

УДК 615.8

РАЗРАБОТКА УЗЛА МАГНИТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ УСКОРЕННОГО ЗАЖИВЛЕНИЯ ТРОФИЧЕСКИХ ЯЗВ*

З.Н. ПЕДОНОВА¹, А.С. АШАНИНА², Д.В. БЕЛИК³

¹ 630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, аспирант, ассистент. E-mail: pedonovaz@gmail.com

² 630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, магистрант. E-mail: l-luta@mail.ru

³ 630015, РФ, г. Новосибирск, ул. Промышленная, 1, Сибирский научно-исследовательский и испытательный центр медицинской техники, доктор технических наук, доцент. E-mail: dvbelik@mail.ru

Лечение ран различной этиологии ложится тяжелым бременем на здравоохранение и государство в целом. Общая стоимость лечения пациентов с ранами, особенно хроническими, и снижение качества жизни этих людей трудноизмеримы. Проблема стабильного, без септических реакций, заживления раневых поверхностей в послеоперационный период, а также трофических язв является актуальной задачей.

В статье рассматривается проблема ускорения заживления трофических язв с указанием преимуществ применения импульсного бегущего низкочастотного магнитного поля в качестве физиотерапевтического метода, так как, по мнению отечественных исследователей, наиболее перспективным для физиотерапевтической практики является применение импульсного магнитного поля. Увеличение количества изменяемых биотропных параметров увеличивает лечебную эффективность, отсюда следует вывод о сложной модуляции генерируемого сигнала. В работе выбраны форма и параметры сигнала, разработан генератор сигнала узла магнитного воздействия импульсным магнитным полем для физиотерапии трофических язв. Предлагаемая форма сигнала, вероятно, позволит увеличить терапевтическую эффективность лечения трофических язв, сократить сроки лечения, снизить болевой синдром.

Ключевые слова: трофические язвы, импульсное бегущее магнитное поле, магнитотерапия, физиотерапевтическая аппаратура, сокращение сроков лечения, низкочастотное магнитное поле, терапевтическая эффективность, воздействие магнитным полем

ВВЕДЕНИЕ

В современной медицине актуальность проблемы трофических язв высока. Статистические данные показывают, что венозные трофические язвы

* Статья получена 2 сентября 2014 г.

встречаются у 2 % взрослого населения развитых стран. По литературным данным, в России от данного недуга страдает около 3 миллионов человек [1]. Чаще всего трофические язвы становятся следствием нарушенной гемодинамики артериальной, венозной и лимфатической систем, нарушения микроциркуляции, поражения кожи и мягких тканей, повреждений центральной нервной системы или периферических нервов, нарушения обмена веществ [2]. В результате совокупности вышеуказанных структурных и функциональных изменений лечение трофических язв становится сложным. Это заболевание значительно ухудшает качество жизни пациентов, поэтому весьма актуальна проблема снижения сроков лечения трофических язв.

Лечение трофической язвы магнитным полем (МП) позволяет сократить сроки физиотерапии. Применение МП для лечения трофических язв нижних конечностей позволило нормализовать местный кровоток, раскрыть резервные капилляры, уменьшить болевой синдром и отечность конечности, а также количество микрофлоры в патологическом очаге [3]. Воздействие МП на живой организм определяется биотропными параметрами поля (интенсивностью, градиентом, вектором, экспозицией, частотой, формой импульса, локализацией, характером контакта, площадью воздействия). Большое число биотропных параметров характеризует высокую биологическую активность и лечебную эффективность применения МП [3, 4].

По мнению отечественных исследователей, наиболее перспективным для физиотерапевтической практики является импульсное МП [5, 6, 7]. Плотность индуцированных электрических токов в тканях определяется скоростью изменения магнитной индукции. При этом возникшие токи могут вызывать возбуждение нервных волокон и ритмические сокращения миофибрилл. Ответная реакция системы на воздействие МП, в частности постоянное МП, характеризуется неустойчивостью, зависит от исходного состояния организма и магнитной чувствительности. Реакции организма на применение импульсного МП отличаются большей стабильностью и не способствуют развитию адаптации к ним [3].

В настоящее время известны несколько моделей подобных приборов, которые используют импульсное МП для лечения трофических язв. Среди них АЛМАГ-02, физиотерапевтический аппарат ФТА-«Волна», «Полюс-1», «Солнышко» и др.

Как сказано выше, увеличение количества изменяемых биотропных параметров повышает лечебную эффективность, поэтому является целесообразным усложнить форму сигнала, сделав его сложномодулированным.

В последнюю четверть века исследователи обратили внимание на специфические реакции организма, которые проявляются наиболее отчетливо при

применении низкоинтенсивных факторов, энергии которых недостаточно для нагревания тканей (свыше 0,1 °С) или изменения их функций [8]. По мнению некоторых авторов [4, 7–13], слабые магнитные поля, не вызывающие нагрева тканей, оказывают более сильное воздействие на процессы, протекающие в биоткани, чем более интенсивное по мощности излучение. Предполагается, что воздействие магнитными полями с данными параметрами позволит добиться значительного терапевтического эффекта по сравнению с существующими системами для заживления ран.

Цель работы – выбрать параметры сложномодулированного сигнала для узла магнитного воздействия, а также сконструировать генератор сигнала выбранной формы.

1. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для получения осциллограмм использовался цифровой осциллограф Rigol DS105E. Технические характеристики цифрового осциллографа DS1052E:

- полоса пропускания – 50 МГц;
- количество каналов – 2;
- частота дискретизации в режиме реального времени – 500 Мвыб/с;
- эквивалентная частота дискретизации – 10 Гвыб/с;
- время нарастания – 7 нс;
- глубина записи – до 1 млн точек;
- вертикальное разрешение – 8 бит.

Исследования велись в низкочастотном диапазоне (1...10 кГц). Форма сигнала импульсная, модулированная низкочастотной синусоидой для обеспечения большего количества изменяемых биотропных параметров.

Узел магнитного воздействия представлял собой излучатель (катушка с сердечником), на который подавался электрический сигнал заданной формы и амплитуды. Для формирования сигнала указанной формы использовался микроконтроллер, цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) и усилитель мощности.

Максимальное значение индукции составляло не более 5 мТл на торце катушки при пропускании через катушку тока с амплитудой 125 мА.

На рис. 1 представлена структурная схема узла магнитного воздействия.

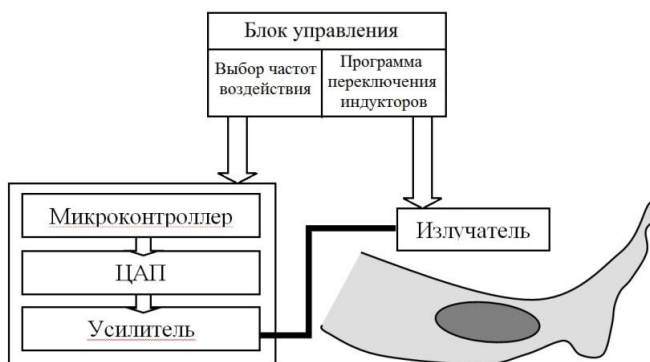


Рис. 1. Структурная схема узла магнитного воздействия

Функционально узел магнитного воздействия создан на базе платы Arduino Uno, которая состоит из микроконтроллера Atmel AVR (ATmega328P и ATmega168 в новых версиях и ATmega8 – в старых), а также элементов обвязки для программирования и интеграции с конструктивными элементами разрабатываемой схемы. На плате присутствует линейный стабилизатор напряжения +5 В. Тактирование осуществляется на частоте 16 МГц кварцевым генератором. В микроконтроллер предварительно прошивается загрузчик BootLoader, поэтому внешнее устройство программирования (программатор) не нужно. Схемотехническое решение платы является открытым стандартом.

Цифровой сигнал от микроконтроллера передавался на ЦАП AD7302BNZ фирмы Analog Devises, после чего усиливался до нужной мощности с помощью микросхемы TDA2030A и подавался на излучатель.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Испытания задающего генератора узла магнитного воздействия показали, что он формирует импульсный сигнал ожидаемой формы (рис. 2).

Испытания излучателя сигнала узла магнитного воздействия для системы ускоренного заживления трофических язв показали, что он создает необходимый ток для питания индуктора. Частота модулирующей синусоиды 1...10 Гц, последовательности импульсов 100...1000 Гц, заполняющего сигнала 10 кГц. Форма импульсного сигнала излучателя представлена на рис. 3.

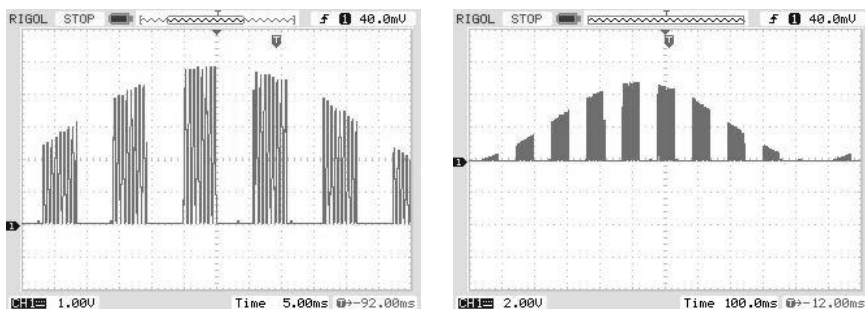


Рис. 2. Осциллограмма импульсного сигнала на выходе генератора. Частота модулирующей синусоиды 1...10 Гц, последовательности импульсов 100...1000 Гц, заполняющего сигнала 10 кГц. Амплитуда 5 В

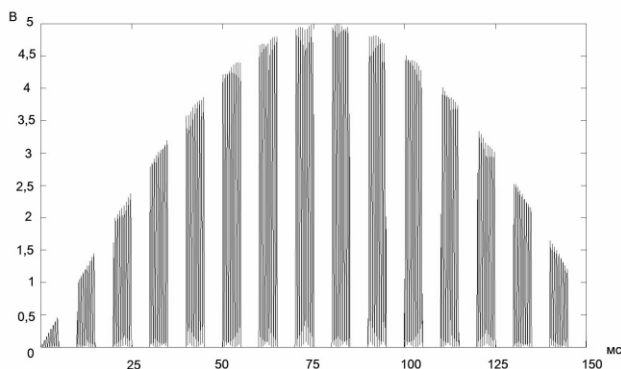


Рис. 3. Форма импульсного сигнала излучателя

Разработанный узел магнитного воздействия планируется использовать в медицинских учреждениях для научных исследований и разработки нового аппаратно-методического комплекса лечения трофических язв. Планируется использование разработанного узла магнитного воздействия в системе из нескольких индукторов, которые будут переключаться по различным законам, обеспечивая градиент магнитного поля (еще один биотропный параметр) в патологическом очаге. Таким образом, можно получить стоячую волну, либо плавное усиление магнитного поля от краев до середины патологического очага, создавая тем самым благоприятные условия для концентрации лейкоцитов, фибробластов, необходимых для скорейшего заживления раневых дефектов.

ВЫВОДЫ

В результате проделанной работы сделаны следующие основные выводы:

- создан задающий генератор сложномодулированного сигнала для узла магнитного воздействия. Частота модулирующей синусоиды 1...10 Гц, последовательности импульсов 100...1000 Гц, заполняющего сигнала 10 кГц;
- создан излучатель магнитного поля для сложномодулированного сигнала. Выходной максимальный ток 125 мА, частота модулирующей синусоиды 1...10 Гц, последовательности импульсов 100...1000 Гц, заполняющего сигнала 10 кГц.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Флебология: руководство для врачей / В.С. Савельев, В.А. Гологорский, А.И. Кириенко и др.; под ред. В.С. Савельева. – М.: Медицина, 2001. – 664 с.
2. Трофические язвы нижних конечностей – обзор проблемы / В.Н. Оболенский, Г.В. Родоман, В.Г. Никитин, М.А. Карев // Русский медицинский журнал. – 2009. – Т. 17, № 25. – С. 1647–1663.
3. *Сысоева И.В.* Современное представление о биологическом действии магнитных полей и их применение в медицине // Медицинские новости. – 2005. – № 4. – С. 21–28.
4. *Райгородский Ю.М., Серянов Ю.В., Лепилин А.В.* Форетические свойства физических полей и приборы для оптимальной физиотерапии в урологии, стоматологии и офтальмологии. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2000. – 270 с.
5. *Соловьева Г.Р.* Магнитотерапевтическая аппаратура: монография. – М.: Медицина, 1991. – 176 с.
6. *Никитина В.В., Скоромец А.А., Онищенко Л.С.* Сравнительный анализ магнитных полей различных интенсивностей в эксперименте // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2002. – № 3. – С. 34–35.
7. *Белик Д.В.* Магнитноэлектрическая медицина. – Новосибирск: Сибпринт, 2013. – 252 с.
8. *Пономаренко Г.Н., Турковский И.И.* Биофизические основы физиотерапии: учеб. пособие. – М.: Медицина, 2006. – 176 с.
9. *Антипов И.Г.* Импульсная магнитотерапия в комплексном лечении больных с трофическими язвами нижних конечностей венозного генеза в амбулаторной практике: дис. канд. мед. наук. – М., 2005. – 100 с.

10. *Белик Д.В., Белик К.Д.* Контрактивная биоэлектрокинетика: аспекты лечебного применения физиовоздействий. – Новосибирск: Сибирское книжное издательство, 2005. – 304 с.

11. Дополнительные методы лечения трофических язв: способ ускорения заживления ран / З.Н. Педонова, Д.В. Белик, К.Д. Белик, Р.А. Осташевский // Актуальные проблемы электронного приборостроения: АПЭП–2012: материалы XI международной конференции, Новосибирск, 2–4 октября 2012 г. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2012. – Т. 5. – С. 119–123.

12. Исследование влияния импульсного бегущего магнитного поля, уф-излучения, токов надтональной частоты и инфракрасного излучения на ускорение заживления трофических язв / З.Н. Педонова, Д.В. Белик, Р.А. Осташевский, К.Д. Белик // Наука. Технологии. Инновации: материалы всероссийской научной конференции молодых ученых, Новосибирск, 29 ноября – 2 декабря 2012 г. – Новосибирск, 2012. – С. 241–245.

13. Технические методы и средства диагностики и лечения: учеб. пособие / С.В. Моторин, Н.В. Голышев, Д.Н. Голышев, С.В. Белавская, Л.И. Лисицына; Новосиб. гос. техн. ун-т. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009. – 223 с.

Педонова Зоя Николаевна – аспирант, ассистент кафедры систем сбора и обработки данных Новосибирского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – биомедицинская инженерия, приборы и системы для физиотерапии. Имеет 14 публикаций. E-mail: rrrrr@ngs.ru

Ашанина Анна Сергеевна – магистрант кафедры систем сбора и обработки данных Новосибирского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – биомедицинская инженерия, приборы и системы для физиотерапии. Имеет одну публикацию. E-mail: l-luta@mail.ru

Белик Дмитрий Васильевич – доктор технических наук, доцент кафедры систем сбора и обработки данных Новосибирского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – создание систем для физиовоздействий, систем для неконтактного измерения излучений головного мозга и воздействий на него, систем стимуляции кроветворения и других медицинских систем. E-mail: dvbelik@mail.ru

Development of the magnetic effects unit for system for accelerating the healing of venous ulcers*

Z.N. Pedonova², A.S. Ashanina², D.V. Belik³

¹ Novosibirsk state technical University, 20 Karl Marks Avenue, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, graduate student, assistant. E-mail: pedonovaz@gmail.com

² Novosibirsk state technical University, 20 Karl Marks Avenue, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, master student. E-mail: l-luta@mail.ru

³ Siberian Research and Testing Center of Medical Equipment, 1 street Promyshlennaya, Novosibirsk, 630015, Russian Federation, doctor of technical Science, Associate professor. E-mail: dvbelik@mail.ru

Treatment of wounds of various etiologies is a heavy burden on health care and the state as a whole. The total cost of treating patients with wounds, especially chronic, and reduced quality of life of these people are difficult to measure. The problem of stability, without septic reactions, wound healing of surfaces in the postoperative period, including trauma and trophic ulcers, including diabetic burdened, is a challenge.

The article deals with the problem of accelerating the healing of venous ulcers, indicating the advantages of using a pulsed low frequency magnetic field running as a physical therapy method, because the most promising for physical therapy practice is the use of pulsed magnetic field.

The result of this work is chosen the parameters of the signal and the signal generator are designed for the assembly of the magnetic effects of a pulsed magnetic field for physiotherapy trophic ulcers. Devices for the treatment of venous ulcers and wounds with parameters such as the magnetic field on the results of literature search weren't found. It is assumed that such a waveform will increase the therapeutic efficacy of the treatment of venous ulcers, reduce the duration of treatment and reduce pain.

Keywords: trophic ulcers, pulse traveling magnetic field, magnetic therapy, physiotherapy equipment, reducing the duration of treatment, the low-frequency magnetic field, therapeutic efficacy, the impact of the magnetic field

REFERENCES

1. Savel'ev V.S., Gologorskii V.A., Kirienko A.I. et al. *Flebologiya. Rukovodstvo dlya vrachei* [Phlebology. The guide for the doctors]. Moscow, Medicine publ., 2001. 664 p.
2. Obolenskii V.N., Rodoman G.V., Nikitin V.G., Karev M.A. Troficheskie yazvy nizhnikh konechnostei – obzor problemy [Venous leg ulcers – a review of problems]. *Russkii meditsinskii zhurnal – Russian Journal of Medicine*, 2009, vol. 17, no. 25, pp. 1647–1663.

* Received 14 August 2014.

3. Sysoeva I.V. *Sovremennoe predstavlenie o biologicheskom deistvii magnitnykh polei i ikh primeneniye v meditsine* [The current understanding of the biological action of magnetic fields and their application in medicine]. *Meditsinskie novosti – Medical News*, 2005, no. 4, pp. 21–28.

4. Raigorodskii Yu.M., Seryanov Yu.V., Lepilin A.V. *Foreticheskie svoystva fizicheskikh polei i pribory dlya optimal'noi fizioterapii v urologii, stomatologii i oftal'mologii* [Trophoretic properties of physical fields and devices for optimal physical therapy in urology, dentistry and ophthalmology]. Saratov, Saratov university publ., 2000. 270 p.

5. Solov'eva G.R. *Magnitoterapevticheskaya apparatura* [Magnetotherapy equipment]. Moscow, Medicine publ., 1991. 176 p.

6. Nikitina V.V., Skoromets A.A., Onishchenko L.S. *Sravnitel'nyi analiz magnitnykh polei razlichnykh intensivnostei v eksperimente* [Comparative analysis of the magnetic fields of different intensities in the experiment]. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoy fizicheskoy kul'tury – Problems of Balneology, Physiotherapy, and Exercise Therapy*, 2002, no. 3, pp. 34–35.

7. Belik D.V. *Magnitnoelektricheskaya meditsina* [Magnetoelectric medicine]. Novosibirsk, Sibprint publ., 2013. 252 p.

8. Ponomarenko G.N., Turkovskii I.I. *Biofizicheskie osnovy fizioterapii* [Biophysical foundations of physical therapy]. Moscow, Medicine publ., 2006. 176 p.

9. Antipov I.G. *Impul'snaya magnitoterapiya v kompleksnom lechenii bol'nykh s troficheskimi yazvami nizhnikh konechnostei venoznogo geneza v ambulatornoi praktike*: Diss. kand. med. nauk [Pulsed magnetic therapy in complex treatment of patients with trophic ulcers of the lower extremity venous origin in outpatient practice]: PhD medical sci. diss. Moscow, 2005. 100 p.

10. Belik D.V., Belik K.D. *Kontraktivnaya bioelektrokinetika: aspekty lechebnogo primeneniya fiziovozdeystvii* [Contra bioelektrokinetika. Aspects of the therapeutic use fiziovozdeystvy]. Novosibirsk, Siberian book publishers, 2005. 304 p.

11. Pedonova Z.N., Belik D.V., Belik K.D., Ostashevskii R.A. [Additional treatments for venous ulcers: a way to accelerate the healing of wounds]. *Aktual'nye problemy elektronnoy priborostroeniya: materialy XI mezhdunarodnoi konferentsii* [11th International conference on actual problems of electronic instrument engineering: proceedings, Novosibirsk, 2–4 October, 2012]. Novosibirsk, NSTU publ., 2012, vol. 5, pp. 119–123.

12. Pedonova Z.N., Belik D.V., Ostashevskii R.A., Belik K.D. [Investigation of pulsed traveling magnetic field, UV radiation, currents nadtonalnoy frequency and

infrared light to accelerate the healing of venous ulcers]. *Materialy vserossiiskoi nauchnoi studencheskoi konferentsii molodykh uchenykh "Nauka, tekhnologii, innovatsii"* [Proceedings of the All-Russian scientific student's conference of young scientists "Science, technology and innovation"], Novosibirsk, 2012, pp. 241–245.

13. Motorin S.V., Golyshev N.V., Belavskaya S.V., Lisitsyna L.I. *Tekhnicheskie metody i sredstva diagnostiki i lecheniya* [Technical methods and tools for diagnosis and treatment]. Novosibirsk, NSTU publ., 2009. 223 p.