



УДК 621.396

ANALYSIS OF PARAMETERS OF ELECTROMAGNETIC FIELDS IN WIRELESS NETWORKS

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ

Altvarg M.S. / Альтварг М.С.

k.t.s., asoc prof. / к.т.н., доц.

SPIN: 8536-9532

Blinov R.A. / Блинов Р.А.

*graduate student / аспирант**Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, Lenina, 73a, 394043**Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, ул.Ленина, 73а, 394043*

Аннотация. В работе рассматриваются особенности анализа параметров электромагнитных полей в беспроводных сетях. Предложена методика расчета, базирующаяся на факетной модели. Показана зависимость амплитуды поля от угла наблюдения. Продемонстрирована зависимость амплитуды рассеянного поля от расстояния до объекта.

Ключевые слова: электромагнитное поле, беспроводная сеть, рассеяние радиоволн.

Введение. В настоящее время все большее применение имеют беспроводные сенсорные сети. На основе таких сетей существуют возможности определения координат различных объектов на основе анализа распределения электромагнитного поля в пространстве [1, 2].

Цель работы. Ошибки измерения угловых координат объекта появляются вследствие того, что искажается пространственно-временная структура рассеянного электромагнитного поля в беспроводных сенсорных сетях. Поэтому требуется определить конфигурации такого поля в области расположения объекта, особенно в той области, которая находится рядом с поверхностью объекта, поскольку ее нерегулярность оказывает сильное влияние на структуру поля.

Методика. Объект сложной формы может быть представлен в виде совокупности факетов [3, 4], которые являются элементами, имеющими одинаковую форму. На основе того, что проводится численное интегрирование плотностей поверхностных токов, которые наведены падающей электромагнитной волной, проводится вычисление полей, отраженных от каждого из факетов, и они суммируются. Для ускорения вычислений следует применять методики, на основе которых интегрируются быстроосциллирующие функции. После проведения расчетов получают амплитудные и фазовые диаграммы полей рассеяния [5, 6] для заданного сектора углов. Указанный способ расчета характеризуется рядом важных достоинств, среди которых можно указать: нет больших ограничений по тому, какая геометрия объекта и как она изменяется, получение точного учета по фазовым соотношениям полей, которые рассеиваются факетами [7, 8], возможности для того, чтобы учесть переотражения между компонентами объекта.

На рис. 1 приведен пример исследуемого объекта.

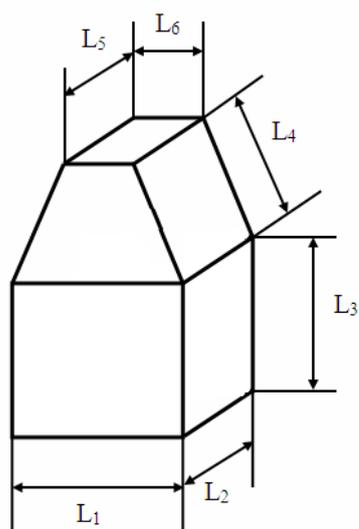


Рис 1 Пример анализируемого объекта
 $L_1=10\lambda$, $L_2=8\lambda$, $L_3=12\lambda$, $L_4=7\lambda$, $L_5=6\lambda$, $L_6=3\lambda$.

Анализ результатов. Рассмотрим некоторые результаты расчетов, которые были проведены на основе указанной методики. На рис. 2 изображены амплитудные диаграммы рассеянного поля указанного объекта для совмещенного приема при разных расстояниях до него.

В ближней зоне объекта, когда проводится интегрирование полей, которые рассеиваются фацетами, различия в их амплитудах довольно незначительны, при расчетах требуется учитывать сдвиг фазы.

То, что у векторов Е- и Н- в рассеянном поле помимо поперечной, есть и продольная компонента, определяет более сложную структуру поля в ближней зоне, чем в дальней зоне. Зависимость от r не похожа на ту, которая есть в сферической волне $\exp(-jkr)/r$. Так же, от r есть зависимость и углового распределения амплитуд поля.

Анализ рис. 2 демонстрирует, что когда мы переходим из дальней зоны в ближнюю, то происходит сдвиг [9, 10] пиковых значений по амплитудам (на 4-5°) и расширяется главный лепесток вторичного излучения. Когда уменьшается расстояние r , то наблюдаем раздваивание главного лепестка углового распределения амплитуд поля происходит его частичное сливание с боковыми лепестками [11].

На рис. 3 дана зависимость амплитуды рассеянного поля от расстояния для объекта, имеющего максимальный размер 30λ . Также дана зависимость для амплитуды поля, рассеянного идеально проводящей пластиной с размером 30λ . Анализ графических зависимостей демонстрирует, что помимо монотонного спада поля существуют осциллирующие затухающие колебания. Такую осцилляцию амплитуд для ближней зоны можно объяснить тем, что есть интерференция волн, которые идут в точку наблюдения от разных зон Френеля на поверхности объекта, значение частоты таких осцилляций будет больше, чем меньше расстояние между точкой наблюдения и поверхностью. Для объектов, имеющих сложную форму поверхности, указанная картина



зависимости амплитуды поля от расстояния является обычной, но идет изменение среднего значения амплитуды в зависимости от того, какой ракурс движения к объекту.

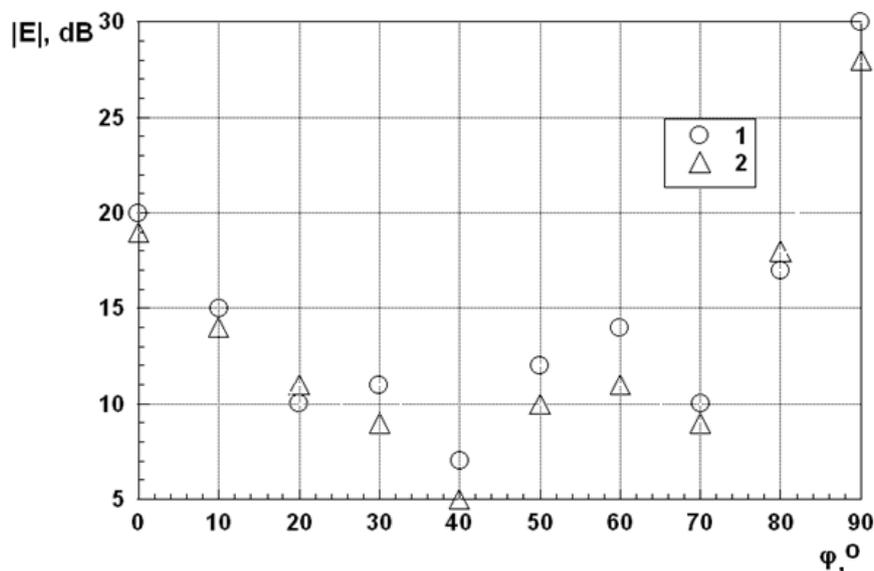


Рис. 2 Зависимость относительной амплитуды поля от угла 1- для ближней зоны, 2 – для дальней зоны

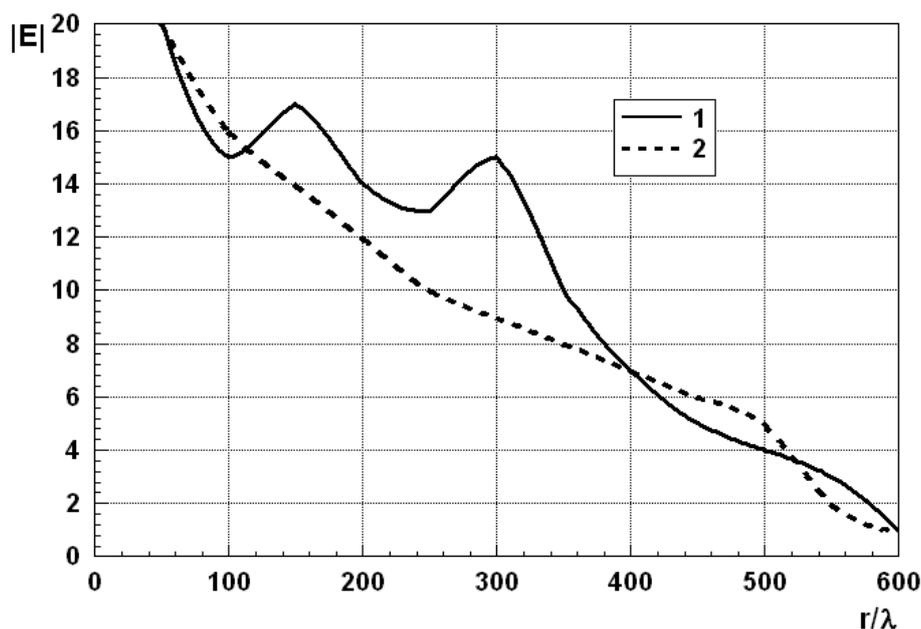


Рис 3. Зависимость амплитуды рассеянного поля от расстояния до объекта. 1- объект, 2 – пластина.

Мы будем считать, что антенна перемещается вокруг объекта случайным образом, поэтому для того, чтобы решить задачу, требуется найти усредненные по всем углам наблюдения характеристики рассеянного поля. Пусть антенна движется по прямой линии к анализируемому объекту с постоянным значением радиальной скорости V . Значение величины r позволяет определить сечение случайного процесса по входу приемной антенны для момента времени t .



Проведя расчет параметров закона распределения случайной величины от сечения к сечению, мы можем сделать вывод о том, каким образом изменяется процесс во времени.

Параметры закона распределения выбранной случайной величины могут быть найдены на основе накопления определенного объема экспериментальных данных и в дальнейшем мы их обрабатываем в рамках методов математической статистики.

Выводы. Появление флуктуаций интенсивности поля мгновенного центра отражения, когда происходит сближение антенны и объекта в беспроводных сенсорных системах связи, связано с двумя причинами: антенна движется через неоднородную структуру рассеянного поля и объект может тоже двигаться. Проводя анализ величины дисперсии (СКО) сигнала, есть возможности определения закономерностей распределений мгновенных значений амплитуд и фаз рассеянных полей в ближней зоне объекта, что позволяет уточнить его координаты.

Литература:

1.Лесников А.С., Суворов А.П. Особенности технологии интернет вещей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 2 (33). С. 24-27.

2.Преображенский А.П., Чопоров О.Н. Методика прогнозирования радиолокационных характеристик объектов в диапазоне длин волн с использованием результатов измерения характеристик рассеяния на дискретных частотах // Системы управления и информационные технологии. 2004. № 2 (14). С. 98-101.

3.Львович И.Я., Преображенский А.П., Преображенский Ю.П., Чопоров О.Н. Проблемы использования технологий интернет вещей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 1 (28). С. 73-75.

4.Суворов А.П., Лесников А.С. Особенности развития современных телекоммуникационных сетей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 1 (32). С. 46-48.

5.Преображенский Ю.П., Мясников О.А. Анализ перспектив информационных технологий в сфере интернет вещей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 1 (32). С. 43-45.

6.Львович И.Я., Преображенский А.П., Преображенский Ю.П., Чопоров О.Н. О качестве работы системы интернет вещей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 4 (31). С. 52-55.

7.Кострова В.Н., Цепковская Т.А. Проблемы моделирования беспроводных сетей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 1 (28). С. 61-63.

8.Мельникова Т.В., Преображенский А.П. О перспективах передачи информации в информационно-телекоммуникационных системах к 2100 году // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 2 (33). С. 28-30.

9.Кравцова Н.Е., Преображенский А.П. Особенности технологии интернет вещей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2018. № 3 (26). С. 34-36.



10.Клименко Ю.А., Преображенский А.П. О применении беспроводных технологий в инженерных системах автоматизации // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 3 (34). С. 19-21.

11.Преображенский Ю.П., Чупринская Ю.Л., Кравцова Н.Е. Анализ характеристик, используемых при проектировании беспроводных систем связи // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 3 (34). С. 47-49.

***Abstract.** The paper discusses the features of the analysis of the parameters of electromagnetic fields in wireless networks. A calculation method based on the facet model is proposed. The dependence of the field amplitude on the observation angle is shown. The dependence of the scattered field amplitude on the distance to the object is demonstrated.*

***Key words:** electromagnetic field, wireless network, radio wave scattering.*

Статья отправлена: 10.06.2021 г.

© Альтварг М.С., Блинов Р.А.