



ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ФІЗИЧНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

УДК 519.673

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ЭФФЕКТИВНОГО ВЛИЯНИЯ МАГНИТНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА БИООБЪЕКТЫ, РАСПОЛОЖЕННЫЕ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ ИЗЛУЧЕНИЯ

А.Р. Корсунов

(Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков)

Показано, что эффективность воздействия на биообъекты магнитной составляющей электромагнитного поля в подавляющем большинстве случаев связана с частотными характеристиками поля и гораздо меньше связана с поглощением энергии поля тканями и органами биоструктур.

биообъекты, магнитная составляющая, биоструктуры

Постановка проблемы. В ближней зоне элементарного магнитного излучателя существуют электромагнитные поля (ЭМП) с преобладанием магнитной составляющей. В качестве подобных излучателей выступают функциональные узлы и элементы, несущие большие токи с малым перепадом напряжения. При этом излучатель воздействует на биоструктуры за счёт явления магнитной индукции.

В соответствии с особенностями электромагнитного поля в ближней зоне воздействие на рецепторы может происходить как электростатическим полем, так и магнитостатическим, хотя в конечном случае электро- и магнитостатические поля являются частными случаями электромагнитного поля. Исследование особенностей структурирования электромагнитных полей в области локализации облучения объекта представляет особый интерес в виду специфичности восприятия подобных сигналов биологическими тканями и органами.

Анализ последних достижений и публикаций. Особую область представляют исследования, посвящённые влиянию магнитной состав-

ляющей ЭМП на микрофункциональные параметры биологически активных точек (БАТ) и связанных с ними органов [1]. Эффект при возбуждении точек акупунктуры зависит от вида раздражения [2]. Оно может иметь не только механическую, но и электромагнитную природу [3]. Несомненно, что БАТ, имеющие повышенное электрическое сопротивление, будут при воздействии магнитной составляющей ЭМП подвергаться влиянию наводящейся электромагнитной индукции [4].

Движущаяся совместно с форменными элементами крови представляет собой электромагнитную систему [5]. Электрические заряды эритроцитов при их движении и вращении создают конвекционные токи, которые, в свою очередь, порождают переменное магнитное поле (ПеМП) [6]. Подобные эффекты вынуждают разрабатывать инфраструктуру электромагнитных комплексов, формирующих ПеМП с заданными параметрами.

Цель статьи. Анализ особенностей ЭМП в ближней зоне, где практически существуют отдельно электрические и магнитные поля, и появляется возможность применения более простых методов теории цепей с разработкой соответственно математических представлений о взаимных индуктивностях между излучателями и структурными составляющими организмов.

Основной материал исследования. Кровеносная система организмов представляет собой хорошо разветвленную систему с наличием множества замкнутых контуров. Движущаяся в них кровь, являясь электромагнитной системой, очень чутко реагирует на воздействие ЭМП. Каждый эритроцит является не только электрически заряженным диском, но ещё и магнитом.

Электрические заряды эритроцитов одноименны, что способствует отталкиванию их друг от друга и предупреждает склеивание (коронаротромбоз) [7]. Однако в период геомагнитных бурь, во время которых на весь организм человека действуют неупорядоченные хаотичные ПеМП, выявляются осложнения связанные с коронаротромбозом. Не исключено, что здесь проявляется механизм взаимодействия ЭМП с контурами электромагнитной системы кровообращения, что ведёт к сбою в механизме взаимного отталкивания эритроцитов.

Известно, что в системе, которая характеризуется переменным зарядом, возникает электромагнитное поле, имеющее две компоненты электрическую и магнитную составляющие. Состояние такой системы описывается уравнениями Максвелла, которые для ближней зоны элементарного магнитного вибратора имеют вид [8]:

$$H_r = i_M I \cos \theta / 2\pi\omega\mu_a r^3; \quad H_\theta = i_M i \sin \theta / 4\pi\omega\mu_a r^3; \quad E_\varphi = I_M I \sin \theta / 4\pi r^2,$$

где I_M – магнитный ток, величина которого определяется напряжением, действующим по периметру элементарного магнитного вибратора.

Отсюда видим, что вблизи элементарного магнитного излучателя создается электромагнитное поле, основная энергия которого сосредоточена в магнитной составляющей (магнитное поле). Поле ближней зоны существенно неравномерно и интенсивность быстро убывает с расстоянием (обратно пропорционально кубу расстояния).

Электромагнитное поле обладает энергией $W_{эм}$, которая зависит от его параметров

$$W_{эм} = \frac{1}{\pi} \int_V \vec{D}\vec{E}dV + \frac{1}{8\pi} \int_V \vec{H}\vec{B}dV,$$

где \vec{D} и \vec{B} – векторы электрической и магнитной индукции; V – объём пространства, занимаемого полем, и складывается из двух компонент: электрической (\vec{E}) и магнитной (\vec{H}). В ближней зоне от источника излучения поле имеет ярко выраженный электрический или магнитный характер с подавляющим преобладанием энергии одной компоненты. Во всех известных на сегодняшний день магнитоформирующих аппаратах электромагнитное поле возбуждается с помощью индукторов-соленоидов, либо индукторов-электромагнитов с преобладающей магнитной составляющей на частотах до 13,56 МГц (длина волны 22,13 м).

Возникающая при облучении магнитная связь двух электрических цепей излучателя и биообъекта в ближней зоне характеризуется их взаимной индуктивностью M , зависящая от индуктивности $L_{и}$ источника и L_p рецептора (приёмника) излучаемого сигнала и коэффициента связи $K_{св}$, т.е. $M = K_{св} \sqrt{L_{и}L_p}$. Так, если в цепи источника излучения протекает ток $I_{и}$, то в цепи рецептора излучения наведётся ЭДС равная

$$e = -M dI_{и}/dt = -i\omega M I_{и}. \quad (1)$$

Индуктивная ЭДС вызывает в цепи рецептора излучения ток I_p , величина которого определяется следующим образом

$$I_p = -i\omega M I_{и} / (i\omega L_p + z_p + z_{нр}), \quad (2)$$

где z_p – внутреннее сопротивление цепи рецептора; $z_{нр}$ – сопротивление нагрузки цепи рецептора.

В результате наведенное напряжение излучения источника на сопротивление нагрузки рецептора равно:

$$U_{нр} = -i\omega M I_{и} z_{нр} / (i\omega L_p + z_p + z_{нр}). \quad (3)$$

Проанализируем влияние магнитной составляющей излучения источника в его ближней зоне на кровеносную систему организма в частотном диапазоне. В области низких частот при $\omega L_p \ll |z_p + z_{нр}|$ выражение (3) примет вид

$$U_{нр} \approx -i\omega M I_{и} z_{нр} / (z_p + z_{нр}). \quad (4)$$

Таким образом, согласно (4) в области низких частот напряжение, наводимое в цепи рецептора, увеличивается пропорционально частоте.

В области достаточно высоких частот, т.е. при $\omega L_p \gg |z_p + z_{нр}|$ рост наводимого напряжения в соответствии с выражением (3) ограничивается самоиндукцией:

$$U_{нр} \approx -M z_{нр} I_{и} / L_p. \quad (5)$$

В частном случае настройки резонансного контура кровеносной системы или её элементов на основную частоту или гармоники основной частоты ω облучающего сигнала источника магнитоизлучения ток I_p в цепи рецептора излучения равен

$$I_p = -i\omega M I_{и} / r, \quad (6)$$

где r – активное сопротивление контура рецептора магнитоизлучения.

Наведенное напряжение $U_{кр}$ магнитоизлучения на рецепторе в виде контура кровеносной системы или частично замкнутой её ветви, волновое сопротивление которого $z_k = \omega L$, определяется как

$$U_{кр} = \omega M Q I_{и}, \quad (7)$$

где $Q = z_k / r$ – добротность контура.

Следовательно, в рассматриваемом случае совпадающих или близких частот источника и рецептора магнитоизлучения в виде контуров, образуемых кровеносной системой организмов, уровень наводимого напряжения прямо пропорционален добротности вероятных контуров. В свою очередь связь по магнитному полю оказывается тем опаснее, чем выше добротность предполагаемых контуров.

Выводы. Известные магнитогидродинамические эффекты показывают, что при действии магнитной составляющей ЭМП перпендикулярно потоку проводящей жидкости возникает сила, противодействующая движению, которая уменьшает среднюю скорость потока. При изучении процессов, моделирующих движение крови по сосудам, отмечается эффект снижения скорости потока в крупных сосудах в условиях действия магнитных полей значительных интенсивностей. Так, замедление потока на 25 % может наблюдаться в полях с индукцией 10 Тл [9].

В существующих магнитоформирующих аппаратах и системах переменное ЭМП возбуждается в диапазоне частот от инфранизких до 14 МГц (21,5 м). Следовательно, во всех применяемых аппаратах для магнитоизлучений воздействие осуществляется практически чистым магнитным полем, т.е. полем ближней зоны. С теоретической точки зрения с учётом геометрических размеров человека, индуктивные источники электромагнитного излучения будут обладать подобным действием на частотах до 100 МГц (длина волны 3 м). Исследования ряда авторов [10] показали, что ослабление интенсивности поля в биообъекте на расстоянии 0,2 м от поверхности тела составляет на частоте 10 МГц порядка 5 %. Следовательно в медицинских исследованиях и биологических экспериментах на первый план выступает не поглощение энергии МП, а его частотно-временные и пространственные параметры, особенно в части проявления процессов резонансного характера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демецкий А.М. Современное представление о механизмах действия магнитных полей // *Магнитология*. – 1991. – № 1. – С. 6 – 11.
2. Бухарин Е.А., Владимиров В.Н. и др. Проблемы электромагнитной нейробиологии. – М.: Наука, 1988. – С. 42 – 48.
3. Зюбанова Л.Ф., Литвинкова Е.И. Влияние импульсного магнитного поля на высшую нервную деятельность животных // *Проблемы электромагнитной нейробиологии*. – М.: Наука. – 1988. – С. 21 – 24.
4. Казанин В.И. Стадийность, обратимость и компенсация магнитобиологических реакций в изолированных клетках и тканях // *Медицинская радиология*. – 1986. – № 4. – С. 63 – 66.
5. Турзунски В. Влияние магнитных полей на реологические свойства крови в эксперименте на животных // *Магнитология*. – 1994. – № 1. – С. 86 – 87.
6. Холодов Ю.А., Козлов А.Н., Горбач А.Н. Магнитные поля биологических объектов. – М.: Наука, 1987. – 145 с.
7. Мизун Ю.Г., Мизун П.Г. магнитные бури и здоровье человека. – М.: Наука, 1990. – 46 с.
8. Тамм И.Е. Основы теории электричества. – М.: Наука, 1976. – 616 с.
9. Ванаг В.К., Кузнецов А.Н. Первичные механизмы действия магнитных полей и спиновые эффекты // *Биологические эффекты электромагнитных полей. Вопросы их использования и нормирования*. – Пуцино, 1989. – С. 15 – 49.
10. Викторов В.А., Малков Ю.В. К механизму лечебного действия низкочастотного ЭМП // *Магнитология*. – 1993. – № 1. – С. 3 – 7.

Поступила 1.04.2005

Рецензент: доктор технических наук, профессор В.Д. Сахацкий,
Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков