

УДК 537

В. Г. ГУСЕВ, А. М. САННИКОВА

СТРУКТУРЫ И СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

330 Рассматриваются способы построения устройств для терапевтического воздействия магнитным полем. Исследовано и получены результаты как электрический ток распределен на поверхности кожного покрова. Разработаны структуры элементарного элемента, создающего магнитное поле. *Магнитное поле; биоткань; электрический ток; ЭДС; кожный покров*

В начале XX в. на пересечении сфер интересов физики электромагнитных полей и биологии зародилась и стала бурно развиваться новая наука — электромагнитная биология. Логическим продолжением событий явилось ее взаимодействие (объединение) с медициной, в результате которого медицинская практика получила новые высокоэффективные методы диагностики — магниторезонансную томографию и лечение — комплексную магнитотерапию. Магнитотерапия — метод, основанный на воздействии на организм магнитным полем с лечебно-профилактическими целями. В настоящее время остается некоторая неопределенность знаний о взаимодействии магнитных полей со структурами клеток и органов, а также о том, как происходит трансформация физической энергии магнитного поля в реакцию организма — целостной высокоорганизованной системы.

1. ПОЛУЧЕНИЕ КВАЗИРЕЗОНАНСНЫХ СИНХРОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ОРГАНИЗМЕ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВНЕШНИМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

По нашим представлениям, лучший терапевтический эффект от воздействия внешним магнитным полем будет в случае, если поле будет по своей геометрии адекватно собственному магнитному полю организма, и временные изменения параметров внешнего поля будут идентичны изменениям параметров собственного магнитного поля организма или электрических полей в нем. Для создания распределенного магнитного поля геометрия и временные параметры которого близки к собственному полю организма, нами исследуется метод, когда индуктор, создающий сложное по конфигурации и параметрам магнитное поле, состоит из матрицы незави-

симых индукторов, каждый из которых питается электрическим током, характерным для зоны организма, которая пронизывается магнитным полем этого индуктора. Магнитное поле создает ЭДС в теле организма, замыкаясь через внутреннее сопротивление организма, увеличивает значение тока в нем. Соответственно изменяется и магнитное поле соответствующего индуктора. Своеобразная положительная обратная связь, с помощью которой формируется магнитное поле воздействия, позволяет создавать распределенное магнитное поле, геометрическая картина которого более приближена к тем процессам, которые идут в организме. При этом все процессы будут протекать синхронно. Воздействие будет автоматически подстраиваться под изменившиеся параметры организма. Из-за ограниченного количества индукторов и нестабильности параметров, характеризующих положительную обратную связь между ним и биообъектом картины магнитных полей организма и создаваемых индукторами будут различаться. По ожидается, что эффективность воздействия сформированным магнитным полем, будет больше, чем при использовании традиционно применяемых решений.

2. ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НА КОЖНОМ ПОКРОВЕ

Корректную модель участка живой материи построить затруднительно из-за того, что электрические свойства кожного покрова не однородны и их числовые значения зависят от внешних факторов и физико-химических воздействий. Так, хорошо известно, что проводимость отдельных локальных зон относительно базовой поверхности под индифферентным электродом зависит от вре-

мени года, времени, когда проводятся измерения психофизиологического состояния организма, температуры и влажности окружающей среды, механического воздействия на кожный покров, наличия внешних электромагнитных, электрических и магнитных полей, наличия внешних акустических воздействий и пр. Причем все воздействующие факторы действуют одновременно, вызывая, по всей вероятности, общую неспецифическую ответную реакцию систем, подсистем, а то и всего организма.

Поэтому физическую модель объекта, подвергнутого воздействию магнитного поля, на сегодняшний день можно построить только гипотетически на основе имеющих сведений об эпидермисе и дерме организма.

Будем считать, что поверхность рогового слоя можно представить в виде диэлектрика с порами. Другими словами, клетки рогового слоя — это частицы диэлектрика, а промежутки между ними заполнены межклеточной жидкостью. В зависимости от особенностей физиологии у конкретного организма, а также психофизиологического состояния, гидратация кожного покрова и отдельных его зон существенно меняется. Причем у одного и того же организма уровень гидратации отдельных зон существенно различен, что, вероятно, связано с тем, что эти зоны связаны с органами и системами, состояние которых в данный момент времени существенно отличается от состояния других. Кроме того, на поверхность кожного покрова выходят устья потовых и сальных желез. С электрической точки зрения более важны потовые железы, которые наполнены потовым секретом. В зависимости от степени открытия устьев потовых желез этот секрет увлажняет поверхностный слой эпидермиса. Он добавляется к межклеточной жидкости, имеющейся в нем, вследствие неощутимой перспирации [2].

Наши исследования распространения электрического тока на поверхности кожного покрова показали, что он распределен существенно неравномерно. И под электродом с достаточно большой площадью плотность электрического тока на малом участке существенно больше, чем электрического тока на другой части поверхности. Это установлено экспериментально. При снятии электрода после воздействия на малых участках кожного покрова наблюдались хорошо выраженные аномалии. Они были двух типов. Один тип — аномалии диаметром 1–2 мм — имели, как правило, форму, близкую к окружности и зеленоватый цвет. В некоторых случа-

ях окружность имела темно-коричневый или красный цвет. В течение суток зеленоватый цвет превращался в красный и напоминал корочку зарубцевавшейся ранки. С течением времени эта аномалия проходила и ранка зарубцовывалась. Причем осталось впечатление, что эти ранки были достаточно глубокими и процесс восстановления исходного состояния проходил несколько дольше, чем наблюдается в случае механических травм, аналогичных по размерам. Так как электрический ток получался в результате положительной обратной связи, введенной в усилителе электрического тока через сопротивление зоны воздействия, электрический ток, видимо, замыкался не через всю площадь электродов, а через локальный участок под ним. В итоге плотность тока на этом участке была сравнительно большой и структура материи, находящейся в этой зоне, испытывала как термическое, так и механическое воздействие. Видимо, уровень их превышал то значение, которое может быть скомпенсировано за счет внутренних ресурсов этой зоны организма. Как следствие, происходило морфологическое нарушение целостности структуры. Предположительно путь протекания электрического тока — это точки акупунктуры (ТА), морфологические особенности которых пока достоверно не установлены. Аргументами в пользу этого являются: совпадение геометрических размеров; отсутствие других объяснений существенных аномалий электрического сопротивления; то обстоятельство, что аномалии проявились с помощью самой биоткани; достаточно сильными эффектами «резонансного» электрического воздействия.

Другой тип — аномалии диаметром 0,05–0,1 мм. Они имели темный цвет, типа черных точек. Впечатление, что происходит карбонизация живой материи. Скорее всего, это было результатом обугливания стенок потовых желез. Исчезновение этих аномалий происходило несколько быстрее, чем аномалий первого типа [1].

3. ВОЗМОЖНЫЕ СТРУКТУРЫ И СПОСОБЫ ВЫПОЛНЕНИЯ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОРГАНИЗМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Для задачи снятия с кожного покрова электрического тока, созданного внешним магнитным полем, которое в биоткани в соответствии с законом Фарадея наводит ЭДС, поверхностный слой эпидермиса можно представить электрическим сопротивлением. При

этом для данной задачи можно не учитывать дискретность значений, созданных сетью капилляров, потовыми железами, сосудами вблизи кожного покрова и пр.

Глубина проникновения магнитного поля, созданного внешним индуктором, зависит от параметров индуктора и электрических сопротивлений элементов, которые пронизывают магнитное поле. Оно создает ЭДС и электрический ток размагничивания.

На понятийном уровне магнитный индуктор 1 и биологическая ткань, на которую осуществляется воздействие, можно представить на рис. 1.

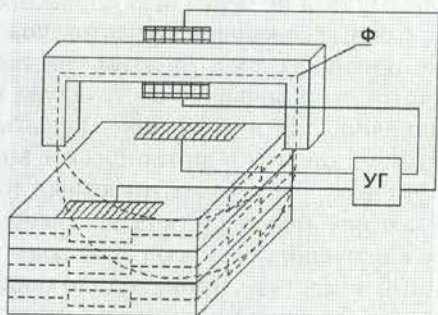


Рис. 1. Упрощенная структура элемента, создающего магнитное поле

Каждый слой биоткани можно представить эквивалентным резистором, через который протекает электрический ток. Он зависит от магнитного поля, которое наводит ЭДС в соответствующем слое. Для расчетов оценочного характера можно использовать эквивалентную схему рис. 2.

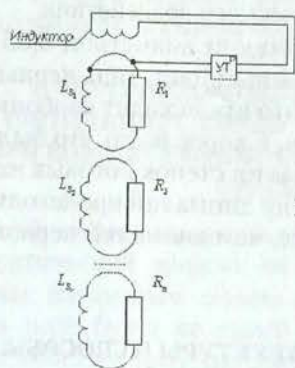


Рис. 2. Эквивалентная схема

Точный корректный анализ в данном случае невозможен из-за отсутствия результатов исследований, касающихся важнейших сторон. Поэтому биоткань состоит из слоев, которые связаны между собой через индуктивные элементы. Так как значения сопротивлений слоев неизвестно и не может быть оценено даже качественно, то математическое моделирование не имеет практического смысла,

хотя подход к анализу может быть разработан. Эквивалентная схема, в основном, дает представление о том, какие параметры оказывают влияние на электрический сигнал. Причем активные свойства живой материи в ней не учтены. Из рис. 2 хорошо видно, что каждый n -й элемент вносит свой вклад в общее сопротивление, в котором индуктор создает ЭДС. Причем наибольшее влияние оказывает сопротивление первого элемента $R1$. Если величина его достаточно маленькая, то магнитное поле глубоко не проникает в биологическую ткань. Особенно сильно это касается высокочастотных составляющих спектра, для которых те свойства живой материи, которые показаны индуктивностями рассеивания L_s приводят к тому, что значение тока в сопротивлении R_n на повышенной частоте будет меньше, чем значение на низкой частоте. Отсюда вытекает вывод о том, что распределение индукции магнитного поля по глубине объекта существенно зависит от электрической структуры и количественных характеристик по его глубине. При этой же конфигурации наложенного внешнего магнитного поля глубина его проникновения будет больше в случае, если живая материя мало гидратирована и имеет повышенное сопротивление. Если ткани имеют сниженное электрическое сопротивление, то глубина проникновения «воздействующих значений» магнитного поля будет меньше, особенно высокочастотных значений, составляющих его спектр.

Для оставления нужных частот в спектре магнитного воздействия в усилителе тока, можно предусмотреть использование фильтров низких или высоких частот, а также полосовых фильтров. Но целесообразность этого можно установить только после экспериментальных исследований.

Возможно не только питать индуктор сложным током, но и использовать несколько индукторов, каждый из которых работает в своем диапазоне частот.

В диапазоне низких и инфранизких частот можно использовать усилители тока, имеющие большой коэффициент усиления. В этом диапазоне электрический ток, наведенный внешним магнитным полем, будет сравнительно невелик. Поэтому при необходимости воздействовать низкочастотным магнитным полем обмотку индуктора следует дополнительно питать от соответствующего низкочастотного генератора электрического тока, который подключается параллельно с высокоомным выходом усилителя электрического тока УТ.

Имеет право на существование и структура, в которой высокочастотный сигнал, снимаемый с электродов, модулируется по амплитуде внешним инфранизкочастотным сигналом.

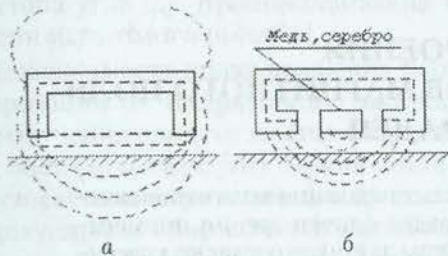


Рис. 3. Распределение магнитного поля около индуктора

Конфигурация магнитной цепи индуктора и его геометрические размеры существенно влияют на магнитное поле в организме (рис. 3,а). Магнитные силовые линии замыкаются между полюсами, а также из-за наличия потока рассеивания через биоткань. Повысить влияние потока рассеивания можно путем установления в зазоре короткозамкнутого витка, который повышает магнитное сопротивление зазора. Роль его может выполнять вставка из меди или серебра (рис. 3,б). Можно также индуктор выполнить на замкнутом магнитопроводе с короткозамкнутым витком на стороне, обращенной к биоткани. Электрический ток витка будет создавать магнитное поле, пронизывающее биологическую ткань, рис. 4.

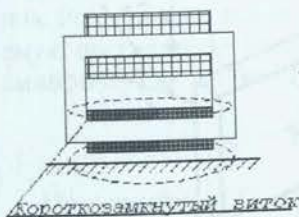


Рис. 4. Индуктор с короткозамкнутым витком

Роль короткозамкнутого витка может выполнять обмотка, которая охватывает участок биоткани, подвергаемый воздействию. Витки ее замыкаются накоротко. Правда, такое решение пригодно для формирования сложного магнитного поля с помощью группы индукторов [3].

Для увеличения уровня сигнала, снимаемого с электродов на кожном покрове, можно предусмотреть их нагрев до температуры выше 40°C. Эффективность этого можно оценить только экспериментально.

ВЫВОДЫ

Существует возможность создания внешнего магнитного поля полностью адекватного тому магнитному полю, которое создается протекающими в организме токами. Из-за необходимости дискретизации параметров этого магнитного поля, оно будет соответствовать полю организма только приближенно. Адекватность магнитного поля обеспечивается средствами электроники, с помощью которых снимаются сигналы, характеризующие токи в организме, и вводится в матрицу индукторов усиленное значение этих токов, поэтому магнитное поле, создаваемое матрицами индукторов будет гораздо ближе по параметрам временным, частотным, амплитудным к тем магнитным полям, которые есть вокруг организма. Предположительно считаем, что магнитные поля, адекватные собственным полям организма при терапии будут эффективнее тем, что формируются с помощью внешнего источника.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алдерсонс, А. А. Механизмы электродермальных реакций / А. А. Алдерсонс. Рига : Зинатне, 1985. 130 с.
2. Гостев, С. С. Обоснование выбора параметров для определения магниточувствительности человека / В. И. Гостев, В. И. Жулев // Современные средства управления бытовой техникой. Материалы V междунар. конф. М. : МГУ сервиса, 2003. 210 с.
3. Кнеппо, П. Биоманнитные измерения / П. Кнеппо, Л. И. Титомир. М. : Энергоатомиздат, 1989. 288 с.

ОБ АВТОРАХ

Гусев Владимир Георгиевич, проф., зав. каф. ИИТ. Дипл. инж.-электромех. (УАИ, 1965). Д-р техн. наук по элем. и устр. выч. техники и систем управления (защ. в МИЭТ, 1987). Заслуж. деят. науки РФ, РБ, заслуж. изобретатель РБ. Иссл. в обл. инфор.-измер. техники.



Санникова Антонина Михайловна, асп., асс. той же каф. Дипл. инж. по спец. «Инж. дело в мед.-биол. практике» (УГАТУ, 2004). Готовит дис. об устройствах для терапевтического воздействия магнитным полем.

