

Системы RFID в СВЧ, микроволновом диапазоне, перспективы их развития и некоторые способы защиты данных

Андрей Кашкаров (ak35@yandex.ru)

Метки RFID крайне востребованы и всё активнее внедряются в повседневную жизнь. Именно по этой причине технологии RFID быстро развиваются. Эта статья является обзором текущего состояния и перспектив эволюционирования технологий RFID.

История радиочастотной идентификации как беспроводной технологии автоматического сбора данных прослеживается с конца 1940-х годов XX века. RFID сопутствовал быстрый рост в связи с разработкой интегральных схем. Если в 2020 году объём рынка RFID-решений составлял порядка 9 млрд долларов, то к 2028 году сей объём предположительно составит 19,5 млрд. Одним из основных стимулирующих рост рынка RFID факторов является увеличение числа RFID-систем в производственных подразделениях, призванных улучшить контроль качества и логистику. В производстве освоен первый отечественный RFID-считыватель, работающий на СВЧ [1]. Решения на основе RFID позволяют контролировать состояние и производительность оборудования, дефекты в процессах и системные сбои, а также обеспечивают предиктивное техническое обслуживание оборудования и систем.

Пассивные метки или транспондеры не имеют автономного (собственного) источника питания. На рис. 1 представлен вариативный вид пассивной метки. Современная их форма может быть разной.

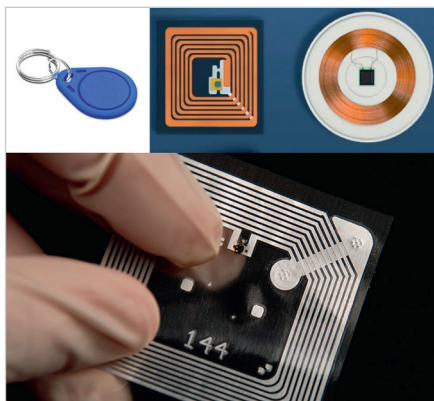


Рис. 1. Виды пассивной метки

Пассивные метки, отвечая на сигнал считывателя, модулируют нагрузку своей антенной системы при находке её в поле несущей частоты считывателя.

Принцип и особенности взаимодействия метки и считывателя

Вид пассивных меток может быть различным, об этом сказано, к примеру, тут [2]. Они взаимодействуют со считывателем с помощью электромагнитной индукции, для возникновения чего необходима хотя бы минимальная напряжённость поля, чтобы обеспечить транспондер энергией для взаимосвязи. Кроме того, сигнал, отражённый транспондером и вернувшийся к считывателю, должен быть сильным настолько, чтобы детектировать его корректно, без ошибок. Поэтому пассивные RFID-метки применяются в условиях относительно близкого расстояния. Поскольку величина напряжения, индуцируемого в RFID-метке, прямо зависит от частоты ЭМ-поля, проходящего через антенну метки, системы RFID, действующие на относительно высоких частотах, имеют более высокую дальность считывания, чем системы, работающие на низких частотах.

Факторы уверенной связи между меткой и транспондером

К классификационным признакам, используемым в RFID, относятся следующие:

- принцип действия носителей данных в системах RFID;
- способ обеспечения энергией RFID-метки;
- возможность записи данных в RFID-метку;
- тип передачи данных от радиометки к считывателю;

- тип взаимодействия между считывателем и радиометкой;
- функции обработки информации в RFID-метке.

Пассивные радиочастотные метки получают энергию для работы с помощью напряжения, индуцированного в обмотке своей антенны, – с помощью индуктивной связи. Если говорить упрощённо, то антенна считывателя является первичной обмоткой, которая с помощью индуктивной связи передаёт напряжение на антенну транспондера, действующую как вторичная обмотка. Индуктивная связь между антеннами считывателя и метки возможна в ближнем поле, притом что обе антенны параллельны друг другу – это необходимо для получения максимального расстояния считывания в типичной системе RFID с индуктивной связью. Коэффициент связи, зависящий только от геометрических параметров, может быть максимальным, если обе антенны имеют одинаковую эффективную площадь. Соответственно, оптимизация расстояния считывания обусловлена так: чем ближе метка к считывателю, тем лучше связь между их антеннами. Следующее условие эффективного взаимодействия – минимизация угла между обеими антеннами [3], когда метка перемещается и не имеет ориентированной (зафиксированной) позиции. К примеру, при идентификации животных, спортивных мероприятий и т.д. – это фактор дополнительного риска корректной идентификации. Поскольку передача данных в системе RFID определяется качеством взаимодействия двух отдельных резонансных цепей с магнитной связью, взаимодействующих как цепь последовательного резонанса в считывателе и цепь параллельного резонанса в метке, фактором риска являются, кроме неточной взаимной ориентации метки и транспондера, температурные влияния, а также номинальные допуски компонентов (L, R, C). Уверенная обработка сигнала обеспечивается при напряжении порядка 1 мкВ. Проблема усиления в приёмнике неотделима от проблемы выделения

сигнала на фоне помех. Важным параметром приёмника является избирательность, способность выделять полезные сигналы из совокупности сигнала и посторонних воздействий (помех), отличающихся от сигнала частотой. Частотная избирательность осуществляется с помощью резонансных колебательных цепей.

Для передачи информации используется радиочастотный канал, работающий по схеме передатчик-приёмник. Передача данных в RFID-системе от считывателя к радиочастотной метке предусматривает выполнение следующих операций:

- цифрового кодирования сообщения, выдаваемого считывателем;
- модуляции кодированного сообщения;
- передачи по каналу связи;
- демодуляции принятого транспондером сообщения;
- декодирования принятого цифрового кода.

Модуляция – процедура изменения параметров (амплитуды, частоты или фазы) сигнала высокой несущей частоты в соответствии с модулирующим сигналом. Частоты модулирующего сигнала, как правило, малы по сравнению с несущей частотой.

В системах RFID, работающих в диапазоне ВЧ, используется модуляция методом обратного отражения – через изменение индуктивности резонансного контура: считыватель принимает отражённый транспондером сигнал, обрабатывает его, и если частота резонансного контура антенны транспондера отклоняется от настройки считывателя (в случае с ВЧ 13,56 МГц), считыватель воспринимает его как более слабый амплитудно-модулированный сигнал RFID-метки и декодирует из него цифровые данные. Так, принимая, детектируя и декодируя эти сигналы, считыватель извлекает из них данные, хранившиеся в RFID-метке. Затем эта информация обрабатывается, и так решается проблема идентификации метки.

Популярные стандарты RFID и их особенности

Общепринятыми международными стандартами и протоколами RFID являются ISO / IEC 18000, ISO 11784, ISO 11785, ISO / IEC 14443, ISO / IEC 15693, EPC Gen2 и др.

Стандарты серии ISO/IEC 18000 наиболее популярны в системе беспровод-

ного пространственного интерфейса RFID. Серия ISO 18000 включает несколько стандартов:

- 18000-1: Общие параметры радиointерфейсов для общепринятых частот;
- 18000-2: Радиointерфейс для частоты 135 кГц;
- 18000-3: Радиointерфейс для 13,56 МГц;
- 18000-4: Радиointерфейс для 2,45 ГГц;
- 18000-5: Радиointерфейс для 5,8 ГГц;
- 18000-6: Радиointерфейс от 860 МГц до 930 МГц;
- 18000-7: Радиointерфейс для 433,92 МГц.

ISO 11784/11785 (134,2 кГц являются международными стандартами, регулирующими вопросы имплантации, введения или прикрепления транспондера, содержащего микрочип, к животному).

ISO 11784 определяет структуру идентификационного кода, в том числе метод передачи данных транспондера и спецификацию считывателя, работающего на частоте 134,2 кГц.

ISO 11785 – технический стандарт, определяющий условия активизации транспондера, считывания и сохранения информации при взаимосвязи метка-считыватель. RFID-метки разных производителей считываются без учёта размеров, формы и назначения транспондеров: стеклянные трубки, ушные вкладыши или ошейники для животных.

ISO / IEC 14443 определяет стандартизацию и параметры идентификационных карт, как определено в ISO 7810, и использование таких карт для международного обмена. Протокол ISO / IEC 14443 делится на 2 типа: TypeA и TypeB, оба работают на 13,56 МГц (RFID HF). Расстояние чтения-записи этикетки 0–10 см. Различие между вариантами A и B в схемах модуляции, кодирования и методах предотвращения столкновений.

ISO / IEC 14443A считается защищённым от помех, применяется в транспортно-областной области как карты доступа на объект, транспортные карты, где требуются относительно небольшие объёмы информации.

ISO / IEC 14443B отличается стабильностью, высоким уровнем безопасности из-за отлаженного протокола шифрования, уместен для хранения «цифровой подписи», однако относительно уязвим к условиям внешней среды.

В табл. 1 представлены стандарты RFID с пояснениями.

Наиболее распространены три типа пассивных меток-тегов. Они связаны с разной частотой, которая определяет расстояние взаимосвязи.

- Сверхвысокая частота (СВЧ) 0,3–3 ГГц (СВЧ) – диапазон уверенного считывания до 12 м с возможностью относительно быстрой передачи данных. На функциональность отрицательно влияют жидкости и металлы, а также электромагнитные сигналы, воспринимаемые как помехи. Таковы системы дальнего действия (long-range systems) в СВЧ «микроволновом диапазоне». В этом же сегменте применяются транспондеры на поверхностных акустических волнах (ПАВ) на частотах 868 МГц (Европа) и 915 МГц (США), а также 2,5 ГГц и 5,8 ГГц. Об этом мы будем говорить ниже.

- Высокая частота (ВЧ) 3–30 МГц – примерный диапазон уверенного считывания, используется в электронных документах идентификации, контроля доступа. Протокол чтения ISO / EC 15693 совместим с ISO 18000-3, обеспечивает уверенную связь на расстоянии до 10 см. Другие распространённые стандарты (протоколы логического и физического уровня) ISO 14443A, его низкоуровневая реплика ISO 18092 и др. Типичная (популярная) частота взаимодействия 13,56 МГц. Ошибочно называть это технологией NFC, имеющей собственные отличия.

- Низкочастотный (НЧ) 30–300 кГц – диапазон считывания до 1 см с относительно низкой скоростью передачи данных. Практически незаменимы для металлических и водных поверхностей, но применяются также в формате электронных билетов, иногда для оплаты пластиковыми картами.

В последнем случае типичная частота взаимодействия 135 кГц. К этому сегменту относятся RFID-системы с «сильной связью» (close coupling systems), но малой дальностью действия, обычно в интервале до 1 см, для их уверенной работы радиочастотная метка должна быть либо вставлена в считыватель, либо помещена на специально предназначенную поверхность. Используется как электрическое, так и магнитное поле, поэтому взаимодействие с такой меткой не сильно зависит от других ЭМ-полей в зоне действия. Системы с «сильной связью» используют в приложениях с повышенными требованиями к безопасности в качестве бесконтакт-

Таблица 1. Стандарты RFID с пояснениями

Стандарт RFID	Определение
ISO 10536	Стандарт ISO RFID для моноблочных карт
ISO 14223	Радиочастотная идентификация животных – усовершенствованный транспондер
ISO 11784	Стандарт ISO RFID, определяющий способ структурирования данных на метке RFID
ISO 11785	Стандарт ISO RFID, определяющий протокол радиоинтерфейса
ISO 14443	Стандарт ISO RFID, который предоставляет определения протокола радиоинтерфейса для меток, используемых в бесконтактных системах, предназначен для использования с платёжными системами
ISO 15459	Уникальные идентификаторы транспортных единиц (используются в управлении торговли и логистики)
ISO 15693	Стандарт ISO RFID для использования с Proximity card или «картами близости» – пассивная бесконтактная карта стандартного размера
ISO 15961	Стандарт ISO RFID для управления предметами (интерфейс приложения (часть 1), регистрация конструкций данных RFID (часть 2) и конструкции данных RFID (часть 3))
ISO 15962	Стандарт ISO RFID для управления предметами – правила кодирования данных и функции логической памяти
ISO 16963	Стандарт ISO RFID для управления товарами – уникальный идентификатор RF-метки
ISO 18000	Стандарт ISO RFID для радиоинтерфейса для частот RFID по всему миру
ISO 18001	RFID для управления товарами – профили требований приложений
ISO 18046	Методы испытаний RFID-меток и запросчиков
ISO 18047	Стандарт ISO RFID, который определяет тестирование, включая проверку соответствия RFID-меток и считывателей. Он разделён на несколько частей, которые отражают части ISO 18000
ISO 18185	Это промышленный стандарт для электронных пломб, предназначенных для отслеживания грузовых контейнеров с использованием частот 433 МГц и 2,4 ГГц
ISO 18092	Информационные технологии. Телекоммуникации и обмен информацией между системами. Связь ближнего поля. Интерфейс и Протокол 1 (NFCIP-1)
ISO 21481	Информационные технологии. Телекоммуникации и обмен информацией между системами. Интерфейс связи ближнего поля и Протокол 2 (NFCIP-2)
ISO 24710	Информационные технологии, автоматическая идентификация и методы сбора данных. RFID для управления предметами. Элементарная функция номерного знака для радиоинтерфейса ISO 18000
ISO 24729	Руководство по внедрению RFID: а) метки с поддержкой RFID; б) возможность вторичной переработки радиочастотных меток; в) RFID-технология, установка антенны
ISO 24730	Система определения местоположения в реальном времени RFID: Часть 1: Интерфейс прикладного программирования (API); Часть 2: 2,4 ГГц; Часть 3: 433 МГц; Часть 4: Глобальные системы локации
ISO 24752	Протокол управления системой для автоматической идентификации и сбора данных с помощью RFID
ISO 24753	Команды радиоинтерфейса для работы от аккумулятора и датчиков
ISO 24769	Методы тестирования устройств системы определения местоположения в реальном времени (RTLS)
ISO 24770	Методы тестирования производительности устройства системы определения местоположения в реальном времени (RTLS)
ISO 28560-2	Задаёт стандарты кодирования и модель данных для использования в библиотеках
ASTM D7434	Стандартный метод испытаний для определения эффективности транспондеров с пассивной радиочастотной идентификацией (RFID) на паллетированных, сборных грузах
ASTM D7435	Стандартный метод испытаний для определения эффективности транспондеров пассивной радиочастотной идентификации (RFID) на загруженных контейнерах
ASTM D7580	Стандартный метод испытаний вращающейся эластичной упаковки. Метод определения читаемости пассивных RFID-транспондеров на однородных паллетированных или единичных грузах

ных смарт-карт (стандарт ISO 10536), в том числе для электронных платежей.

Ещё есть «полупассивные» метки (также называются BAP – Battery Assisted Passive), которые используются радиоинтерфейсом и протоколом обмена пассивной системы, но с присутствием источника питания. Постоянное и автономное питание чипа улучшило характеристики метки по «дальности регистрации», но на практике дополнительное питание используется для второстепенных датчиков (температуры,

ускорения, влажности и т.д.). Батарея используется для питания датчиков и накопления данных при нахождении метки вне поля считывателя, с последующим их считыванием при входе в зону регистрации.

Важные отличия

Одно из важных отличий между транспондерами в системе RFID на разных частотах в том, что метки, взаимодействующие по НЧ, имеют встроенные антенны в виде многоконтурных (до



Рис. 2. Вид электронного «глушителя», делающего большинство популярных меток в системе RFID бесполезными

сотен витков) обмоток тонкого трансформаторного провода (рис. 1). Высокочастотные метки имеют одноконтурные обмотки или диполь-антенны. 90% всех продаваемых RFID-систем являются системами с индуктивной связью. Используемая частота определяет конструктивные параметры антенны радиометки. Почему столь много внимания мы уделили конкретным частотам и конструктивным особенностям? Чтобы понять: с применением специальной техники «электронных глушителей» соответствующей частоты все подобные рассматриваемым дистанционные метки становятся бесполезными, а если они используются в качестве платёжного средства или идентификатора доступа (в помещение), то нельзя ни заплатить, ни обналчить, ни пройти. На рис. 2 представлен (для сведения) один из таких доступных электронных приборов-глушителей, его успешно применяют в радиусе до 30 м от объекта блокировки.

Особенности и применение RFID-меток в сложных условиях среды

А есть особые «неидеальные» условия, связанные с повышенной влажностью, загрязнением среды (пыль, в том чис-



Рис. 3. Вид корпусной пассивной метки X1114-EU100-H3 для условий загрязнённой и влажной среды, в том числе для металлических поверхностей

ле металлическая), химическими воздействиями; в таких условиях нужны и специальные метки. Так, метка Ultra High Frequency не будет «идеальной» при использовании в условиях металлических поверхностей, и тут применяют корпусную RFID UHF Xerafy Roswell, H3, X1114-EU100-H3 (см. рис. 3).

Эта метка использует стальной корпус из нержавеющей стали в качестве антенны. Конструкция метки с гальванической развязкой состоит из двух цилиндрических корпусов, между которыми находится тонкий высокотемпературный наполнитель-диэлектрик. В результате разработчиком достигнута надёжность и отказоустойчивость метки, снижен риск некорректной работы в условиях воздействия высокой температуры и высокого давления, а также коррозионных жидкостей. Подобная метка конструктивно удобна для прикрепления к поверхности, включая сварку с металлическими конструкциями, тележками либо прикрепление стальными скобами к медицинскому оборудованию.

Типичные технические характеристики корпусных RFID с «повышенным» классом защиты IP 69K меток кратко: рабочая температура от -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$. Допустимая влажность 5–95%. С эффектом памяти 96-bit EPC; 512-bit пользовательской; 64-bit TID. При факторе $48 \times 28 \times 13,5$ мм, весе 21 г и рабочей частоте (СВЧ) 866–868 МГц обеспечивает дальность взаимодействия со считывателем до 5 м по протоколу EPC Class1 Gen2. В соответствии со стандартом ISO18000-6C возможен контроль до 400 меток в секунду при 96-EPC bit.

Стандарт EPC Gen2

EPC Gen2 – известный с 2006 г. стандарт радиointерфейса RFID Class1 UHF.

В своё время этим занималась компания EPCglobal. Примерно с 2010 г. и по настоящее время стандарт стал лидирующим на рынке устройств RFID. По условиям стандарт аналогичен ISO18000-6, с которым можно ознакомиться в [4]. Протокол ISO 18000-6C (EPC Gen2) наиболее популярен (используется) на условно средних и больших расстояниях. Теги по протоколу EPC Gen2 считываются многократно и перезаписываются, обладают конфиденциальностью (защитой информации), что важно для общей безопасности системы, актуальной против скимминга. Рекордная дистанция регистрации меток для пассивных RFID-систем до 10–12 м объясняется использованием «полного» электромагнитного поля, а не магнитной связи петлевых антенн считывателя и метки, как в LF и HF. «Антиколлизонный» механизм, позволяющий считывать одновременно до 300 уникальных меток в зоне регистрации, а также высокая скорость считывания метки – до 300–400 раз в с, практически подтверждённая возможность регистрации одиночных меток при их перемещении через зону регистрации на скорости до 250 км/ч при цене 10 рублей в оптовом варианте закупок – всё это очевидные преимущества.

Для EPC Gen2 в мировом масштабе используется UHF-диапазон 860–960 МГц, но локально в регионах используются более узкие полосы. К примеру, в России используются частоты европейского диапазона 865,6–867,6 МГц в соответствии со стандартом ETSI EN302-208-1 V1.2.1, хотя формально для этого выделена полоса 866,6–867,4 МГц. Внешний вид меток для различных условий представлен на рис. 4.



Рис. 4. Внешний вид метки для RFID стандарта EPC Gen2

Представленные метки могут иметь клеящую основу и разный размер, к примеру, более 1 м, что удобно при считывании с большого расстояния.

Особенности RFID-меток в стандартизации EPC Gen2

Изначально на производстве «банк» выпускается с пустыми ячейками EPC, информация в них (если необходимо) перезаписывается непосредственно пользователем. Можно установить защиту от перезаписи информации. Память меток стандарта Gen2 условно разделена на 4 банка, адресуемых командами радиointерфейса [5].

Так, Reserved Memory (00) используется для хранения:

- KILL-пароля (32 бита). При его ненулевом значении с помощью KILL-команды метка «стирается» навсегда без возможности восстановления;
- ACCESS-пароля (32 бита). При его установке доступ к метке возможен только при знании этого пароля.

EPC (01, Electronic Product Code). Уникальный идентификатор метки с памятью, по которому они отличаются друг от друга. Память от 240 бит EPC и выше.

TID (10, Transponder ID). Идентифицирует производителя и модель чипа метки выделенным уникальным кодом. Есть возможность установки дополнительного уникального идентификатора отдельной метки (Serialized TID), как средство защиты метки от подделки. EPC меток может быть продублирован, но банк TID защищается от перезаписи при производстве метки и при наличии Serialized TID совместно с идентификатором производителя и чипа гарантированно уникален.

User Memory (11) – параметр необязательный. Используется для хранения

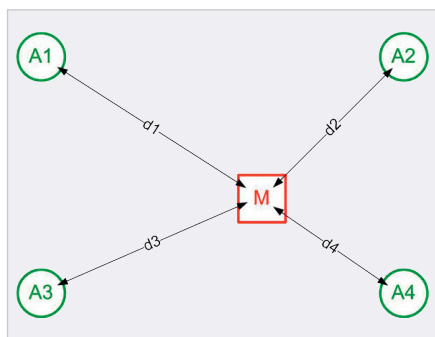


Рис. 5. Позиционирование условной метки М относительно анкеров А1–А4

любой дополнительной информации. Размер 512 бит и выше позволяет записать относительно много, однако на практике встречаются случаи несовместимости с разными считывателями.

Содержание банков EPC, User Memory, отдельных областей KILL и ACCESS может быть защищено от изменения значения, временно или навсегда (Permalock = Permanent Lock).

Диапазон частот 860–960 МГц является международным стандартом, благодаря чему его применяют универсально в системах бесконтактной идентификации: автомобильные транспондеры, транспортные карты, магнитные пропуска и метки на товарах. Подобные метки удобно отслеживать на относительно большом удалении, что активно применяется на складах.

Также есть специальный класс активных меток RTLS – Real Time Locating Systems – системы определения положения в реальном времени. Они применяются для контроля за животными, на спортивных мероприятиях и в др. случаях. Для позиционирования используются технологии CSS (Chirp Spread Spectrum) и SDS-TWR (Symmetrical Double-Sided Two Way Ranging), основанные на измерении времени распространения радиосигнала от передатчика до приёмника (time of flight) и вычисления расстояния от метки до нескольких (не менее трёх) анкеров – рабочих узлов инфраструктуры, имеющих фиксированные координаты. Метка взаимодействует с инфраструктурой через двунаправленный радиointерфейс – как принимает, так и передаёт сигнал. Инфраструктура обеспечивает связь программного интерфейса приложения (API) с сервером. Сервер управляет инфраструктурой, метками и процессами измерения, анализирует результаты измерений и информацию о состоянии меток. На рис. 5 представлено позиционирова-

ние условной метки М относительно анкеров А1–А4.

Вкратце разобрав отличия RFID разных стандартов, протоколов связи и частотных диапазонов, посмотрим на перспективы, важные для разработчиков РЭА.

СВЧ-метки и аспекты дальности идентификации

В RFID-системах с пассивными метками считыватель чередует передачи непрерывной волны и модулированных радиочастотных команд в метку [6]. Дальность считывания в значительной степени определяется характеристиками обмотки антенн считывателя и транспондера. Чем больше размер правильно рассчитанной и сконструированной антенны, тем большее расстояние для уверенной взаимосвязи можно ожидать. Для увеличения дальности считывания транспондера разработчики переходят на более высокую частоту, чтобы обеспечить наведённое ЭМ-полем минимально допустимое напряжение, необходимое для питания RFID-метки.

Для оценки мощности, нужной для работы пассивного транспондера в СВЧ и микроволновом диапазонах, используют понятие потери энергии в свободном пространстве. Потери определяют соотношение между энергией ВЧ, излучаемой считывателем в пространство, и ВЧ-энергией, принимаемой меткой. Эти потери зависят от расстояния между меткой и антенной считывателя, частоты передачи считывателя, коэффициентов усиления антенны метки и антенны считывателя.

При использовании полупроводниковой технологии чипы для RFID-метки применяют с условным расходом энергии < 5 мкВт. Тогда для работы чипа принимаемая антенной метки энергия $P_t < 50$ мкВт.

При условии получения максимально возможной мощности на антенне метки следует: когда излучаемая мощность передатчика считывателя $P \sim 0,5$ Вт, тогда потери в свободном пространстве не превысят 40 дБ. Для обеспечения дальности взаимодействия на относительно больших расстояниях, более 10 м, чипированные метки обеспечивают функционалом сбережения энергии в режиме «выключение питания» или «резерв».

Так, метки с условно большой потребляемой мощностью с функцией «обратного рассеяния» снабжают

батареей резервного питания чипа. Если RFID-метка выходит из зоны действия считывателя, чип автоматически переключается в энергосберегающий режим «выключение питания». В этом состоянии потребление энергии составляет несколько микроампер. И напротив: чип реактивируется, как только принят достаточно сильный сигнал в рабочей зоне считывателя, так он переключается обратно в нормальный режим. При этом в активной радиочастотной метке «резервная» батарея обеспечивает только питание микрочипа, что позволяет системе длительную работу без замены автономного элемента питания. Для передачи данных от метки к считывателю используется энергия ЭМ-поля, излучаемого считывателем – как и в системе RFID с пассивными метками.

Весьма важен аспект влияния чувствительности приёмника СВЧ на дальность считывания. Появление многих отражений переменной интенсивности от разных объектов ведёт к изменениям напряжённости ЭМ-поля вокруг метки и считывателя. Такие фоновые или «помехозависимые» эффекты вероятны в среде, насыщенной металлическими объектами, что характерно для промышленного производства. При идентификации активной метки в СВЧ-системах ЭМ-помехи влияют на напряжённость поля, и транспондеру может не хватить сигнала считывателя для перехода первого в рабочий режим.

Сигнал транспондера может быть ниже уровня несущего сигнала передатчика не более чем на 100 дБ; так полагают на практике. Однако в расчётах много разных факторов влияния, поэтому он может быть и другим, на уровне 75 дБ ниже уровня несущего сигнала передатчика. Поскольку для передачи данных производится модуляция сигнала, отражённого транспондером, отражённая мощность разбивается на отражённый несущий сигнал и 2 боковые полосы. При беспримесной ASK-модуляции с коэффициентом, приближённым к 100%, две «боковые полосы» содержат каждая по 25% от общей отражённой мощности, а при более низком коэффициенте модуляции – пропорционально меньше. Отражённый несущий сигнал не будет корректно принят приёмником считывателя, ибо он полностью маскируется передаваемым сигналом на той же частоте. Поэтому значимая информация передаётся исключительно на боковых полосах, а при расчёте мощно-

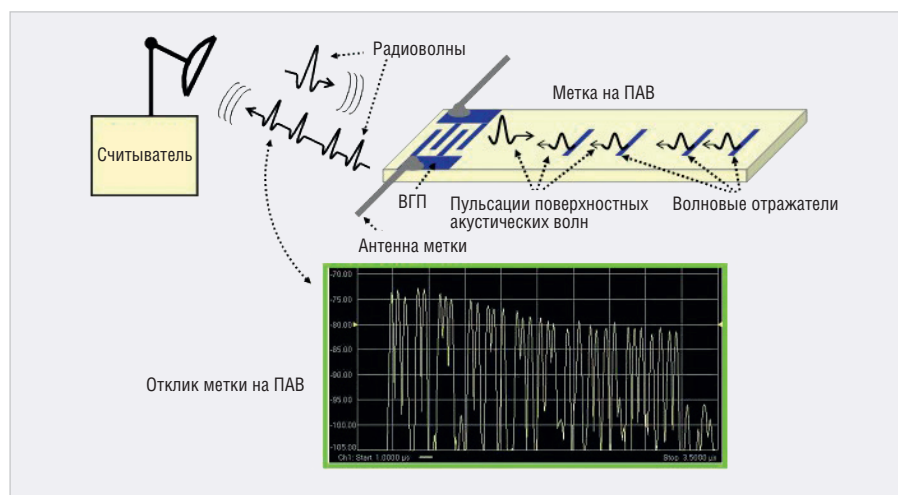


Рис. 6. Пример временного кодирования меток, взаимодействующих на ПАВ

сти передатчика RFID учитывают реальное значение коэффициента модуляции. Если известна чувствительность приёмника RF-считывателя, можно вычислить максимальное расстояние между транспондером и считывателем, при котором сигнал транспондера будет корректно принят считывателем. Чтобы приёмник считывателя обнаружил отражённый модулированный сигнал на одной боковой полосе, мощность транспондера должна быть соответственно увеличена.

Совершенствование системы

В основе СВЧ RFID-считывателя лежит микроконтроллер, обеспечивающий программную реализацию работы устройства. Ранее типичный (других частот) радиочастотный считыватель работал с одной антенной, имея небольшую мощность излучения – до 0,4 Вт. СВЧ RFID-считыватель действует в соответствии с международным стандартом. Для увеличения дальности идентификации модуль считывателя дополнен двумя антенными контурами, в результате мощность излучения достигает 2 Вт и более. Условная дальность считывания пассивных систем RFID зависит от конфигурации системы и следующих факторов: рабочей частоты и характеристик обмоток антенн, добротности антенны и её резонансной добротности, ориентации антенны, тока намагничивания, чувствительности приёмника (определяются используемым протоколом коммуникации системы RFID), алгоритмов кодирования (или модуляции) и декодирования (демодуляции), числа битов данных и алгоритма детектирования (интерпретации), условий рабочей среды, к примеру, электромагнит-

ных помех, и т.д. Влияние последнего (из перечисленных) фактора может быть уменьшено установкой полосового фильтра в считывателе. К примеру, киевская компания Nest Info, выполнявшая работы по брендированию служебного транспорта в Украине, успешно применила RFID-систему идентификации транспорта предприятия.

Взаимодействие на основе ПАВ бесчиповых радиочастотных меток

Бесчиповые метки-идентификаторы в системе RFID и их отдельные компоненты служат заменой других устройств с сопоставимым функционалом, таких как RFID-метки с чипом, штрих-коды и т.д. Бесчиповые радиочастотные метки, кроме низкой себестоимости, отличаются тем, что не содержат интегральной микросхемы. Они имеют преимущества как перед штрих-кодами, так и перед типичными радиочастотными метками (не СВЧ). Кодирование в бесчиповых радиочастотных метках осуществляется во временной и в частотной областях. Так, метки с временным кодированием взаимодействуют со считывателем на поверхностных акустических волнах (ПАВ). На рис. 6 представлена иллюстрация временного кодирования меток на ПАВ.

Зондирующий импульс преобразуется в ПАВ на встречно-ребенчатом преобразователе (ВГП). ПАВ распространяются вдоль подложки и отражаются обратно на рефлекторах, создающих пакет импульсов с временной задержкой [7]. Пакет импульсов преобразуется обратно в электромагнитную волну на ВГП. Конструктивно метки создавались на подложке из пьезоэлектрического материала, что ограничивало широкое



Рис. 7. RFID-метка IDN – 0101 на кольцевых щелевых резонаторах с двумя резонансными состояниями

распространение. Их нельзя напечатать на банкнотах, почтовых марках и других предметах на бумажной или пластиковой основе.

Кольцевые металло-диэлектрические износостойкие метки

Примером рассмотрения меток на ПАВ служат кольцевые металло-диэлектрические структуры плоскостного типа для RFID СВЧ-диапазона. По сути, это частотно-селективные устройства, направленные ответвители и элементы планарных антенн. Кольцевые структуры в планарной конструкции, как излучающие (отражающие) системы, имеют относительно малые размеры. Кольцевой щелевой резонатор может возбуждать колебания в широком спектре ВЧ с обоими видами поляризации. Отличительные свойства кольцевых структур ранее открыты при конструировании антенн бегущей волны. Это широкая полоса рабочих частот и смещение резонансной частоты колебаний низшего типа в НЧ-область в сравнении с резонансной частотой колебаний низшего типа дискового резонатора при сопоставимых размерах и форме. Кольцевой резонатор обладает меньшей величиной собственной добротности, а средняя длина пути, по которому протекает ток в кольце, на низшем типе колебаний оказывается длиннее, чем в диске [8].

Различия в частотных откликах объясняются взаимной связью между щелями. При обработке данных, принятых считывателем, незначительное изменение частоты не имеет определяющего влияния на точность идентификации, так как отклик происходит не на конкретной частоте, а в определённом диапазоне частот. На рис. 7 представле-

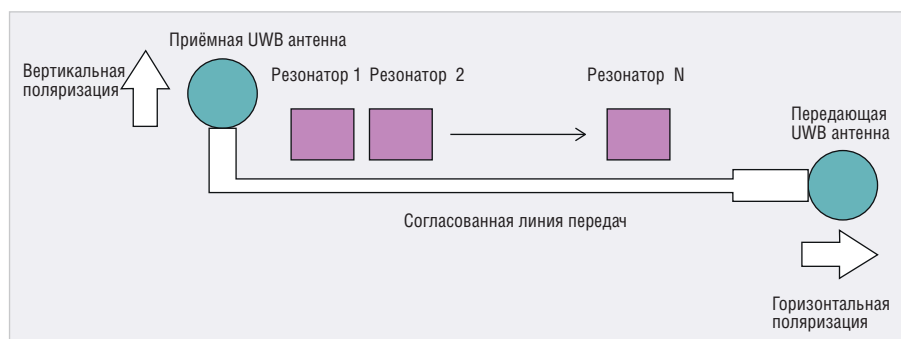


Рис. 8. Блок-схема RFID-метки с использованием мультирезонаторов

на RFID-метка на кольцевых щелевых резонаторах, имеющая 2 резонанса.

Метка с малыми размерами состоит из двух сверхширокополосных антенн, развязанных по поляризации – приёмной и передающей, а также мультирезонатора из спиральных резонаторов. Считыватель получает информацию аналогичным образом (как и с других типов бесчиповых пассивных меток, рассмотренных выше), отличие в том, что микропроцессором считывателя анализируется не отражённый, а поглощённый сигнал, поэтому их рассматривают как частотно-селективную поверхность. На рис. 8 представлена блок-схема RFID-метки на мультирезонаторах.

Да, с таким типом меток трудно добиться высокой плотности кода. Однако существуют и другие, более успешные разработки в области компактных бесчиповых меток для идентификации в диапазоне СВЧ.

Перспективные варианты применения

В сравнении с чипованными RFID-метками бесчиповые обладают меньшей себестоимостью ввиду отсутствия интегральных схем, но проигрывают в дальности обнаружения; в сравнительном анализе они корректно работают в системе идентификации на расстоянии до 0,4 м от считывателя. Малый радиус повышает защищённость данных, записанных на метке. В сравнении со штрих-кодами, которые можно распечатывать на простом принтере, бесчиповые метки приближаются к «копеечной» стоимости первых с явным сопутствующим преимуществом: обладают значительной износоустойчивостью и не требуют визуального контакта для детектирования. Ввиду износоустойчивости метки спектр применения в перспективе весьма широк: метка помещается в обувь, и отпадает необходимости манипуля-

ции руками с RFID-картой для входа – так решается вопрос доступа, к примеру, в СКУД. Видится перспектива применения в пищевой промышленности. Другие варианты: метки могут быть интегрированы в «пешеходные дорожки», так реализуется навигация «для слепых»; при этом изменение меток детектируется, и человеку с особыми потребностями станет доступным звуковое оповещение об изменении маршрута – уход с безопасной дорожки и т.д. Метки могут быть интегрированы не только в обувь, но и в вещи. Для незрячих, к примеру, так можно создать «умную» «белую трость» со встроенной меткой и звуковым сигнализатором. При соответствующей инфраструктуре и RFID-считывателях такой человек сможет относительно безопасно и быстро перемещаться по дорожкам, не останавливаясь, не путаясь и не ожидая помощи.

Экранирующие материалы для специалистов и разработчиков РЭА

Для предотвращения несанкционированного съёма информации далее рассмотрим применение экранирующих материалов как элементов комплексного решения по защите информации на разных носителях – смартфонах, картах и др., а также для безопасности использования бесконтактных идентификаторов в RFID на примере Proximity card. Экранирующие материалы, разработанные специально в качестве блокирующих RFID-сигнал, условно можно разделить на три направления: *защита данных, здоровья, оборудования.*

При защите данных специальные материалы блокируют RF-сигналы. Имея свойства сверхмалой толщины, материал подходит для подкладки портмоне, обложек документов, включая дисконтные, банковские карты и иные носители персонифицированной

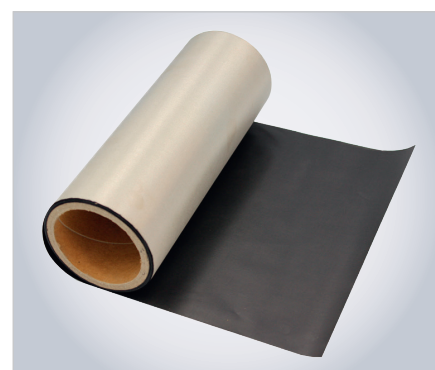


Рис. 9. Защитный материал RF-53A

информации в форме пластиковой карты, чехлов для сотового телефона. Особенная перспектива применения сверхтонких экранирующих материалов связана со скорым введением (согласно анонсам) новой формы внутригосударственных и международных удостоверений личности, ID-card, «паспортов». В США и странах Европы такие карты уже более 30 лет заменяют документы, удостоверяющие личность в гос. учреждениях, медицинской и в целом – социальной сфере, являются многофакторным идентификатором личности. В России на документы подобного функционала, содержащие сведения о владельце: его ИНН, пенсионный счет, медицинский полис (и многое другое) – только ещё переходит государственная система: в Москве раньше, по стране – много позже. Для исключения съёма информации с таких носителей служат рассматриваемые материалы. На рис. 9 представлен вид на защитный материал RF-53A.

Второй аспект безопасности – «защита здоровья», это ещё один важный фактор, в основе которого лежит защита от электромагнитных излучений посредством экранирования стен, окон, спальных мест (включая одеяла), элементов одежды. Для кого-то все поднятые вопросы (решаемые в Европе давно) – ещё только «завтрашний день», однако нам никто не запрещает думать о нём, анализируя сторонний опыт. Защита оборудования оправдана там, где экранирующие материалы применяются при изготовлении оборудования, для экранирования электромагнитных полей и защиты от радиационного излучения.

По форме, в соответствии с назначением, материалы, исключая несанкционированное изъятие и сбор данных мобильным устройством при проведении закрытых совещаний и переговоров, могут быть разными.

Экранирующая клейкая (самоклеющаяся, что придает ей универсальность применения) лента RF-53T (вариант RF53-AT) шириной 20–25 мм изготавливается из ткани RF-53A в составе: медь 23%, никель 27%, полиэстер 50%. Обеспечивает экранирование, что корректно называть «ослаблением сигнала» до 69,3 дБ (RF53-AT – 62 дБ). Сюда же можно отнести материалы более широкого спектра применения, такие, например, как специальная, обладающая высокой электропроводимостью, экранирующая ткань RF-53ST (является полупрозрачной версией ткани RF-53). В её состав входит: медь 23%, никель 27%. При ширине в рулоне 110 мм, плотности 70 г/м² и толщине 0,07 мм ткань обеспечивает ослабление сигнала до 72,7 дБ. Испытания выполнены лабораторией SGS-TUV Saarland Forster GmbH и SIMT (Германия) в соответствии со стандартами и требованиями MILSTD 285, IEEE 299, NSA 65-6, EN50147-1. Для сверхтонкой ткани возможна даже стирка без химических средств при температуре < 35° С.

В сравнении представляет интерес специальная экранирующая ткань RF-56, полностью блокирующая GSM, 3G, LTE, Wi-Fi, Bluetooth-сигналы сотовых телефонов. Состав не сильно отличается от вышеприведённых: медь 23%, никель 27%, полиэстер 50%, однако этот материал при толщине ткани 0,085 мм и плотности 100 г/м² имеет дополнительный металлический слой. Материал обеспечивает ослабление сигнала до 86,2 дБ. Это придаёт материалу некоторые полезные свойства, такие как устойчивость к гниению, морозоустой-

Таблица 2. Зависимость коэффициента экранирования (ослабления) от частоты сигнала

Частота сигнала, МГц	Коэффициент экранирования, дБ
10	73,3
13,56	73,2
30	73,2
100	73,5
300	75,2
1000	80,4
3000	86,2
7000	84,5

чивость, пригодность к окрашиванию, антистатика и в целом – надёжность пользования. Это на практике подтверждает сделанный из RF-56 чехол для банковской карты, которая сама представляет источник RFID. Чехол применялся автором в течение 6 лет (при ежедневной носке и частом вложении/вынимании), при этом остаётся без разрывов. На рис. 10 представлен внешний вид защитного чехла из материала RF-56 для банковской карты.

В табл. 2 представлена зависимость коэффициента экранирования (ослабления) от частоты сигнала.

По этим значениям можно понять эффективность ослабления сигнала на разных частотах, в том числе приближённых к стандартным GSM 900/1800, 3G, LTE, Wi-Fi и Bluetooth. На основе таких материалов, с применением дополнительной «обложки» из нейлона, кожи и (или) другого подходящего материала, создаются бытовые (повсед-



Рис. 10. Внешний вид защитного чехла из RF-56 для банковской карты

невные) аксессуары. К примеру, экранирующий нейлоновый чехол «безопасности» вмещает 1-2 смартфона, имеет дополнительный отсек для банковских карт или купюр. Такой чехол защищает смартфон или другое устройство с функцией беспроводной передачи/обмена данными от посторонних сигналов несанкционированного воздействия и предотвращает «утечку» данных. В закрытом виде может блокировать запись (разговора вокруг смартфона), предотвращая свободный доступ к микрофону, а также защитить владельца от негативного излучения телефона, если предполагать, что такое может иметь место. Кроме этого, устройство на основе экранирующих материалов блокирует утечку информации по каналам сотовой связи, цифровым каналам передачи данных Bluetooth, Wi-Fi, 4G, 3G, DECT1800, IMT-TC-450, IMT-2000 / UMTS (3G), LTE, WiMAX (4G) и, как видно из табл. 2, подавляет сигналы систем глобального позиционирования GPS и ГЛОНАСС. ©

НОВОСТИ МИРА

«РОСЭЛЕКТРОНИКА» БЫСТРО НАРАЩИВАЕТ ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ

Входящий в состав ГК «Ростех» холдинг «Росэлектроника» заявил, что быстрыми темпами наращивает производство отечественных изделий. Для выпуска электронно-компонентной базы, ламп бегущей волны и монтажного производства на предприятиях компании организованы дополнительные смены.

В настоящее время ведутся работы по организации двух- и трёхсменной работы для выпуска изделий, используемых в бортовых радиолокационных станциях – многорежимных усилителях большой мощно-

сти на лампах бегущей волны. За работу в этом направлении отвечает саратовское НПП «Алмаз», а на Кимовском радиоэлектромеханическом заводе ведутся работы по организации второй смены для выпуска магнитов, а также ветрогенераторов, используемых в атомной отрасли.

«В текущих реалиях важно обеспечить бесперебойность выпуска отечественной радиоэлектронной продукции и стабильную работу предприятий», – сообщил журналистам представитель группы компаний.

Известно, что интенсивность работ повысилась и на других направлениях. Так, на Рязанском радиозаводе, воронежском «Электросигнале», а также в концерне «Со-

звездие» и НПП «Радиосвязь», базирующемся в Красноярске, ряд площадок перешёл к работе в три смены, а тамбовский завод «Октябрь» создал новые бригады рабочих и инженеров-конструкторов.

«Росэлектроника» объединяет более 140 предприятий, а также научных организаций, занимающихся разработкой и выпуском всевозможных электронных компонентов и готовых изделий, от автоматизированных систем управления до вычислительной техники и телекоммуникационного оборудования. Общая численность сотрудников – более 70 тыс. человек. В ГК «Ростех» входят более 800 предприятий и научных организаций.

russianelectronics.ru