

**Верёвкин А.П., Кириллов В.В., Мунина И.В.,
Туральчук П.А.**
Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ»

Малогабаритные СВЧ-антенны для систем радиочастотной идентификации металлических объектов

Представлены конструкции антенн меток для систем радиочастотной идентификации СВЧ диапазона частот, которые могут эффективно использоваться для маркировки металлических объектов. Предлагаемые антенны выполнены по технологии изготовления печатных плат на СВЧ материалах. Выполнено полномасштабное электродинамическое моделирование предложенных структур и проведены измерения изготовленных образцов в безэховой камере.

Ключевые слова: Антенна СВЧ диапазона частот, RFID системы, RFID метки, металлические объекты, дальность считывания метки, импеданс.

В последнее время все больший интерес представляют RFID (Radio Frequency Identification – радиочастотная идентификация) системы. Под объектом понимается любой предмет, будь то вещь на складе или фармацевтическое средство в аптеке, животные или человек. RFID системы нашли широкое применение в настоящее время: системы контроля доступа в помещениях различных учреждений и организаций; автоматические системы оплаты проезда; системы слежения за автотранспортными средствами; для маркировки различного рода объектов; военные применения; биомедицина и др. В состав типичной RFID системы входит три базовых компонента (рис.1): считыватель (считывает информацию с метки); метка (хранит информацию об объекте); устройство обработки информации (персональный компьютер или рабочая станция) [1].

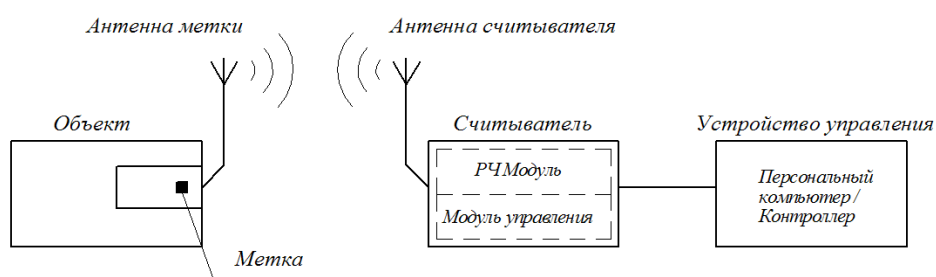


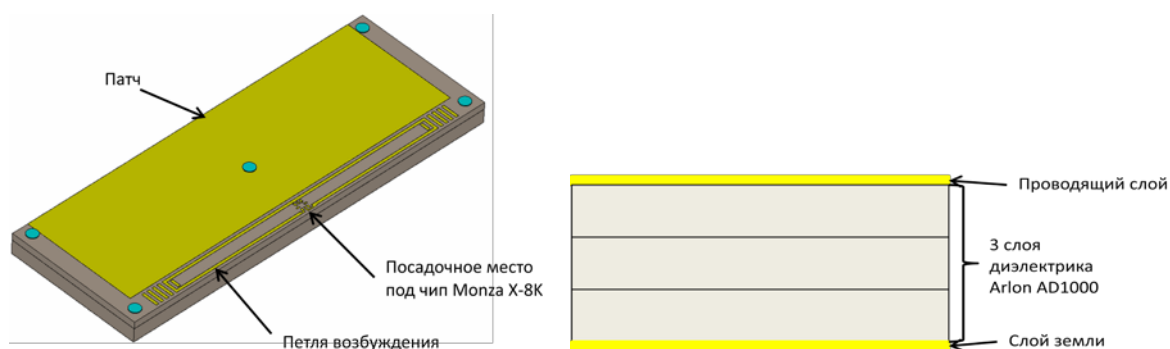
Рис. 1. Схема RFID системы.

В связи с широким распространением металлических объектов (автотранспорт, металлические контейнеры, корпуса различной электроники и техники и т.д.) появилась потребность в разработке антенны метки, которая позволяла бы эффективно работать считывателю с меткой даже при её закреплении на металле. Стоит обратить внимание на ряд особенностей при работе антенн RFID меток на металле: 1. Чувствительность импеданса антенны к размерам металлического объекта; 2. Появление дополнительных

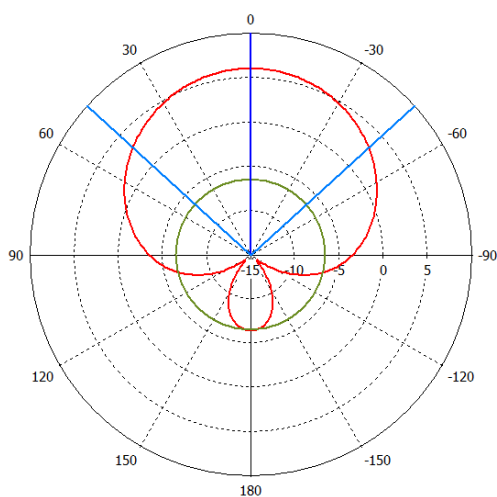
реактивных связей с металлической поверхностью, и, как следствие, сдвиг рабочей частоты антенны; 3. Изменение диаграммы направленности (ДН) антенны [2]. Все эти факторы, несомненно, влияют на процесс разработки антенны, и их обязательно следует учитывать при разработке устройства.

Целью данной работы была разработка планарных антенн RFID меток СВЧ диапазона частот (860-960 МГц), предназначенных для маркировки металлических объектов. Габаритные размеры антенн ограничены $40 \times 80 \text{ мм}^2$.

Для удовлетворения поставленных требований было решено использовать патч антенну, возбуждаемую с помощью петлевой питающей линии посредством магнитной связи. Модель данной антенны представлена на рисунке 2. Антенна состоит из трех слоев диэлектрических подложек Arlon AD1000 толщиной $h_s = 1.27 \text{ мм}$ и $\epsilon = 10,6$ и двух медных слоев металлизации толщиной 18 мкм. Такая толщина необходима для достижения большого коэффициента усиления антенны. В модели предусмотрено посадочное место под чип Monza X-8K с импедансом $18 - j182 \text{ Ом}$. Габаритные размеры составляют $25 \times 70 \text{ мм}^2$. Диаграмма направленности антенны, расположенной на металлической пластине $200 \times 200 \text{ мм}^2$ показан на рисунке 2 (б). Коэффициент усиления антенны по результатам



(а)



Main lobe magnitude = 6.09 dB
 Main lobe direction = 0.0 deg.
 Angular width (3 dB) = 95.5 deg.
 Side lobe level = -12.3 dB

(б)

Рис. 2. Антенна RFID метки работающей на металле: (а) модель и структура антенны; (б) диаграмма направленности антенны.

электродинамического моделирования составляет 6 дБ в направлении главного лепестка. Импеданс антенны определяют параметры петли связи, ее длина и расстояние до патча. Диэлектрические подложки скреплялись между собой с использованием пластиковых штырьков, напечатанных на 3D принтере.

Особый интерес представляет разработка конструкции антенны метки, импеданс которой слабо зависит при размещении метки, как в непосредственной близости металлических объектов, так и при их отсутствии. Для решения поставленной задачи была выбрана патч антенна [3], представленная на рисунке 3, для которой выполнено полноволновое электродинамическое моделирование (ЭМ). Модель антенны представляет собой структуру, состоящую из двух диэлектрических подложек RO4003C толщиной $h_s = 0,81$ мм, с $\epsilon = 3,38$; двойного склеивающего слоя Prepreg 1080 толщиной $h_p = 0,16$ мм, с $\epsilon = 3,9$; двух медных слоев металлизации толщиной 18 мкм. В модели также предусмотрено посадочное место под чип Monza X-8K с импедансом $18-j182$ Ом. Диаметр переходного отверстия составляет 0,3 мм. Габаритные размеры составляют 30×70 мм² в двух измерениях. Коэффициент усиления антенны составляет 7 дБ в направлении главного лепестка. Расположение чипа, длина и ширина вырезов L_2 , W_1 определяют входной

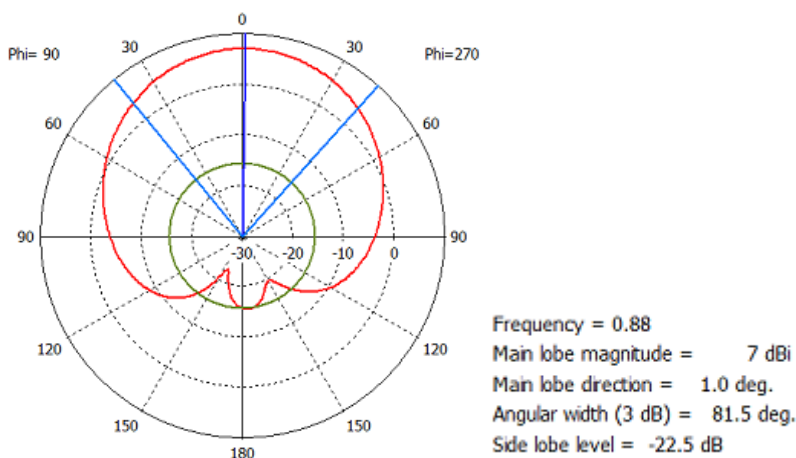
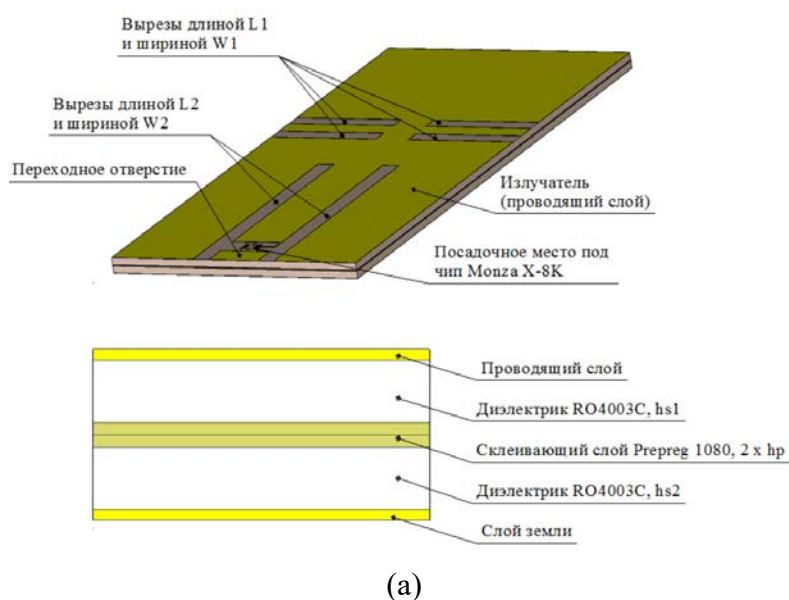


Рис. 3. Антенна RFID метки: (а) модель и структура антенны; (б) диаграмма направленности

импеданс антенны. При необходимости, изменяя данные параметры, можно изменять входной импеданс антенны с учетом импеданса чипа. Вырезы длиной L_1 и шириной W_1 расположены в области максимума распределения магнитного поля, и, меняя их параметры, изменяется длина пути протекания токов, тем самым происходит сдвиг рабочей частоты в область более низких частот. Таким образом, стало возможным уменьшение габаритных размеров антенны при сохранении рабочей частоты. Материалы для данной модели антенны были выбраны, исходя из возможности изготовления её прототипа по многослойной технологии изготовления СВЧ печатных плат методом попарного прессования.

Результаты моделирования были использованы для расчета дальности считывания метки d , которая оценивалась по формуле:

$$d = \frac{c}{2 \cdot \omega} \cdot \sqrt{\frac{E_{IRP} \cdot G \cdot K}{Sens}},$$

$$K = \frac{4 \cdot R_a \cdot R_c}{(R_a + R_c)^2 + (X_a + X_c)^2},$$

где G – коэффициент усиления антенны (КУ); E_{IRP} – эквивалентная изотропно-излучаемая мощность (произведение мощности радиочастотного сигнала, подводимого к антенне, на абсолютный КУ антенны); $Sens$ – чувствительность чипа; K – коэффициент рассогласования импеданса антенны и чипа; $Z_a = R_a + jX_a$ и $Z_c = R_c + jX_c$ входной импеданс антенны и чипа, соответственно.

Измерения образцов, представленных на рисунках 2 (а) и 3 (б), проводились в безэховой камере по схеме, представленной на рисунке 4. Антенна закреплялась на неподвижной опоре непосредственно на металлической пластине размером 200x200 мм² или без неё. Была произведена оценка дальности считывания меток – максимального расстояния, при котором метка могла быть успешно идентифицирована.

Результаты измерений дальности считывания меток в безэховой камере приведены на рисунке 5.

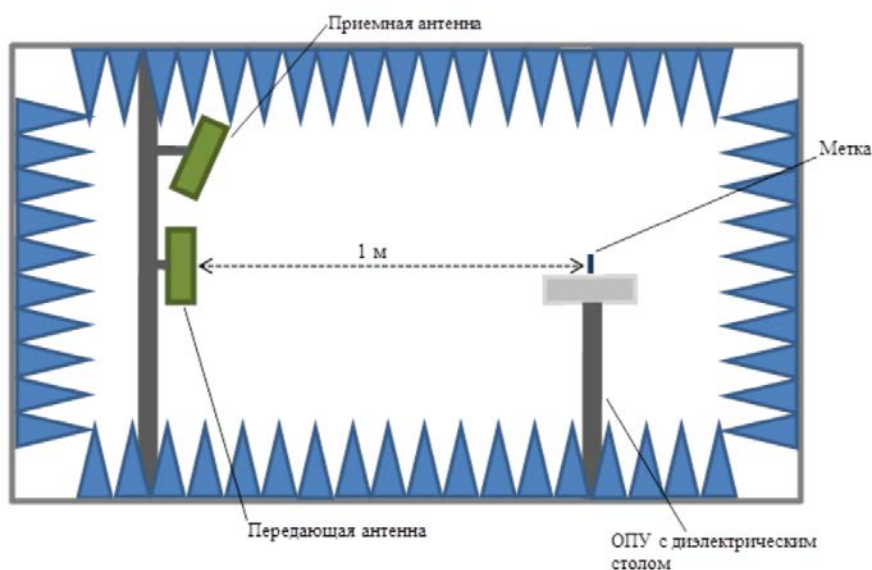


Рис. 4. Схема измерения образцов антенн, изготовленных на производстве, в безэховой камере.

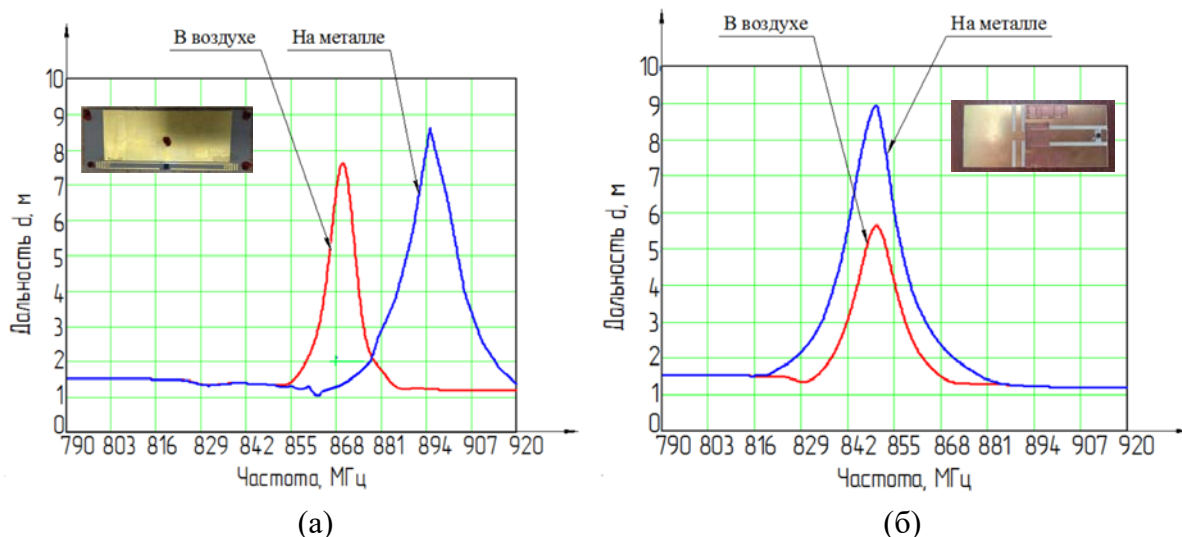


Рис. 5. Результаты измерений дальности считывания меток в безэховой камере для антенн, находящихся в воздухе и на металлической пластине размером 200x200 мм²: (а) антенна на диэлектрике Arlon AD1000; (б) антенна на диэлектрике RO4003С.

Результаты оценки дальности регистрации меток получены как на металлической пластине размером 200 x 200 мм², так и в воздухе. Метка, представленная на рисунке 3, не изменяет свою рабочую частоту при её закреплении на металлических объектах, при этом дальность регистрации метки на металле составляет 9 м, а без металлической поверхности 5.5 м. Уменьшение дальности считывания антенны обусловлено уменьшением её коэффициента усиления, вследствие затекания тока на поверхность нижней металлизации (экрана). Метка, представленная на рисунке 2, демонстрирует дальность считывания не менее 7,5 метров при размещении её в открытом пространстве и 8.5 м при размещении на металлической поверхности, при этом наблюдается сдвиг резонансной частоты 25 МГц.

В результате выполнения работы были разработаны антенны для RFID метки, работающие в СВЧ диапазоне частот, предназначенные для маркировки металлических объектов. Также необходимо провести дальнейшую модификацию моделей антенн для работы на частоте 868 МГц, с целью последующего их изготовления на производстве и интегрирования в готовое устройство.

Библиографический список

1. V.D. Hunt, M. Puglia, A. Puglia RFID-A guide to radio frequency identification / V. Daniel Hunt, Mike Puglia, Albert Puglia // John Wiley & Sons, Inc., 2007.– 241 p.
2. D.M. Dobkin The RF in RFID: Passive UHF RFID in Practice, 2nd edition. Amsterdam: Elsevier / Newnes, 2013. 523 p.
3. B. Lee, B. Yu Compact structure of UHF band RFID tag antenna mountable on metallic objects // Microwave and Optical Technology Letters / Vol. 50, No. 1, January 2008. – P. 232-234.