

## ПОВЫШЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ МОЩНОСТИ СВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО АППАРАТА «РАНЕТ»

В.Н. Нестеров, В.М. Мухин, П.В. Харитонов, А.В. Мешанов  
ФГУП «Самарский электромеханический завод»

В медицинской практике широкое распространение получили аппараты, работающие на частоте 460 МГц, длиной волны 65 см и выходной мощностью 15-20 Вт.

С современных позиций направленность адаптивных механизмов регуляции в биологических системах, подвергнутых действию дециметровых волн, во многом определяется состоянием колебательных процессов и в частности явлений резонанса и синхронизации. При этом понятие «резонанс» относится к структуре, а «синхронизацию» - к функции организма.

При действии дециметровых волн происходит избирательное поглощение их энергии связанной водой, боковыми цепями белков и липидов плазмолеммы за счет резонансного механизма. Для достижения максимального клинического результата необходимо условие, при котором клетки организма вступают в энергоинформационный контакт с внешними электромагнитными полями на частотах, совпадающих с их собственными или кратных им. Максимальный терапевтический эффект получается при действии резонансного воздействия на патологически измененную систему.

Следствием резонансного поглощения дециметровых волн является информационная перестройка цитоскелета и мембран, активности ферментов, клеточного дыхания, модуляции межмолекулярных и электростатических взаимодействий в клетке. 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 большой площади и интенсивности воздействия микроволн дециметрового диапазона формируется по известным рефлекторным механизмам по типу висцерального или висцеро-висцерального рефлексов на сегментарном уровне. В случае увеличения дозы воздействия наблюдаются системные приспособительные реакции, с вовлечением центральной нервной системы.

В настоящее время при выборе параметров физиотерапевтического фактора предпочтение отдается малым дозировкам и возможности достижения биосинхронизации - согласованию режима воздействия физическим фактором с ритмом того или иного физиологического процесса. Существующий положительный опыт клинического использования

различных методов биосинхронизированной физиотерапии указывает на перспективность развития этого направления, важной особенностью которого является и высокая эффективность и индивидуальность лечебного процесса [1].

Используемый в настоящее время для этих целей в клинической практике аппарат физиотерапевтический переносной «РАНЕТ ДМВ-20-1» обладает существенными недостатками, связанными, в частности, нестабильностью мощности излучения из-за изменения параметров вследствие нагрева аппарата в процессе работы и изменения мощности поглощаемой пациентом энергии из-за отсутствия обратной связи по уровню.

Для устранения данного недостатка в ФГУП «Самарский электромеханический завод» проведена модернизация аппарата, по существу являющаяся новой научно-технической разработкой.

Структура нового аппарата ДМВ-терапии представлена на рис. 1.

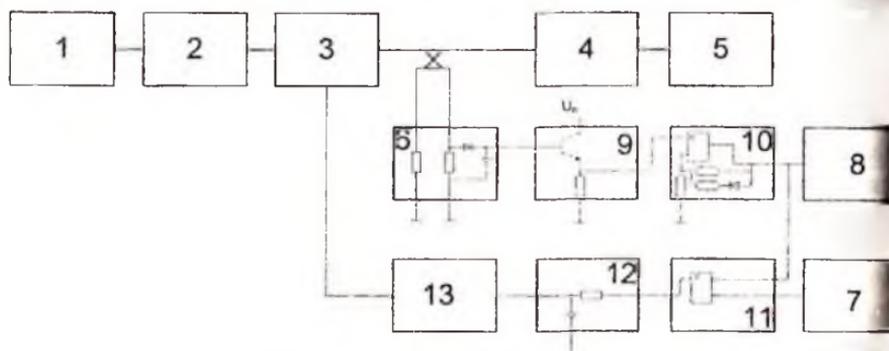


Рис.1. Структура аппарата ДМВ-терапии

Аппарат для ДМВ-терапии 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. Аппарат содержит также измеритель 6 уровня выходной мощности, включающий детектор на полупроводниковой диоде и 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, интегрирующий усилитель 12, согласующий усилитель 13 и блок питания (на чертеже не показан), причем выход измерителя 6 уровня выходной мощности усилителя 3 СВЧ-колебаний 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 управляющим входом усилителя 3 мощности СВЧ-колебаний.

Аппарат работает следующим образом. 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 которого 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 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 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. 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, вызванных в частности изменением температурного режима работы усилителя СВЧ-колебаний.

Еще одним фактором, приводящим к изменению выходной мощности аппарата, является изменение температуры полупроводникового диода, установленного в детекторе измерителя 6 уровня выходной мощности. 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 к 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.

Технический результат предложенного аппарата для ДМВ-терапии, обеспечивающий его преимущества по сравнению с известными аналогами и прототипом, заключается в упрощении конструкции и обеспечении стабильной мощности выходного излучения аппарата во всех режимах его работы. Упрощение конструкции достигается за счет интегрального исполнения регулируемого усилителя мощности СВЧ-колебаний и устранения регулирующего аттенюатора. Стабилизация мощности выходного излучения аппарата в различных режимах работы обеспечивается комплексным решением, включающим в себя создание цепи обратной связи в составе: измерителя уровня выходной мощности усилителя СВЧ-колебаний, эмиттерного повторителя с отрицательной обратной связью по току, усилителя напряжения с нелинейной передаточной характеристикой, компаратора, интегратора и согласующего усилителя. Средний уровень напряжения на выходе интегратора, подаваемый на управляющий вход усилителя мощности СВЧ-колебаний, пропорционально связан с уровнем напряжения на выходе устройства управления выходной мощностью усилителя, что обеспечивает процесс динамического поддержания установленной выходной мощности усилителя СВЧ-колебаний и, соответственно, мощности ДМВ излучения на выходе излучающего устройства. При этом компенсация измерений параметров выпрямительного диода в детекторе измерителя уровня выходной мощности усилителя СВЧ-колебаний, обеспеченная использованием эмиттерного повторителя с отрицательной обратной связью по току, позволяет уменьшить погрешность измерения и, соответственно, стабилизировать параметры аппарата. Такое регулирование выходной мощности аппарата позволяет стабилизировать его уровень около установленных значений в условиях изменения параметров схемы, вызванных изменением рабочих и температурных режимов работы аппарата.

#### Список использованных источников

1. Яников А.В., Мухин В.М., Нестеров В.Н. Биофизические основы ДМВ-терапии // Физика и технические приложения волновых процессов: тезисы докладов УП КФУ международной научно-технической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения А.С.Попова: Приложение к журналу «Физика волновых процессов и радиотехнические системы» / Под ред. В.А.Неганова и Г.П.Ярвого. – Самара: Самарское научное издательство, 2008. - С.354-355.