

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ТКАНИ ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

И.В. САМУЙЛОВ, Л. М. ЛЫНЬКОВ, М.В. ДАВЫДОВ, Г. САГАЙМАРУФ

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

Аннотация. В статье описана модель биологических тканей для моделирования воздействия магнитных полей на ткани человека. Модель предназначена для определения амплитуды электрического сигнала, наведенного импульсным магнитным полем. Проведено экспериментальное исследование амплитуд наведенных сигналов. Разработана структурная схема для реализации аппаратно-программных средств мониторинга воздействия магнитных полей на ткани человека для оценки безопасности промышленных объектов.

Ключевые слова: Магнитное поле, модель биологических тканей, наведённые сигналы, распределение энергии.

Abstract. The article describes a model of biological tissues for modeling the effect of magnetic fields on human tissues. The model is designed to determine the amplitude of an electrical signal induced by a pulsed magnetic field. The experimental investigation of the amplitudes of the induced signals is carried out. The structural scheme for the implementation of hardware and software for monitoring the effect of magnetic fields on human tissue for the assessment of the safety of industrial facilities is developed.

Keywords: Magnetic field, model of biological tissues, induced signals, energy distribution.

Simulation of impact of magnetic fields on human tissue for safety evaluation of industrial objects

I.Samuilou, L. Lynkou, M. Davydov, G. Saghaymarouf

Введение

В современном мире человек окружен магнитными полями как естественного, так и техногенного характера. С техногенными полями высокой интенсивности человек сталкивается на промышленных, транспортных объектах, а также в медицинских учреждениях. Магнитные поля оказывают разнообразные эффекты на человека: электрические, тепловые, специфические и т.д. Из этого вытекает необходимость оценки данных влияний. В работе рассмотрена многослойная модель биологических тканей человека для исследования распределения импульсных магнитных полей на основе тканевых образцов пропитанных солевым раствором. Исследовано распределение наведенного электрического сигнала в моделях биологических тканей. Предложена структурная схема для реализации аппаратно-программных средств мониторинга воздействия магнитных полей на ткани человека для оценки безопасности промышленных объектов.

Теоретический анализ

В ряде работ описывается возможность создания электрической модели биологических тканей на основе растворов солей, в частности соли NaCl. На рисунке 1а изображена частотная проводимость ряда солевых растворов, от 0 до 0,09 молярной массы NaCl. Данные не скорректированы по поляризации электродов и индуктивности выводов. Также показаны скорректированные и нескорректированные данные для сердечной мышечной ткани, показанные для иллюстрации результата коррекции [1].

Как следует из приведенных зависимостей видно из графика на частотах 800 - 1100 Гц проводимость сердечной мышцы приблизительно равна проводимости сердечной мышцы. На рисунке 1б даны графики удельного сопротивления различных тканей [2]. Из данных следует что Из чего следует что при обработки материалов растворами солей они на определённых частотах воздействующих сигналов приобретут свойства идентичные биологическим тканям.

Использование влагосодержащих материалов для имитации биологических тканей на частотах выше 1ГГц рассмотрена в работах Я.Т.А. Аль-Адеми [3]

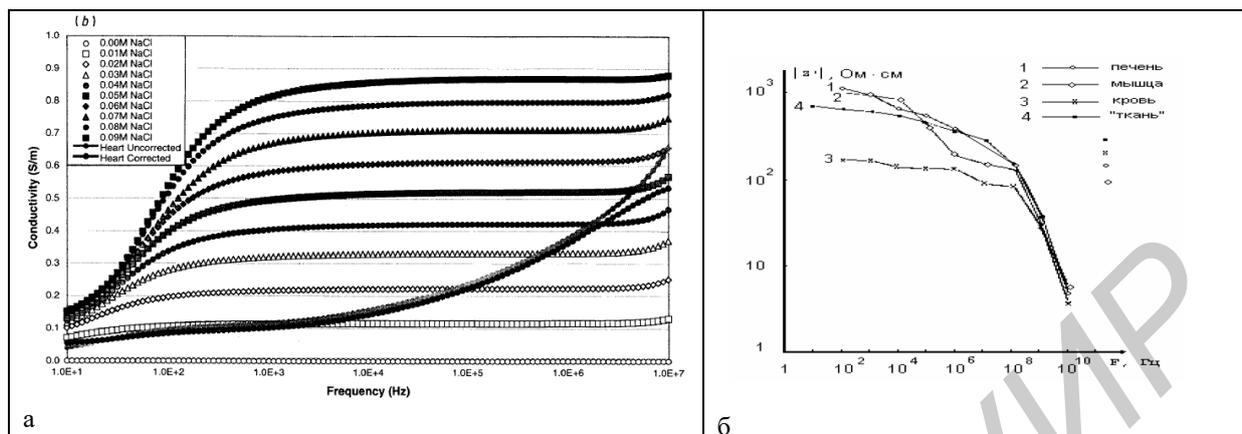


Рисунок 1. Электрические характеристики биологических тканей: а – проводимость ряда солевых растворов в сравнении с проводимостью сердечной мышцей; б – график удельного сопротивления различных тканей

Описание разработанной модели

В разработанной модели каждый слой ткани моделировал определённую ткань человека. Для исследования типы биологических тканей были выбраны следующими: кожа, мышечная ткань и жировая ткань. При частоте в 1кГц сопротивление биологических тканей составляет – 17 кОм/см, 240 Ом/см, 700 Ом/см соответственно. Для получения необходимых свойств ткань пропитывали раствором NaCl. На рисунке 2 показана как изменяется уровень удельного сопротивления образцов из войлока при изменении концентрации NaCl и уровня водонаполнения.

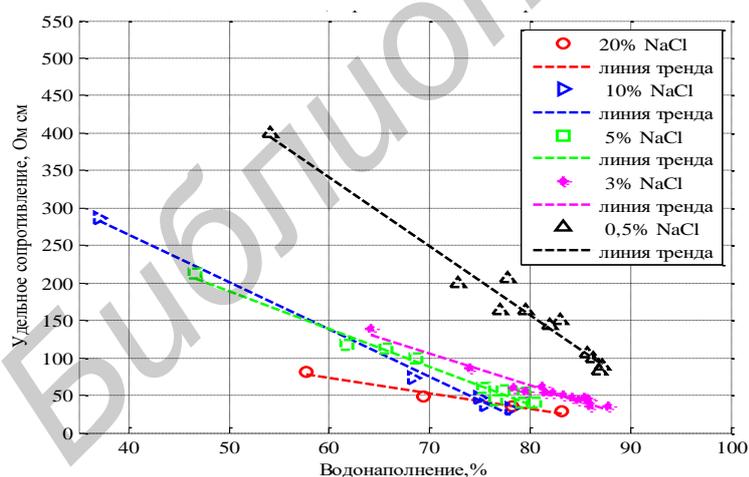


Рисунок 2. Зависимость концентрации раствора NaCl и уровня водонаполнения на удельное сопротивление образцов

В определённом диапазоне водонаполнения удельное сопротивление изменяется по линейному закону $Y=k_1 \cdot X+k_2$. Параметры данного выражения зависят от концентрации соли в растворе, от материала ткани используемой в модели, от силы прижатия измерительных электродов.

Методика создания модели биологической ткани следующая:

подготовить образцы размером 70×50мм;
 приготовить раствор NaCl;
 распылить раствор над образцом с помощью пульверизатора;
 измерить вес образца, для фиксации образцов закрепить их на пластине из непроводящего материала;
 установить электроды на образце и измерить комплексное сопротивление образца на частоте в 1кГц измерителем иммитанса Е7-20;
 проверить соответствие сопротивления тканевой модели ее биологическому аналогу.
 После создания одного слоя модели по выше описанной методике создаются остальные слои модели, после их помещают в один корпус разделив слои непроводящей пластиной, для предотвращения обмена между слоями ионами соли и влагой, схематично модель представлена на рисунке 3а.
 На рисунке 3б дана схема проведения экспериментов. В ходе экспериментов индуктор перемещался вдоль образца а также изменялась высота индуктора (Н) над образцом

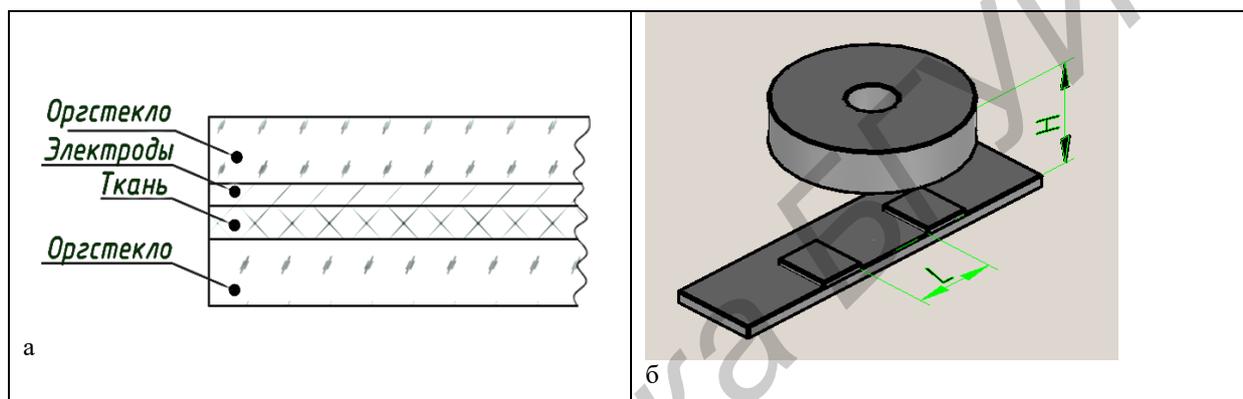


Рисунок 3. Схематичное изображение модели биологических тканей человека: а – изображение модели; б – схема проведения исследований

Методика исследования воздействия импульсных магнитных полей на модели биологических тканей

Импульсные магнитные поля создавались аппаратом Нейро–МС/Д. Использовался кольцевой индуктор с диаметром 17см. Максимальное напряжение магнитного поля составляло 0,8 Тл. Методика проведения исследования распределения амплитуды наведенных, импульсными магнитными полями, сигналов следующая:

закрепить электроды на исследуемом слое модели;
 закрепить индуктор на высоте 4,5 см от верхнего слоя образца;
 точку, равноудалённую от электродов, и совпадающую с осью излучения индуктора принять за начало координат;
 провести стимуляцию модели одиночным импульсом;
 снять амплитуду сигнала с осциллографа;
 переместить образец на 2 см вдоль модели;
 после снятия профиля амплитуд сигналов изменяем высоту индуктора и повторяем исследования.

Методика снятия наведённых сигналов с биологического образца:

вставить игольчатые электроды в биообразец, расстояние между электродами выдерживать в 3 см;
 провести стимуляцию модели одиночным импульсом;
 снять амплитуду сигнала с осциллографа;
 переместить образец на 2 см вдоль модели;
 после снятия профиля амплитуд сигналов изменяем высоту индуктора и повторяем исследования.

Экспериментальная часть

Исследовалась На рисунке 4а и 4б дана зависимость изменения формы сигнала от расстояния модели до излучателя в абсолютных и относительных величинах соответственно. Амплитуда сигнала сильно зависит от расстояния между индуктором и моделью. Чем ближе образец к излучателю, тем более локализовано поле. Кроме амплитуды изменяется форма профиля амплитуд, при удалении индуктора магнитное поле наводит сигнал более равномерно, изменяется расстояние в на котором амплитуда наведенных сигналов меняет свою полярность.

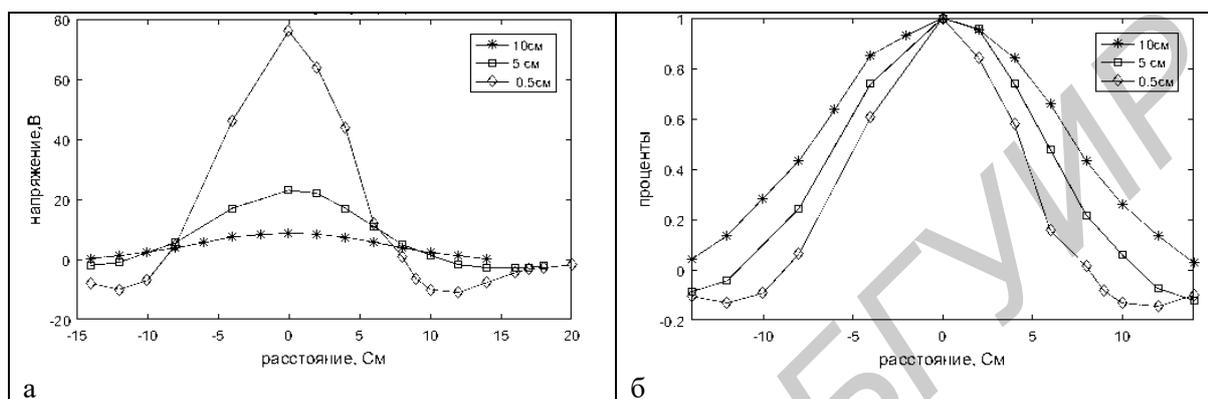


Рисунок 4. Форма сигналов полученные с модели: а – изменение формы сигнала в зависимости от расстояния модель-излучатель в абсолютных величинах; б – изменение формы сигнала в зависимости от расстояния модель-излучатель в относительных величинах.

На рисунке 5 показаны данные исследования уровня наведенных сигналов в тканях биообразца и в модели. В качестве аналога человеческих тканей выступили ткани свиньи. О возможности использования тканей животных в качестве аналогов тканей человека говорит тот факт что разница в электрических свойствах биологической ткани животных и человека не превышает внутривидовой разброс [4].

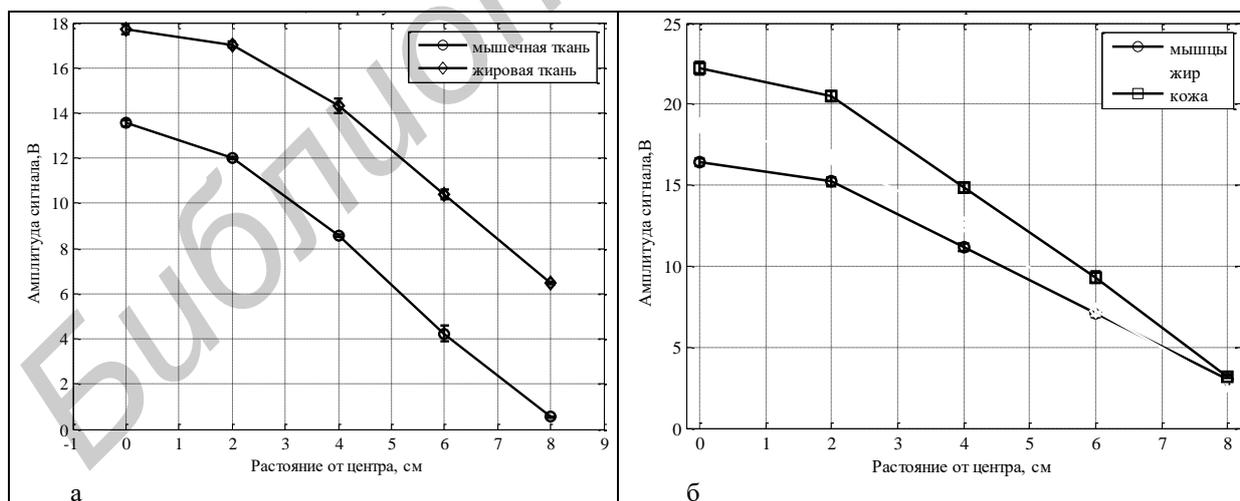


Рисунок 5. Амплитуда наведенного сигнала: а) – на биологическую ткань; б) – на модель. С ростом расстояния, до оси излучения индуктора, амплитуда наведенного сигнала значительно падает. Наибольшая амплитуда сигнала зарегистрирована в слое моделирующую кожу т.к. этот слой максимально близок к индуктору и это слой с максимальным сопротивлением. Амплитуда в биообразце падала равномерно в различных тканях, в модели наблюдается не равномерная скорость изменения амплитуды наведенных сигналов

На рисунке 6 изображена структурная схема для реализации аппаратно-программных средств мониторинга воздействия магнитных полей на ткани человека для оценки безопасности промышленных объектов. Несколько моделей биологических тканей определяют уровень наведенного сигнала в определенной ткани, предполагается использовать модели серого, белого вещества головного мозга и мышечной ткани. Сигнал с модели попадает на буферный усилитель, усиленный сигнал попадает на вход коммутатора, который подает на выход сигнал с определённой модели, переключение входов происходит под действием управляющих сигналов с микроконтроллера, АЦП переводит сигнал из аналогового вида в цифровой, микроконтроллер формирует пакеты данных и передает их через беспроводной интерфейс на персональный компьютер.



Рисунок 6. Структурная схема средства мониторинга воздействия магнитных полей

Список литературы

- [1] Electrical Properties of Biological Tissue/ RONALD PETHIG/ Institute of Molecular and Biomolecular Electronics University College of North Wales Bangor, United Kingdom, 2002
- [2] Тихомиров, А.М. Импеданс биологических тканей и его применение в медицине / А.М. Тихомиров // Российской государственной медицинской академии, 2006
- [3] Пулко Т.А., Я.Т.А. Аль-Адеми, Давыдов М.В., Насонова Н.В., Лыньков Л.М. Влагосодержащие экраны для защиты пользователей бытовых и промышленных СВЧ-источников// Биомедицинская радиоэлектроника. – 2013. -№4. – С. 50-56
- [4] The dielectric properties of biological tissues: II. Measurements in the frequency range 10 Hz to 20 GHz/ S Gabriel, R W Lau and C Gabrie// Physics in Medicine & Biology №41

References

- [1] Electrical Properties of Biological Tissue / RONALD PETHIG / Institute of Molecular and Biomolecular Electronics University of North Wales, Bangor, United Kingdom, 2002
- [2] Tikhomirov, A.M. Impedance of biological tissues and its use in medicine / A.M. Tikhomirov // Russian State Medical University, 2006
- [3] Pulko TA, Ya.T.A. Al-Ademi, Davydov MV, Nasonova NV, Lynkov LM Moisture-containing screens for protection of users of household and industrial microwave sources // Biomedical radioelectronics. - 2013.-№4. - P. 50-56
- [4] The dielectric properties of biological tissues: II. Measurements in the frequency range 10 Hz to 20 GHz / S Gabriel, R W Lau and C Gabrie // Physics in Medicine & Biology №41

Сведения об авторах

Самуйлов И.В. Магистрант БГУИР

Давыдов М.В. Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой теоретических

Information about the authors

Samuylov I.V. The master student of BSUIR

Davydov M.V. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Theoretical Basics of Electrical Engineering,

основ электротехники БГУИР

Лыньков Л. М. Доктор технических наук
профессор кафедры защиты информации БГУИР

Сагаймаруф, Г. аспирант БГУИР

Адрес для корреспонденции

Беларусь почтовый индекс 211390
г. Орша,
ул. Якубовского д. 9, кв. 1
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
+3756138828
ivsamuil@tut.by
Самуйлов Иван Владимирович

Служебный тел. (017) 293 8606
Домашний адрес, тел. 222750 г. Фаниполь, пер.
Богдасhevского, 2-71,
Моб. тел. _ + 375 29 5034881
E-mail: davydov-mv@bsuir.by
Давыдов Максим Викторович

BSUIR

Lynkov LM Doctor of Technical Sciences Professor
of the Department of Information Protection of the
Belarusian State University of Information
Technologies

Sagaymaruf, G. Postgraduate student of BSUIR
Address for correspondence

Belarus postal code 211390
Orsha,
ul. Yakubovskogo d. 9, Apt. 1
Belarusian State University of Informatics and
Radioelectronics
+3756138828
ivsamuil@tut.by
Samuylov Ivan Vladimirovich

Office phone. (017) 293 8606
Home address, tel. 222750 Fanipol, trans.
Bogdashevsky, 2-71,
Mob. Tel. _ + 375 29 5034881
E-mail: davydov-mv@bsuir.by
Davydov Maksim Viktorovich