

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЧ RFID АНТЕННЫ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Иодко А.А.

Кирильчук В.Б. – к.т.н., доцент

Одним из очень важных факторов, которые могут влиять на производительность систем RFID, особенно тех, которые используют пассивные метки, заключается в воздействии металлической среды вблизи антенны. В этой статье представлена математическая модель, которая позволяет идентифицировать оптимальный размер высокочастотной RFID-антенны. Антенна была математически смоделирована и испытана для конкретной ситуации, когда металлическая пластина расположена в непосредственной близости (приблизительно 2 см).

Конструкция антенны проводилась постепенно, следуя серии шагов, которые позволят определить оптимальный размер требуемой антенны, которая будет работать должным образом вблизи металлических сред. Предложенная модель антенны прямоугольная, с одной или несколькими петлями, так что диапазон считывания / обнаружения этой антенны будет как можно дольше. Антенна будет установлена на металлической полке на очень коротком расстоянии от нее и отрегулирована на резонансной частоте (13,56 МГц).

Требования к дизайну, которые должны быть выполнены при оптимизации RFID-антенны, описаны далее:

Первый критерий выполнялся при проектировании антенны, относящейся к длине антенны, которая должна была быть значением отношения λ/x , где: λ - длина волны (22,12 м для 13,56 МГц), а x - коэффициент деления кратный 2.

Так как размер антенны должен располагаться в области полки (80 x 30 см), ограничения, указанные выше, установили длину антенны на 184 см ($\lambda/12 = 184,36$ см, оптимальный выбор). Эта длина антенны позволяет нам иметь несколько размеров как для a (длины антенны), которая может находиться в диапазоне от 12 до 30 см, так и для b (ширины антенны), которая может находиться в пределах от 62 до 80 см.

Параметры a и b должны определяться таким образом, чтобы антенна работала при данных обстоятельствах. В этом отношении модель антенны должна пройти математический анализ, представленный ниже [1].

Интенсивность магнитного потока, генерируемого прямоугольником может быть рассчитана по формуле (1).

$$H = \frac{I \cdot a \cdot b}{4\pi \sqrt{(a/2)^2 + (b/2)^2}} \cdot \left(\frac{1}{(a/2)^2 + x^2} + \frac{1}{(b/2)^2 + x^2} \right) \quad (1)$$

где H - интенсивность магнитного поля, генерируемого прямоугольной рамочной антенной, I - ток, проходящий через антенну, a - длина антенны, b - ширина, а x - в центре антенны, на z ось (3 системы координат) Рисунок 1.

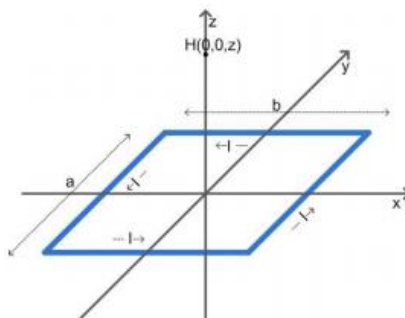


Рисунок 1 – Определение магнитного поля в точке $H(0,0,z)$ для прямоугольной антенны.

Эти формулы позволяют измерять диапазон обнаружения RFID-антенны вдоль оси z , на которой можно считывать тег. Если вы хотите определить диапазон обнаружения антенны, формула должна быть обобщена из координатной точки $H(0,0,z)$ в трехмерную точку с координатами $H(x,y,z)$. Далее мы представим математический подход, основанный на том, что диапазон обнаружения прямоугольной рамочной антенны можно измерить в трехмерном пространстве.

Начиная с формулы Вебера [2], мы можем определить компоненты векторных потенциалов A_x и A_y соответственно в пространстве xOy .

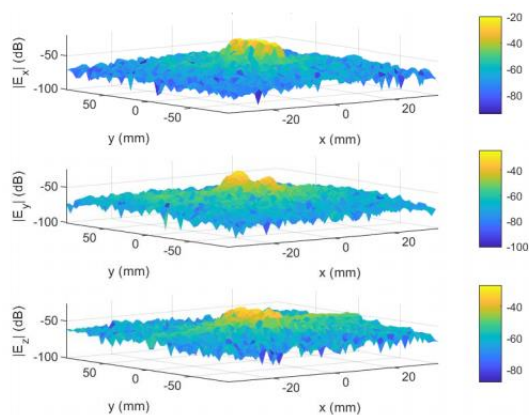
Таким образом, наличие векторных потенциалов в плоскости xOy позволяет измерить напряженность магнитного поля в точке $P(x, y, z)$, где, согласно уравнению (2), мы можем определить магнитное поле для каждой координаты (x,y,z) трехмерного плана.

$$H_x = -\frac{1}{\mu_0} \frac{\partial A_y}{\partial z}, H_y = \frac{1}{\mu_0} \frac{\partial A_x}{\partial z}, H_z = \frac{1}{\mu_0} \frac{\partial A_y}{\partial z} - \frac{1}{\mu_0} \frac{\partial A_x}{\partial z} \quad (2)$$

Формула (12) используется при измерении магнитного поля, генерируемого прямоугольной петлевой антенной в трехмерном пространстве $H(x, y, z)$:

$$H(x, y, z) = \sqrt{H_x^2 + H_y^2 + H_z^2} \quad (3)$$

Напряженность магнитного поля . высокочастотной RFID-антенны представлена на рисунке 2.



После того, как эти измерения были проведены для антенны с прямоугольным контуром, они могут быть применены в среде моделирования MATLAB, чтобы установить самый длинный диапазон обнаружения [3].

На рисунке 3 представлена дальность обнаружения антенны с прямоугольной петлей размером 22 x 64 см, через которую будет индуцирован ток 0,1 А. Поперечные сечения трех планов можно отметить как отображающие значение 0,07 А / м, необходимое для активации высокочастотной метки RFID, доступной на рынке. Следует упомянуть тот факт, что метка расположена параллельно рамочной антенне.

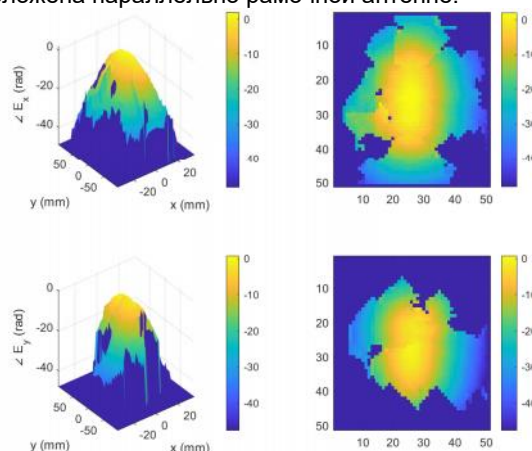


Рисунок 3 – 3D-сечение диапазона обнаружения высокочастотной RFID-антенны.

В настоящем документе описан метод, используемый для определения магнитного поля, создаваемого антенной с прямоугольной петлей, когда она расположена вблизи металлической среды. Результаты, полученные с помощью этого метода, сравнивались с данными, собранными во время моделирования для антенны того же типа, с помощью приложения HFSS. Расстояние между антенной прямоугольной петли и металлической пластиной было уменьшено на 2 см без использования какого-либо поглощающего материала (феррита), что также увеличило бы затраты на внедрение. Идентификация объектов не зависит от положения меток напротив антенны считывателя. Реализованная антенна обеспечивает максимальную дальность обнаружения до 25 см и оказывается очень эффективной, когда она расположена вблизи металлических сред.

Список использованных источников:

1. Klaus Finkenzeller, "RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification, Second Edition", John Wiley & Sons, Ltd., 2003
2. E. Weber, "Electromagnetic Theory", Dover, p.131-135, 1965.
3. I. Finis, V. Popa, A. Lavric, A.-I. Petrariu and C. Males, An Analytical Determination of the Reading Volume for an HF RFID Antenna, Conference on Future Internet Communications BCFIC 2012, Vilnius, Lithuania (unpublished).