

Силовой модуль магнитотерапевтической установки

с трехфазным индуктором

В статье представлен силовой модуль магнитотерапевтической установки с номинальной потребляемой мощностью до 200 В·А, а также описаны алгоритм и особенности его функционирования.

Сергей Шишкин

В последние годы наблюдается повышенный интерес врачей-физиотерапевтов к общей магнитотерапии (МТ), которая в структуре физических методов лечения занимает все более значимое место. МТ — это воздействие магнитным полем порядка 1–3,5 мТл на все тело человека или большую его часть путем размещения пациента внутри индуктора большого диаметра. Такое воздействие позволяет одновременно влиять на основные системы организма, на различные виды обмена и окислительно-восстановительные процессы. Современная МТ признана безболезненным и безопасным для пациентов способом лечения различных заболеваний. В настоящее время существует множество научных исследований в области воздействия слабых магнитных полей на биологические структуры и организм человека,

а также накоплен значительный опыт лечебной практики при эксплуатации МТ-установок в медицинских учреждениях. МТ достаточно давно и успешно используется в лечебной практике.

Рассмотрим построение силового модуля МТ-установки на примере установки типа УМТИ-3Ф. Данная установка довольно широко представлена на отечественном рынке МТ-аппаратуры и предназначена для лечения различных заболеваний путем воздействия на пациента охватывающими его перемещающимися в пространстве магнитными полями. Установка состоит из блока управления и индуктора. Индуктор представляет собой три одинаковых кольца-соленоида диаметром 800 мм. Причем кольца могут компоноваться либо в призму для создания вращающегося электромагнитного поля, либо в цилиндр — для создания линейно перемещающегося в пространстве поля. 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 возможностью вариации таких его параметров, как индукция, длительность воздействия, конфигурация.
- Важно обеспечить также соблюдение 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. Структурная схема установки приведена на рис. 1.

Основные технические характеристики МТ-установки УМТИ-3Ф приведены в таблице.

В комплект установки входят блок управления А1 (рис. 1) и индуктор (А2). Индуктор представляет со-

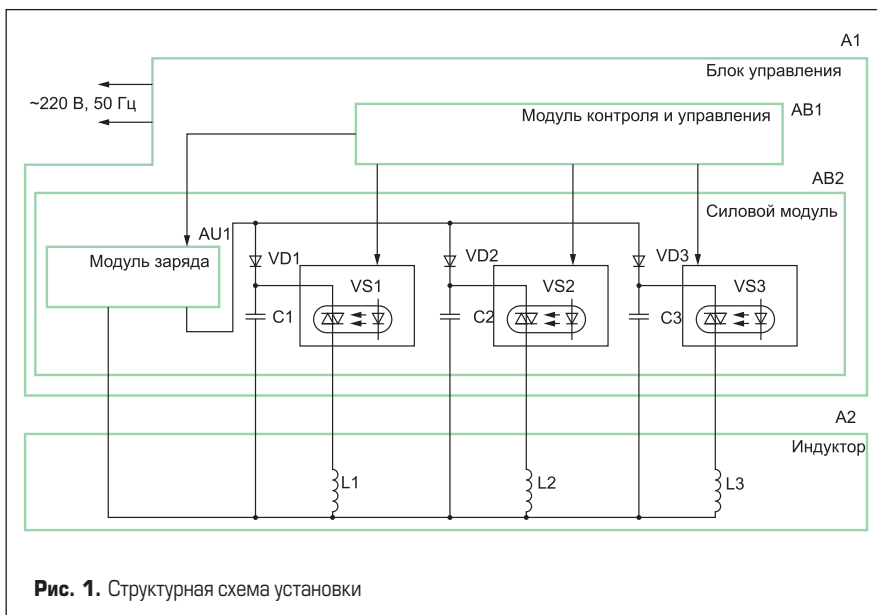


Рис. 1. Структурная схема установки

бой комбинацию из трех соленоидов (L1, L2, L3) и крепежных приспособлений, которые позволяют компоновать соленоиды в цилиндр или призму и получать, соответственно, бегущее или вращающееся магнитное поле. Блок управления включает в себя модуль контроля и управления АВ1 (далее МКУ) и силовой модуль АВ2. С целью улучшения массо-габаритных и энергетических характеристик установки и расширения диапазона амплитудно-частотных характеристик магнитного поля в установке применен трехфазный генератор. Данный генератор выполнен в виде трех одинаковых зарядно-разрядных контуров. Каждый контур включает в себя накопительный конденсатор, разрядный ключ (оптотиристор) и соленоид индуктора. Зарядка конденсатора контура осуществляется в такте заряда от зарядного модуля через развязывающий диод. Разряд конденсаторов осуществляется в такте разряда установки импульсами от МКУ длительностью, достаточной для обеспечения разряда конденсаторов. В таком генераторе, благодаря применению накопительных конденсаторов, величина напряжения заряда может изменяться в широких пределах. Вследствие чего амплитудное значение напряженности магнитного поля в индукторе может изменяться также в широких пределах.

Схема заряда конденсаторов С1–С3 в силовом модуле АВ2 включает в себя:

- модуль заряда АУ1;
- диоды развязки VD1–VD3;
- оптотиристоры VS1–VS3.

Регулировка осуществляется путем изменения длительности заряда данных конденсаторов. То есть при изменении длительности интервала включения модуля заряда АУ1 изменяется величина напряжения заряда накопительных конденсаторов. От величины заряда зависит величина индукции магнитного поля в индукторе А2 при разряде накопительных конденсаторов через соленоиды L1, L2, L3. Емкость конденсаторов С1–С3, диаметр колец, сопротивление и индуктивность соленоидов L1, L2, L3 рассчитаны таким образом,

Таблица. Основные технические характеристики установки УМТИ–ЭФ

Сетевое напряжение питания, В		220 ±20%, 50 Гц
Потребляемая мощность, ВА, не более		150
Максимальная индукция (В _{макс}), мТл	в центре соленоида	4 ±0,7
	вблизи соленоида	26 ±6
Диапазон регулировки индукции в центре соленоида		0,5В _{макс} –В _{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 сеанса, мин		1
Диаметр соленоида, мм, не более		800
Количество соленоидов, шт.		3
Вид поля при компоновке соленоидов	цилиндр	бегущее поле
	призма	вращающееся поле
Время непрерывной работы, ч		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, °С	+15...+35
	давление, мм, рт. ст.	645–795
	влажность, %	45–75

что при изменении величины напряжения заряда на накопительных конденсаторах от 70 до 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 оптотиристорами VS1–VS3. Через данные оптотиристоры осуществляется разряд вышеуказанных накопительных конденсаторов на три соленоида L1, L2, L3 индуктора А2. Разряд в каждом контуре носит характер свободно затухающих синусоидальных токов в LC-контуре, фазы которых смещены на 120 электрических градусов. Принципиальная схема силового модуля приведена на рис. 2.

Рассмотрим работу составных частей принципиальной схемы и функционирование силового модуля в составе блока управления в рабочем цикле. 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 нуль. Датчик сетевого напряжения (датчик перехода сетевого напряжения через нуль) выполнен на трансформаторе Т1 и оптоэлектронном ключе U1. Питающее сетевое напряжение 220 В на силовой модуль поступает через сетевую вилку Х1. Сигналы управления поступают на соединитель Х2, который подключается к соответствующему соединителю МКУ. Алгоритм работы силового модуля в составе установки в рабочем цикле следующий:

- Сразу после подачи питания необходимо 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

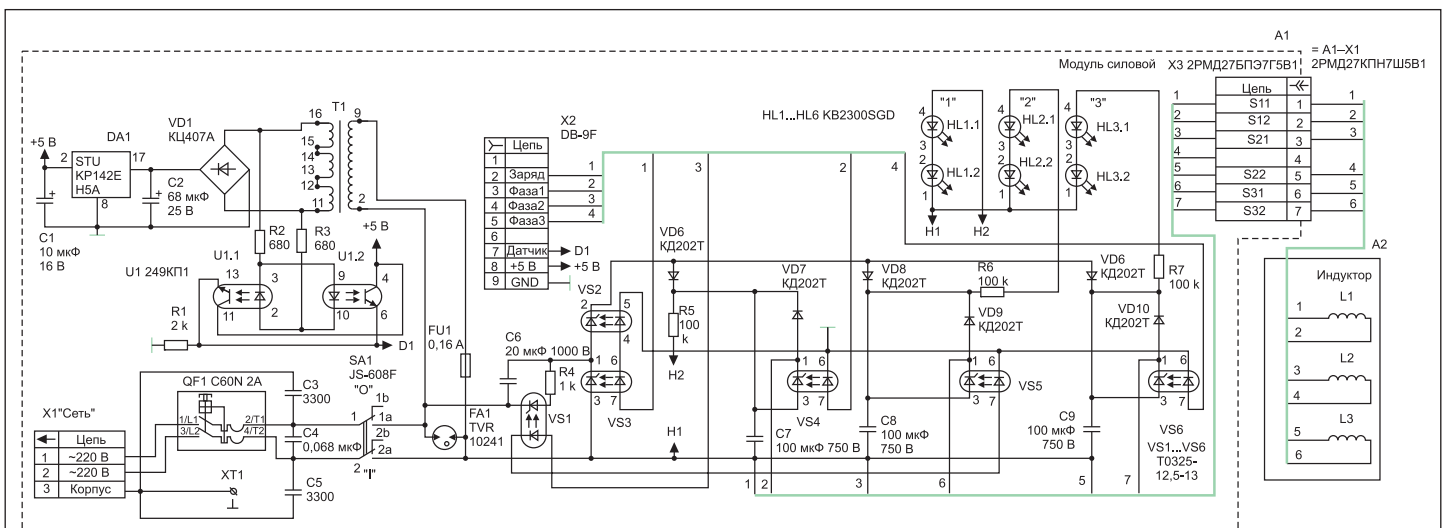


Рис. 2. Принципиальная схема силового модуля МТ–установки



Рис. 3. Внешний вид установки

через ноль включается модуль заряда, выполненный на оптотиристорах VS1–VS3, конденсаторе С6 и резисторе R4.

- Стартует рабочий цикл, начинается заряд накопительных конденсаторов С7–С9 (рис. 2). Заряд данных конденсаторов, как упоминалось выше, 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 С7–С9.

- Через 900 мс микроконтроллер МКУ включает оптотиристор VS4 первого разрядного контура.
- Начинается колебательный процесс разряда конденсатора С7 через соленоид L1 индуктора А2. Разряд носит свободный характер затухающих синусоидальных токов.
- Через 3,3 мс микроконтроллер МКУ включает оптотиристор VS5, а еще через



Рис. 4. Внешний вид блока управления

3,3 мс включаются оптотиристоры VS6 (второго и третьего разрядных контуров).

- Конденсаторы С8 и С9 разряжаются через соленоиды L2 и L3 индуктора А2.
- Через 100 мс с момента включения VS6 оптотиристоры VS4–VS6 закрываются. 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 продолжаются снова и снова, пока не заканчивается время сеанса (или время процедуры).

Цифровая часть блока управления находится в МКУ и гальванически развязана от силового модуля. Внешний вид МТ-установки УМТИ-3Ф производства завода «Авангард» (г. Саров) представлен на рис. 3 (соленоиды индуктора скомпонованы в цилиндр).

Внешний вид блока управления (лицевая панель) представлен на рис. 4.

Конструктивно блок управления выполнен в виде функционально законченного модуля. Внутри блока к передней панели модуля крепится МКУ. На данном модуле расположены все элементы интерфейса управления. На задней панели размещается силовой модуль, в том числе сетевой выключатель и высоковольтный соединитель, к которому подключается соединитель индуктора А2. Между передней и задней панелями расположен блок конденсаторов — С7–С8 типа К75-406 (по рис. 2), а также трансформатор Т1 типа ТПП254-220-50.

Конструктивно каждый соленоид в индукторе выполнен в виде кольца диаметром 800 мм и содержит 100 витков провода ПЭВ-2-1,06 ГОСТ 7262-78. Кольцо обмотано лентой из синтепона и вложено в две оболочки (верхнюю и нижнюю) из полистирола УПС-0803Э ГОСТ28250-90. Соединитель индуктора подключен к соленоидам через кабель ПВС2×1,0. Кабель заходит в кольцо соленоидов через кабельный ввод МGB-Р-8G.

В силовом модуле и в блоке управления МТ-установки нет никаких настроек и регулировок. Если монтаж выполнен правильно, то установка начинает работать сразу после подачи на него напряжения питания. Подключать индуктор 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. Величину магнитной индукции поля можно контролировать миллитесламетром универсальным ТП2-2У.

Литература

1. Пат. № 2088278 (РФ) «Магнито-терапевтическая установка» //Ю. А. Масалов, С. А. Свириденко, А. С. Свириденко. Бюлл. № 24 от 27.08.97.