

Брагин А.И.

Научный руководитель – доцент, канд. техн. наук К.К. Храмов  
 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

### Выбор и расчет параметров катушек индуктивности для комплексного физиотерапевтического прибора

При физиотерапии на организм человека воздействуют разными типами магнитных волн: постоянным, переменным, пульсирующим, импульсным, бегущим, вращающимся. Важным параметром при воздействии магнитным полем на организм человека является индукция магнитного поля, которую в литературе также называют плотностью магнитного поля [1]. В качестве источников магнитного поля используются постоянные магниты, катушки с ферромагнитными сердечниками, а также катушки без сердечников.

При использовании в физиотерапевтической практике наиболее предпочтительными оказываются плоские катушки индуктивности (рис.1), поскольку они за счет своих геометрических и конструктивных особенностей обеспечивают большую по сравнению с цилиндрическими катушками компактность приборов, в которых они применяются [2].

Рассмотрим основные соотношения для расчета параметров плоской однослойной катушки индуктивности.

Магнитная индукция одной круговой токопроводящей петли радиуса  $r$  определяется выражением [3]

$$B_0 = \frac{\mu_0 I}{2r},$$

где  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м – магнитная постоянная;  $I$  – сила тока.

Плоская спираль состоит из концентрических круговых петель, имеющих разные радиусы, варьирующиеся от  $a$  до  $b$  (рис.1).

Полная магнитная индукция в центре

$$B = \int \frac{\mu_0 I}{2r} dn, \quad (1)$$

где  $dn$  – число витков в интервале  $[r, r+dr]$ . Отсюда следует, что  $dn = \frac{n}{b-a} dr$ .

Подставляя значение для  $dn$  в (1) и интегрируя результат по  $r$  между  $a$  и  $b$ , получаем [3]:

$$B = \int_a^b \frac{\mu_0 I}{2r} \frac{n}{(b-a)} dr = \frac{\mu_0 I n}{2(b-a)} \ln \frac{b}{a}.$$

Магнитный момент витка радиуса  $r$  равен  $p_m = I\pi r^2$ . Для  $n$  витков имеем [3]

$$p = \int p_m dn = \int_a^b I\pi r^2 \frac{n}{(b-a)} dr = \frac{\pi I n}{3(b-a)} (b^3 + a^3).$$

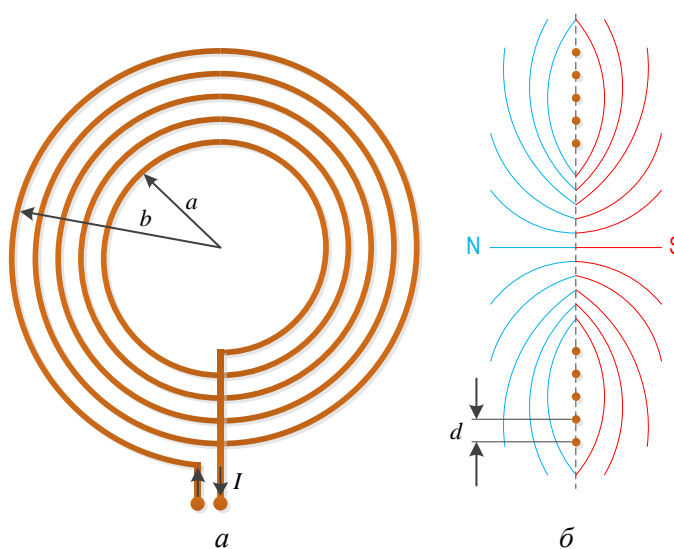


Рис.1. Плоская катушка индуктивности (а) и ее сечение (б)

Для расчета индуктивности однослойной круглой спиральной катушки используется выражение

$$L = 31,33 \mu_0 n^2 \frac{c^2}{8c + 11(b - a)},$$

где  $c = (a + b)/2$  – средний радиус катушки.

Активное сопротивление катушки

$$R = \rho l / S,$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление материала провода;  $S = \pi D^2 / 4$  – площадь поперечного сечения провода;  $D$  – диаметр провода;  $l$  – длина провода, которую можно найти как длину спирали Архимеда, используя выражение

$$l = \frac{d}{2\pi} \left[ \frac{\varphi_1}{2} \sqrt{\varphi_1^2 + 1} + \frac{1}{2} \ln(\varphi_1 + \sqrt{\varphi_1^2 + 1}) - \frac{\varphi_0}{2} \sqrt{\varphi_0^2 + 1} - \frac{1}{2} \ln(\varphi_0 + \sqrt{\varphi_0^2 + 1}) \right],$$

где  $d$  – шаг спирали;  $\varphi_0$  и  $\varphi_1$  – начальный и конечный углы поворота спирали Архимеда, которые связаны с внутренним и внешним радиусом равенствами

$$a = \frac{d}{2\pi} \varphi_0; \quad b = \frac{d}{2\pi} \varphi_1.$$

В результате расчетов были получены графические зависимости магнитной индукции  $B$  и индуктивности  $L$  плоской однослойной катушки индуктивности от силы тока  $I$ , числа витков  $n$  и ее геометрических размеров.

В докладе приводится обоснованный выбор и результаты расчета параметров рассмотренной катушки для ее применения в составе прибора для комплексной физиотерапии.

### Литература

1. Практическая физиотерапия. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ООО «Медицинское информационное агентство». 2009. – 608 с.
2. 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.
3. 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