

Магнитотерапевтическая установка на базе микроконтроллера AVR

Сергей Шишкин (Нижегородская обл.)

Магнитотерапевтические аппараты и установки широко применяются в лечебной практике медицинских учреждений. В статье описан один из возможных вариантов реализации такой установки на современной элементной базе.

Современная магнитотерапия – безболезненный и безопасный способ лечения. В настоящее время накоплены определённые знания о воздействии слабых магнитных полей на биологические структуры и организм человека, а также значительный лечебный опыт эксплуатации магнитотерапевтических установок в медицинских учреждениях.

Магнитотерапевтическая установка (далее установка) предназначена для лечения различных заболеваний путём воздействия на пациента охватывающими и перемещающимися в пространстве магнитными полями. Установка состоит из блока управления и индуктора. Индуктор представляет собой три кольца-соленоиды диаметром 800 мм. Кольца могут компоноваться либо в призму (для создания вращающегося электромагнитного поля), либо в цилиндр (для создания линейно перемещающегося в пространстве поля).

Электронная часть установки (блок управления) должна обеспечить возможность создания импульсов затухающего трёхфазного переменного магнитного поля с возможностью изменения следующих параметров: ин-

дукции, длительности воздействия и конфигурации. Необходимо также обеспечить соблюдение требований электробезопасности по стандартам медицинской техники.

Структурная схема установки приведена на рисунке 1, схема интерфейса блока управления – на рисунке 2. Основные технические характеристики установки приведены в таблице.

С целью улучшения массогабаритных и энергетических характеристик установки и расширения диапазона амплитудно-частотных характеристик магнитного поля в установке применен трёхфазный генератор, выполненный в виде трёх одинаковых зарядно-разрядных контуров. Каждый контур включает в себя накопительный конденсатор, разрядный ключ (оптоэлектронный тиристор) и соленоид индуктора. Заряд конденсатора контура осуществляется от блока питания через развязывающий диод. Разряд конденсаторов осуществляется импульсами от блока управления, с длительностью, достаточной для обеспечения разряда конденсаторов. В таком генераторе, благодаря применению накопительных конденсаторов, напряжение заряда может изменяться в широких преде-

лах. Вследствие этого амплитудное значение напряжённости магнитного поля в индукторе также может изменяться в широких пределах.

Конструктивно установка состоит из блока управления А1 (см. рис. 1) и индуктора (А2). Индуктор представляет собой комбинацию из трёх соленоидов (L1, L2 и L3) и крепёжных приспособлений, которые дают возможность компоновать соленоиды в цилиндр или призму и получать, соответственно, бегущее или вращающееся магнитные поля. Блок управления включает в себя плату контроля и управления А1.2 (далее ПКУ) и силовую часть: блок питания А1.1; конденсаторы C1 – C3; диоды VD1 – VD3; оптоэлектронные тиристоры VS1 – VS3.

В состав ПКУ входят следующие функциональные узлы: датчик перехода сетевого напряжения через ноль, источник питания, элементы интерфейса и микроконтроллер типа ATtiny2313, на базе которого и построена данная плата. Для функционирования ПКУ в данном микроконтроллере задействованы почти все аппаратные ресурсы.

Принцип действия установки заключается в следующем. ПКУ совместно с блоком питания А1.2 осуществляет регулируемый заряд трёх накопительных конденсаторов C1 – C3. Затем ПКУ выдаёт три задержанных относительно друг друга импульса, управляющих оптоэлектронными тиристорами VS1 – VS3. Через данные оптоэлектронные тиристоры осуществляется разряд накопительных конденсаторов на три соленоида L1 – L3 индуктора А2. Разряд в каждом контуре носит характер свободно затухающих синусоидальных токов в LC-контуре, фазы которых смещены на 120 градусов.

В интерфейс блока управления установки (см. рис. 2) входит клавиатура (кнопки S1 – S4), индикаторы HL1 – HL6 и блок индикации (дисплей) из двух 2-разрядных цифровых семисегментных индикаторов HG1 и HG2. Интерфейс блока управления достаточно компактен, хорошо читаем, удобен и имеет современный дизайн.

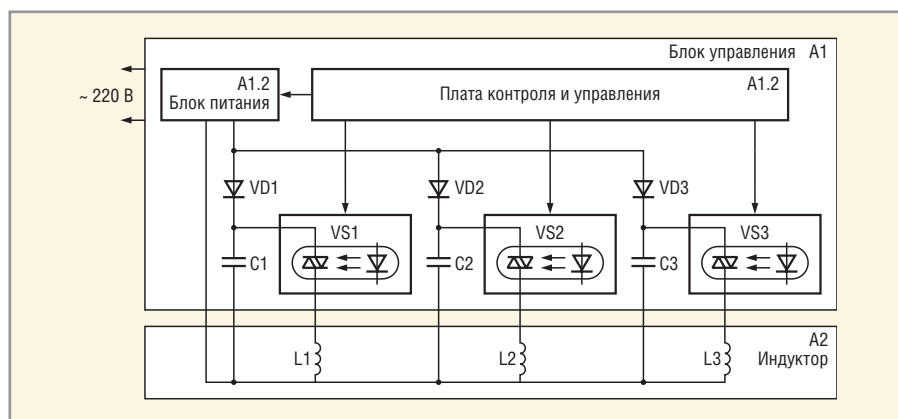


Рис. 1. Структурная схема установки

Кнопки клавиатуры имеют следующее назначение:

S1 (▲) – увеличивает значения магнитной индукции и длительности сеанса (в минутах); удержание кнопки в нажатом состоянии более трёх секунд в режиме установки длительности сеанса приводит к непрерывному увеличению времени на три единицы каждые 0,2 с;

S2 (▼) – уменьшает значения магнитной индукции и длительности сеанса (в минутах); удержание кнопки в нажатом состоянии более трёх секунд в режиме установки длительности сеанса приводит к непрерывному уменьшению времени на три единицы каждые 0,2 с;

S3 (P) – выбирает задаваемый параметр: индукцию или длительность сеанса. В режиме изменения индукции включен индикатор HL1, индикатор HL2 выключен; в режиме изменения длительности сеанса включен индикатор HL2, индикатор HL1 выключен; S4 (C) – запускает или останавливает процедуры.

Разряды индикации интерфейса имеют следующее назначение (слева направо по рисунку 2):

- 1 разряд (индикатор HG1.1) отображает единицы значения индукции в мТл;
- 2 разряд (индикатор HG1.2) отображает десятые доли значения индукции в мТл;
- 3 разряд (индикатор HG2.1) отображает десятки минут;
- 4 разряд (индикатор HG2.2) отображает единицы минут.

После подачи питания на индикаторах интерфейса отображаются нулевые значения индукции и длительности сеанса; индикатор HL1 включен, HL2 выключен. Кнопками S1 и S2 (▲, ▼) устанавливаются необходимые значения индукции и длительности сеанса. Для запуска необходимо нажать на кнопку S4 (C). Установка переходит в рабочий режим. Осуществляется заряд и разряд накопительных конденсаторов, идёт обратный отсчёт заданного времени, отображаемого на индикаторе HG2.

Схема заряда конденсаторов C1 – C3 включает в себя блок питания A1.1, диоды развязки VD1 – VD3 и оптотиристоры VS1 – VS3. Регулировка напряжения осуществляется путём изменения длительности заряда конденсаторов. От уровня напряжения зависит величина индукции магнит-

ного поля в индукторе A2 при разряде накопительных конденсаторов через соленоиды L1 – L3 индуктора A2.

Ёмкость конденсаторов C1 – C3, диаметр колец, сопротивление и индуктивность соленоидов L1 – L3 рассчитаны таким образом, что при изменении напряжения на накопительных конденсаторах от 70 до 500 В индукция в центре соленоида меняется от 0,5 до 4 мТл. Световые полосы HL4 – HL6 служат для визуального контроля процессов заряда и разряда накопительных конденсаторов. Для уменьшения уровня помех каждый рабочий цикл начинается в момент перехода сетевого напряжения через ноль.

Алгоритм работы установки в рабочем цикле следующий. Как уже упоминалось, после подачи питания необходимо с клавиатуры интерфейса блока управления задать параметры работы – индукцию и время процедуры. Данные параметры постоянно отображаются на дисплее (индикаторы HG1, HG2). Установка переходит в рабочий цикл сразу после нажатия на кнопку «Старт/стоп» (S4), при этом включается световая полоса HL3. Микроконтроллер начинает опрашивать датчик сетевого напряжения, и в момент прохождения сетевого напряжения через ноль включается блок питания A1.1. Начинается рабочий цикл заряда накопительных конден-

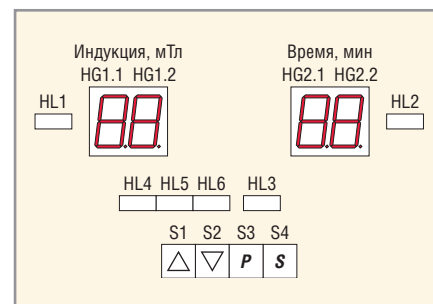


Рис. 2. Интерфейс блока управления

саторов C1 – C3, который может продолжаться от 50 до 400 мс, в зависимости от того, какое значение магнитной индукции задано оператором.

Через установленное время микроконтроллер выключает блок питания A1.1, останавливая заряд накопительных конденсаторов. Затем (через 900 мс) микроконтроллер включает оптотиристор VS1 первого разрядного контура. Начинается колебательный процесс разряда конденсатора C1 через соленоид L1 индуктора, который носит характер свободно затухающих синусоидальных токов. Спустя еще 3,3 мс микроконтроллер включает оптотиристор VS2; ещё через 3,3 мс – оптотиристор VS3, и конденсаторы C2 и C3 разряжаются через соленоиды L2 и L3 второго и третьего контуров индуктора A2.

Когда с момента включения оптотиристора VS3 проходит 100 мс, оптоти-

Основные технические характеристики магнитотерапевтической установки

Параметр	Значение
Сетевое напряжение питания, В	220 ± 20%, 50 Гц
Потребляемая мощность, ВА, не более	150
Максимальная индукция ($B_{\text{макс}}$), мТл – в центре соленоида – вблизи соленоида	4 ± 0,7 26 ± 6
Диапазон регулировки индукции в центре соленоида	От 0,5 $B_{\text{макс}}$ до $B_{\text{макс}}$
Дискретность задания индукции, мТл	0,5
Частота колебаний тока в соленоиде, Гц	100 ± 15
Частота повторений импульсов тока в соленоиде, Гц	1 ± 0,1
Максимальная длительность сеанса, мин	99
Дискретность задания длительности сеанса, мин	1
Диаметр соленоида, мм, не более	800
Количество соленоидов, шт.	3
Вид поля при компоновке соленоидов – цилиндр – призма	Бегущее поле Вращающееся поле
Время непрерывной работы	Не ограничено
Габариты блока управления, мм	360 × 70 × 130
Масса блока управления, кг, не более	8
Масса индуктора, кг, не более	11
Условия эксплуатации – температура окружающей среды, °C – давление, мм рт. ст. – относительная влажность, %	15...35 645...795 45...75



Рис. 3. Установка в кабинете физиотерапии



Рис. 4. Блок управления

ристоры VS1 – VS3 закрываются. За это время колебательные процессы в контурах заканчиваются, и рабочий цикл завершается. Следующий рабочий цикл начинается в момент ближайшего прохождения сетевого напряжения через ноль. Циклы заряда и разряда накопительных конденсаторов продолжаются, пока не заканчивается время сеанса (или время процедуры).

Во время рабочего цикла точка h индикатора HG2.2 мигает с частотой

1 Гц. По окончании заданного времени процедуры на 10 с включается звуковая сигнализация, а световая полоса HL3 мигает с частотой 1 Гц. По истечении 10 с световая полоса HL3 выключается, и точка h индикатора HG2.2 гаснет. Чтобы начать новую процедуру, необходимо задать значение индукции, длительность сеанса и нажать на кнопку S4 (C). Для остановки процедуры в любой момент времени необходимо нажать на данную кнопку (световая полоса HL3 погаснет).

Цифровая часть схемы установки размещена на плате управления и контроля A1.2 и гальванически развязана от питающей сети. Внешний вид установки представлен на рисунке 3; соленоиды индуктора скомпонованы в цилиндр. Внешний вид блока управления показан на рисунке 4.

Программное обеспечение микроконтроллера обеспечивает реализацию управляемого заряда накопительных конденсаторов C1 – C3, таймера с обратным отсчётом времени и вывод параметров на динамическую индикацию. Разработанная на Ассемблере программа занимает 820 байт памяти программ микроконтроллера.

Схема управления и контроля A1.2 выполнена на печатной плате размером 100 × 140 мм. Конструктивно блок управления реализован в виде функционально законченного модуля. Внутри блока к передней панели модуля крепится плата управления A1.2. На задней панели размещается высоковольтная силовая

часть схемы, включая сетевой выключатель и высоковольтный соединитель, к которому подключается соединитель индуктора A2. Между передней и задней панелями расположен блок накопительных конденсаторов C1 – C3.

Каждый соленоид в индукторе выполнен в виде кольца диаметром 800 мм и содержит 100 витков провода ПЭВ-2 диаметром 1,06 мм (ГОСТ 7262-78). Кольцо обмотано лентой из синтепона и уложено в две оболочки (верхнюю и нижнюю) из полистирола УПС-0803Э (ГОСТ28250-90). Соединитель индуктора через ввод MGB-P-8G подключен к соленоидам кабелем ПВС2 диаметром 1,0 мм.

Блок управления не содержит никаких настроек и регулировок. Если монтаж выполнен правильно, он начинает работать сразу после подачи напряжения питания. Подключать индуктор к блоку управления можно только при отсоединённом сетевом шнуре. В установке имеется опасное для жизни напряжение до 1000 В, поэтому во время проверки работающего блока (при снятой верхней крышке) необходимо соблюдать меры электробезопасности. Значение магнитной индукции можно измерить миллитесламетром.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шишкин С.В. Магнитотерапевтическая установка. Схемотехника. 2006. № 2. С. 36–38; № 3. С. 43–45.
2. Масалов Ю.А., Свириденко С.А., Свириденко А. С. Патент РФ №2088278.



Новости мира News of the World Новости мира

Разведывательный робот-паук для армии США

Команда инженеров Нью-Гемпширской компании BAE Systems заключила с исследовательской лабораторией армии США контракт на 38 млн. долл. и начала работу совместно с армейскими инженерами и специалистами из академических кругов, а также рядом промышленных предприятий. Конечным продуктом данного сотрудничества должна стать линейка автономных мини-роботов MAST (Micro Autonomous Systems and Technology) для использования в городских условиях, горах и пещерах.

Одним из них, возможно, станет автономный разведывательный робот-пау-



ук. Данный мини-разведчик будет оснащён различными датчиками для автономного передвижения и преодоления препятствий, а также обычной и тепловизионной видеокамерами.

Программа MAST делится на четыре основных исследовательских направления: BAE Systems отвечает за интегра-

цию, Мичиганский университет – за микроэлектронику, университет Мэриленда – за микромеханику, а Пенсильванский университет – за автономность.

«Роботизированные разведывательные платформы позволяют получать информацию в смертельно опасных для человека условиях, – говорит доктор Джозеф Майт, менеджер исследовательской лаборатории армии США. – MAST будут способны влиять на развитие не только военной промышленности, но и на разработки в сферах аэромеханики, зондирования и навигации».

Сотрудничество по программе MAST рассчитано на 5 лет с учётом возможного продления ещё на такой же срок.

<http://www.3dnews.ru>