

УДК 620.22 – 026.61

ЭКСПРЕСС–ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИМПУЛЬСОВ И ЭЛЕКТРОИСКРОВЫХ РАЗРЯДОВ НА ИМИТАТОРЫ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ

Я.Т.А. АЛЬ-АДЕМИ, М.В. ДАВЫДОВ, Т.А. ПУЛКО, Н.В. НАСОНОВА, Л.М. ЛЫНЬКОВ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровки, 6; Минск, 220013, Беларусь*

Поступила в редакцию 25 июня 2014

Исследовано воздействие импульсного магнитного поля на разработанные образцы имитаторов биологической ткани. Предложена экспериментальная методика экспресс-оценки воздействий электрошоковых разрядов на имитаторы тела человека при использовании различных видов защитных материалов, снижающих уровень воздействия этих разрядов.

Ключевые слова: электромагнитные импульсы, электроискровые импульсы, водосодержащие волокнистые материалы, имитаторы биологических тканей.

Введение

Множество научных и лечебных лабораторий и институтов всего мира занимаются проблемами воздействия магнитных полей на организм человека, но многие вопросы механизма действия магнитных полей остаются неразрешенными. Это обуславливает актуальность разработки материалов, способных имитировать биологические ткани человека для изучения эффектов воздействия магнитных полей на человеческий организм [1].

Существует широкий круг медицинских приборов и устройств, методов диагностики и лечения, способов борьбы с различными медицинскими проблемами, в которых магнитные явления и свойства магнитных материалов с успехом используются и оправданы [2]. Более половины миллиона человек ежегодно проходят лечение по поводу брадикардии путем использования частотно-адаптирующих кардиостимуляторов, имплантируемых в область грудной клетки [3]. Помимо общих рекомендаций пациентам со встроенными кардиостимуляторами, существуют определенные ограничения относительно различных видов транспорта, детектирующих устройств аэропортов, вокзалов, супермаркетов и т.д., а также при использовании бытовой техники и электроискровых разрядов. Поэтому одним из основных направлений разработки систем защиты организма человека от различных воздействий является создание универсальных индивидуальных средств. Целью данной работы являлось исследование электромагнитных воздействий и электроискровых разрядов на имитаторы биологической ткани для выявления наведенных электрических сигналов.

Обоснование проведения исследования

В настоящее время разрабатываются различные методы и средства имитации человеческого тела для применения в качестве заменителей и восстановителей утраченных органов, различных имплантантов. Системы компьютерной имитации тела человека все шире используются для обработки различных хирургических и терапевтических навыков. Использование таких имитаторов позволяет снизить количество лабораторных животных при проведении различных медицинских и биологических исследований, что делает их наиболее популярными в области биологических исследований.

Появляется все более широкий круг изделий медицинского назначения в виде разнообразных сенсоров, имплантантов, вживляемых непосредственно в тело человека, работа которых может быть некорректной под влиянием электромагнитных и электроискровых импульсов (электрошокеры). Имплантация кардиостимулятора проводится путем хирургического вмешательства под местной анестезией. После установки электродов в сердечные мышцы аппарат размещают в «карман» между кожей и мышцей. После проверки работоспособности устройства рану зашивают [4]. С помощью электрокардиостимулятора восстанавливается подача регулярных электрических импульсов к сердечной мышце. Все стимуляторы обычно защищены от различного вида электромагнитных воздействий. Однако часть технологического оборудования, систем транспорта, связи являются источниками сильных электрических или магнитных полей. Имеется целый ряд условий пользования различного вида бытовой техники лицами, которым имплантирован кардиостимулятор.

Одной из таких мер рекомендовано использование сохранения минимального расстояния между помехой и устройством. Например, при пользовании мобильным телефоном сохранять расстояние не менее 15 см от стимулятора. Пользователям таких устройств не следует пользоваться электронными весами для определения массы жира в организме, электрошокерами, находиться вблизи передающих антенн, линий электропередач, трансформатора, средств электродуговой сварки [5]. Однако соблюдение всех этих условий предосторожности ограничивает людей с имплантантами различного рода в их повседневной жизни. Поэтому крайне важно разработать такие имитаторы биологической ткани, которые позволяли бы не только имитировать импедансные характеристики тканей человека при проведении различных исследований, но и обладать экранирующими свойствами при воздействии магнитных полей различной природы на организм человека.

Методика проведения эксперимента

На основе анализа полученных результатов измерения удельной проводимости образцов [6] и литературных данных по электрическим свойствам биологических тканей человеческого тела были выбраны образцы, наиболее соответствующие тканям тела человека. Для имитации свойств биологических тканей были выбраны волокнистые матрицы на основе целлюлозы со средним размером пор порядка десятков микрон. Выбранный материал имеет упорядоченную структуру пор, удержание жидкости в его объеме происходит за счет капиллярных сил и высоких гигроскопических свойств компонентов раствора. В качестве заполняющих жидкостей использовались водные растворы солей металлов. В составе сформированной матрицы содержится большое количество объемов связанной воды, разделенной диэлектрическими прослойками, что имитирует клеточную структуру тканей организма. Состав раствора, степень заполнения пространства пор в матрицах и структура пор обуславливают электрические параметры разрабатываемых материалов. Использование предложенных растворов позволяет повысить сроки использования разрабатываемого модуля до нескольких лет [7].

Проводилось исследование имитаторов биологических тканей проводами с использованием разработанной методики оценки воздействий магнитных импульсов на плотность тока, возникающего в образцах (рис. 1). Индуктор устанавливали на расстоянии 5, 10, 15 и 20 мм от исследуемого имитатора.



Рис. 1 Структурная схема установки для измерений влияния импульсного магнитного поля на образцы

Проводилось экспериментальное исследование оценки воздействий разрядов электрошокера на имитатор биологической ткани в виде пропитанного водой образца целлюлозы толщиной 1,5 мм. В качестве защитных слоев (имитаторов одежды) использовались такие материалы как двухслойный материал для вакуумной упаковки продуктов в виде комбинированной пленки «лавсан–полиэтилен»

толщиной 0,3 мм и сухая целлюлоза (бумага) толщиной от 1 до 2,5 мм.

На основании того, что функционирование электрошоковых устройств основано на полном соответствии их основных параметров регламентирующими документами (ГОСТ 50 940-56) для проведения экспериментов по определению воздействия электрошоковых разрядов использовали экспериментальную методику согласно структурной схеме, представленной на рис. 2.



Рис. 2 Структурная схема установки для измерений влияния электрошоковых разрядов на образцы

Обсуждение результатов

На рис. 3 представлены осциллограммы импульсного напряжения, возникающего на электродах, при воздействии импульсного магнитного поля 0,8 Тл на образец водосодержащей целлюлозы. В результате проведенных исследований были получены экспериментальные значения импульсного напряжения на имитаторе серого вещества мозга и их расчетные значения напряженности поля (табл. 1, 2).

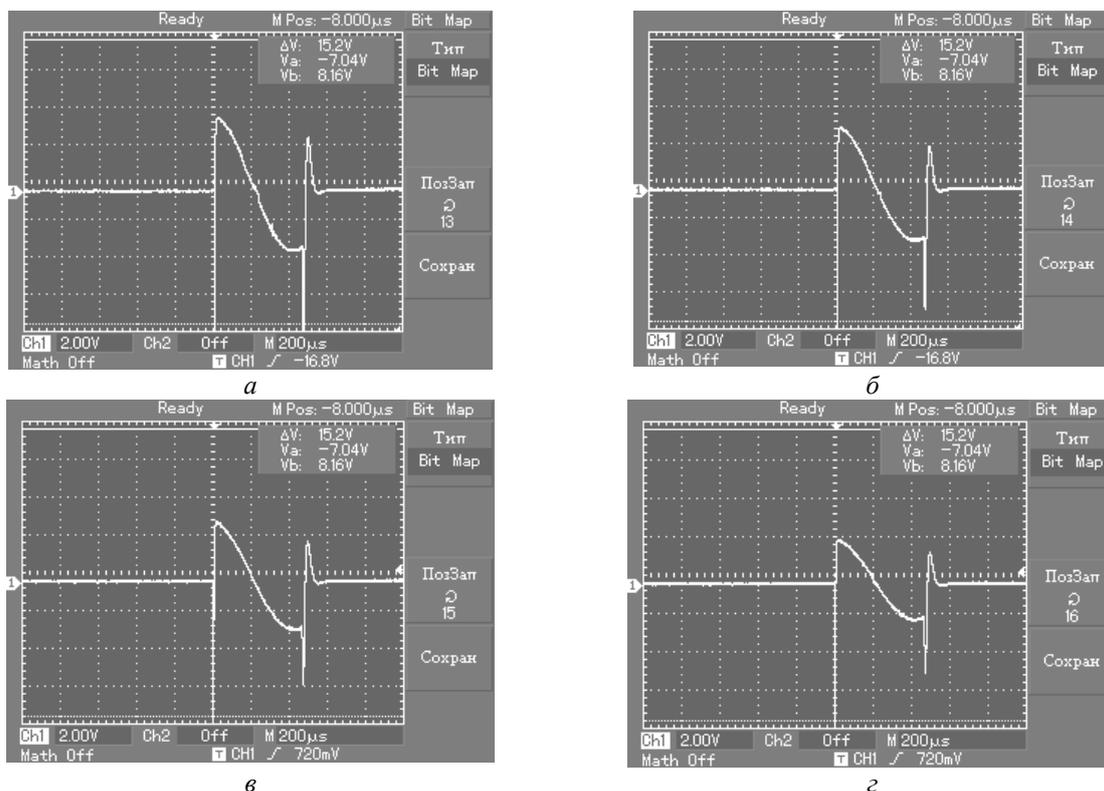


Рис. 3 Осциллограмма импульсного напряжения, возникающего на электродах при воздействии магнитного поля 0,8 Тл на образец, имитирующего серое вещество мозга: а – расстояние от индуктора 5 мм; б – расстояние от индуктора 10 мм; в – расстояние от индуктора 15 мм; г – расстояние от индуктора 20 мм

Таблица 1. Экспериментальные значения импульсного напряжения в имитаторе серого вещества мозга

Образец	U, В			
	5 мм	10 мм	15 мм	20 мм
Водосодержащая целлюлоза	7	6	5,5	4,2

Таблица 2. Расчетные значения напряженности поля в имитаторе серого вещества мозга

Образец	E, В/м			
	5 мм	10 мм	15 мм	20 мм
Водосодержащая целлюлоза	140	120	10	84

Исследование имитаторов биологических тканей с использованием разработанной методики оценки воздействий магнитных импульсов на плотность тока, возникающего в образцах, проводилось посредством индуктора, устанавливаемого на расстоянии 5, 10, 15, 20 мм от исследуемого имитатора. На рис. 4 представлен график зависимости рассчитанных значений плотности тока в исследуемом имитаторе.

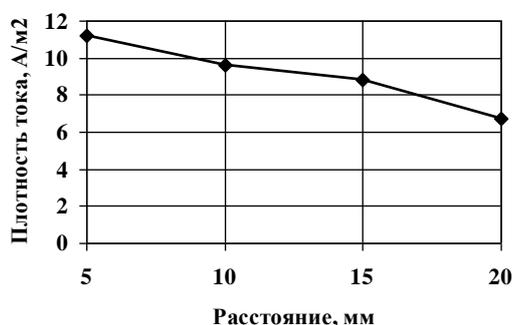


Рис. 4 Расчетные значения плотности тока в образцах, имитирующих серое вещество мозга

В табл. 3 представлены экспериментальные результаты значений напряжения на обратной стороне водосодержащего образца из целлюлозы в зависимости от толщины защитного слоя из сухой целлюлозы.

Таблица 3. Экспериментальные результаты значений напряжения на обратной стороне водосодержащего образца из целлюлозы

Биологическая ткань	σ	Образец	Z	σ
Белое вещество мозга	0,062574	Водосодержащая целлюлоза	19700	0,050761

Получены осциллограммы импульсного напряжения возникающего при воздействии электрошокового разряда на электродах на имитатор при длительности импульсов 40 микросекунд, частотой следования 25 кГц и напряжением ≈ 50 кВ (рис. 5).

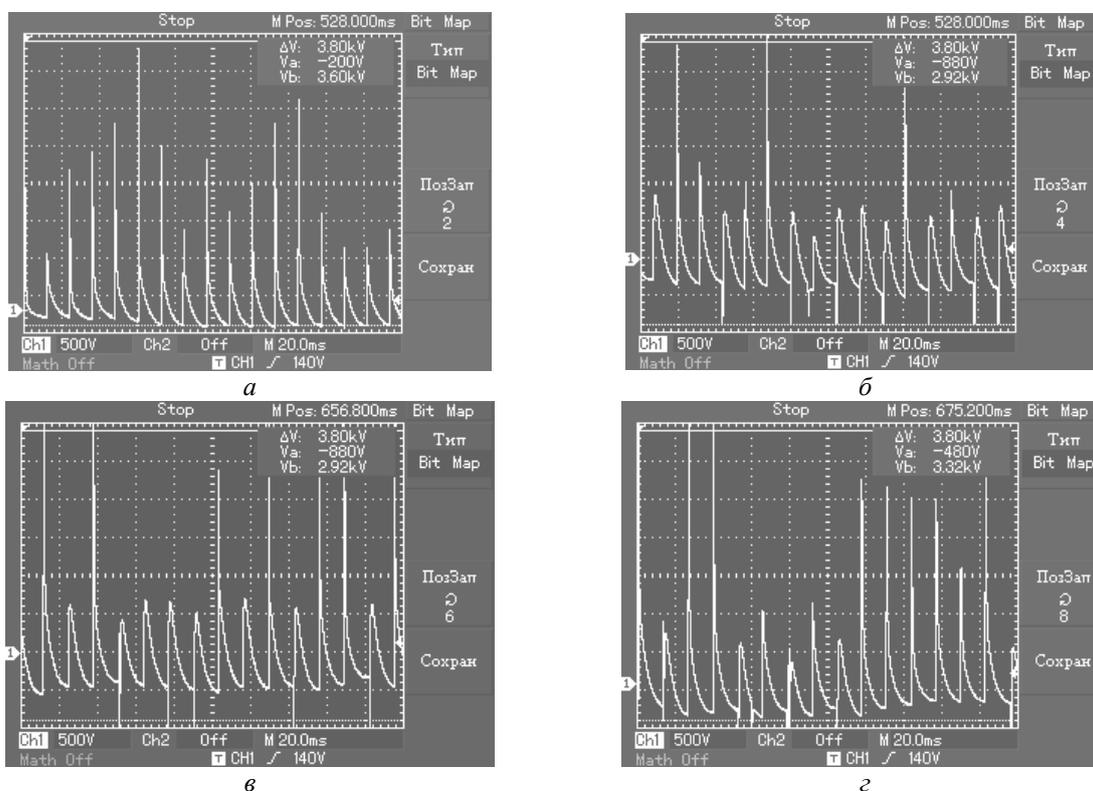


Рис. 5 Осциллограммы импульсного напряжения возникающего при воздействии электрошокового разряда на электродах: а – толщина защитного слоя сухой бумаги 1 мм, б – толщина защитного слоя сухой бумаги 1,5 мм, в – толщина защитного слоя сухой бумаги 2 мм, г – толщина защитного слоя сухой бумаги 2,5 мм

В результате проведения экспериментальных исследований показано, что при использовании имитаторов биотканей на основе водосодержащей целлюлозы толщиной 1,5 мм наблюдается снижение воздействующего электрошокового импульсного напряжения от 50 до 3 кВ. При этом использование дополнительных защитных слоев из сухой целлюлозы толщиной 2,5 мм приводит к снижению напряжения до 1 кВ. При использовании 2-слойной пленки «лавсан–полиэтилен» на поверхности исследуемого водосодержащего образца целлюлозы, на его обратной стороне электрические сигналы не фиксировались.

На рис. 6 представлена схема конструкции защитного модуля, встраиваемого в чехол из различных материалов, например из хлопчатобумажной ткани 4. Для изготовления такой конструкции защитный модуль представляет собой два слоя целлюлозы в виде водосодержащего плотного картона 2, разделяемого металлической фольгой 3 (алюминий). Разработанный защитный модуль, может быть использован в качестве пассивного средства, которое позволяет одновременно снизить уровень воздействия излучений мобильных телефонов и последствий электрошокового разряда.

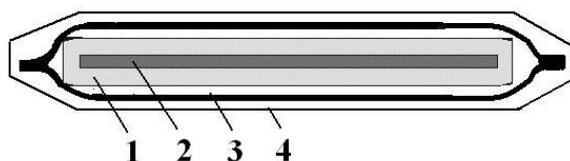


Рис. 6. Индивидуальное средство защиты организма человека со встроенным защитным модулем

Заключение

Результаты данных исследований позволяют предложить экспериментальную методику экспресс–оценки воздействий электрошоковых разрядов на имитаторы тела человека, при использовании различных видов защитных материалов, снижающих уровень воздействия этих разрядов.

Разработанные образцы, как модели биологических тканей могут найти применение для определения силы стимулирующего воздействия импульсных магнитных полей во многих значимых областях деятельности.

В медицинской практике данный подход позволит оценить степень воздействия на биологические ткани при проведении диагностики методом ядро-магнитного резонанса и диагностики нервной проводимости методами вызванной электромиографии, а также при проведении транскраниальной магнитной стимуляции мозга человека.

Разработанные образцы имитаторов могут применяться в качестве элементов специальной защитной одежды от воздействий на организм человека: как излучений мобильного телефона, так и электрошоковых разрядов. Может быть предложен, например, пользователям электрокардиостимуляторов различных типов и лицам, для которых существует риск получения электрошокового разряда как в область спины, так и в область грудной клетки.

RAPID IMPACT ASSESSMENT OF THE SOURCES OF ELECTROMAGNETIC PULSES AND ELECTRIC SPARK DISCHARGE ON SIMULATORS OF BIOLOGICAL TISSUES

Y.T.A. AL-ADEMI, M.V. DAVYDOV, T.A. PULKO, N.V. NASONOVA, L.M. LYNKOV

Abstract

Effects of pulsed magnetic field on developed samples of models of biological tissue are examined. Experimental methodology for rapid assessment of stun effects of discharges on replicas of the body, using different types of protective materials, reduces the impact of these discharges is proposed.

Список литературы

1. *Савостьяник С.А., Спас В.В., Якубцевич Р.Э. и др.* // Медицинские новости. 2010. №12. С. 11–18.
2. *Улащик В.С.* // Здоровоохранение. 2009. № 2. С. 4–10.
3. *Шевченко Н.М.* Кардиология. Москва. 2006.
4. *Туров А.Н.* Жизнь с электрокардиостимулятором: памятка пациенту. Новосибирск, 2013.
5. *Вотчал Ф.Б., Костылева О.В.* // Вест. аритмологии. 2004. №35. С. 74–80.
6. *Пулко Т.А., Насонова Н.В., Давыдов М.В. и др.* // Биомедицинская радиоэлектроника. 2011. № 3. С. 9–15.
7. *Пулко Т.А., Альлябад Х.М., Насонова Н.В.* // Инж. вест. 2010. № 2 (30). С. 32–34.