

УДК 537.87

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

НЕСТЕРОВ В.Н.

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, г. Самара, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы использования СВЧ излучения в медицинских целях. Основная часть работы посвящена результатам разработки физиотерапевтического прибора, основанного на использовании электромагнитного излучения дециметрового диапазона. Разработка является оригинальной и доведена до практического использования. В заключительной части работы сформулировано направление дальнейшего развития, которое связано с созданием программно управляемых физиотерапевтических СВЧ приборов.

Ключевые слова: физиотерапевтические приборы, СВЧ излучение, дециметровый диапазон, программное управление.

Abstract. In article questions of use of the microwave oven of radiation in the medical purposes are considered. The main part of the work is devoted to the results of the development of a physiotherapeutic device based on the use of electromagnetic radiation in the decimeter range. The development is original and brought to practical use. In the final part of the work, the direction of further development is formulated, which is associated with the creation of software-controlled physiotherapeutic microwave devices.

Keywords: physiotherapy devices, microwave radiation, decimeter range, software control.

Введение

Волны дециметрового диапазона в спектре радиоволн занимают промежуточное положение между ультракороткими волнами и инфракрасными лучами. Клиническая эффективность их обусловлена спецификой физического фактора, действие которого сопровождается местными и общими приспособительными реакциями саногенного характера [1]. Местным проявлением ДМВ-терапии является тепловой эффект, который наиболее выражен в богатых водой тканях (кровь, лимфа, мышцы). Нагрев тканей и возникшие в них физико-химические изменения усиливают микроциркуляцию и активность метаболических процессов.

В дальнейшем ответная адаптационно-приспособительная реакция при небольшой площади и интенсивности воздействия электромагнитных волн дециметрового диапазона формируется по известным рефлекторным механизмам по типу кожно-висцерального или висцеро-висцерального рефлексов на сегментарном уровне. В случае увеличения дозы воздействия наблюдаются системные приспособительные реакции, с вовлечением центральной нервной системы [1].

Ранет ДМВ20-1 – физиотерапевтический аппарат, выпускаемый на АО «Самарский электро-механический завод», имеет более чем 30-ти летнюю историю использования в различных медицинских учреждениях: в физиотерапевтических кабинетах стационаров, санаториях и профилакториях. Принцип работы аппарата Ранет ДМВ 20-1 основан на получении от генератора необходимой энергии, которая направляется с помощью одного из сменных излучателей на определенные участки тела пациента. На выходе излучателей – электромагнитные волны длиной волны 65 см. на частоте 460 МГц [2-4]. Мощность аппарата – до 20 Вт. Продолжительность и уровень мощности излучения устанавливаются оператором с помощью специальных органов управления в зависимости от предписаний врача.

В соответствии с рекомендациями аппарат предназначен для лечения различных заболеваний воспалительного, травматического и другого характера путем воздействия электромагнитным полем. Использование волновой терапии оказывает положительное влияние на различные ткани организма и позволяет успешно применять его при артритах различной этиологии, острых и подострых бурситах, невралгиях и невритах. Перспективными направлениями использования приборов являются реабилитация пациентов, перенесших такие виды оперативных вмешательств, как эндопротезирование крупных суставов, кожная и сухожильно-мышечная пластика, различные виды остеотомий и хондропластики, реконструкция конечностей с применением различных видов имплантов и металлоконструкций.

Аппарат имеет насадки – излучатели, адаптированные под различные методики лечения. Положительный эффект от применения аппарата подтвержден отзывами из многих медицинских учреждений. Он включен в справочник медицинских приборов, рекомендуемых для приобретения медицинскими учреждениями.

В последние годы аппарат претерпел серьезную модернизацию. Была полностью переработана электронная схема на основе использования современных радиоэлектронных компонентов, что на порядок повысило надежность, стабильность и точность установки и поддержания режимов работы. По существу, был создан новый аппарат, что подтверждено патентом РФ на изобретение «Аппарат для ДМВ-терапии» [5].

Физиотерапевтический прибор нового поколения

Структурная схема нового аппарата для ДМВ-терапии дана на рис. 1. Аппарат содержит СВЧ-генератор 1, соединенный через согласующее устройство 2 с управляемым усилителем 3 мощности СВЧ-колебаний, который через развязывающее устройство (вентиль) 4 соединен с излучающим устройством 5. Устройство содержит также измеритель 6 уровня выходной мощности, связанный своим входом через индуктивную связь с выходной цепью усилителя 3 мощности СВЧ-колебаний, устройство 7 управления выходной мощностью, устройство 8 индикации выходной мощности, эмиттерный повторитель 9 с отрицательной обратной связью по току, усилитель 10 напряжения с нелинейной передаточной характеристикой, компаратор 11 напряжения, интегратор 12, согласующий усилитель 13 и блок питания. Выход измерителя 6 уровня выходной мощности усилителя 3 через эмиттерный повторитель 9 соединен с входом усилителя 10 напряжения с нелинейной передаточной характеристикой, выход которого соединен с входом устройства 8 индикации выходной мощности и одним из входов компаратора 11 напряжения, со вторым входом которого соединен выход устройства 7 управления выходной мощностью, а выход компаратора 11 напряжения через интегратор 12 и согласующий усилитель 13 соединен с входом регулировки выходной мощности усилителя 3.

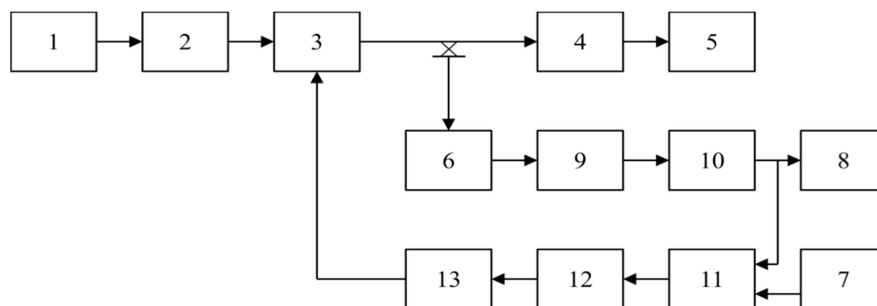


Рис.1. Структурная схема аппарата для ДМВ-терапии

В процессе работы аппарата сигнал установленной частоты с выхода СВЧ-генератора 1 через согласующее устройство 2 (усилитель) поступает на вход управляемого усилителя 3 мощности СВЧ-колебаний, на выходе которого получаем высокочастотный сигнал (напряжение). Мощность последнего принимает значения, обусловленные управляющим сигналом на входе управления усилителя 3 мощности СВЧ-колебаний, задаваемым напряжением на выходе устройства 7 управления и поступающим на вход управления усилителя 3 мощности СВЧ-колебаний в процессе преобразования по цепи: компаратор 11, интегратор 12 и согласующий усилитель 13. Данная цепь является частью цепи обратной связи в составе: измерителя 6 уровня выходной мощности усилителя 3 СВЧ-колебаний, эмиттерного повторителя 9, усилителя 10 напряжения с нелинейной передаточной характеристикой, компаратора 11, интегратора 12 и согласующего усилителя 13. Соответственно, напряжение с выхода усилителя 10 напряжения, функционально связанное с уровнем выходной мощности усилителя 3 СВЧ-колебаний через цепь измерителя 6 уровня выходной мощности усилителя 3 СВЧ-колебаний и эмиттерного повторителя 9, поступает на один из входов компаратора 11 напряжения, где сравнивается с напряжением, подаваемым на его второй вход с выхода устройства

7 управления выходной мощностью аппарата. При включении аппарата напряжение на первом (инвертирующем) входе компаратора 11 напряжения меньше напряжения, подаваемого с выхода устройства 7 управления, на его второй (прямой) вход. Поэтому на выходе компаратора 11 получаем положительное напряжение, которое интегрируется интегратором 12. Растущее по экспоненте напряжение с выхода интегратора 12 подается на вход согласующего усилителя 13 (в данном случае эмиттерного повторителя) и далее на управляющий вход управляемого усилителя 3 мощности СВЧ-колебаний. В соответствии с растущим напряжением на управляющем входе усилителя 3 мощности СВЧ-колебаний растет мощность высокочастотного сигнала на его выходе. Соответственно возрастает уровень напряжения на выходе измерителя 6 уровня выходной мощности усилителя 3 СВЧ-колебаний. Данное напряжение поступает на вход эмиттерного повторителя 9, а с его выхода – на вход усилителя 10 напряжения с нелинейной передаточной характеристикой. Усилитель 10 напряжения настроен таким образом, что при низком уровне входного напряжения он имеет большой коэффициент усиления по напряжению, а при высоком уровне входного напряжения - меньший коэффициент усиления по напряжению. Такая настройка повышает чувствительность цепи обратной связи при малом уровне сигнала с измерителя 6 уровня выходной мощности и уменьшает ее при высоком уровне сигнала с измерителя 6 уровня выходной мощности, что способствует точности и стабильности поддержания установленного уровня выходной мощности аппарата. Напряжение с выхода усилителя 10 поступает на первый (инвертирующий) вход компаратора 11 и в момент, когда его уровень превысит уровень напряжения на втором (прямом) входе компаратора 11, происходит переключение компаратора, и на его выходе появляется отрицательное напряжение, которое интегрируется интегратором 12. Убывающее по экспоненте напряжение с выхода интегратора 12 подается на вход согласующего усилителя 13 (в данном случае эмиттерного повторителя) и далее на управляющий вход управляемого усилителя 3 мощности СВЧ-колебаний. В соответствии с убывающим напряжением на управляющем входе усилителя 3 мощности СВЧ-колебаний уменьшается мощность высокочастотного сигнала на его выходе. Соответственно уменьшается уровень напряжения на выходе измерителя 6 уровня выходной мощности усилителя 3 СВЧ-колебаний. Данное напряжение по цепи: эмиттерный повторитель 9, усилитель 10 напряжения поступает на первый (инвертирующий) вход компаратора 11, и в момент, когда его уровень станет меньше уровня напряжения на втором (прямом) входе компаратора 11, происходит очередное переключение компаратора, и на его выходе вновь появится положительное напряжение, которое интегрируется интегратором 12. Растущее по экспоненте напряжение с выхода интегратора 12 подается на вход согласующего усилителя 13 (в данном случае эмиттерного повторителя) и далее на управляющий вход управляемого усилителя 3 мощности СВЧ-колебаний. В соответствии с растущим напряжением на управляющем входе усилителя 3 мощности СВЧ-колебаний растет мощность высокочастотного сигнала на его выходе. Аналогично процесс переключения компаратора 11 происходит и дальше. Средний уровень напряжения на выходе интегратора 12 пропорционально связан с уровнем напряжения на выходе устройства 7 управления выходной мощностью аппарата. Таким образом, осуществляется процесс динамического поддержания установленной выходной мощности усилителя 3 СВЧ-колебаний и, соответственно, мощности ДМВ излучения на выходе излучающего устройства 5. Такое регулирование выходной мощности аппарата позволяет стабилизировать его уровень около установленного значения в условиях изменения параметров схемы. Как следует из алгоритма работы схемы, одним из факторов, приводящим к изменению выходной мощности аппарата, является изменение температуры полупроводникового диода, установленного в детекторе измерителя 6 уровня выходной мощности, в разных режимах работы аппарата. Увеличение напряжения на выходе детектора 6 в результате нагревания полупроводникового перехода диода смещает эмиттерный переход эмиттерного повторителя 9 в прямом направлении, что приводит к увеличению тока в цепи эмиттера. Соответственно, возрастает напряжение на резисторе, установленном в эмиттерной цепи эмиттерного повторителя 9, которое, смещая эмиттерный переход в обратном направлении, приводит уменьшению напряжения на выходе

эмиттерного повторителя, что компенсирует увеличение сигнала в цепи измерителя уровня выходной мощности.

Установленное между усилителем 3 мощности СВЧ-колебаний и излучающим устройством 5 развязывающее устройство (вентиль) 4 устраняет влияние на усилитель 3 волн СВЧ колебаний, отраженных от излучающего устройства 5.

Первый экземпляр модернизированного аппарата (показан на рис. 2) поставлен в клиники Самарского государственного медицинского университета. Он был апробирован и получил положительные отзывы.



Рис. 2. Модернизированный аппарат для ДМВ-терапии

Исследования, проведенные в Самарском государственном медицинском университете, показали перспективы использования приборов на основе излучения электромагнитного СВЧ поля в новой для этого направления области – в челюстно-лицевой хирургии и стоматологии. Для использования СВЧ излучения в этой сфере необходимы дополнительные исследования и работы, направленные на создание специальных излучающих элементов, удобных и эффективных для генерирования СВЧ поля в области лица и элементов челюсти человека.

Перспективы дальнейшего развития

Рассматривая перспективы развития данного направления, следует упомянуть о необходимости создания новых методик лечения, возможности отработки и внедрения которых закладывается на стадиях выбора технических решений и проектирования СВЧ приборов. Такие перспективы просматриваются в направлении создания программно управляемых приборов, допускающих возможность программирования изменения мощности излучения во времени и пространстве. В этом случае речь идет не только о возможностях для новых методов лечения и профилактики заболеваний широкого спектра, но и о создании нового класса СВЧ приборов с программно управляемыми выходными полями.

Список литературы

1. Яшков А.В., Мухин В.М., Нестеров В.Н. Биофизические основы ДМВ-терапии / Физика и технические приложения волновых процессов: Тезисы VII Международной научно-технической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения А.С. Попова, 15-21 сентября 2008г.: Приложение к журналу «Физика волновых процессов и радиотехнические системы» / Под ред. В.А. Неганова и Г.П. Ярового. – Самара, 2008. – С.354-355.
2. Мухин В.М., Нестеров В.Н., Яшков А.В. Разработка, модернизация и промышленное освоение изделий медицинского назначения: Тезисы VII Международной научно-технической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения А.С. Попова, 15-21 сентября 2008г.: Приложение к журналу «Физика волновых процессов и радиотехнические системы» / Под ред. В.А. Неганова и Г.П. Ярового. – Самара, 2008. – С. 355-356.
3. Нестеров В.Н., Мухин В.М., Харитонов П.В., Мещанов А.В. Повышение стабильности мощности СВЧ излучения физиотерапевтического прибора «Ранет» / Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций: Материалы Всероссийской н.-т. конф. 12.05 –14.05.2009г., г. Самара. – Самара: СГАУ, 2009. – С.57-61.
4. Нестеров В.Н., Мухин В.М. Аппарат СВЧ-терапии нового поколения: Физика и технические приложения волновых процессов: Материалы X Международной научно-технической конференции, 11-17 сентября

2011г.: Приложение к журналу «Физика волновых процессов и радиотехнические системы» / Под ред. В.А. Неганова и Г.П. Ярового. – Самара, 2011. – С.280-282.

5. Пат. 2393892 РФ, МКИ А 61 N 5/02. Аппарат для ДМВ-терапии / В.М. Мухин, В.Н.Нестеров, В.А. Давыдов. – №2009119272/14; Заявл.21.05.2009; Оpubл.10.07.2010. Бюл.№19.

Вклад автора

Нестеров Владимир Николаевич является разработчиком и руководителем проекта по созданию физиотерапевтического прибора нового поколения. Является соавтором и одним из патентообладателей технического решения «Аппарат для ДМВ-терапии» по патенту №. 2393892 РФ. Концепция дальнейшего развития, основанная на идеологии программно управляемых физиотерапевтических приборов, целиком сформулирована автором статьи.

Author's contribution

Nesterov Vladimir Nikolaevich is the developer and project leader for the creation of a new generation of physiotherapy device. He is a co-author and one of the patent holders of the technical solution "Apparatus for UHF-therapy" under patent no. 2393892 RF. The concept of further development, based on the ideology of software-controlled physiotherapy devices, was fully formulated by the author of the article.

Сведения об авторе

Нестеров В.Н. доктор технических наук, профессор, заместитель генерального директора по науке – начальник НТЦ АО «Самарский электро-механический завод», профессор Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, профессор Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева.тики, профессор Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева.

Information about the authors

Nesterov V.N. Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy General Director for Science - Head of the Scientific and Technical Center of Samara Electromechanical Plant JSC, Professor of the Volga State University of Telecommunications and Informatics, Professor of the Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev.

Адрес для корреспонденции

443026, Российская Федерация, г. Самара, ул. Парижской Коммуны, дом 28 кв. 88.
Тел. номер +7 927 6556196;
e-mail: nesterov.ntc@gmail.com
Нестеров Владимир Николаевич.

Address for correspondence

443026, Russian Federation, Samara, Paris Commune st., 28, apartment 88.
Tel. number +7 927 6556196;
e-mail: nesterov.ntc@gmail.com
Nesterov Vladimir Nikolaevich.