

УДК 616.77

ИМИТАТОР ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЖИРОВОЙ ТКАНИ

П.В. КАМЛАЧ, А.Ю. СИДОРОВИЧ, Н.И. КУЛИКОВ, В.И. КАМЛАЧ,
В.М. БОНДАРИК, А.В. ЧУРАКОВ, О.В. ЛАНИНА, Н.М. АЛТАВИЛ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 15 ноября 2018

Аннотация. Разработан имитатор электрических характеристик жировой ткани с сосредоточенными параметрами в магнитном поле. Проведены исследования, позволившие определиться с параметрами элементов с сосредоточенными параметрами.

Ключевые слова: имитатор, магнитное поле, биологическая ткань, магнитостимулятор.

Abstract. A simulator of electrical characteristics of adipose tissue with lumped parameters in a magnetic field was developed. Studies have been carried out to determine the parameters of elements with lumped parameters.

Keywords: simulator, magnetic field, biological tissue, magnetostimulator.

Doklady BGUIR. 2018, Vol. 117, No. 7, pp. 96-100
Simulator of electrical characteristics of adipose tissue
P.V. Kamlach, A.Y. Sidorovich, N.I. Kulikov, V.I. Kamlach,
V.M. Bondarik, A.V. Churakov, O.V. Lanina, N.M. Altavil

Введение

В медицине разрабатываются и применяются приборы и устройства, автоматизированные комплексы для систем диагностики заболеваний, их профилактики и лечения. Несмотря на доминирование медикаментозных средств, в последнее время для изменения состояния человека совершенствуются физиотерапевтические методы, сущность которых заключается в модификации химических и ионных взаимодействий в его организме. К основным видам воздействий на биологический объект относятся электрические, магнитные и электромагнитные поля и излучения. Изделия медицинского назначения, основанные на использовании этих воздействий, характеризуются не только высокой результативностью применения, но и прогнозированием возможных последствий.

Транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС) приводит к возбуждению электрических сигналов в центральной и периферической нервной системе безэлектродным способом [2]. Перед врачами встает проблема дозирования и определения уровня наведенного электрического сигнала в тканях человека, для чего необходимо создать физическую модель биологических тканей.

Методика исследования

Для успешного применения физической модели биологической ткани необходимо при ее создании получить схожие электрические характеристики с реальным биологическим образцом. В качестве параметра измерений выбрана амплитуда наведенного сигнала в биологическом образце.

Для измерений электрических характеристик биологической ткани использовали двухэлектродный метод наложения электродов, применяемых для электростимуляции (рис. 1).

Разработана методика измерения параметров тока, наводимого в биологической ткани импульсными магнитными полями, в зависимости от мощности магнитного импульса и параметров биологического образца.

Для измерений использованы магнито-стимулятор с индуктором Нейро-МС/Д, цифровой осциллограф с персональным компьютером и жировая ткань с системой электродов. В качестве биологического образца использовалась жировая ткань, схожая с человеческой, типа *porcus* размером 15×7×4 см.

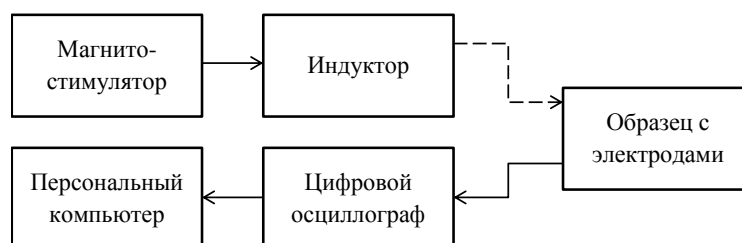


Рис. 1. Структурная комбинированная схема установки для измерений влияния импульсного магнитного поля на образцы

На сегодняшний день в мире разработаны различные имитаторы биологических тканей. С высоким сроком службы созданы имитаторы только физических параметров (на основе баллистического геля) [3, 4]. Водосодержащие имитаторы электрических параметров, созданные на основе пропитки хлопчатобумажной ткани, трикотажа, целлюлозы, войлока растворами солей натрия и кальция, спиртовыми водными растворами, гидрогелями имеют малый срок эксплуатации (несколько часов) [2].

В качестве физической модели биологической ткани предлагается использовать имитатор электрических характеристик с сосредоточенными параметрами в магнитном поле (рис. 2). Такая модель позволяет добиться высоких показателей по сроку эксплуатации имитаторов биологических тканей.

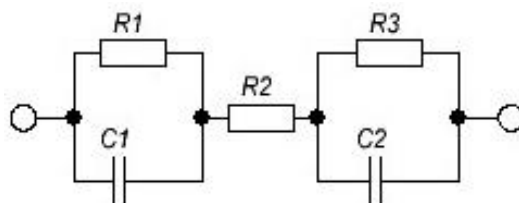


Рис. 2. Принципиальная схема имитатора электрических характеристик биологической ткани с сосредоточенными параметрами в магнитном поле

Цель исследования – получить имитаторы биологических тканей, электрические характеристики которых будут соответствовать электрическим параметрам биологической ткани.

Результаты и обсуждение

Подобраны параметры компонентов с сосредоточенными параметрами. В литературе [5–8] значения параметров разнятся, поэтому были созданы пять образцов имитаторов электрических характеристик биологической ткани с сосредоточенными параметрами, отличающиеся друг от друга типом компонентов (электролитические и керамические конденсаторы) и их номиналом.

В ходе проведения исследований были проведены эксперименты с каждым из разработанных имитаторов, а также с биологическим образцом. На рис. 3 представлена осциллограмма типичного сигнала, наведенного импульсным магнитным полем. Фиксировалась амплитуда наведенного сигнала. Значения амплитуды наведенного сигнала в жировой ткани и в разработанных образцах представлены в таблице. Следует отметить, что в таблице приведены значения только четырех образцов, так как образец № 2 демонстрировал слишком различные от биологического образца значения.



Рис. 3. Форма сигнала, наведенного импульсным магнитным полем.

**Значение амплитуды наведенного сигнала
в жировой ткани и в разработанных образцах имитаторов**

| Мощность импульсного сигнала, % от максимального | Амплитуда напряжения, наведенного в жировой ткани, В | Амплитуда напряжения, наведенного в образце № 1, В | Амплитуда напряжения, наведенного в образце № 3, В | Амплитуда напряжения, наведенного в образце № 4, В | Амплитуда напряжения, наведенного в образце № 5, В |
|--|--|--|--|--|--|
| 100 | 55,4±0,5 | 45,5±0,5 | 43,6±0,5 | 55,4±0,5 | 53,5±0,5 |
| 95 | 52,3±0,5 | 43,6±0,5 | 41,6±0,5 | 53,5±0,5 | 49,5±0,5 |
| 90 | 46,7±0,5 | 41,6±0,5 | 39,6±0,5 | 51,5±0,5 | 47,5±0,5 |
| 85 | 43,6±0,5 | 39,6±0,5 | 37,6±0,5 | 49,5±0,5 | 43,6±0,5 |
| 80 | 42,8±0,5 | 37,6±0,5 | 35,6±0,5 | 45,5±0,5 | 41,6±0,5 |
| 75 | 38,8±0,5 | 35,6±0,5 | 33,7±0,5 | 41,6±0,5 | 39,6±0,5 |
| 70 | 35,6±0,5 | 31,88±0,5 | 31,7±0,5 | 39,6±0,5 | 37,6±0,5 |
| 65 | 33,3±0,5 | 29,5±0,5 | 29,7±0,5 | 37,6±0,5 | 35,6±0,5 |
| 60 | 30,9±0,5 | 27,52±0,5 | 25,15±0,5 | 35,6±0,5 | 33,7±0,5 |
| 55 | 29,3±0,5 | 25,34±0,5 | 23,17±0,5 | 33,7±0,5 | 29,7±0,5 |
| 50 | 25,3±0,5 | 22,97±0,5 | 21,58±0,5 | 31,7±0,5 | 27,7±0,5 |
| 45 | 23±0,5 | 20,79±0,5 | 19,01±0,5 | 25,34±0,5 | 23,17±0,5 |
| 40 | 21,4±0,5 | 18,61±0,5 | 17,03±0,5 | 23,56±0,5 | 21,19±0,5 |
| 35 | 18,2±0,5 | 16,63±0,5 | 14,65±0,5 | 20±0,5 | 18,61±0,5 |
| 30 | 16,6±0,5 | 14,45±0,5 | 12,67±0,5 | 17,82±0,5 | 16,04±0,5 |
| 25 | 15,44±0,5 | 12,8±0,5 | 11,09±0,5 | 14,26±0,5 | 13,86±0,5 |
| 20 | 12,28±0,5 | 9,7±0,5 | 8,91±0,5 | 11,29±0,5 | 10,69±0,5 |
| 15 | 9,5±0,5 | 7,13±0,5 | 7,13±0,5 | 9,31±0,5 | 8,51±0,5 |
| 10 | 5,86±0,5 | 5,54±0,5 | 5,35±0,5 | 6,73±0,5 | 6,14±0,5 |
| 5 | 2,93±0,5 | 5,54±0,5 | 5,35±0,5 | 3,96±0,5 | 3,96±0,5 |

Сопоставив данные в таблице, получили, что образец № 5 (с керамическими конденсаторами) наилучшим образом имитирует жировую ткань. Расхождения в значениях составляют не более 5%. На рис. 4 представлена зависимость амплитуды отклика в биологическом образце жировой ткани и имитаторе № 5 от мощности выходного сигнала (% от максимального значения).

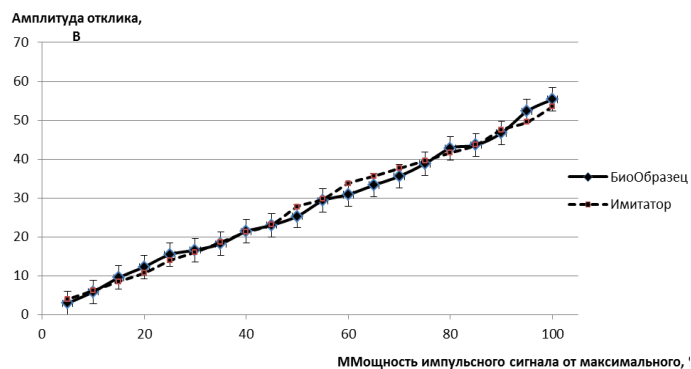


Рис. 4. Форма сигнала, наведенного импульсным магнитным полем.

Заклучение

По полученным данным можно сделать вывод, что амплитуда отклика для предложенных имитаторов прямо пропорционально зависит от мощности магнитного сигнала. Наиболее подходящей для имитаторов жировой ткани человека является схема с сосредоточенными параметрами (рис. 2) на основе керамических конденсаторов. Разработанные имитаторы внедрены в лабораторный процесс на кафедре электронной техники и технологии учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» в курс «Электронные медицинские аппараты, системы и комплексы».

Список литературы

1. Водосодержащие имитаторы биологических тканей для защиты человека от электромагнитных излучений / Я.Т.А. Аль-Адеми [и др.]. Минск: Бестпринт, 2014. 187 с.
2. Самуйлов И.В. Модели биологических тканей для магнитотерапии // Сб. матер. Белорусско-Китайского молодежного инновационного форума «Новые горизонты–2017». Минск, 2–3 ноября 2017 г. Минск: БНТУ, 2017. Т. 2. С. 23–25.
3. Филипчук О.В., Гуров А.М. Особенности применения баллистического желатина как имитатора биологических тканей человека // Теорія та практика судової експертизи і криміналістики: збірник наукових праць. 2015. № 15 С. 367–373.
4. Попов В.Л. Шигеев В.Б., Кузнецов Л.Е. Судебно-медицинская баллистика. СПб: Гиппократ, 2002. 656 с.
5. Волькенштейн М.В. Биофизика. СПб: Лань, 2012. 608 с.
6. Джаксон М.Б. Молекулярная и клеточная биофизика. М.: Бином, 2015. 551 с.
7. Плутахин Г.А., Кошчаев А.Г. Биофизика. СПб: Лань, 2012. 240 с.
8. Сон К.Н., Родин В.И., Бесланев Э.В. Биофизика. СПб: Лань П, 2016. 608 с.

References

1. Vodosoderzhashhie imitatory biologicheskikh tkanej dlja zashhity cheloveka ot jelektromagnitnyh izluchenij / Ja.T.A. Al'-Ademi [i dr.]. Minsk: Bestprint, 2014. 187 s. (in Russ.)
2. Samujlov I.V. Modeli biologicheskikh tkanej dlja magnitoterapii // Sb. mater. Belorussko-Kitajskogo molodezhnogo innovacionnogo foruma «Novye gorizonty–2017». Minsk, 2–3 nojabrja 2017 g. Minsk: BNTU, 2017. T. 2. S. 23–25. (in Russ.)
3. Filipchuk O.V., Gurov A.M. Osobennosti primenenija ballisticheskogo zhelatina kak imitatora biologicheskikh tkanej cheloveka // Teorija ta praktika sudovoї ekspertizi i kriminalistiki: zbirnik naukovih prac'. 2015. № 15. S. 367–373. (in Russ.)
4. Popov V.L. Shigeev V.B., Kuznecov L.E. Sudebno-medicinskaja ballistika. SPb: Gippokrat, 2002. 656 s.
5. Vol'kenshtejn M.V. Biofizika. SPb: Lan', 2012. 608 s. (in Russ.)
6. Dzhakson M.B. Molekuljarnaja i kletochnaja biofizika. M.: Binom, 2015. 551 s. (in Russ.)
7. Plutahin G.A., Koshhaev A.G. Biofizika. SPb: Lan', 2012. 240 s. (in Russ.)
8. Son K.N., Rodin V.I., Beslaneev Je.V. Biofizika. SPb: Lan' P, 2016. 608 s. (in Russ.)

Сведения об авторах

Камлач П.В., к.т.н., доцент, доцент кафедры электронной техники и технологии Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Сидорович А.Ю., студент Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Куликов Н.И., студент Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Камлач В.И., ассистент кафедры инженерной психологии и эргономики Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Information about the authors

Kamlach P.V., PhD, associate Professor, associate Professor of the department of electronic engineering and technology Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

Sidorovich A.Yu., student of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

Kulikov N.I., student of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

Kamlach V.I., assistant of department of engineering psychology and ergonomics of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

Бондарик В.М., к.т.н., доцент, доцент кафедры электронной техники и технологии Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Чураков А.В., к.м.н., доцент кафедры электронной техники и технологии Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники..

Ланина О.В., инженер по качеству Fisher&Paykel Healthcare.

Алтавил Н.М., аспирант кафедры электронной техники и технологии Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Адрес для корреспонденции

220013, Республика Беларусь
г. Минск, ул. П. Бровки, 6
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
тел. +375-17-293-84-14;
e-mail: kamlachpv@bsuir.by
Камлач Павел Викторович

Bondarik V.M., PhD, associate professor, associate professor of department of electronic engineering and technology of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

Churakov A.V., PhD, associate professor of department of electronic engineering and technology of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

Lanina O.V., Quality Engineer of Fisher&Paykel Healthcare.

Altavil N.M., PG student of department of electronic engineering and technology of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

Address for correspondence

220013, Republic of Belarus
Minsk, P. Brovki st., 6
Belarusian state university
of informatics and radioelectronics
tel. + 375-17-293-84-14;
e-mail: kamlachpv@bsuir.by
Kamlach Pavel Victorovich