

УДК 615.847.8

**АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА  
ДЛЯ НИЗКОЧАСТОТНОЙ ИМПУЛЬСНОЙ  
МАГНИТОТЕРАПИИ**

Ф.Ю. Блынский, А.В. Шкуратов

Томский политехнический университет

E-mail: blynskiyf@tpu.ru

**Блынский Федор Юрьевич**, магистрант кафедры промышленной и медицинской электроники Института неразрушающего контроля ТПУ. E-mail: blynskiyf@tpu.ru

Область научных интересов: автоматизированная остеопарация костной ткани, системы управления медицинскими комплексами.

**Шкуратов Антон Валерьевич**, аспирант кафедры промышленной и медицинской электроники Института неразрушающего контроля ТПУ. E-mail: kft\_veritas@mail.ru

Область научных интересов: системы обработки и отображения информации, источники питания космической аппаратуры.

Терапевтические свойства магнитного поля получили широкое распространение в клинической практике. В работе представлена автономная система для низкочастотной импульсной магнитотерапии, отвечающая современным требованиям медицины. Приведены схематические особенности устройства. Критериями при разработке аппарата являются: автономность, информативность, простота в управлении. Режим работы устройства задается при помощи микропроцессорной системы управления. Для обмена данными с персональным компьютером используется модуль беспроводной связи. Индуктор выполнен на основе двухобмоточного воздушного дросселя для формирования магнитного потока в двух направлениях. Для удаленного задания режима работы системы с персонального компьютера разработан интерфейс пользователя, позволяющий задать время терапии и интенсивность воздействия магнитным полем на организм. Информация о текущем режиме работы отображается как на мониторе компьютера, так и на сенсорном дисплее аппарата.

**Ключевые слова:**

Магнитотерапия, магнитное поле, лечение, система дистанционного управления.

Начиная с 60-х годов прошлого века по всему миру резко возрастает количество работ по изучению лечебного и биологического действия магнитного поля. В 80-е года появляется новый физический фактор – магнитолазерная терапия [1], а в 90-е широкое распространение получают импульсные магнитные поля высокой интенсивности [2, 3].

За последнее десятилетие наиболее широкое распространение получили методы и аппараты для лечебного применения постоянных и особенно низкочастотных переменных магнитных полей. Несмотря на то что первичный механизм действия магнитных полей на живые системы окончательно не выяснен, многочисленные экспериментальные данные показывают, что низкочастотное магнитное поле с низкой индукцией (десятки миллитесла) улучшает кровообращение, предотвращает воспалительные процессы, обладает болеутоляющим эффектом [4]. Помимо этого известно, что магнитное поле вызывает физико-химические изменения на молекулярном уровне, и в этом наиболее важную роль играют магнитные и электрические свойства самих молекул, образующих те или иные биологические структуры, а также параметры поля, воздействующего на эти структуры [5].

Механизмы воздействия магнитных полей на разные группы органов человека различны. При лечении сосудистых заболеваний головного мозга лечебным действием магнитного поля является улучшение центрального кровообращения, обусловленное снятием спазмов оболочечных сосудов, снижением артериального давления. Кроме того, увеличивается скорость кровотока, снижаются коагуляционные свойства крови, увеличивается диаметр и число функциональных капилляров [5]. Выявлены положительные сдвиги в кровоснабжении миокарда, его сократительной способности, микроциркуляции и гемостазе [6].

Отмечено, что магнитное поле способствует снижению сосудистого тонуса, увеличению кровенаполнения в области воздействия, уменьшению асимметрии линейной скорости и

снижению индекса периферического сопротивления магистральных сосудов. При воздействии на область проекции головного мозга повышается активность холинэстеразы в различных отделах мозга, что способствует более активному разрушению ацетилхолина. При этом улучшается функциональная активность сохранившихся нейронов, усиливается микроциркуляция в тканях мозга [7].

Положительный эффект лечения с применением магнитотерапевтических аппаратов подтверждается многочисленными исследованиями. Авторами [8] показывается улучшение состояния больных, страдающих артериальной гипертензией, при терапии низкочастотным импульсным магнитным полем. При лечении больных с артериальной гипертензией I и II стадий использовалась методика «бегущего» магнитного поля с частотой импульсов 90–100 Гц. Интенсивность магнитной индукции составляла 1–20 мТл, продолжительность воздействия 15–20 мин. Результатом исследования стало улучшение состояния контрольной группы больных: исчезли слабость, утомляемость, прекратились боли в шейном отделе позвоночника и головокружения.

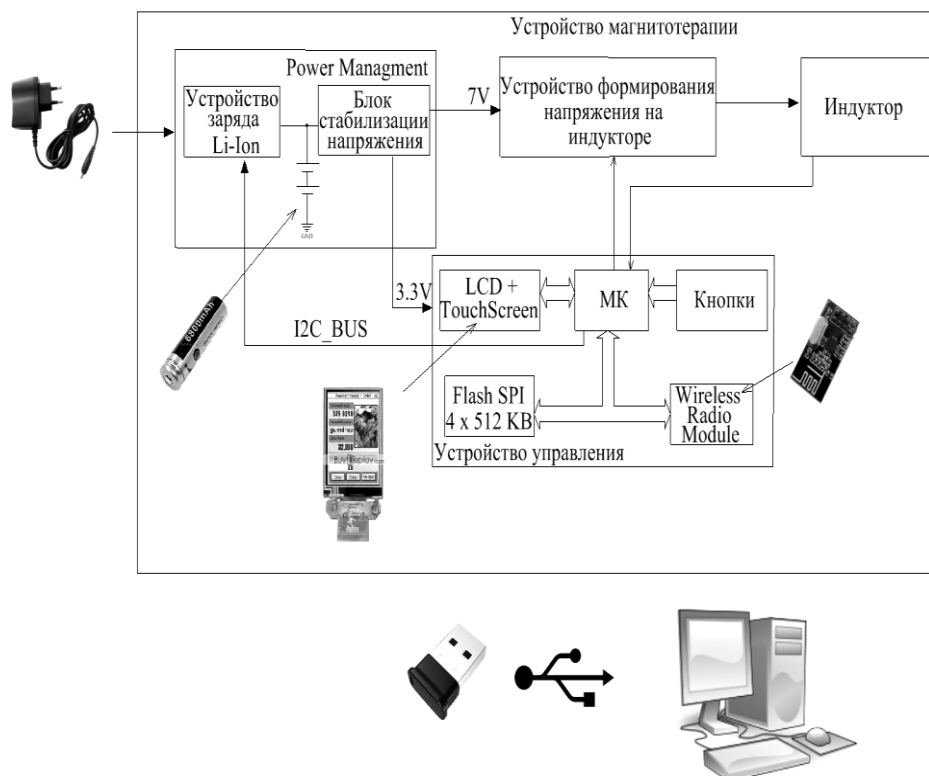
Авторами [9] были проведены исследования в области поиска недопинговых технологий повышения работоспособности и ускорения восстановления спортсменов. Было выявлено, что большой эффективностью обладает воздействие переменного импульсного магнитного поля на организм человека. Исследования проводились при использовании двух индукторов: общей магнитотерапии (величина магнитного поля 3,5–5,1 мТл) и аутогемоманнитотерапии (величина магнитного поля 46,7–72,6 мТл). Курсовое применение низкочастотной магнитотерапии положительно повлияло на показатели специальной работоспособности. Критериями эффективности восстановительной магнитотерапии является профилактика снижения уровня миоглобина в крови спортсменов как маркера микроповреждения мышц и предупреждение отрицательной динамики показателей «красной» крови при объемных нагрузках аэробной направленности.

Низкочастотная магнитотерапия применяется при лечении сахарного диабета 2-го типа. Авторами [10] изучены лабораторные показатели контрольной группы больных на фоне лечения с применением общей или локальной магнитотерапии. Общая магнитотерапия реализовывалась при помощи воздействия вращающимся переменным магнитным полем синусоидальной формы с максимальной индукцией 3,2 мТл, частотой 100 и 50 Гц. Локальная магнитотерапия выполнялась магнитной индукцией в геометрическом центре индуктора соленоида 5 мТл. Частота импульсов составила 100 Гц. На практике было доказано, что общая магнитотерапия, включенная в комплексное лечение больных сахарным диабетом 2-го типа, способствует более эффективному достижению целевых уровней гликемии, гликированного гемоглобина, показателей артериального давления. Полученные показатели могут служить основанием для использования общей магнитотерапии в лечении и вторичной профилактике макрососудистых осложнений сахарного диабета.

Применение магнитотерапии при лечении заболеваний нервной системы показывается авторами [5]. В процессе исследования использовалось переменное магнитное поле с индукцией 10 мТл. Индукторы располагались паравертебрально на проекцию шейных симпатических узлов. После проведенного лечения у больных отмечались нормализация сна, уменьшение раздражительности, снижение неврологических симптомов.

Исходя из приведенных выше данных о практическом использовании магнитотерапии для лечения различных заболеваний сердечно-сосудистой, мышечной, нервной систем, возникает актуальность разработки аппаратов магнитотерапии, отвечающих современным требованиям медицины.

Критериями при разработке аппарата являются: автономность, информативность, простота в управлении. На основе изложенных выше требований была реализована автономная система для низкочастотной импульсной магнитотерапии, структурная схема которой приведена на рис. 1.



**Рис. 1.** Структурная схема автономной системы для низкочастотной импульсной магнитотерапии

Источником питания схемы служат два Li-Ion-аккумулятора 3.7 V 6800 mAh, которые заряжаются от источника постоянного тока с выходным напряжением от 10 до 20 В, ток потребления не превышает 2 А. Ток потребления в выключенном в ждущем состоянии не превышает 40 мкА. Максимальный ток потребления схемы управления – 12 мА. Ток потребления модуля беспроводной связи – не более 10 мА при посылке данных и 900 нА при выключенном модуле. Для подсветки LCD-дисплея необходимо от 20 или 40 мА в зависимости от требуемой яркости. При зарядке энергия из батареи не потребляется, тем самым обеспечивается работа прибора от сети.

Управление устройством осуществляется при помощи микроконтроллера DD1. При разработке был выбран микроконтроллер STM32L052C6T6 ввиду его низкой стоимости, надежности, возможности адаптации для медицинской аппаратуры. Для обмена данными с ПК используется модуль беспроводной связи NRF24L01. Данная микросхема позволяет принимать и передавать данные по Wi-Fi на частоте 2,4 ГГц. Управление и передача данных осуществляются по интерфейсу SPI. Принципиальная схема устройства управления автономной системы для низкочастотной импульсной магнитотерапии приведена на рис. 2.

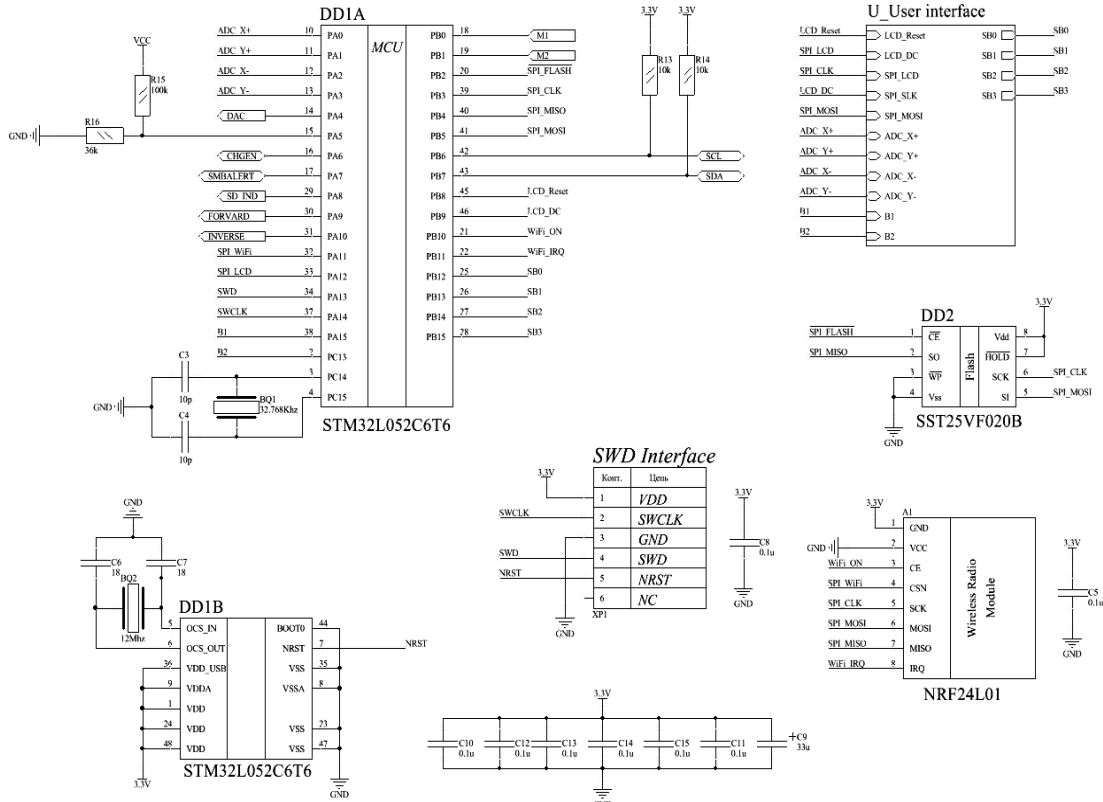


Рис. 2. Принципиальная схема устройства управления автономной системы для низкочастотной импульсной магнитотерапии

Индуктор выполнен составным на основе двухобмоточного воздушного дросселя для формирования магнитного потока в двух направлениях (рис. 3). Переключение направления обеспечивается полевыми транзисторами VT1A, VT1B. Величина магнитного поля на индукторе задается усилителем DA1. Защитные резисторы обеспечивают безопасный режим работы транзистора. Максимальное сопротивление резисторов ограничивается величиной максимальной индукции прибора. Диоды VD1, VD2, параллельные обмоткам, обеспечивают размагничивание индуктора. Диоды выбраны таким образом, чтобы ток размагничивания индуктора не превышал значение максимального импульсного тока через диод.

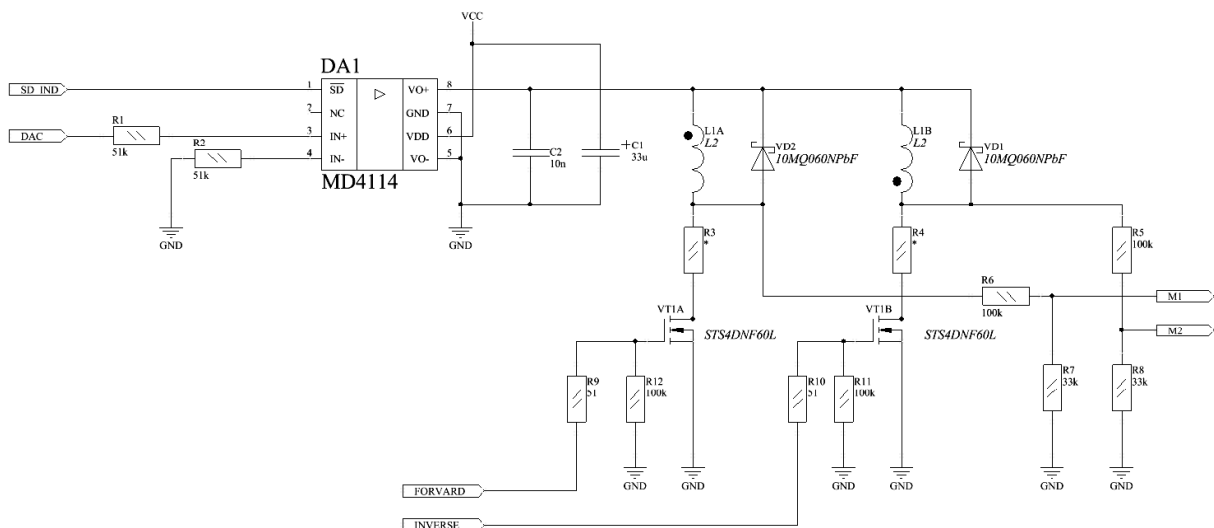
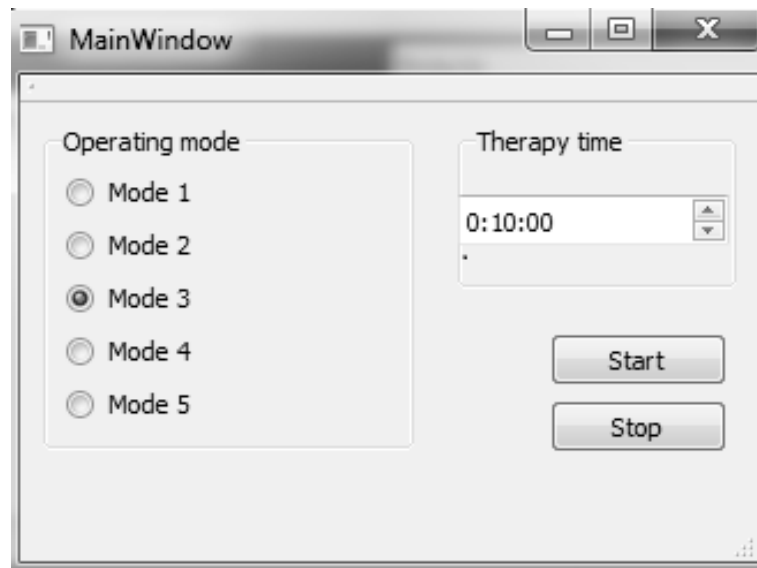


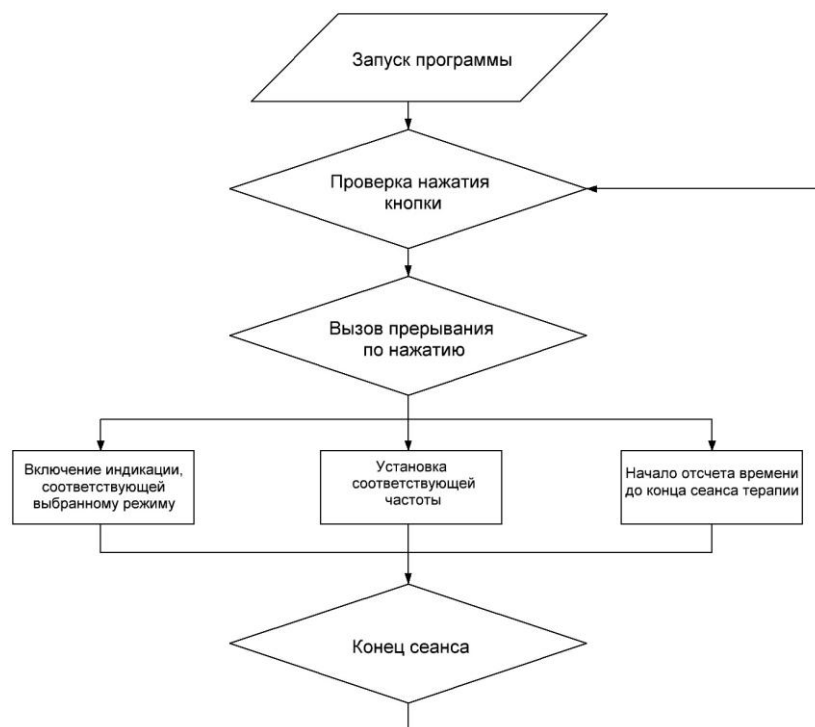
Рис. 3. Принципиальная схема блока индукции

Для удаленного задания режима работы системы с ПК был разработан интерфейс пользователя, позволяющий задать время терапии и интенсивность воздействия магнитным полем на организм (рис. 4).



**Рис. 4.** Интерфейс пользователя для удаленного управления автономной системой для низкочастотной импульсной магнитотерапии

Алгоритм работы микроконтроллера представлен на рис. 5.



**Рис. 5.** Алгоритм работы микроконтроллера DD1

Разработанная система отвечает требованиям, предъявляемым к современной электронно-медицинской аппаратуре:

- надёжность в процессе работы;

- удобство при эксплуатации;
- электробезопасность;
- малые габариты и вес;
- автономность.

Система может быть использована как в лечебно-профилактических учреждениях, так и в домашних условиях благодаря простоте конструкции и эксплуатации.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полонский А.К., Бибилова А.В., Черкасов А.В., Герасимов Ю.А. Метод магнитолазерной терапии и устройство для его осуществления // Применение лазеров и магнитов в биологии и медицине / Тез. докл. конф. – Ростов н/Д, 1983. – С. 170.
2. Крылов О.А. Действие импульсного магнитного поля на восстановление перерезанного седалищного нерва / Крылов О.А. и др. // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 1991. – № 6. – С. 40–44.
3. Меркулова Л.М., Холодов Ю.А. Реакции возбудимых тканей организма на импульсные магнитные поля. – Чебоксары: Чувашский гос. университет, 1996. – 174 с.
4. Ливенсон А.Р. Электромедицинская аппаратура. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 1981. – 344 с.
5. Гилянская Н.Ю. Магнитотерапия заболеваний нервной системы // Альманах клинической медицины. – 1998. – № 1. – С. 224–231.
6. Боголюбов В.М. Физические факторы как основа безлекарственной терапии профилактики // Тер. архив. – 1985. – № 10. – С. 7–11.
7. Стрелкова Н.И. Физические методы лечения в неврологии. – М.: Медицина, 1991. – 2-е изд., перераб. и доп. – 317 с.
8. Бяловский Ю.Ю., Кедрова Л.Л. Магнитотерапия аппаратом «полимаг-01» в комплексном лечении артериальной гипертензии // Медицинский алфавит. – 2011 – Т. 4. – № 20. – С. 60–62.
9. Плетнев А.С., Португалов С.Н. Восстановительная низкочастотная магнитотерапия в учебно-тренировочном процессе высококвалифицированных спортсменов // Вестник спортивной науки. – 2008 – № 2. – С. 35–38.
10. Туниковская О.В., Карева Н.П., Чернова Н.Н., Дробышев В.А. Общая магнитотерапия в лечении осложненного сахарного диабета 2-го типа // Медицина и образование в Сибири. – 2009 – № 5. – С. 16.

Поступила 29.01.2015 г.