

## 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  $\varepsilon_1$ , а на вторичной – через  $\varepsilon_2$ . 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:

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

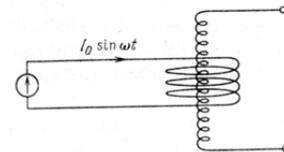
$$\varepsilon_2 = (r_2 + R) \cdot I_2$$

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  $\varepsilon_2 = -\mu_0 n N \pi r^2 I_0 \omega \cos(\omega t)$ . ■