

УДК 537.636

ИНДУЦИРОВАННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ИМПУЛЬСНЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Г.А. ГОВОР¹, Ю.В. ТИМОШКОВ², А.О. ЛАРИН¹, А.В. МАТЮШКО³

¹ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению» (г. Минск, Беларусь)

²Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (г. Минск, Беларусь)

³ООО «Технология и медицина 2030»

Аннотация. В настоящее время проблема заболевания различных внутренних органов, центральной и периферической нервных систем человека является актуальной задачей, требующей своего решения. В работе приводятся результаты исследований влияния индуцированного электрического воздействия на нервно-мышечную, репродуктивную, костную и другие системы организма с целью стабилизации их работы. Аппараты индукционной терапии обеспечивают бесконтактное воздействие импульсным магнитным полем и применяются как в условиях медицинских учреждений, так и на дому, при заболеваниях суставов, мышц, ЦНС и бронхолегочной системы, мочеполовых органов и других систем организма. Разработка и изготовление соответствующей аппаратуры для реализации разработанного способа, позволит, с одной стороны, проводить лечение заболеваний населения, с другой стороны расширит экспортные возможности предприятий.

Ключевые слова: магнитное поле, импульсное воздействие, магнитная стимуляция, магнитная индукция, удельное сопротивление, напряженность, аппарат индукционной терапии.

INDUCED IMPACT BY A PULSED MAGNETIC FIELD

GENNADI.A. GOVOR¹, YURI.V. TIMOSHKOV², ARTEM.O. LARIN¹, ALEXEY.V. MATUSHKO³

¹SSPA "Scientific-Practical Materials Research Centre of NAS of Belarus"

²Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

³LLC "Technology and Medicine 2030"

Abstract. Currently, the problem of diseases of various internal organs, the central and peripheral nervous systems of a person is an urgent task that needs to be solved. The paper presents the results of studies of the effect of induced electrical effects on the neuromuscular, reproductive, bone and other systems of the body in order to stabilize their work. Induction therapy devices provide non-contact exposure to a pulsed magnetic field and are used both in medical institutions and at home, for diseases of the joints, muscles, central nervous system and bronchopulmonary system, genitourinary organs and other body systems. The development and manufacture of appropriate equipment for the implementation of the developed method will, on the one hand, allow for the treatment of diseases of the population, on the other hand, it will expand the export opportunities of companies.

Keywords: magnetic field, pulse action, magnetic stimulation, magnetic induction, resistivity, field strength, induction therapy apparatus.

Введение

Живой организм, состоящий из большого количества взаимосвязанных биоэлектрических систем с вольтовым потенциалом, по той или иной причине допускает нарушения их работы, приводящие к тем или иным заболеваниям.

Сравнительная оценка различного рода воздействий для исправления нарушений в работе систем, в первую очередь в нарушении электрического потенциала взаимодействия, показывает, что индукционное воздействие импульсными определенной частоты магнитными полями высокой интенсивности порядка 1,2 – 1,5 Тесла при заданной форме импульсов длительностью 150 – 300 мксек является достаточным для исправления их работы. Величина

напряженности электрического поля в этом случае составляет от 10 до 100 В/м в зависимости от глубины проникновения магнитного поля. При этом воздействие ИМП на уровне клетки имеет не повреждающий характер механизма взаимодействия.

Стимуляция импульсным магнитным полем центральной и периферической нервных систем, различных внутренних органов состоит, прежде всего, в оптимизации процесса создания индуцированного электрического поля в заданном месте, по величине достаточного для активации тех или иных процессов.

Процесс оптимизации воздействия включает в себя, как следствие, определение формы и длительности импульса магнитного поля, частоты следования импульсов и распределения магнитного поля вблизи излучателя. Эти вопросы магнитной стимуляции исследованы в ряде работ [1-3] и предложен ряд решений в патентах [4-8]. Анализ приведенных работ показал всю неоднозначность и противоречивость решений вышеуказанных проблем магнитной стимуляции.

Методика проведения эксперимента

Один из основных вопросов магнитной стимуляции – это оптимизация распределения магнитного поля вблизи излучателя, в том числе ориентация вектора магнитной индукции по отношению к облучаемой поверхности. При рассмотрении этого вопроса можно выделить два основных типа воздействия, таких как двухполюсное и однополюсное. В случае двухполюсного облучения, направление вектора магнитной индукции B_{\parallel} будет параллельно поверхности воздействия. В этом случае циркуляция вектора напряженности электрического поля E нормальна облучаемой поверхности:

$$\operatorname{rot}(E) = -dB / dt. \quad (1)$$

Индукцированное циркулярное электрическое поле приводит к возникновению электрического тока, величина которого зависит от суммарного удельного сопротивления внутренних слоев и кожного покрова:

$$\rho = \rho_n + \rho_s. \quad (2)$$

где ρ_n – удельное сопротивление кожного покрова, ρ_s – удельное сопротивление внутренних слоев.

Поскольку удельное сопротивление кожи существенно выше сопротивления внутренних слоев, то величина индуцированного тока в случае двухполюсного облучения будет минимальна:

$$\rho_n \gg \rho_s. \quad (3)$$

Этого недостатка лишен метод однополюсного облучения, при котором направление вектора магнитной индукции B_{\perp} нормально облучаемой поверхности. Последнее определяет направление циркуляции вектора напряженности электрического поля параллельно поверхности непосредственно в мягких тканях, характеризующихся низким удельным сопротивлением. В результате величина индуцированного тока при однополюсном воздействии существенно выше, чем при двухполюсном облучении.

Как следует из сказанного, эффективность однополюсного метода воздействия импульсным магнитным полем будет существенно выше, чем при двухполюсном облучении. В связи с этим магнитная стимуляция при двухполюсной схеме облучения представляется менее эффективной в сравнении с однополюсной [9].

Более высокая эффективность однополюсного метода воздействия импульсным магнитным полем определяет конструктивные параметры источника импульсного магнитного поля.

Результаты и их обсуждение

Важным для магнитной стимуляции является оптимизация импульса магнитного поля – его формы, амплитуды и длительности.

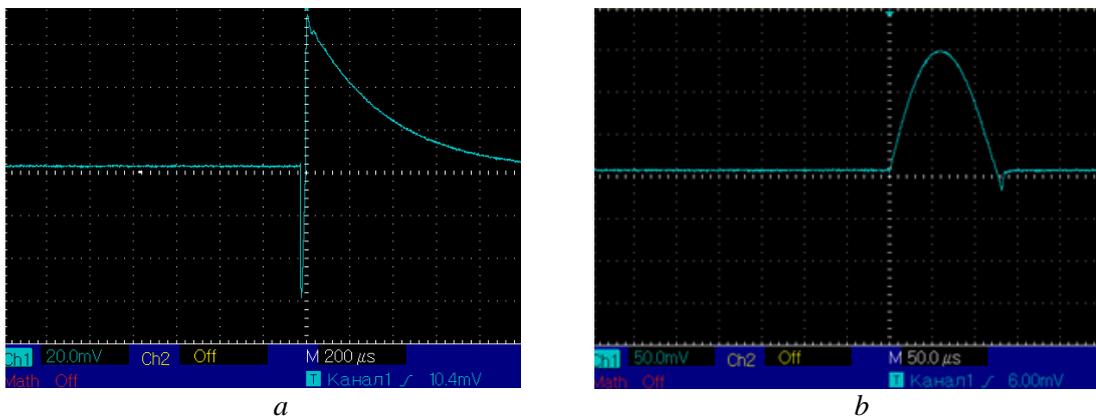


Рис. 1. Формы импульса магнитного поля в аппаратах СЕТА-Д (a) и СЕТА-МФ (b)

На рис. 2. приведено изменение интенсивности магнитного поля в зависимости от расстояния от соленоида в аппарате СЕТА-Д и СЕТА-1.

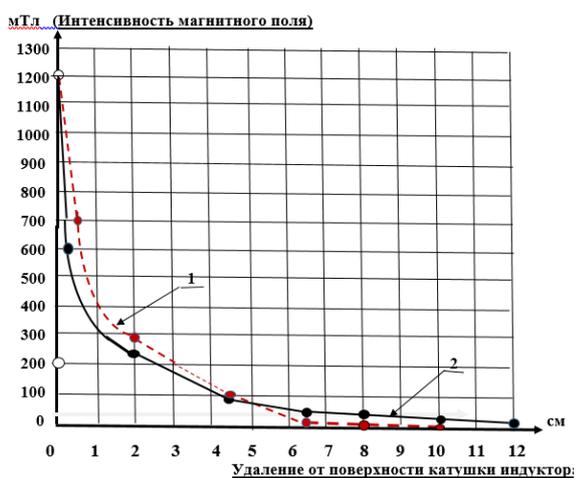


Рис. 2. Изменение интенсивность магнитного поля от расстояния от индуктора в СЕТА-Д – 1 и СЕТА-1 – 2

Серийно производится рядом предприятий в течении последних десятилетий аппараты индукционной терапии различных модификаций от АВИМП до СЕТА-Д.



Рис. 3. Аппарат индукционной терапии АВИМП



Рис. 4. Аппарат индукционной терапии СЕТА-Д



Рис. 5. Аппарат индукционной терапии косметический СЕТА-МФ



Рис. 6. Аппарат индукционной терапии косметический СЕТА-1

Аппарат индукционной терапии СЕТА-МФ выполнен с использованием композиционных магнитомягких (SMC) материалов.

Заключение

Аппараты индукционной терапии обеспечивает бесконтактное воздействие импульсным магнитным полем и применяются как в условиях медицинских учреждений, так и на дому, при заболеваниях суставов, мышц, ЦНС и бронхолегочной системы, мочеполовых органов и других систем организма. В работе приводятся результаты исследований влияния индуцированного электрического воздействия на нервно-мышечную, репродуктивную, костную и другие системы организма с целью стабилизации их работы. К основным преимуществам можно отнести неинвазивность лечения и отсутствие медикаментозной нагрузки, что крайне важно в случае людей пожилого возраста. Аппарат индукционной терапии СЕТА-МФ имеет малый вес и очень компактен. Таким образом, данный прибор достаточно эффективный, удобный и обладает различными полезными функциями.

Список литературы

1. Paolucci T, Pezzi L, Centra AM, Giannandrea N, Bellomo RG, Saggini R. Electromagnetic Field Therapy: A Rehabilitative Perspective in the Management of Musculoskeletal Pain - A Systematic Review. J Pain Res. 2020 Jun 12;13:1385-1400. Doi: 10.2147/JPR.S231778.
2. Ahmed Mohamed Elshawi et al. Effect of pulsed electromagnetic field on nonspecific low back pain patients: a randomized controlled trial, Brazilian Journal of Physical Therapy. 2019; Volume 23, Issue 3:244-249. Doi: 10.1016/j.bjpt.2018.08.004.
3. Barbara Wagner, Margarete Steiner, Lovro Markovic, Richard Crevenna, Successful application of pulsed electromagnetic fields in a patient with post-COVID-19 fatigue: a case report. Erfolgreiche Anwendung von gepulster Magnetfeldtherapie bei einer Patientin mit Post-COVID-19-Erschöpfungssyndrom: ein Fallbericht, Wiener Medizinische Wochenschrift. 2022; 172, 9-10, (227-232). Doi: 10.1007/s10354-021-00901-2.
4. Cadwell et.al. Method and Apparatus for Magnetically Stimulation Neurons. Patent Patent US:4940453.
5. Konotchick et al. Magnetic Stimulation Device. Patent US:5267938.
6. Gluck et al. Method of and Apparatus for Magnetically Stimulation of Neural Cells. Patent US:5738625.
7. Abrams et al. Medical Magnetoictal Therapy. Patent US:5813970.
8. Edrich et al. Method and Apparatus for Focused Neuromagnetic Stimulation and Detection. Patent US: 6066084.
9. Davey.et al. Magnetic Nerve Stimulation for Exiting Peripheral Nerves. Patent US:5725471.