и микросхем с энергонезависимой памятью с возможностью многократной записи и считывания информации явилось основой для создания средств радиочастотной идентификации (RFID – Radio Frequency Identification). Технологии электронной автоматической идентификации, интегрированные в информационные управляющие системы, позволяют автоматизировать процессы обработки больших объемов данных с высокой достоверностью, что особенно важно для принятия решений и управления в задачах складской логистики.

Быстрый и безошибочный сбор данных, осуществляемый в процессах складской логистики, является на сегодняшний день одной из самых актуальных задач для систем автоматизированного управления современным складом.

В настоящее время на основе технологии RFID формируется один из многообещающих сегментов рынка информационных технологий. С применением RFID открываются широкие возможности управления поставками, автоматизированного учёта, сбора, обработки, хранения и передачи информации о продукции по всем звеньям логистической цепочки.

RFID – это технология, основанная на использовании энергии высокочастотных электромагнитных полей для автоматической идентификации физических объектов. Эта технология позволяет осуществлять бесконтактный ввод и считывание данных с радиочастотных меток на большом расстоянии и без их прямой видимости, используя для этого как стационарные комплексы, так и мобильные терминалы сбора данных.

Применение RFID в составе автоматизированных систем управления складом позволяет значительно повысить степень автоматизации сбора данных о единицах хранения и учета.

Однако, до настоящего времени остаются нерешёнными многие прикладные проблемы создания систем и применения средств радиочастотной идентификации в сфере автоматизации сбора данных.

Современные подходы к разработке и применению сложных технических решений для автоматизированного сбора данных обуславливают применение особых комплексных подходов к тестированию RFID систем совместно с объектами маркировки, которые непосредственно связаны с их моделированием. Это диктует необходимость создания новой технологии и методологии испытаний и моделирования, которые могут стать основами для стандартов проведения испытаний, а также ориентированы на изменение подхода к многофакторным стендовым испытаниям функциональных характеристик устройств (компонентов) и RFID систем в целом.

Принимая решение об использовании RFID технологии в систему управления складом необходимо в первую очередь ответить на следующие вопросы:

- могут ли вообще применяться средства радиочастотной идентификации;
- возможно ли применение средств радиочастотной идентификации УВЧ диапазона для данных объектов учета;
- возможно ли применение средств радиочастотной идентификации УВЧ диапазона для данных объектов учета, находящихся в групповой упаковке.

Для внедрения средств радиочастотной идентификации в систему управления складом необходимо в первую очередь обеспечить функциональную совместимость компонентов радиочастотной идентификации между собой, а так же с маркируемыми объектами. Выявление этих параметров крайне затруднено и требует проведения натурного моделирования и получения количественных показателей эффективности функционирования RFID системы, работающей в диапазоне 860–960 МГц.

Качественные показатели обмена данными между радиометками и различными считывателями напрямую связаны с эффективностью идентификации маркированных объектов и, как следствие, с эффективностью работы RFID системы в целом. При этом необходимо отметить, что «тиражирование» (копирование или перенос настроек) решения не является достаточной процедурой для настройки комплексной RFID системы склада, так как каждой точке сбора данных присуща своя индивидуальная картина распределения электромагнитного поля, состоящая из интерференционных и дифракционных эффектов на частоте работы RFID устройств и наличия прочих сигналов в радиочастотном спектре, способных оказать влияние на результат считывания [1].

Как правило, базы и склады представляют собой определенное пространство и имеют погрузочно-разгрузочные площадки, используемые для снятия грузов с транспортных средств и помещения грузов на транспортные средства. На погрузочно-разгрузочной площадке, как правило, находится большое количество грузов (контейнеров, упаковок, паллет и т.п.), которые предназначены к погрузке или разгрузке с транспортных средств. Погрузочно-разгрузочные площадки могут располагаться внутри помещения, под навесом (для защиты от атмосферных осадков) или под открытым небом. Они оборудуются специальными погрузчиками, кранами для работы с различными видами транспорта (автомобильным, железнодорожным, водным, воздушным) и с различными видами упаковок (контейнеры, ящики, мешки, коробки). Все это определяет характер радиочастотных препятствий, которые возникают вследствие присутствия радионепрозрачных объектов, которые блокируют прохождение радиоволн от антенн считывателя к радиометкам. В пространстве, содержащем металлические и отражающие объекты, может иметь место многолучевое распространение и интерференция сигналов. В этом случае отраженные радиоволны рассеиваются и могут приходиться к антенне считывателя в разные моменты времени, приходя по разным путям. В связи с чем, появляются явления усиливающей интерференции, в результате наложения сигналов в фазе, и ослабляющей интерференции, в случае наложения сигналов в противофазе. В результате этого создаются выступы в диаграмме направленности антенны и «мертвые зоны», при попадании в которые радиометки могут не читаться.

Наконец, в окружающей среде могут находиться демпфирующие объекты, например люди, радиопоглощающие жидкости и строительные материалы, которые могут значительно ослаблять радиоволны, приводя к отказам считывания. Влияние каждого из этих факторов может варьироваться в широких диапазонах. Кроме того, такие радиоустройства, как беспроводные рации, устройства Wi-Fi и Bluetooth, могут также вносить существенный вклад в проблему интерференции. Также электродвигатели могут генерировать радиопомехи, которые взаимодействуют с RFID-системой (но несущественно).

Таким образом, выявление и тестирование качественных и количественных показателей работы RFID систем является в данный момент актуальной научно-технической и прикладной проблемой.

Частота зондирующего электромагнитного поля может устанавливаться в диапазоне 860–960 МГц. В Российской Федерации для устройств радиочастотной идентификации используются полосы радиочастот 865–868 МГц и 916–921 МГц.

RFID технология УВЧ диапазона позволяет осуществлять считывание пассивных меток на расстоянии до 10 метров. В общем случае, расстояние считывания меток в условиях складских комплексов может варьироваться в пределах от полуметра до 4-х метров. Современные средства радио-

частотной идентификации позволяют обеспечивать скорость опроса меток до 1000 откликов в секунду.

Ограничения данной технологии по эффективности считывания, определяются преимущественно свойствами маркируемых объектов. Объекты идентификации являются наиболее значимой переменной в общей системе радиочастотной идентификации, определяющей ее качественную сторону. В значительной степени успех или неудачу функционирования RFID системы будет определять насколько качественно промаркированы объекты идентификации. Следующие факторы требуют обязательного рассмотрения при построении системы радиочастотной идентификации в целях автоматизации складской деятельности:

- вид маркируемых объектов;
- материал;
- упаковка;
- скорость движения через стационарную точку сбора данных;
- ориентация по отношению к антенне.

Подробнее стоит рассмотреть материал упаковки объектов идентификации, который играет важную роль в определении читаемости радиометки объекта. Если упаковочный материал содержит металлическую фольгу, проводящий углерод или графит, он может затруднять правильное чтение метки, прикрепленной к упаковке такого типа. Также упаковочный материал способен поглощать влагу до такой степени, что может превращаться в радиопоглощающий материал и приводить к снижению читаемости метки, что возможно в условиях размещения объектов маркировки на открытых площадках. Если ящики на паллете упакованы довольно плотно, то радиометки, расположенные ближе к центру паллеты, могут вообще не читаться или читаться с большим трудом, даже в предположении использования оптимально настроенного технического комплекса идентификации (независимо от того, благоприятен ли для радиоволн тип материала этого ящика). Причина в том, что энергия радиоволн может проникать только на определенную глубину, даже в случае благоприятного для радиоволн материала, в зависимости от выходной мощности и рабочего цикла считывателей. Если радиометка находится на таком расстоянии и глубже, то энергия радиоволн не будет достигать этой метки. В результате радиометка не сможет быть прочитана. Также если ящики поддона невелики и плотно упакованы, то между антеннами некоторых таких меток может возникать связь (например, при их физическом соприкосновении). (Отметим, что это явление зависит от частоты и антеннам не обязательно физически касаться друг друга, чтобы возникла связь и потеря их настройки.) В результате эти метки не могут извлекать энергию из антенны считывателя и, следовательно, не могут быть прочитаны, что порождает эффект затенения. Объекты следует упаковывать так, чтобы минимизировать эффект затенения.

Очевидно, что идеальными для маркировки являются объекты из диэлектрических материалов, так как к ним нет необходимости предъявлять жесткие требования по позиционированию радиочастотной метки. Совсем другую задачу ставят объекты, содержащие электропроводящие материалы (металлы, вода и др.).

Суть этой задачи заключается в более тщательной и технически обоснованной настройке RFID системы УВЧ диапазона, а именно в нахождении таких значений параметров системы, при которых каждый маркированный объект будет успешно идентифицироваться системой.

Для этого необходимо, в первую очередь, определить состав RFID системы, принять некоторые допущения и ограничения и провести ряд испытаний с помощью специализированного программно-аппаратного комплекса.

В общем случае RFID система УВЧ диапазона состоит из следующих элементов:

- радиочастотного считывателя,
- антенно-фидерных устройств (антенны считывателя и соединительного коаксиального УВЧ кабеля);
- массива (группы) радиочастотных меток;
- маркированных объектов (объекты идентификации);
- программного обеспечения для обработки данных.

При этом, необходимо учитывать физические параметры и влияние не входящих в систему элементов, таких как паллета, которая предназначена для размещения на ней маркированных объектов и устройства для перемещения паллеты через зону считывания (тележка, погрузчик).

Необходимо принимать во внимание то, что работа считывателя, настроенного на максимальную мощность, ведёт к следующим последствиям:

- негативное влияние на здоровье персонала, управляющего RFID системой (в частности, складских работников);
- идентификация лишних маркированных объектов, находящихся вблизи зоны считывания, которые могут относиться к другой RFID системе.

Однако минимально возможное расстояние между противоположными антеннами RFID системы приводит к сужению луча диаграммы направленности антенны (ДНА), что в свою очередь может привести к пропуску маркированных объектов.

Из этих соображений неизбежно вытекают ограничения на параметры данной RFID системы, а именно: на мощность сигнала, излучаемого антеннами считывателя, на расстояние между противоположными антеннами данной системы, на высоту размещения антенн относительно пола и относительно объектов идентификации.

Таким образом, в процессе работы описанной выше RFID системы могут возникать ошибки, такие как пропуск нужных или захват лишних маркированных объектов. В целях предотвращения этих ошибок требуется настроить RFID систему, т.е. определить значения параметров, непосредственно влияющих на эффективность работы системы, а именно:

- вариант размещения (укладки) на паллете маркируемых объектов;
- геометрию размещения антенн;
- мощность сигнала антенн считывателя.

Это нужно, чтобы система идентифицировала (считывала) каждый маркированный объект не менее одного раза (либо определённого количества раз, принятого в качестве нижнего порогового уровня).

В программно-аппаратный комплекс необходимо ввести следующие параметры RFID системы УВЧ диапазона:

- количество объектов идентификации;
- размеры маркированных объектов (ширина, длина, высота);
- размеры паллеты (ширина, длина, высота);
- коэффициенты электромагнитной проницаемости объектов идентификации и материала упаковки соответственно;
- коэффициенты диэлектрической проницаемости объектов идентификации и материала упаковки соответственно;
- скорость движения массива маркированных объектов относительно АФУ,
- мощность зондирующего сигнала i -й антенны считывателя, $i = 1 \dots 4$,
- азимут луча диаграммы направленности i -й антенны считывателя, $i = 1 \dots 4$,
- угол места луча диаграммы направленности i -й антенны считывателя, $i = 1 \dots 4$,
- высота крепления (относительно пола) i -й антенны считывателя, $i = 1 \dots 4$,
- вариант расположения маркированных объектов на паллете,
- координаты центра упаковки i -го объекта, $i = 1 \dots n$,
- расстояние между противоположными антеннами.

Так же необходимо задать ограничения, наложенные на параметры системы:

1. Мощность сигнала, излучаемого антеннами считывателя, ограничена минимальной и максимальной мощностью, поддерживаемой RFID считывателем.
2. Расстояние между противоположными антеннами ограничено снизу шириной паллеты и сверху шириной помещения.
3. Высота крепления каждой антенны считывателя ограничена высотой помещения.
4. Все параметры имеют строго положительные значения, что следует из физических свойств объектов и процессов, описываемых данными параметрами.

Таким образом, задачей программно-аппаратного комплекса является поиск таких параметров системы с учетом описанных выше ограничений, при которых система будет успешно идентифицировать каждый маркированный объект с вероятностью, не меньшей заданного уровня. Уровень выбирается исходя из требований надёжности системы [2].

Таким образом, можно сформулировать общие требования к функционалу программного обеспечения, применяемого в качестве инструмента тестирования и настройки RFID систем УВЧ диапазона, которое позволяет их настраивать согласно требуемому уровню надежности.

Программное обеспечение для решения сформулированных задач должно обеспечивать: управление RFID считывателем, получение результатов натурных испытаний, визуализацию полученных результатов, сохранение и выгрузку данных, статистическую обработку данных.

При этом в качестве входных данных для программного обеспечения должны приниматься следующие значения:

- модель RFID считывателя;
- IP адрес RFID считывателя;
- количество маркированных объектов;
- тип (марка, модель) радиочастотных меток;
- геометрия расположения маркированных объектов;
- количество антенн считывателя;
- высота крепления каждой антенны;
- расстояние между несущими конструкциями антенн;
- азимут луча диаграммы направленности каждой антенны;
- угол места луча диаграммы направленности каждой антенны;
- мощность зондирующего сигнала каждой антенны;
- скорость передвижения массива меток относительно АФУ;
- размеры маркированного объекта.

В результате процесса моделирования должен формироваться следующий набор значений для каждого объекта:

- электронный код продукции, хранящийся на радиочастотной метке;
- время нахождения объекта идентификации в области считывания;
- уровень мощности принимаемого от радиочастотной метки сигнала;
- номер канала (антенны) радиочастотного считывателя, через который происходил опрос радиочастотной метки.

Результатами обработки полученных данных должны быть средние значения, оценка вероятности успешного считывания каждого объекта, визуализация в виде таблицы, графика и 3D-модели.

Таким образом, с помощью модели функционирования RFID системы и методики проверки ее адекватности методами математической статистики совместно с алгоритмами настройки параметров системы, основанными на обработке статистической информации о показателях работы системы, можно находить оптимальные варианты настройки и конфигурации набора параметров RFID системы [3].

Программно-аппаратный комплекс тестирования RFID системы позволяет разработать общие требования к маркировке продукции, а также конкретные требования к составу маркировки, ее месту и способам нанесения, качеству выполнения и контролю.

При этом выполняются важные требования по функциональности и производительности RFID системы, обеспечивающие вероятность успешного считывания, близкую к единице.

Список литературы

1. Сосулин Ю.Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации. – М.: Радио и связь, 1992. – 304 с.
2. Кибзун А.И., Е Горяинова.Р., Наумов А.В., Сиротин А.Н. Теория вероятностей и математическая статистика. Базовый курс с примерами и задачами. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 224 с.
3. Михеев В.А., Уткин А.В. Требования к технологии RFID как составной части информационных систем высокого уровня сложности. – Русский инженер. – 2012. – №2 (33). – С. 76–79.

Открытое акционерное общество «Инженерно-маркетинговый центр Концерна «Вега» (ОАО «ИМЦ Концерна «Вега»)

Статья поступила 01.03.2013.

Mikheev V.A., Utkin A.V., Rakhmanov I.M

Requisitions to soft hardware complex for RFID system testing on accordance with operational requirements

Are opening wide possibilities of the automatization various industrial and business process with application of radiofrequency identification technology.

The soft hardware complex task is testing providing of the radiofrequency identification system UHF and setting optimization. The given method of RFID system testing let to engineer the general requirements to the marking composition, its place and way of labeling, the quality and control.

Automatization, automatization identification, system setting, information system, radiofrequency identification, testing.

Joint-stock Company «Engineering and Marketing Centre of Corporation «Vega»