

Брагин А.И., Храмов К.К.

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: www.bragin2015@yandex.ru

Схема управления излучателем магнитного поля на основе плоской катушки для комплексного физиотерапевтического прибора

При лечении магнитным полем (магнитотерапии) на больного воздействуют постоянным, переменным, пульсирующим импульсным, а также «бегущим» или вращающимся магнитным полем. Перечисленные магнитные поля в отличие от высокочастотных не оказывают на организм больного теплового действия [1]. Затухание магнитного поля по мере удаления от его источника в биоткани имеет такой же характер, как и в свободном пространстве, и происходит пропорционально квадрату расстояния от источника.

В качестве источников магнитного поля используют постоянные магниты, создающие магнитные поля в десятки мТл, катушки с ферромагнитными сердечниками, катушки без сердечников (соленоиды или кольцевые контуры с электрическим током).

Для лечебного воздействия используют также различные виды низкочастотных магнитных полей, магнитная индукция которых не превышает 50 мТл [1, 2]. В основе механизма лечебного действия низкочастотных магнитных полей лежат те же закономерности, что и для постоянных полей. Однако главным действующим фактором является формирование в биоткани индуцированных электрических токов, плотность которых определяется скоростью изменения магнитной индукции, т. е. частотой и амплитудой магнитного поля. Эти токи могут оказывать решающее воздействие на клеточном уровне. Минимальные биологические эффекты наблюдаются при плотности индуцированного тока $1 \dots 10 \text{ мА/м}^2$. Эти токи наводятся в тканях организма при воздействии на него переменным полем с магнитной индукцией $0,5 \dots 5 \text{ мТл}$ при частоте 50 Гц или $10 \dots 100 \text{ мТл}$ при частоте 2,5 Гц [1].

Авторами [3] были обоснованы подходы к практической реализации мобильного прибора для комплексной физиотерапии, который предназначен для воздействия на лобные и височно-теменные области головы магнитными полями и слабыми электрическими токами. В работе [4] были получены графические зависимости магнитной индукции B и индуктивности L плоской однослойной катушки от силы тока I , числа витков n и ее геометрических размеров, а также приведены результаты расчета параметров такой катушки для ее применения в составе прибора для комплексной физиотерапии.

На основании проведенных расчетов была разработана схема управления излучателем магнитного поля на основе плоской однослойной катушки индуктивности (рис. 1,а). Схема представляет собой транзисторный каскад на полевом транзисторе VT, включенном по схеме с общим истоком. Сопротивления R_1 и R_2 образуют делитель входного импульсного напряжения G и обеспечивают необходимый режим работы транзистора. Диод VD служит для защиты транзистора от импульсов ЭДС самоиндукции. Сопротивление R_s ограничивает ток I , протекающий через индуктивность и транзистор, и является датчиком тока.

Схема управления была реализована в виде макетного образца (рис. 1,б) и исследована. На рис.

2 приведены осциллограммы импульсного напряжения U_s , создаваемого на сопротивление $R_s = 0,22 \text{ Ом}$. Импульсы имеют амплитуду $U_{sm} = 1,6 \text{ В}$. Это позволяет найти амплитуду импульсов тока, протекающего через индуктивность $I_m = U_{sm} / R_s = 7,27 \text{ А}$.

Из выражения [5]

$$B = \frac{\mu_0 I_m n}{2(b-a)} \ln \frac{b}{a},$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ – магнитная постоянная; a и b – внутренний и внешний радиусы катушки; n – число ее витков, найдем значение полной магнитной индукции в центре катушки

$$B = 3,87 \text{ мТл}.$$

Полученное значение магнитной индукции соответствует теоретическим расчетам, приведенным в [4] для выбранных геометрических параметров катушки.

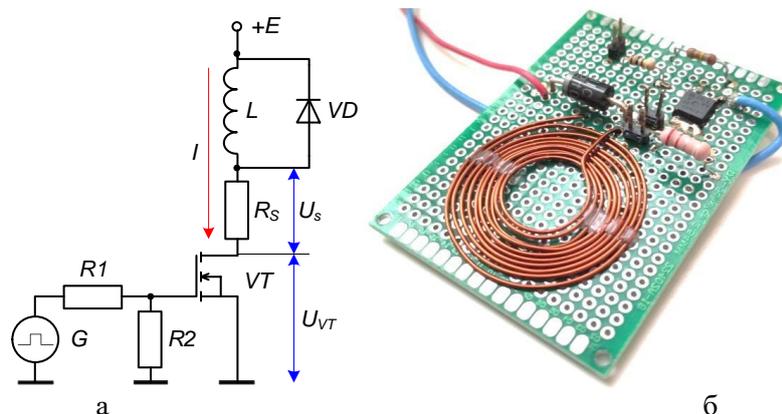


Рис. 1. Схема управления излучателем на основе плоской катушки (а) и практическая реализация схемы управления (б)

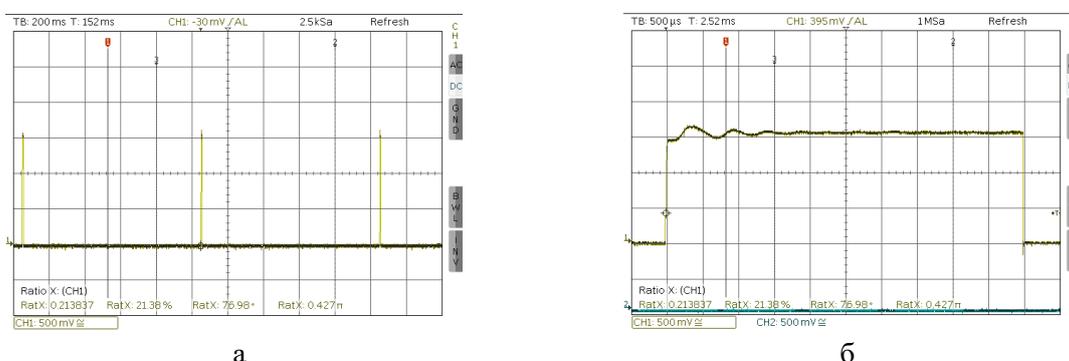


Рис. 2. Импульсное напряжение на сопротивлении R_s (а) и форма отдельного импульса (б)

В докладе проводится анализ результатов экспериментального исследования схемы управления и требований, предъявляемых к элементам и конструкции индуктора. Рассматриваются варианты построения мобильного прибора, реализующего режим «бегущего» импульсного магнитного поля.

Литература

1. Практическая физиотерапия: Руководство для врачей / А.А. Ушаков. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: ООО «Издательство «Медицинское информационное агентство». 2013. – 688 с.
2. Системы комплексной электромагнитотерапии: Учебное пособие для вузов / Под ред. А.М. Беркутова, В.И. Жулева, Г.А. Кураева, Е.М. Прошина. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2000 г. – 376 с.: ил.
3. Брагин А.И., Храмов К.К. Разработка и обоснование подходов к практической реализации прибора для комплексной физиотерапии // Наука и образование в развитии промышленной, социальной и экономической сфер регионов России. XIV Всероссийские научные Зворыкинские чтения: сб. тез. докл. Всероссийской научной конференции. Муром, 4 февр. 2022 г. – Муром: МИ ВлГУ, 2022. – 414 с.: ил. – [Электронный ресурс]: 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – С.196-197.
4. Брагин А.И. Выбор и расчет параметров катушек индуктивности для комплексного физиотерапевтического прибора // Научный потенциал молодежи – будущее России. XIV Всероссийские научные Зворыкинские чтения: сб. тез. докл. Всероссийской межвузовской научной конференции. Муром, 29 апреля 2022 г. – Муром: МИ ВлГУ, 2022. – 975 с.: ил. – [Электронный ресурс]: 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – С.409-410.
5. Иродов И.Е. Электромагнетизм. Основные законы / И.Е. Иродов. – 7-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 319 с.: ил. – (Технический университет. Общая физика). ISBN 978-5-9963-0064-8