

О связи импеданса магнитного поля с индуктивностью контура Акопов В. В.

Акопов Вачакан Ваграмович / Akopov Vachakan Vagramovich – учитель физики,
Муниципальное образовательное учреждение
Средняя общеобразовательная школа № 6, с. Полтавское, Ставропольский край

Аннотация: в статье рассматривается связь между импедансом магнитного поля и индуктивностью. Полученную формулу можно использовать для углубленного изучения учащимися раздела «Электродинамика» и при расчётах магнитных цепей.

Ключевые слова: магнитное сопротивление, импеданс, частота, индуктивность.

Как известно, магнитное сопротивление магнитной цепи выражается формулой:

$$R_m = \frac{N}{L}, \quad (1)$$

где N – число витков контура, L – индуктивность контура [1, с. 42-43].

Также известно, что магнитное сопротивление магнитной цепи выражается формулой:

$$R_m = \frac{\nu}{Z}, \quad (2)$$

где ν – частота электромагнитных колебаний, Z – импеданс магнитного поля в однородной среде [2, с. 28].

Приравняв выражения (1) и (2), получим:

$$\frac{N}{L} = \frac{\nu}{Z},$$

отсюда $Z = \frac{L \cdot \nu}{N}. \quad (3)$

Таким образом, импеданс магнитного поля прямо пропорционален индуктивности контура.

Задача 1. По катушке, имеющей 150 витков, протекает переменный ток, создающий магнитное поле. При этом напряжение на зажимах катушки 20В и сила тока в ней 1А. Вычислите импеданс магнитного поля катушки.

Дано:
 $N = 150$ витков
 $U = 20В$
 $I = 1А$
 $\nu = 50 Гц$

$Z = ?$

Решение:

Импеданс магнитного поля катушки определим по формуле:

$$Z = \frac{L \cdot \nu}{N}. \quad (1)$$

Индуктивность катушки выражается формулой:

$$L = \frac{U}{2\pi \cdot N \cdot I}. \quad (2)$$

Используя выражения (1) и (2), получим:

$$Z = \frac{U \cdot \nu}{2\pi \cdot N \cdot I}.$$

Подставляя исходные данные, получим:

$$Z = \frac{20В \cdot 50 Гц}{2 \cdot 3,14 \cdot 150 \cdot 1А} \approx 1,1 Ом.$$

Ответ: $Z = 1,1 Ом$.

Задача 2. Катушка с железным сердечником имеет 400 витков и обладает индуктивностью 0,36 Гн. Какова магнитная проницаемость материала, если циклическая частота электромагнитных колебаний равна $10,53 \cdot 10^8 \text{ рад/с}$. Импеданс магнитного поля в вакууме $Z' = 120\pi Ом$.

Дано:
 $N = 400$ витков
 $L = 0,36 Гн$
 $Z' = 120\pi Ом$

$\omega = 10,53 \cdot 10^8 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$

Решение:

Импеданс магнитного поля катушки в однородной среде выражается формулой:

$$Z = \mu \cdot Z'. \quad (1)$$

Импеданс магнитного поля катушки определим по формуле:

$\mu - ?$

$$Z = \frac{L \cdot \nu}{N} \quad (2)$$

Используя выражения (1) и (2), получим:

$$\mu = \frac{L \cdot \nu}{N \cdot Z} \quad (3)$$

Частота электромагнитных колебаний определяется из формулы:

$$\omega = 2\pi\nu, \text{ откуда } \nu = \frac{\omega}{2\pi} \quad (4)$$

Используя выражения (3) и (4), имеем:

$$\mu = \frac{L \cdot \omega}{2\pi \cdot N \cdot Z}$$

Подставляя исходные данные в полученное выражение, получим:

$$\mu = \frac{0,36 \text{ Гн} \cdot 10,55 \cdot 10^8 \frac{\text{рад}}{\text{с}}}{2 \cdot 3,14 \cdot 400 \cdot 120 \cdot 3,14 \text{ Ом}} \approx 400.$$

Ответ: $\mu = 400$.

Задача 3. Катушка без сердечника обладает индуктивностью 24 Гн . Найти число витков этой катушки, если импеданс магнитного поля $2,4 \text{ Ом}$ при циклической частоте $314 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$.

Дано:

$$L = 24 \text{ Гн}$$

$$Z = 2,4 \text{ Ом}$$

$$\omega = 314 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Решение:

Импеданс магнитного поля катушки определим по формуле:

$$Z = \frac{L \cdot \nu}{N}, \text{ откуда } N = \frac{L \cdot \nu}{Z} \quad (1)$$

Учитывая, что

$$\omega = 2\pi\nu, \text{ откуда } \nu = \frac{\omega}{2\pi} \quad (2)$$

Используя выражения (1) и (2), получим:

$$N = \frac{L \cdot \nu}{Z} = \frac{\omega \cdot L}{2\pi \cdot Z} \quad (3)$$

Подставляя исходные данные в выражение (3), получим:

$$N = \frac{314 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \cdot 24 \text{ Гн}}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,4 \text{ Ом}} \approx 500 \text{ витков.}$$

Ответ: $N = 500$ витков.

Литература

1. Акопов В. В. О связи между магнитным сопротивлением и индуктивностью контура // Физика в школе, 2014. №1. С. 42–43.
2. Акопов В. В. О связи магнитного сопротивления с импедансом магнитного поля // Наука, техника и образование. № 4(10), 2015. 28 с.