

О. И. Перминов, А. О. Окенов, К. О. Хохлов

РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПРИБОРА ДЛЯ ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОЛЯРИЗОВАННЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

В статье рассматривается построение макета медицинского прибора, излучающего поляризованный свет определенного спектрального диапазона и интенсивности для целей физиотерапии. Такой свет стимулирует процессы регенерации тканей, ускоряет биохимические обменные процессы. В основной части работы был создан макет терапевтической лампы для биостимуляции поляризованным излучением. Излучаемый свет имеет высокую степень поляризации, а так же определенную интенсивность и спектральный диапазон. В продолжение работы планируется модернизировать созданный макет элементом управления и индикаторной системой.

Ключевые слова: *высокочастотный импульсный преобразователь, стабилизатор тока, физиотерапия, светодиодные источники света, лечебная лампа.*

Abstract. This paper is about designing and creating of a medical device for irradiating damaged areas of biological tissues by polarized light to accelerate healing effects. The therapeutic lamp for biostimulation with polarized light, was designed in the main part of this paper. The emitted polarized light has a specific intensity and wavelength. To continue we plan to modify the device by operating element and indicator system.

Keywords: *high-frequency pulse transformer, current stabilizer, physiotherapy, led light sources, therapeutic tube.*

В настоящее время поляризованный свет активно применяется в физиотерапии для профилактики и лечения широкого ряда заболеваний. Эффект от воздействия таким светом проявляется в изменении скорости протекания биохимических и биофизических обменных процессов. Поляризованный свет оказывает комплексное терапевтическое воздействие на организм, улучшает микроциркуляцию капилляров и ускоряет регенерацию тканей [1].

Целью данной работы является разработка и создание физиотерапевтического прибора для воздействия поляризованным излучением на поврежденные ткани биообъектов.

Выбор и исследование параметров прототипа

В качестве прототипа разрабатываемого прибора, была выбрана поляризационная лампа «Bioptron» швейцарской компании Zepher, которая содержит в качестве источника света — галогенную лампу накаливания, расположенный за источником света рефлектор в форме параболоида, поляризатор Брюстера, составной корпус, образованный двумя трубчатыми частями. Недостатками такой лампы является

ее недолговечность, громоздкая конструкция поляризатора Брюстера, необходимость охлаждать галогенную лампу и поляризатор и отсутствие возможности подбирать спектральную характеристику излучения (в прототипе можно только ограничивать спектральный диапазон с концов, используя светофильтры).

В качестве источника световых квантов в прототипе используется галогенная лампа накаливания мощностью 20 Вт, предназначенная для создания пучка светового потока диаметром примерно 55 мм. Лампа при работе нагревается, поэтому требуется охлаждение вентилятором. Значительная часть мощности теряется в виде тепла, и коэффициент полезного действия относительно мал (составляет около 15 %). Существенным недостатком использования галогенной лампы в прототипе является отсутствие возможности регулирования спектрального диапазона для терапии. Кроме этого, в прототипе имеется крайне специфичный способ поляризации света посредством отражения от неметаллических поверхностей (поляризатор Брюстера), что является проблематичным из-за сильного нагрева отражающих пластин из флюат-стекла и необходимости их охлаждения. Прототип имеет проблему с перегревом, что не позволяет его использовать при продолжительных процедурах терапии, из-за низкого времени непрерывной работы источника света (1,5 часа).

«Bioptron» позволяет воздействовать интенсивным некогерентным поляризованным светом, с высокой степенью поляризации, превышающей значение 95 %, полихроматичным светом в диапазоне длин волн 480...3400 нм. Проведены исследования по измерению оптических характеристик прибора. Осуществлено измерение освещенности, которая составляет 330 лк на расстоянии 1 м. Световой поток с низкой плотностью энергии, которая обладает биостимулирующим действием, позволяет воздействовать на область тканей биообъекта с постоянной (световые волны являются некогерентными), стабильной интенсивностью. Мощность светового потока составляет около 2,4 Дж/см² в минуту [2].

Конструирование прибора

Как правило, медицинские приборы конструируются с использованием ламп накаливания, поэтому спектральный терапевтический диапазон зачастую полностью зависит от диапазона излучения таких ламп. Необходимый спектральный состав излучения, оказывающий лечебное действие, достигается в таких приборах лишь с применением внешних светофильтров, что не всегда можно реализовать в конструкции. В последнее время в качестве источников света используются светодиоды, обладающие длительным сроком службы и потребляющие значительно меньшую мощность, чем иные источники света [3].

Конструкция прибора содержит корпус, выполненный в форме цилиндра, что позволяет расширить функциональность конструкции (предусмотреть различные варианты крепления: на штативе, с ручкой и пр.); избежать потерь светового потока на отражение вследствие прямого распространения лучей. В качестве источника света используются светодиоды видимого и инфракрасного диапазонов.

Для стабилизации тока через них применяется высокочастотный стабилизатор, использующий принцип широтно-импульсной модуляции. В качестве поляризатора используется линейный поляризатор света. Кроме того, прибор дополнительно может содержать блок-линзу [4].

Традиционные источники питания для светодиодов поддерживают неизменное выходное напряжение при изменении тока нагрузки. Однако падение напряжения на светодиодах меняется в зависимости от их температуры, следовательно, при длительной работе и, как следствие, нагреве рп-перехода, изменяется проходящий через них ток. Поэтому для питания светодиодов необходимо стабилизировать значение не напряжения, а тока.

Для этой цели, была спроектирована электрическая схема прибора для воздействия поляризованным светом на основе импульсного понижающего преобразователя. На рисунке представлена структурная схема электрической части прибора.

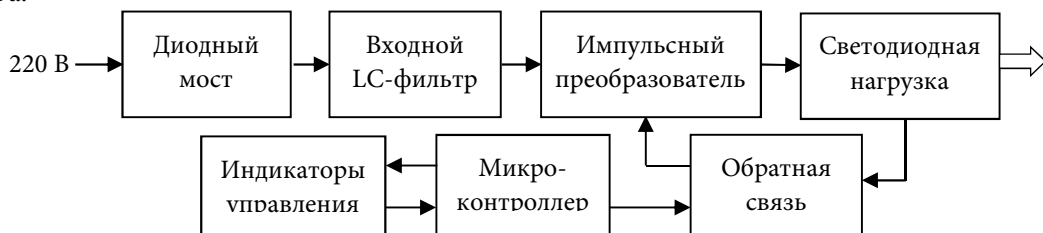


Рис. Структурная схема электрической части прибора

Входное напряжение сети, выпрямляется на диодном мосту и фильтруется входным П-образным LC-фильтром, предназначенным для уменьшения пульсаций входного напряжения. Далее напряжение поступает на импульсный преобразователь понижающего типа, состоящий из ключа, интегрированного в состав специализированной микросхемы и индуктивно-емкостного фильтра, после чего, преобразованное напряжение поступает на нагрузку. Обратная связь необходима для отслеживания изменения значения тока, питающего светодиоды, и его стабилизации [5].

Датчиком выходного тока является оптрон, т. е. светодиод, управляющий фототранзистором. Таким образом, обеспечивается эффективная обратная связь, позволяющая стабилизировать выходной ток в цепи светодиодов.

Разработанная схема позволяет регулировать выходной ток, протекающий в диодной нагрузке. Этот ток имеет постоянное значение. Предлагаемое схемотехническое решение было успешно опробовано на практике. Значительно снижена потребляемая электрическая мощность за счет использования светодиодов мощностью не более 1 Вт, увеличен КПД прибора (на 40 %). Кроме того, на данный момент, спроектирован, изготовлен и протестирован макетный экземпляр. По сравнению с прототипом, в макете решена проблема с охлаждением, так же значительно повышен срок службы, за счет использования светодиодов. Кроме того выбран

оптимальный способ для поляризации света. В дальнейшем планируется модернизировать макет, добавив управляющий элемент, реализованный на микроконтроллере, а так же систему индикации (индикаторные светодиоды, жидкокристаллический дисплей).

Модернизация

Управляющим элементом в схеме будет микроконтроллер, который позволит создать интерфейс с возможностью выбора на дисплее параметров облучения и длительности процедуры. Это позволит задавать необходимые параметры облучения: интенсивность света, форму и скважность импульсов тока, а так же, необходимый спектральный диапазон (выбор диапазона осуществляется коммутацией светодиодов, например, с помощью реле).

Главной задачей при модернизации прибора является управление протекающим через светодиоды током. Для решения данной задачи необходимо отказаться от использования интегральной микросхемы, работающей на основе принципа широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Поскольку современные микроконтроллеры имеют встроенный аппаратный ШИМ, работающий независимо от процессора, то имеет смысл использовать это вариант. Управляющим силовым элементом, планируется использовать MOSFET-транзистор, обладающий хорошими частотными характеристиками. Для эффективной работы транзистора необходимо подавать на затвор сигнал величиной 10–20 В. Т. к. максимальное напряжение на выводе ШИМ микроконтроллера равно 5 В, потребуется использовать драйверное устройство, обеспечивающее необходимое усиление по напряжению и по току [6].

Как уже отмечалось выше, для стабилизации тока в цепи светодиодов необходимо реализовать схему с обратной связью по току. Контролировать изменение величины тока планируется с помощью АЦП микроконтроллера. Для этого необходимо преобразовать ток в напряжение с помощью резистора, но напрямую снимать напряжение с него не безопасно АЦП, поэтому следует сделать гальваническую развязку с помощью оптрона. Такой выбор развязки не случаен, оптрон обладает хорошей линейностью ВАХ в необходимом диапазоне, это позволит легко преобразовать значение на АЦП в величину тока. По изменению величины тока можно определить необходимость корректировки длительности ШИМ сигнала.

Для защиты схемы от нештатных ситуаций типа короткого замыкания, предусмотрена цепь защиты по току ключа, в цепь которого введен низкоомный резистор между истоком силового транзистора и общим проводом, к которому подключен компаратору микроконтроллера. При превышении напряжения на резисторе подключенному к истоку программно выключается ШИМ, подача тока в цепь светодиодов прекращается.

Т. к. в каждом конкретном случае длительность процедуры различна, необходим таймер, позволяющий задавать временные интервалы. По окончании времени процедуры прибор автоматически должен выключиться и дать сигнал

об окончании процедуры. Реализовать таймер на микроконтроллере, с помощью таймеров/счетчиков, достаточно просто.

Для удобства обращения оператора с прибором, планируется использовать жидкокристаллический дисплей в качестве устройства визуализации. В начале процедуры, с помощью кнопок управления, выбирается диапазон излучения, время процедуры и другие параметры, отображаемые на дисплее. Во время процедуры на дисплее будет отображаться текущее значение таймера, а в случае возникновения сбоев выводиться предупреждение.

Заключение

Новые возможности по сравнению с прототипом расширяют область практических применений прибора в медицинской практике и делают его перспективным для научных исследований.

Литература

1. Боголюбов В. М., Пономаренко Г. Н. Общая физиотерапия: учебник для студентов медицинских вузов. Медицина, 2003. 432 с.
2. Гуляр С. А. Биоптрон: теория, клиника, перспективы. Материалы юбилейной науч.-практ. конф., посвящ. 5-летию деятельности Zeppter-International в Украине. Киев: Изд-во Цептер, 1999.
3. Шуберт Ф. Е. Светодиоды. Физматлит, 2008. 496 с.
4. Патент RU 149515 U1 МПК А61N 5/00 (2006.01), 10.01.2015. Поляризационная лечебная лампа / О. И. Перминов, К. О. Хохлов // 2015. Бюл. № 1.
5. Хохлов К. О., Перминов О. И. Блок питания для источника поляризованного света / Проблемы спектроскопии и спектрометрии. Вып. 32 // Изд-во «УМЦ УПИ», 2013. 172 с.