

Урок №30 (2.04.2019)

Трансформатор – решение задач

1. Первичная обмотка трансформатора включена в сеть с эффективным напряжением U_0 , при этом известно, что при сопротивлении активной нагрузки R во вторичной обмотке трансформатора течёт ток I . Найти коэффициент трансформации, если активное сопротивление вторичной обмотки равно r , а активным сопротивлением первичной обмотки можно пренебречь.

Примечание. Важно помнить, что коэффициент трансформации определяется как отношение ЭДС обмоток, а не напряжений на обмотках.

2. Имеются два одинаковых идеальных трансформатора с коэффициентом трансформации 1:3. Первичная обмотка одного из них последовательно соединена со вторичной обмоткой второго и свободные концы этих обмоток включены в сеть переменного тока с напряжением 100 В. Вторичная обмотка первого трансформатора последовательно соединена с первичной обмоткой второго. Определить амплитуду переменного напряжения между свободными концами этих обмоток.

Решение. ЭДС индукции пропорциональна скорости изменения магнитного потока и количеству витков. В свою очередь при переменном токе магнитный поток вызывается током и тоже пропорционален количеству витков. Следовательно, для первичных обмоток обоих трансформаторов можно записать: $\varepsilon_i \sim n_i^2$, и $\varepsilon_1 = 9\varepsilon_2$. (Кстати, если считать обмотки трансформатора соленоидами, то это следует из того, что для соленоида $L \sim n^2$). При этом $\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = U_0$ и $\varepsilon_1 = 90 \text{ В}$, а $\varepsilon_2 = 10 \text{ В}$. Соответственно на вторичных обмотках $\varepsilon_1' = \frac{1}{3}\varepsilon_1 = 30 \text{ В}$ и $\varepsilon_2' = 3\varepsilon_2 = 30 \text{ В}$. Полное напряжение зависит от того, как соединены обмотки и может быть либо 60 В, либо ноль.

■

3. (Квант, Ф454) Если на первичную обмотку ненагруженного трансформатора подать напряжение $U_0 = 220 \text{ В}$, то напряжение на вторичной обмотке будет $U_1 = 127 \text{ В}$. Какое напряжение U_2 будет на нагрузке с сопротивлением $R = 10 \text{ Ом}$, подключенной ко вторичной обмотке этого трансформатора, при том же входном напряжении? Активное сопротивление первичной обмотки трансформатора $r_1 = 2 \text{ Ом}$, а вторичной $r_2 = 1 \text{ Ом}$. Внутреннее сопротивление генератора тока принять равным нулю. КПД трансформатора считать близким к единице.

Решение. Обозначим ЭДС на первичной обмотке через ε_1 , а на вторичной – через ε_2 . Если трансформатор не нагружен, очевидно $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{U_0}{U_1}$. Когда трансформатор нагружен, по обмоткам начинают течь токи I_1 и I_2 соответственно. Применяя второе правило Кирхгоффа, можем записать:

$$U_0 - \varepsilon_1 = r_1 \cdot I_1$$

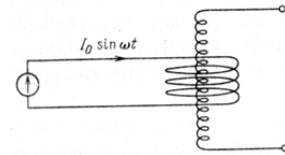
$$\varepsilon_2 = (r_2 + R) \cdot I_2$$

При этом утверждение, что КПД трансформатора $\eta \approx 1$ означает, что $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = k = \frac{I_2}{I_1}$.

Исключая $\varepsilon_1, \varepsilon_2, I_1$ из уравнений, получаем: $I_2 = \frac{kU_0}{k^2(R+r_2)+r_1}$, или

$$U_2 = I_2 R = \frac{kU_0 R}{k^2(R+r_2)+r_1} = 110 \text{ В}. \blacksquare$$

4. Короткий соленоид радиуса R расположен вокруг длинного соленоида радиуса r . Оси соленоидов совпадают. Число витков на единицу длины длинного соленоида n , число витков короткого соленоида N . Через короткий соленоид течёт ток $I(t) = I_0 \sin \omega t$. Определите напряжение на концах длинного соленоида.



Решение. Очевидно, нам надо найти взаимную индуктивность этих соленоидов. Обозначим короткий соленоид индексом «1», а длинный – «2». Тогда нам надо найти $M_{21} = \frac{\Phi_{21} N_2}{I_1}$, что очень сложно.

Вспомним, что $M_{21} = M_{12}$. Пусть по длинному соленоиду течёт ток I_2 . Тогда в соленоиде возникает магнитное поле $B_2 = \mu_0 n I_2$. Поток магнитного поля через каждый виток катушки 1 будет $\Phi_{12} = B_2 \cdot \pi r^2$, а потокосцепление катушек будет $N \Phi_{12}$. Тогда, по определению, $M_{12} = \frac{\Phi_{12} N}{I_2} = \mu_0 n N \pi r^2 = M_{21}$.

Для ЭДС, возникающей на соленоиде 2, имеем: $\varepsilon_2 = -M_{21} \frac{dI_1}{dt}$, или $\varepsilon_2 = -\mu_0 n N \pi r^2 I_0 \omega \cos(\omega t)$. \blacksquare