

УДК 681.3

А.А.Максимова

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ БИОЛОГИЧЕСКИМ МАТЕРИАЛОМ НА ПРИМЕРЕ ДВУМЕРНОГО СЛУЧАЯ

Российский новый университет

В данной работе проведено исследование новых схемотехнических моделей, которые могут быть полезны при оценке наведенных полей в биологических объектах. Рассматривается случай падающей плоской электромагнитной волны. для двумерного случая. В этих моделях происходит описание связи наведенных полей в среде с потерями, на основе применения теории линий передач. Напряжения и токи в цепях моделей имитируют электрические и магнитные поля средах. Решение связано с представлением эквивалентной проводимости и источников тока поляризации в среде. Такие токи рассматриваются как источники возбуждения в контурах моделей, из которых вытекает условие индуцированного поля.

Ключевые слова: распространение электромагнитных волн, биологические ткани, рассеяние, поляризация

В существующих условиях можно наблюдать интенсивную разработку и применение систем, которые предназначены для использования в биомедицинской сфере в системах дистанционной диагностики заболеваний, при бесконтактном контроле и оценки состояния организмов людей, что является весьма необходимым для того, чтобы обеспечить безопасность их жизнедеятельности. Указанные направления активным образом развиваются и поддерживаются, что находит отражение в соответствующих публикациях.

На рис. 1 приведена схема рассеяния электромагнитной волны на неоднородном биологическом теле.

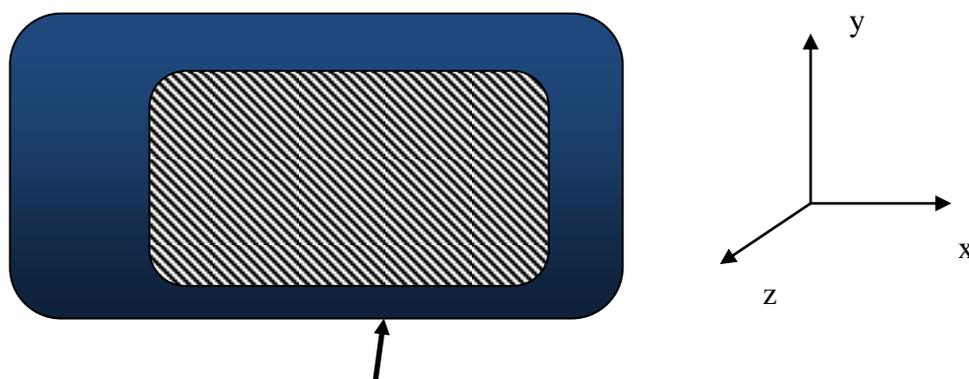


Рис.1 Схема рассеяния электромагнитной волны на неоднородном биологическом теле (которое представляет собой двумерный цилиндр)

Мы будем рассматривать задачу, в которой происходит падение плоской поляризованной волны, на неоднородное биологическое тело с

произвольным поперечным сечением. Тело имеет определенное протяжение вдоль оси z , располагается оно в свободном пространстве (Рис.1).

В случае, когда падает E -поляризованная электромагнитная волна, то временную зависимость мы представляем в вид $\exp(j\omega t)$. Падающая электромагнитная волна записывается следующим образом:

$$E_z^i = \exp(-jky),$$

а из соответствующего уравнения Максвелла мы получаем

$$\partial_y(E_z^i) = -j\omega\mu_0(H_x^i).$$

$\partial_y(H_x^i) = j\omega\varepsilon_0(E_z^i)$. Здесь для полных полей мы имеем выражения:

$$\begin{aligned} \partial_x(E_z^i + E_z^d) &= j\omega\mu_0(H_y^d), \\ \partial_y(E_z^i + E_z^d) &= -j\omega\mu_0(H_x^d), \\ \partial_x(H_y^d) - \partial_y(H_x^d) &= j\omega\varepsilon^*(E_z^i + E_z^d). \end{aligned}$$

Где ε^* обозначает комплексное сопряжение.

После перегруппировки уравнений мы имеем:

$$\begin{aligned} \partial_x(E_z^d) &= j\omega\mu_0(H_y^d), \\ \partial_y(E_z^d) &= -j\omega\mu_0(H_x^d), \\ \partial_x(E_y^d) - \partial_y(H_x^d) &= j\omega\varepsilon^*(E_z^d) + J_{sx}, \end{aligned}$$

$$\text{где } J_{sx} = j\omega\varepsilon_0(\varepsilon^*-1)E_z^i.$$

Рассматриваемые уравнения демонстрируют, что наведенные поля могут быть получены после решения уравнений Максвелла в области, которая относится к возбуждению током J_{sx} .

Мы можем записать такую систему уравнений

$$\begin{aligned} \partial_x V_x &= -ZI_x \\ \partial_y V_y &= -ZI_y \\ \partial_y I_x + \partial_y I_y &= -YV_z + J_{sx} \end{aligned}$$

После получаем решение:

$$I_z = -(H_y^d), I_y = (H_x^d), V_z = (E_z^d), Z = j\omega\mu_0, Y = j\omega\varepsilon^*.$$

Рассмотрим, каким образом строится схема модели. Биологическая область характеризуется определенной диэлектрической проницаемостью, которая имеет заданные границы. Для того, чтобы решать задачу для индуцированных полей, проводится разделение области N квадратных клеток, имеющих относительно небольшие размеры. В выбранной ячейке вследствие симметрии уравнений предполагается, что идет сшивание по двум основным направлениям X и Y .

Задачи, которые решаются на основе систем, идентифицирующих объекты, с применением излучения электромагнитных волн для дальнейшей зоне, состоят в том, что требуется обнаружить объект и прорегистрировать его положения/состояние. Применение принципа дальнего распространения радиоволн требуется для случаев, когда могут возникнуть чрезвычайные ситуации при обнаружения пострадавших и раненых людей в весьма трудно-доступных местах и для того, чтобы контролировать состояние спасателей.

Следует отметить, что при этом применяют наружные крепления радиометок на элементы одежды людей или непосредственно к поверхности тел людей. Важно понимать, что диэлектрические свойства биологических объектов играют весьма принципиальную роль.

Значения характеристического импеданса и постоянной распространения записываются следующим образом.

$$Z_c(i, j) = \sqrt{\frac{Z}{Y}} = R_c + jX_c = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon^*(i, j)}}$$

$$\gamma(i, j) = \sqrt{ZY} = \alpha + j\beta = \sqrt{\frac{\mu_0 \varepsilon^*(i, j)}{1}}$$

$$R_c = \sqrt{\frac{\mu_0 (1 + \sqrt{1 + T^2})}{\varepsilon_0 2(1 + T^2)}}, \quad X_c = \sqrt{\frac{\mu_0 (1 - \sqrt{1 + T^2})}{\varepsilon_0 2(1 + T^2)}},$$
$$\alpha^2 = \frac{-1}{2} \omega^2 \mu_0 \varepsilon_0 (1 - \sqrt{1 + T^2}), \quad \beta^2 = \frac{1}{2} \omega^2 \mu_0 \varepsilon_0 (1 + \sqrt{1 + T^2}).$$

Рассмотрим, как используются граничные условия. Симметрия объекта, связана с магнитной стенкой, на которой тангенциальная составляющая магнитного поля обращается в нуль, таким образом, с разомкнутым контуром границу, можно описать эффективно плоскость симметрии и достаточно моделирования лишь одной из частей в двух симметричных частях.

Условие по импедансу записывается следующим образом:

$$Z_{\text{тер}} = jZ_c \frac{H_0^2(kr)}{H_0^2'(kr)}$$

Характеристики распространения электромагнитных волн характеризуются таким параметром, как сдвиг фазы волны, а также степенью ее затухания в зависимости от расстояния, по которому идет распространение волны

Величины сдвига фазы и затухания волн определяют из параметр сред, в которых происходит распространение волны. В качестве таких параметров можно привести диэлектрическую и магнитную проницаемости среды ϵ .

Поверхностные ЭМ волны являются направленным электромагнитным излучением, локализованным около поверхности раздела двух сред и оно распространяется вдоль такой поверхности.

Величина напряженности поля для поверхностной ЭМ волны быстрым образом уменьшается в направлении, которое перпендикулярно поверхности

раздела. Но, если возникают определенные условия рядом с поверхностью в некотором направлении будет габлюдаться излучение электромагнитных волн.

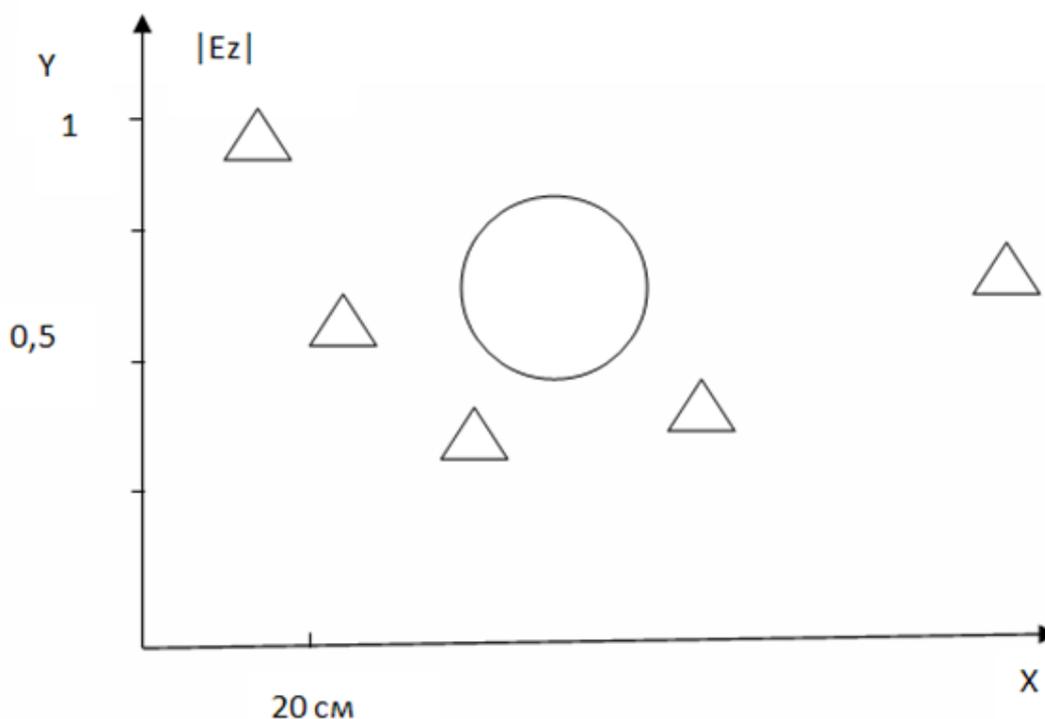


Рис.2 Приведено распределение полного электрического поля вдоль оси y. Рассматривается мускульный цилиндр, диаметром 20 см, имеющий

диэлектрическую проницаемость $\epsilon=75$, облучение идет волной с частотой 200МГц.

Вывод. Таким образом, на основе теоретической модели существуют возможности имитации распространения электромагнитной волны через различные биологические материалы

ЛИТЕРАТУРА

1. Зяблов Е.Л., Преображенский Ю.П. Построение объектно-семантической модели системы управления / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 029-030.
2. Чопоров О.Н., Агарков А.И., Куташова Л.А., Коновалова Е.Ю. Методика преобразования качественных характеристик в численные оценки при обработке результатов медико-социального исследования / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 96-98.
3. Бережная Е.В. Оценка риска для здоровья населения г. воронежа при воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух / Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2013. № 1. С. 2.
4. Преображенский А.П., Чопоров О.Н. Алгоритмы прогнозирования радиолокационных характеристик объектов при восстановлении радиолокационных изображений / Системы управления и информационные технологии. 2004. Т. 17. № 5. С. 85-87.
5. Попов Е.А., Корнеева Н.Н., Чопоров О.Н., Заряев А.В. Риск-анализ информационно-телекоммуникационных систем при аддитивном характере параметра нергулярности / Информация и безопасность. 2013. Т. 16. № 4. С. 482-485.
6. Махер Х.А., Наумов Н.В., Клименко Г.Я., Чопоров О.Н. Разработка и использование моделей для прогнозирования качества жизни беременных по их медико-социальным характеристикам / Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2011. Т. 10. № 4. С. 789-793.
7. Чопоров О.Н., Львович И.Я., Разинкин К.А., Рындин А.А. Оптимизация управления функционированием медицинских систем различного уровня / Системы управления и информационные технологии. 2013. Т. 53. № 3. С. 100-104.

8. Душкин А.В., Чопоров О.Н. Декомпозиционная модель угроз безопасности информационно-телекоммуникационным системам / Информация и безопасность. 2007. Т. 10. № 1. С. 141-146.
9. Чопоров О.Н., Гладских Н.А., Пронин С.С., Чудинов М.И., Семенов С.Н., Матюшевский К.Л. Рационализация управления региональными системами на основе использования методов системного анализа, информационных и гис-технологий / Прикладные информационные аспекты медицины. 2007. Т. 10. № 2. С. 15-19.
10. Finkenzeller K. RFID Handbook Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification, and Near-field Communication, Third edition. John Wiley & Sons, Ltd., 2010. 480 p.
11. Чопоров О.Н., Чупеев А.Н., Брегада С.Ю. Методы анализа значимости показателей при классификационном и прогностическом моделировании / Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т. 4. № 9. С. 92-94.
12. Завьялов Д.В. О применении информационных технологий / Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8-1. С. 71-72.
13. Преображенский Ю.П. Оценка эффективности применения системы интеллектуальной поддержки принятия решений / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2009. № 5. С. 116-119.
14. Мишин Я.А. О системах автоматизированного проектирования в беспроводных сетях / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 153-156.

A.A.Maximova

**INVESTIGATION OF THE ABSORPTION OF
ELEKTROMAGNITNOGO FIELD OF BIOLOGICAL MATERIAL ON
THE EXAMPLE OF THE 2-DIMENSIONAL CASE**

Russian new university

In this paper the study of new schematic models, which can be useful in the evaluation of induced fields in biological objects is given. The case of incident plane electromagnetic wave is considering. for the 2-dimensional case. In these models the description of induced fields in a lossy medium is given, by applying theory of transmission lines. Voltages and currents in circuits models simulate the electrical and magnetic field environments. The solution involves the presentation of equivalent conductance and current sources of polarization in the medium. Such currents are treated as sources of excitation in the contours of the patterns which dictate the condition of the induced field.

Keywords: propagation of electromagnetic waves, biological tissues, scattering, polarization