

Лабораторная работа

ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Цель работы:

- 1) Закрепить практические знания принципа действия и устройства трансформатора.
- 2) Исследовать основные свойства трансформатора.

1. Общие сведения

Трансформатором называется статический электромагнитный аппарат, в котором переменный ток одного напряжения преобразуется в переменный ток той же частоты, но другого напряжения.

Трансформатор состоит из стального сердечника, собранного из тонких листов электротехнической стали, так же как в катушках индуктивности с ферромагнитным сердечником, изолированных друг от друга с целью снижения потерь мощности на гистерезис и вихревые токи. На сердечнике однофазного трансформатора (рис. 1) в простейшем случае расположены две обмотки, выполненные из изолированного провода. К первичной обмотке подводится питающее напряжение U_1 . С вторичной обмотки снимается напряжение U_2 , которое подводится к потребителю электрической энергии.

Во многих случаях трансформатор имеет не одну, а две или несколько вторичных обмоток, к каждой из которых подключается свой потребитель электроэнергии.

Принцип действия трансформатора основан на законе электромагнитной индукции, который реализуется следующим образом. При протекании переменного тока по первичной катушке в стальном сердечнике возникает переменный магнитный поток Φ (рис. 1).

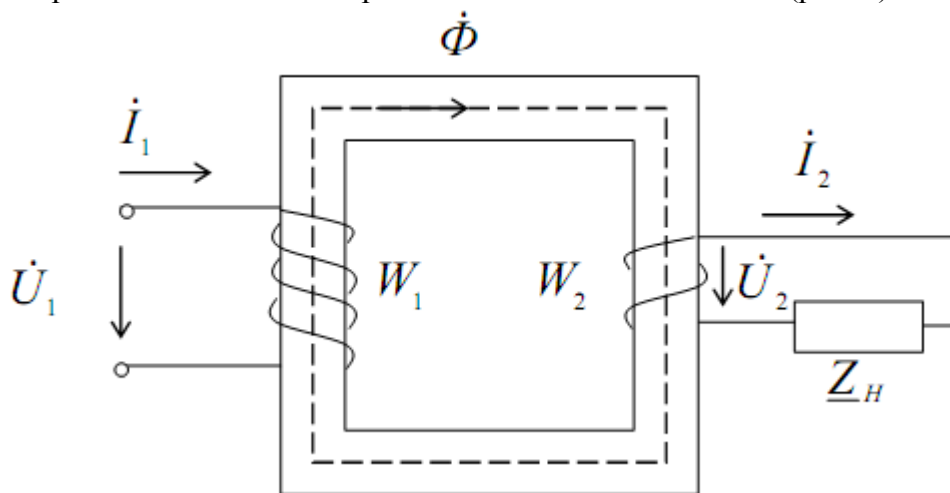


Рис. 1. Схема, поясняющая работу трансформатора

Магнитный поток Φ , пронизывая витки первичной и вторичной катушек, индуцирует в них ЭДС E_1 и E_2 , которые определяются следующими выражениями:

$$E_1 = 4.44 \Phi_m W_1 f,$$
$$E_2 = 4.44 \Phi_m W_2 f,$$

где Φ_m – амплитудное значение магнитного потока;

W_1 и W_2 – число витков первичной и вторичной обмоток;

f – частота изменения тока и напряжения источника переменного тока. В лабораторной работе $f = 50$ Гц.

Таким образом, соотношение ЭДС E_1 и E_2 обмоток трансформатора зависит от соотношения чисел витков первичной и вторичной обмоток W_1 и W_2 .

Отношение ЭДС обмотки высшего напряжения к ЭДС обмотки низшего напряжения называется коэффициентом трансформации трансформатора (n_T):

$$n_T = \frac{E_B}{E_H} = \frac{4.44 \cdot \Phi_m W_1 f}{4.44 \cdot \Phi_m W_2 f} = \frac{W_1}{W_2}$$

Если $W_1 > W_2$, то $E_1 > E_2$ и трансформатор будет понижающий.

Если $W_1 < W_2$, то $E_1 < E_2$ и трансформатор будет повышающий.

При исследовании появляется необходимость проведения опыта холостого хода трансформатора. Этот опыт проводится в целях определения коэффициента трансформации n_T , магнитного потока Φ_m , а также потерь мощности $P_{Тном}$ в сердечнике магнитопровода трансформатора при номинальном режиме.

При опыте холостого хода к первичной обмотке трансформатора подводится напряжение, равное номинальному его значению U_1 ном. Вторичная обмотка трансформатора при этом разомкнута, так как в цепи ее отсутствует нагрузка. В результате этого ток во вторичной обмотке оказывается равным нулю ($I_2 = 0$), в то время как в цепи первичной обмотки трансформатора будет ток холостого хода I_0 , значение которого обычно невелико и составляет порядка 4...10% от номинального значения тока в первичной обмотке I_1 ном. С увеличением номинальной мощности трансформатора относительное значение тока холостого хода снижается.

На холостом ходу, когда падение напряжения в трансформаторе мало, отношение ЭДС E_1 и E_2 можно заменить отношением напряжений на зажимах обмоток трансформатора U_B и U_H т.е.

$$n_T = \frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1}{U_2}$$

Воспользовавшись вторым законом Кирхгофа для первичной и вторичной цепи трансформатора в режиме холостого хода, можно получить следующие уравнения электрического равновесия:

- для первичной цепи: $\dot{U}_1 = \dot{E}_1 + \dot{I}_1 Z_1;$

- для вторичной цепи: $\dot{U}_2 = \dot{E}_2,$

где Z_1 – полное сопротивление первичной обмотки.

При работе с нагрузкой вторичная цепь замкнута и по ней протекает под действием ЭДС E_2 ток нагрузки I_2 . В этом случае для вторичной цепи можно записать уравнение:

$$\dot{U}_2 = \dot{E}_2 - \dot{I}_2 Z_2$$

где Z_2 – полное сопротивление вторичной обмотки трансформатора.

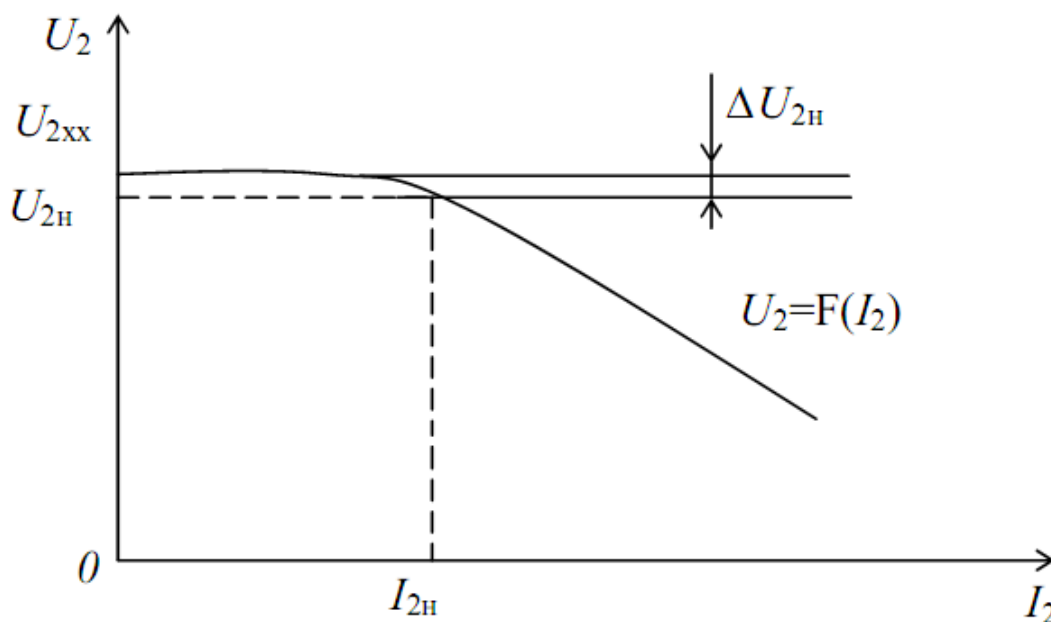


Рис. 2. Внешняя характеристика трансформатора

На рисунке 2 обозначения имеют следующую расшифровку:

U_{2xx} – вторичное напряжение трансформатора на холостом ходу.

$U_{2н}$ – вторичное напряжение при номинальной нагрузке трансформатора

I_{2x} – ток вторичной цепи при номинальной нагрузке трансформатора

Из последнего уравнения видно, что с увеличением тока I_2 напряжение U_2 уменьшается. Это явление хорошо видно на внешней характеристике трансформатора (рис. 2), т.е. зависимости напряжения на зажимах вторичной обмотки U_2 от тока нагрузки I_2 при постоянном первичном напряжении и частоте $\cos(\varphi)$.

Разность между вторичным напряжением при холостом ходе (U_{2xx}) и вторичным напряжением при нагрузке ($U_{2н}$) называется потерей напряжения в трансформаторе (ΔU_2).

$$\Delta U = U_{2xx} - U_2 \text{ или } \Delta U\% = (U_{2xx} - U_2) / U_{2xx} * 100\%$$

КПД современных трансформаторов весьма высок. С увеличением номинальной мощности трансформатора КПД растет, причем для мощных трансформаторов он достигает значений порядка 98-99%.

2. Порядок выполнения работы

- 1) Ознакомиться с оборудованием рабочего места и его номинальными параметрами.
- 2) Собрать схему испытываемого трансформатора (рис. 3), включив в качестве нагрузки реостат R_H .

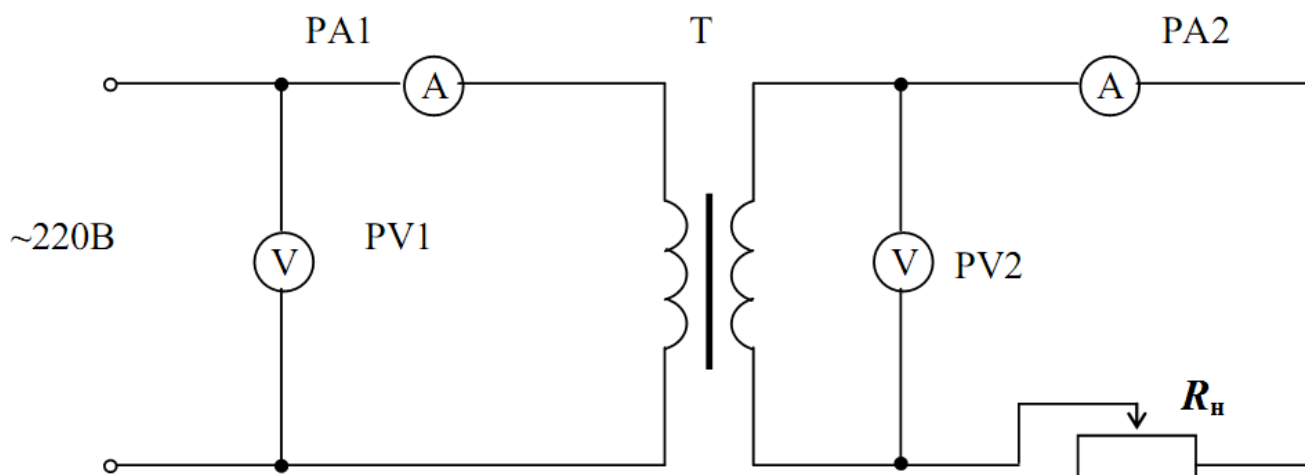


Рис. 3. Схема включения однофазного трансформатора:

R_H – сопротивление нагрузки (реостат); PA1 – амперметр на 2 А; PA2 – амперметр на 10 А;
PV1 – вольтметр на 250 В; PV2 – вольтметр на 50 В; Т – однофазный трансформатор

- 3) Подать напряжение на схему, предварительно выключив все лампы лампового резистора R_H .

Записать показания амперметров и вольтметров в табл. 1.

- 4) Изменяя сопротивление реостата, изменять нагрузку трансформатора от 0 до максимально возможной.

Записать в табл. 1 показания амперметров и вольтметров для 5-6 точек внешней характеристики.

- 5) Выключить все лампы нагрузочного резистора и отключить схему.

Показать результаты измерений преподавателю и с его разрешения разобрать схему.

Таблица 1

№ п.п	Опытные данные				Расчетные данные			
	U_1	I_1	U_2	I_2	S_1	S_2	ΔU	n_T
	В	А	В	А	ВА	ВА	%	
1								
2								
3								
4								
5								
6								

3. Содержание отчёта

- 1) Перечень и номинальные данные используемой аппаратуры.
- 2) Электрическая схема (рис. 3).
- 3) Заполненная табл. 1.
- 4) Расчётные формулы, по которым производились вычисления.
- 5) Внешняя характеристика трансформатора.

4. Контрольные вопросы

- 1) Объясните устройство и принцип действия однофазного трансформатора.
- 2) Объясните, почему коэффициент трансформации трансформатора определяется из опыта холостого хода.
- 3) В какой цепи, первичной или вторичной, ток больше и почему?
- 4) Что происходит с током в первичной обмотке при увеличении тока во вторичной обмотке?
- 5) Что происходит с напряжением на зажимах вторичной обмотки при увеличении в ней тока?