

«РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСФОРМАТОРОВ»

Цель занятия – сформировать умения решать задачи на расчет параметров однофазных и трехфазных трансформаторов.

Обучающийся должен уметь:

- анализировать представленную ситуацию в задаче;
- производить краткую запись условия задачи с помощью буквенных обозначений;
- переводить электротехнические величины в международную систему измерений;
- выбирать план решения задачи;
- записывать основную формулу для решения задачи;
- производить вывод неизвестной величины из выбранной формулы и выполнять ее математический расчет;
- проверять правильность решения задачи;
- оформлять решение задачи.

ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕМЫ

Трансформаторы – это электромагнитные устройства, преобразующие переменный ток одного напряжения в переменный ток другого напряжения.

Основными параметрами трансформаторов являются:

- W_1 – число витков первичной обмотки;
- W_2 – число витков вторичной обмотки;
- U_1 (В) – напряжение на первичной обмотке;
- U_2 (В) – напряжение на вторичной обмотке;
- I_1 (А) – сила тока в первичной обмотке;
- I_2 (А) – сила тока во вторичной обмотке.

Отношение напряжений на зажимах первичной и вторичной обмоток трансформатора называют коэффициентом трансформации:

$$n = \frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2}$$

n - коэффициент трансформации.

Определить коэффициент трансформации можно и через силу тока:

$$n = I_2 / I_1$$

Определение коэффициента трансформации позволяют сделать вывод, что мощность на входе и выходе трансформатора одинакова:

$$P = U_1 I_1 = U_2 I_2$$

P (Вт) – активная мощность трансформатора.

Однако из-за потерь в трансформаторе такого идеального равенства добиться не возможно.

При работе трансформатора из-за вихревых токов греется сердечник, обмотки, по которым протекает тот же нагреваются. Возникают электрические потери в меди проводов и потери в стали сердечника.

Коэффициент полезного действия трансформатора представляет собой отношение активной мощности P_2 , на выходе трансформатора, к активной мощности P_1 , подводимой к трансформатору:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

η - КПД трансформатора;

P_1 (Вт) – мощность на входе трансформатора;

P_2 (Вт) – мощность на выходе трансформатора

С учетом потерь в трансформаторе:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P_{ст} + \Delta P_M} = \frac{U_2 I_2 \cos \varphi_2}{U_2 I_2 \cos \varphi_2 + \Delta P_{ст} + \Delta P_M}.$$

$\Delta P_{ст}$ (Вт) – потери в стали сердечника;

ΔP_M (Вт) – потери в меди.

Трехфазный трансформатор

Трехфазный ток можно получить с помощью трех однофазных трансформаторов, у которых обмотки фаз высшего и низшего напряжений могут соединяться звездой или треугольником.

Если обе обмотки соединены звездой, то такое соединение обозначается Y/Y . В числителе указывается способ соединения обмоток фаз высшего напряжения, а в знаменателе — низшего напряжения.

При соединении Y/Δ , то есть фазы высшего напряжения соединены звездой, а фазы низшего напряжения — треугольником.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК ТРАНСФОРМАТОРА

Схемы соединения обмоток		Группы	Условные обозначения	Векторные диаграммы напряжений	
				ВН	НН
		0	Y/Y-0		
		II	Y/Delta-II		
		II	Delta/Y-II		

Коэффициент трансформации определяется по отношению линейных напряжений первичной и вторичной цепи:

При соединении обмоток по типу звезда-звезда:

$$K = U_{Л1} / U_{Л2} = \sqrt{3} U_{\Phi 1} / \sqrt{3} U_{\Phi 2} = W_1 / W_2$$

При соединении обмоток по типу звезда-треугольник:

$$K = U_{Л1} / U_{Л2} = \sqrt{3} U_{\Phi 1} / U_{\Phi 2} = \sqrt{3} W_1 / W_2$$

При соединении обмоток по типу треугольник-звезда:

$$K = U_{Л1} / U_{Л2} = U_{\Phi 1} / \sqrt{3} U_{\Phi 2} = W_1 / \sqrt{3} W_2$$

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача №1

Понижающий трансформатор с коэффициентом трансформации 10 включен в сеть напряжением 220В. Найти напряжение на выходе трансформатора, если сопротивление вторичной обмотки 0,2 Ом, а сопротивление полезной нагрузки 2 Ом.

Решение

1. Используя коэффициент трансформации, находим ЭДС, индуцируемую во вторичной обмотке:

$$E = \frac{U}{k}$$

Из закона Ома для полной цепи вторичной обмотки трансформатора находим значение ЭДС:

$$E = I(R+r)$$

r – сопротивление вторичной обмотки;

R – сопротивление полезной нагрузки.

2. Из равенства двух формул находим значение силы тока:

$$I(R+r) = \frac{U}{k}$$

$$I = \frac{U}{(R+r)k}$$

3. Напряжение на выходе трансформатора равно падению напряжения на сопротивлении полезной нагрузки:

$$U_B = \frac{UR}{(R+r)k} = \frac{220 \cdot 2}{(2+0,2)10} = 20B$$

Задача №2

Чтобы узнать, сколько витков содержится в первичной и вторичной обмотках трансформатора, на вторичную катушку намотали 11 витков провода. При включении первичной обмотки в сеть напряжением 220В вольтметр показал, что на обмотке с 11 витками напряжение равно 4,4В, а на вторичной обмотке – 12В. Сколько витков в первичной и вторичной обмотках?

Решение

1. Коэффициент трансформации через значения основных и дополнительных обмоток трансформатора:

$$k = \frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2}$$

$$k = \frac{n_1}{\Delta n} = \frac{U_1}{\Delta U}$$

$n_1, n_2, \Delta n$ – число витков в первичной, вторичной и дополнительной обмотках трансформатора;

$U_1, U_2, \Delta U$ – соответствующие напряжения.

2. Из второго соотношения находим число витков первичной обмотки:

$$n_1 = \frac{\Delta n \cdot U_1}{\Delta U} = \frac{11 \cdot 220}{4,4} = 550$$

3. Из первого соотношения находим число витков вторичной обмотки:

$$n_2 = \frac{n_1 \cdot U_2}{U_1} = \frac{550 \cdot 12}{220} = 30$$

Задача №3

Трансформатор, содержащий в первичной обмотке 840 витков, повышает напряжение с 220В до 660В. Определить коэффициент трансформации и число витков во вторичной обмотке. В какой обмотке провод имеет большее сечение?

Решение

1. Коэффициент трансформации вычисляем по формуле:

$$k = \frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{220}{660} = \frac{1}{3}$$

2. Вычисляем число витков вторичной обмотки:

$$n_2 = \frac{n_1}{k} = \frac{840}{1/3} = 2520$$

3. Согласно полученному количеству витков вторичной обмотки, сечение провода первичной обмотки больше.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задача №1.

Обмотки трансформатора сделаны из провода разного сечения. Какая из обмоток содержит большее число витков – повышающая или понижающая?

Задача №2.

Понижающий трансформатор с числом витков во вторичной обмотке $N_2 = 140$ понижает напряжение с $U_1 = 22000\text{В}$ до $U_2 = 110\text{В}$. Сколько витков имеет ее первичная обмотка N_1 ?

Задача №3.

Первичная обмотка повышающего трансформатора содержит $N_1 = 100$ витков, а вторичная - $N_2 = 1000$, напряжение в первичной цепи $U_1 = 120\text{В}$. Какое напряжение во вторичной цепи U_2 ?

Задача №4.

Сила тока в первичной обмотке трансформатора $I_1 = 0,5\text{А}$, напряжение на его концах $U_1 = 220\text{В}$. Напряжение на концах вторичной обмотки $U_2 = 9,5\text{В}$. Определить силу тока во вторичной обмотке I_2 ?

Задача №5.

Повышающий трансформатор создает во вторичной цепи силу тока 2А при напряжении 2200В. Напряжение в первичной обмотке равно 110В. Чему равна сила тока в первичной обмотке?

Задача №6.

Вольтметр, включенный в сеть переменного тока с частотой 50Гц, показывает 220В. Написать формулу для вычисления мгновенного значения напряжения.

Задача №7.

Сколько витков должна иметь вторичная обмотка трансформатора, чтобы повысить напряжение с 220 В до 11000 В, если в первичной обмотке 20 витков? Каков коэффициент трансформации? (1000, 0,02)

Задача №8.

Под каким напряжением находится первичная обмотка трансформатора. Имеющая 1000 витков, если во вторичной обмотке 3500 витков и напряжение 105 В? (30 В)

Задача №9.

Мощность, потребляемая трансформатором, 90 Вт. Определить силу тока во вторичной обмотке, если напряжение на зажимах вторичной обмотки 12 В и КПД трансформатора 75%. (5,6 А)