

Силовой модуль

трехканальной магнитотерапевтической установки

В статье представлен концепт силового модуля трехканальной магнитотерапевтической установки, функционирующей с тремя индукторами. Автор представляет алгоритм его работы, схемотехнику и конструкцию.

Сергей Шишкин

schischckin.sergei2014@yandex.ru

В России и некоторых странах СНГ магнитотерапия достаточно давно и успешно используется в лечебной практике медицинских учреждений санаторно-курортного типа, а также в региональных медицинских центрах. В последние годы наблюдается усиление интереса врачей-физиотерапевтов к общей магнитотерапии ОМТ, которая в структуре физических методов лечения занимает все более значимое место. ОМТ — воздействие магнитным полем порядка 1–3,5 мТл на все тело человека или большую его часть за счет размещения пациента внутри индуктора большого диаметра. Такое воздействие позволяет одновременно влиять на основные системы организма, на различные виды обмена и окислительно-восстановительные процессы. Лечебный эффект ОМТ связывают с развитием ответных реакций организма на действие магнитного поля, как в виде физико-химических изменений в первичных механизмах гомеостаза, так и путем неспецифических адаптационных реакций систем общего реагирования (иммунная, нервная, гуморальная), изменяющих реактивность организма и его резистентность и активирующих компенсаторно-приспособительные механизмы.

На российском рынке широко представлены следующие магнитотерапевтические установки и аппараты: УМТИ-3Ф; УМТИ-3ФА; УМТИ-3Ф в исполнениях «Колибри» и «Колибри-Эксперт»; магнитотурботрон УВМП-2,5/100 «Авангард» и другая аппаратура. Внешний вид магнитотурботрона УВМП-2,5/100 представлен на рис. 1.

Установку УМТИ-3Ф и ее модификации серийно выпускают несколько организаций-изготовителей.



Рис. 1. Установка УВМП-2,5/100 «Авангард» в действии

Внешний вид установки УМТИ-3Ф производства завода «Авангард» (г. Саров) представлен на рис. 2, где соленоиды индуктора скомпонованы в цилиндр, внешний вид блока управления данной установки представлен на рис. 3.

Все перечисленные установки являются одноканальными. Установка будет более функциональной, если сделать ее трехканальной.

Рассмотрим построение силового модуля трехканальной магнитотерапевтической установки (далее — силового модуля) на базе магнитотерапевтической установки на примере УМТИ-3Ф (далее — установки). Данная установка предназначена для лечения и профилактики различных заболеваний, устройство воздействует на пациента охватывающими его и перемещающимися в пространстве магнитными полями. Аппарат состоит из блока управления и индуктора, представляющего собой три одинаковых кольца-соленоида диаметром 800 мм. Причем кольца могут компоноваться либо в призму для создания вращающегося электромагнитного поля, либо в цилиндр, формируя линейно перемещающееся в пространстве поле. К электронной части установки (блоку управления), в состав которой входит силовой модуль, предъявляются следующие требования. Необходимо обеспечить возможность создания импульсов затухающего трехфазного переменного магнитного поля с вариацией его следующих параметров: индукции, длительности воздействия, конфигурации. Важно также обеспечить со-



Рис. 2. Внешний вид установки УМТИ-3Ф

Таблица. Основные технические характеристики УМТИ-3Ф

Технические характеристики	Параметр
Сетевое напряжение питания, В	220 ±20%, 50 Гц
Потребляемая мощность, В·А, не более	150
Количество соленоидов в индукторе, шт.	3
Диаметр соленоида, мм, не более	800
Максимальная индукция (Вмакс), мТл	
• в центре соленоида	4 ±0,7
• вблизи соленоида	26 ±6
Рекомендуемое расстояние между индукторами, м	2
Диапазон регулировки индукции в центре соленоида	от Вмакс/8 до Вмакс
Дискретность задания индукции, мТл	0,5
Частота колебаний тока в соленоиде, Гц	100 ±15
Частота повторений импульсов тока в соленоиде, Гц	1 ±0,1
Количество соленоидов, шт.	3
Максимальная длительность сеанса, мин	99
Дискретность задания сеанса, мин	1
Вид поля при компоновке соленоидов	
• цилиндр	бегущее поле
• призма	
Время непрерывной работы, ч	не ограничено
Габаритные размеры блока управления, мм	300×250×140
Масса блока управления, кг, не более	8
Масса индуктора, кг, не более	11
Условия эксплуатации:	
• температура окружающей среды, °С	+15...+35
• давление, мм рт. ст.	645-795
• влажность, %	45-75

блюдение требований по электробезопасности, предъявляемых к установкам подобного типа как к изделиям медицинской техники. Силовой модуль является важной составной частью блока управления. Индуктор подключается непосредственно к силовому модулю. Уместно привести основные технические характеристики магнитотерапевтической установки УМТИ-3Ф (табл.).

После незначительной доработки установки предлагаемый силовой модуль позво-



Рис. 3. Блок управления установки УМТИ-3Ф

ляет подключить три индуктора, а значит, втрое повысить ее пропускную способность. Функциональная схема установки с силовым модулем приведена на рис. 4.

Трехканальная магнитотерапевтическая установка содержит блок управления А1, индукторы АL1, АL2, АL3. Индукторы совершенно идентичны и представляют собой комбинацию из трех соленоидов (L1, L2, L3) и крепежных приспособлений, которые предоставляют возможность компоновать соленоиды в цилиндр или призму и получать соответственно бегущее или вращающееся магнитное поле. Блок управления включает модуль контроля и управления АВ1 (далее — МКУ) и силовой модуль А2. Конструкция силового модуля А2 предусматривает его установку в блок управления А1. Силовой модуль А2 функционально состоит из трех совершенно идентичных каналов № 1–3. Для улучшения массогабаритных и энергетиче-

ских показателей установки и расширения диапазона амплитудно-частотных характеристик магнитного поля в каждом канале трехканальной установки предусмотрен трехфазный генератор, выполненный в виде трех одинаковых зарядно-разрядных контуров. Поскольку каналы в силовом модуле идентичны, рассмотрим далее работу канала № 1 с индуктором № 1. Каждый контур включает накопительный конденсатор, разрядный ключ (оптористор) и соленоид индуктора. Заряд конденсатора контура осуществляется в такте заряда от модуля заряда через развязывающий диод. Разряд конденсаторов происходит в такте разряда установки импульсами от МКУ длительностью, достаточной для обеспечения разряда конденсаторов. Благодаря применению накопительных конденсаторов в таком генераторе величина напряжения заряда может изменяться в широких пределах, соответственно, и амплитудное значение напря-

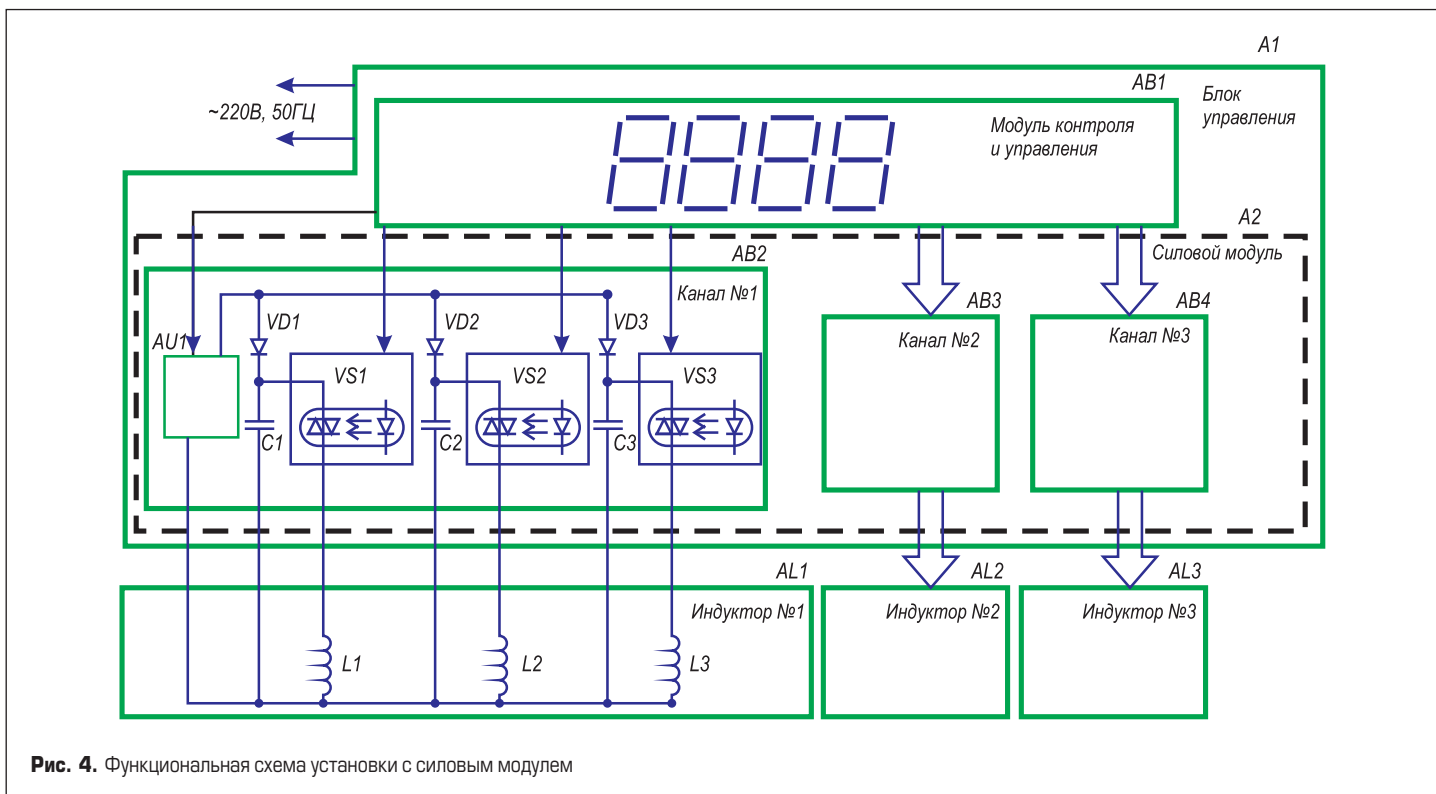


Рис. 4. Функциональная схема установки с силовым модулем

женности магнитного поля в индукторе может изменяться столь же широко.

Схема заряда конденсаторов C1–C3 в силовом модуле АВ2 включает модуль заряда AU1, диоды развязки VD1–VD3 и оптоисторы VS1–VS3. Регулировка осуществляется изменением длительности заряда данных конденсаторов. То есть при изменении длительности интервала включения модуля заряда AU1 меняется величина напряжения заряда накопительных конденсаторов. От величины заряда зависит величина индукции магнитного поля в индукторе AL1 при разряде накопительных конденсаторов через соленоиды L1, L2, L3 индуктора AL1. Емкость конденсаторов C1–C3, диаметр колец, сопротивление и индуктивность соленоидов L1, L2, L3 рассчитаны, и соленоиды выполнены таким образом, что при изменении величины напряжения заряда на накопительных конденсаторах 70–500 В индукция в центре соленоида меняется от 0,5 до 4 мТл. После заряда накопительных конденсаторов МКУ выдает три задержанных относительно друг друга импульса, управляющих соответственно оптоисторами VS1–VS3. Через эти оптоисторы осуществляется разряд вышеуказанных накопительных конденсаторов на соленоиды L1–L3 индуктора AL1. Разряд в каждом контуре носит характер свободно затухающих синусоидальных токов в LC-контуре, фазы которых смещены на 120° эл. Принципиальная схема силового модуля приведена на рис. 5.

Рассмотрим работу элементов принципиальной схемы и функционирование силового модуля в составе блока управления в рабочем цикле для канала № 1. Световые полосы HL1–HL3 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. Датчик сетевого на-

пряжения (датчик перехода сетевого напряжения через ноль) выполнен на трансформаторе T1 и оптоэлектронном ключе U1. Питающее сетевое напряжение 220 В поступает на силовой модуль через сетевую вилку X1. Сигналы управления поступают на соединитель X2, который подключается к соответствующему соединителю МКУ. Сразу после подачи питания следует с клавиатуры интерфейса блока управления задать необходимые параметры работы — величину индукции и время процедуры. Данные параметры постоянно индицируются на дисплее блока управления. Установка переходит в рабочий цикл сразу после нажатия на кнопку «Старт/стоп». Микроконтроллер МКУ начинает опрашивать датчик сетевого напряжения, и в момент прохождения сетевого напряжения через ноль включается модуль заряда, выполненный на оптоисторах VS1–VS3, конденсаторе C6 и резисторе R4, — начинается рабочий цикл. Накопительные конденсаторы C7–C9 заряжаются, процесс может продолжаться 50–400 мс, в зависимости от того, какая величина магнитной индукции установлена на дисплее блока управления. Через указанное время микроконтроллер МКУ выключает модуль заряда, тем самым останавливая заряд накопительных конденсаторов C7–C9. Спустя 900 мс микроконтроллер МКУ включает оптоистор VS4 первого разрядного контура. Начинается колебательный процесс разряда конденсатора C7 через соленоид L1 индуктора A2. Разряд носит характер свободно затухающих синусоидальных токов.

Спустя 3,3 мс микроконтроллер МКУ включает оптоистор VS5, а еще через 3,3 мс включаются оптоисторы VS6 (второго и третьего разрядных контуров). Конденсаторы C8 и C9 разряжаются через соленоиды L2 и L3 индуктора A2.

Через 100 мс с момента включения оптоистора VS6 оптоисторы VS4–VS6 закры-

ваются. За это время колебательные процессы в контурах заканчиваются. Рабочий цикл завершен. Следующий рабочий цикл начнется сразу в момент прохождения сетевого напряжения через ноль, который «отследит» датчик сетевого напряжения. Такие циклы заряда и разряда накопительных конденсаторов продолжают до тех пор, пока не заканчивается время сеанса (или процедуры). Каналы № 2 и 3 силового модуля работают совершенно аналогично.

Конструктивно блок управления выполнен в виде функционально законченного модуля. Внутри блока к передней панели модуля крепится МКУ. На модуле расположены все элементы интерфейса управления. На задней панели размещается силовой модуль, в том числе сетевой выключатель и высоковольтные соединители, к которому подключается соединитель индукторов AL1–AL3. Установлен трансформатор T1 типа ТПП254-220-50.

В силовом модуле и блоке управления магнитотерапевтической установки нет никаких настроек и регулировок; если монтаж выполнен правильно, то установка начинает работать сразу после подачи напряжения питания. Подсоединять индукторы к блоку управления (силовому модулю) можно только при выключенном сетевом выключателе. В установке имеется опасное для жизни напряжение до 1000 В, поэтому во время проверки, при снятой верхней крышке, необходимо соблюдать меры безопасности.

Литература

1. Масалов Ю. А., Свириденко С. А., Свириденко А. С. Патент РФ № 2088278.
2. Шишкин С. В. Магнитотерапевтические установки и аппараты отечественного производства // Современная электроника. 2015. № 4.

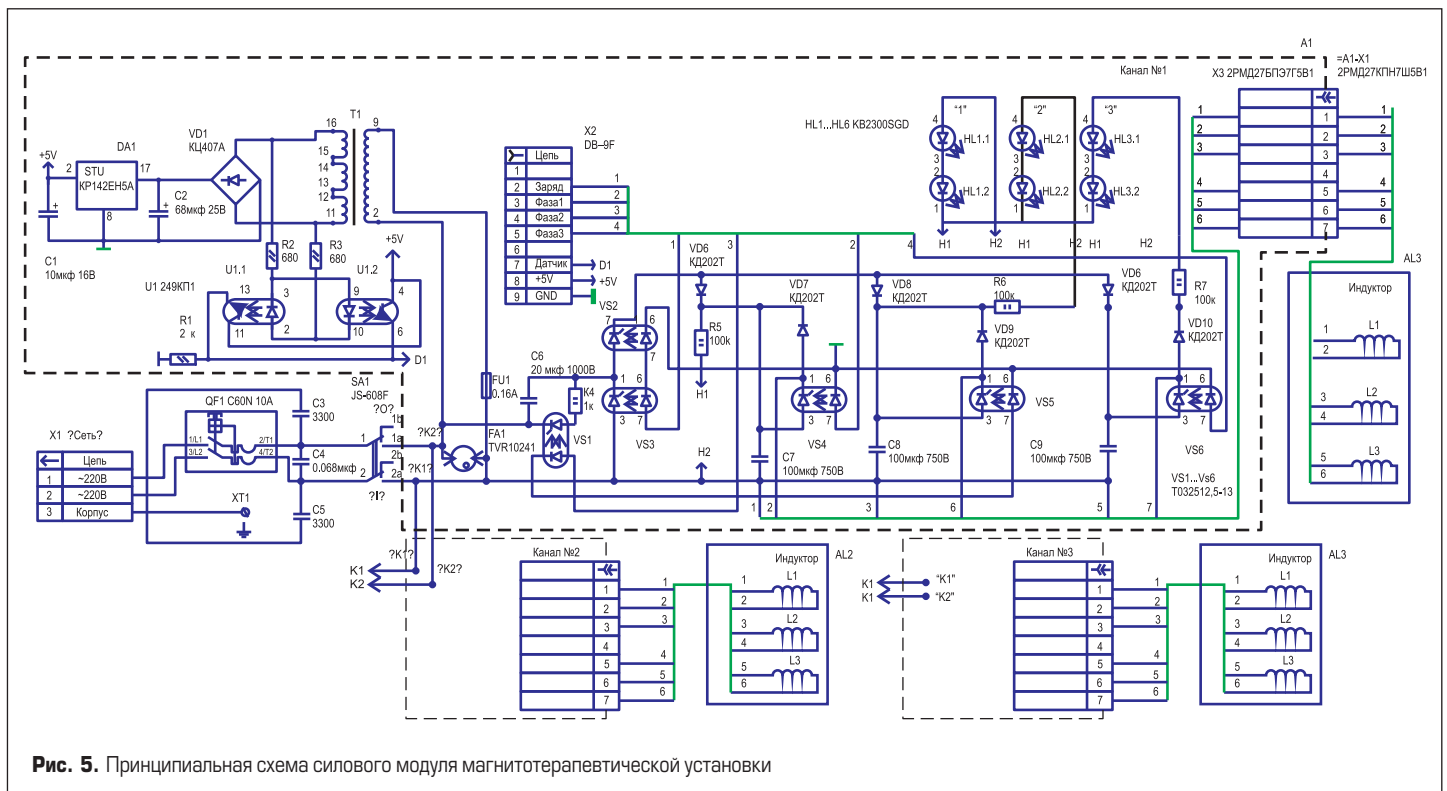


Рис. 5. Принципиальная схема силового модуля магнитотерапевтической установки