

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра общей и технической физики

Отчет по лабораторной работе №14

По дисциплине _____ **ФИЗИКА** _____
(наименование учебной дисциплины согласно учебному плану)

Тема: Исследование работы однофазного трансформатора.

Автор: студент гр. _____ ПМК-22 _____ Николаев А.А.
(шифр группы) (подпись) (Ф.И.О.)

ОЦЕНКА: _____

Дата:

Проверил: _____
(должность) (подпись) (Ф. И. О.)

Санкт-Петербург

2023

Цель работы

Изучение явления электромагнитной индукции и взаимной индукции при помощи трансформатора. Ознакомление с принципом действия однофазного трансформатора. Экспериментальное определение и исследование характеристик однофазного трансформатора.

Изучаемое явление- электромагнитная индукция

Краткое теоретическое содержание

Трансформатор – электромагнитное устройство, предназначенное для преобразования переменного напряжения одной величины в переменное напряжение другой величины без изменения частоты тока.

Электромагнитная индукция – это явление возникновения тока в замкнутом проводнике при прохождении через него магнитного потока, изменяющегося со временем.

Мощность электрического тока – физическая величина, характеризующая скорость передачи или преобразования электрической энергии. Численно равна работе, совершенной в единицу времени.

Коэффициент полезного действия (КПД) — характеристика эффективности системы (устройства, машины) в отношении преобразования или передачи энергии; определяется отношением отдаваемой активной мощности к потребляемой.

Взаимная индукция – явление возникновения ЭДС индукции в одном контуре при изменении силы тока в другом контуре.

Самоиндукция — это явление возникновения ЭДС индукции в проводящем контуре при изменении протекающего через контур тока.

Принцип действия трансформатора основан на законе электромагнитной индукции Фарадея, заключающийся в том, что при всяком изменении магнитного потока, пронизывающего какой-либо проводящий контур, в нем наводится (индуцируется) электродвижущая сила электромагнитной индукции. При этом направление ЭДС таково, что возникающий в контуре под действием данной ЭДС индуцированный ток создает магнитное поле, препятствующее изменению магнитного потока, вызвавшего этот ток (правило Ленца).

Схема установки

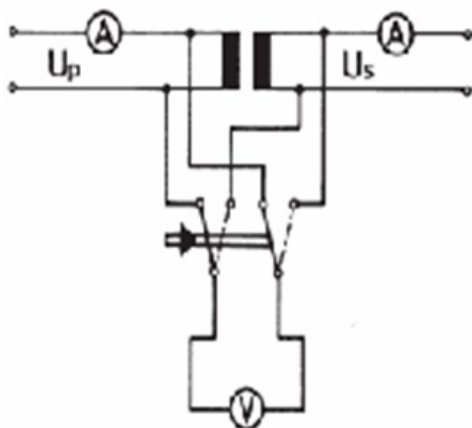


Рис.1

A – амперметр

V – вольтметр

U_p – напряжение питания

U_s – напряжение сопротивления

Основные расчетные формулы

1. Коэффициент трансформации

$$K = \frac{U_1}{U_2}, \text{ где}$$

U_1, U_2 - напряжения на первичной и вторичной обмотках соответственно.

2. Полезная мощность, Вт

$$P_1 = U_1 \cdot I_1, \text{ где}$$

I_1 – сила тока в первичной обмотке, А.

3. Передаваемая мощность (выходная мощность), Вт

$$P_2 = U_2 \cdot I_2, \text{ где}$$

I_2 – сила тока во вторичной обмотке, А.

4. КПД трансформатора

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%$$

Исходные данные:

$$N_1 = 140$$

$$N_2 = 84$$

Погрешность прямых измерений:

$$\Delta U = 0,01 \quad \Delta I = 0,01$$

Погрешности косвенных измерений

1. Абсолютная погрешность вычисления коэффициента трансформации

$$\Delta K = K \left(\frac{\Delta U_1}{U_1} + \frac{\Delta U_2}{U_2} \right)$$

2. Абсолютная погрешность вычисления мощности

$$\Delta P = P \left(\frac{\Delta U_1}{U_1} + \frac{\Delta I_1}{I_1} \right)$$

3. Абсолютная погрешность вычисления коэффициента полезного действия

$$\Delta \eta = \eta \left(\frac{\Delta P_1}{P_1} + \frac{\Delta P_2}{P_2} \right)$$

Обработка результатов

Таблица 1. Результаты измерений и вычислений коэффициента трансформации при различных значениях напряжения.

U _{бп}	U ₁	U ₂	K
В	В	В	
2,00	1,60	0,80	2,00
4,00	3,80	2,00	1,90
6,00	5,90	3,00	1,97
8,00	7,40	3,90	1,90
10,00	9,80	5,20	1,88
12,00	12,00	6,20	1,94
14,00	13,90	7,20	1,93

$K = 1,93$

Таблица 2. Результаты измерений и вычислений передаваемой мощности и КПД трансформатора при R= 10 Ом.

U _{бп}	U ₁	I ₁	U ₂	I ₂	P ₁	P ₂	η
В	В	А	В	А	Вт	Вт	%
2,00	0,60	0,06	0,40	0,04	0,036	0,016	44,44
4,00	3,80	0,25	1,90	0,25	0,95	0,48	50,00
6,00	5,80	0,36	3,00	0,38	2,09	1,14	54,60
8,00	7,30	0,44	3,80	0,48	3,21	1,82	56,79
10,00	9,80	0,56	5,20	0,64	5,49	3,33	60,64
12,00	12,00	0,66	6,20	0,78	7,92	4,84	61,06
14,00	13,50	0,76	7,00	0,90	10,26	6,30	61,40

Таблица 3. Результаты измерений и вычислений передаваемой мощности и КПД трансформатора при R= 9 Ом.

U _{бп}	U ₁	I ₁	U ₂	I ₂	P ₁	P ₂	η
В	В	А	В	А	Вт	Вт	%
2,00	1,80	0,15	0,80	0,13	0,27	0,10	38,52
4,00	3,80	0,27	1,90	0,28	1,03	0,53	51,85
6,00	5,80	0,38	3,00	0,43	2,20	1,29	58,53
8,00	7,60	0,47	3,90	0,56	3,57	2,18	61,14
10,00	9,80	0,60	5,20	0,73	5,88	3,80	64,56
12,00	12,00	0,70	6,10	0,87	8,40	5,31	63,18
14,00	13,00	0,78	6,90	0,98	10,14	6,76	66,69

Таблица 4. Результаты измерений и вычислений передаваемой мощности и КПД трансформатора при R= 8 Ом.

U _{бп}	U ₁	I ₁	U ₂	I ₂	P ₁	P ₂	η
В	В	А	В	А	Вт	Вт	%
2,00	1,80	0,15	0,80	0,15	0,27	0,12	44,44
4,00	3,80	0,28	2,00	0,32	1,06	0,64	60,15
6,00	5,80	0,40	3,00	0,49	2,32	1,47	63,36
8,00	7,70	0,52	4,00	0,66	4,00	2,64	65,93
10,00	9,80	0,64	5,10	0,83	6,27	4,23	67,49
12,00	12,00	0,76	6,10	1,00	9,12	6,10	66,89
14,00	13,50	0,87	7,10	1,16	11,75	8,24	70,12

Таблица 5. Результаты измерений и вычислений передаваемой мощности и КПД трансформатора при R=7 Ом.

U _{бп}	U ₁	I ₁	U ₂	I ₂	P ₁	P ₂	η
В	В	А	В	А	Вт	Вт	%
2,00	1,80	0,16	0,80	0,17	0,29	0,14	47,22
4,00	3,80	0,30	1,90	0,37	1,14	0,70	61,67
6,00	5,80	0,44	3,00	0,58	2,55	1,74	68,18
8,00	7,40	0,55	3,80	0,74	4,07	2,81	69,09
10,00	9,80	0,70	5,00	0,97	6,86	4,85	70,70
12,00	11,50	0,83	6,00	1,16	9,55	6,96	72,92
14,00	13,50	0,96	7,00	1,36	12,96	9,52	73,46

Таблица 6. Результаты измерений и вычислений передаваемой мощности и КПД трансформатора при R= 6 Ом.

U _{бп}	U ₁	I ₁	U ₂	I ₂	P ₁	P ₂	η
В	В	А	В	А	Вт	Вт	%
2,00	1,70	0,17	0,40	0,20	0,29	0,08	27,68
4,00	3,80	0,33	1,80	0,44	1,25	0,79	63,16
6,00	5,80	0,48	3,00	0,68	2,78	2,04	73,28
8,00	7,50	0,62	3,80	0,90	4,65	3,42	73,55
10,00	9,50	0,77	5,00	1,13	7,32	5,65	77,24
12,00	12,00	0,93	5,90	1,37	11,16	8,08	72,43
14,00	13,50	1,07	6,90	1,61	14,45	11,11	76,91

Таблица 7. Результаты измерений и вычислений передаваемой мощности и КПД трансформатора при R= 5 Ом.

U _{бп}	U ₁	I ₁	U ₂	I ₂	P ₁	P ₂	η
В	В	А	В	А	Вт	Вт	%
2,00	1,80	0,20	0,80	0,27	0,36	0,22	60,00
4,00	3,70	0,39	1,80	0,57	1,44	1,03	71,10
6,00	5,70	0,56	2,80	0,86	3,19	2,41	75,44
8,00	7,40	0,73	3,70	1,14	5,40	4,22	78,08
10,00	9,60	0,93	4,80	1,47	8,93	7,06	79,03
12,00	12,00	1,10	5,90	1,76	13,20	10,38	78,67
14,00	13,00	1,26	6,70	2,02	16,38	13,53	82,63

Примеры вычислений

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{7,77}{4,04} = 1,92$$

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 = 0,6 \cdot 0,06 = 0,04 \text{ Вт}$$

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 = 0,4 \cdot 0,04 = 0,02 \text{ Вт}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\% = \frac{0,016}{0,036} \cdot 100\% = 44,4\%$$

$$\Delta K = K \left(\frac{\Delta U_1}{U_1} + \frac{\Delta U_2}{U_2} \right) = 1,92 \left(\frac{0,25}{7,77} + \frac{0,25}{4,04} \right) = 0,18$$

Для R=10 Ом

$$\Delta \eta = \eta \left(\frac{\Delta P_1}{P_1} + \frac{\Delta P_2}{P_2} \right) = 55,56 \left(\frac{0,24}{4,28} + \frac{0,16}{2,56} \right) = 6,6\%$$

$$\Delta P_1 = P_1 \left(\frac{\Delta U_1}{U_1} + \frac{\Delta I_1}{I_1} \right) = 4,28 \left(\frac{0,25}{7,54} + \frac{0,01}{0,44} \right) = 0,24 \text{ Bm}$$

$$\Delta P_2 = P_2 \left(\frac{\Delta U_2}{U_2} + \frac{\Delta I_2}{I_2} \right) = 2,56 \left(\frac{0,25}{5,31} + \frac{0,01}{0,68} \right) = 0,16 \text{ Bm}$$

Для R=9 Ом

$$\Delta \eta = \eta \left(\frac{\Delta P_1}{P_1} + \frac{\Delta P_2}{P_2} \right) = 57,78 \left(\frac{0,24}{4,50} + \frac{0,23}{2,85} \right) = 7,75\%$$

$$\Delta P_1 = P_1 \left(\frac{\Delta U_1}{U_1} + \frac{\Delta I_1}{I_1} \right) = 4,50 \left(\frac{0,25}{7,69} + \frac{0,01}{0,48} \right) = 0,24 \text{ Bm}$$

$$\Delta P_2 = P_2 \left(\frac{\Delta U_2}{U_2} + \frac{\Delta I_2}{I_2} \right) = 2,85 \left(\frac{0,25}{3,97} + \frac{0,01}{0,57} \right) = 0,23 \text{ Bm}$$

Для R=8 Ом

$$\Delta \eta = \eta \left(\frac{\Delta P_1}{P_1} + \frac{\Delta P_2}{P_2} \right) = 62,63 \left(\frac{0,26}{4,97} + \frac{0,26}{3,35} \right) = 8,13\%$$

$$\Delta P_1 = P_1 \left(\frac{\Delta U_1}{U_1} + \frac{\Delta I_1}{I_1} \right) = 4,97 \left(\frac{0,25}{7,77} + \frac{0,01}{0,52} \right) = 0,26 \text{ Bm}$$

$$\Delta P_2 = P_2 \left(\frac{\Delta U_2}{U_2} + \frac{\Delta I_2}{I_2} \right) = 3,35 \left(\frac{0,25}{4,01} + \frac{0,01}{0,66} \right) = 0,26 \text{ Bm}$$

Для R=7 Ом

$$\Delta \eta = \eta \left(\frac{\Delta P_1}{P_1} + \frac{\Delta P_2}{P_2} \right) = 66,18 \left(\frac{0,27}{5,35} + \frac{0,29}{3,82} \right) = 8,36\%$$

$$\Delta P_1 = P_1 \left(\frac{\Delta U_1}{U_1} + \frac{\Delta I_1}{I_1} \right) = 5,35 \left(\frac{0,25}{7,66} + \frac{0,01}{0,56} \right) = 0,27 \text{ Bm}$$

$$\Delta P_2 = P_2 \left(\frac{\Delta U_2}{U_2} + \frac{\Delta I_2}{I_2} \right) = 3,82 \left(\frac{0,25}{3,93} + \frac{0,01}{0,76} \right) = 0,29 \text{ Bm}$$

Для R=6 Ом

$$\Delta \eta = \eta \left(\frac{\Delta P_1}{P_1} + \frac{\Delta P_2}{P_2} \right) = 66,32 \left(\frac{0,29}{5,99} + \frac{0,34}{4,45} \right) = 8,28\%$$

$$\Delta P_1 = P_1 \left(\frac{\Delta U_1}{U_1} + \frac{\Delta I_1}{I_1} \right) = 5,99 \left(\frac{0,25}{7,69} + \frac{0,01}{0,62} \right) = 0,29 \text{ Bm}$$

$$\Delta P_2 = P_2 \left(\frac{\Delta U_2}{U_2} + \frac{\Delta I_2}{I_2} \right) = 4,45 \left(\frac{0,25}{3,83} + \frac{0,01}{0,90} \right) = 0,34 \text{ Bm}$$

Для $R=5 \text{ Ом}$

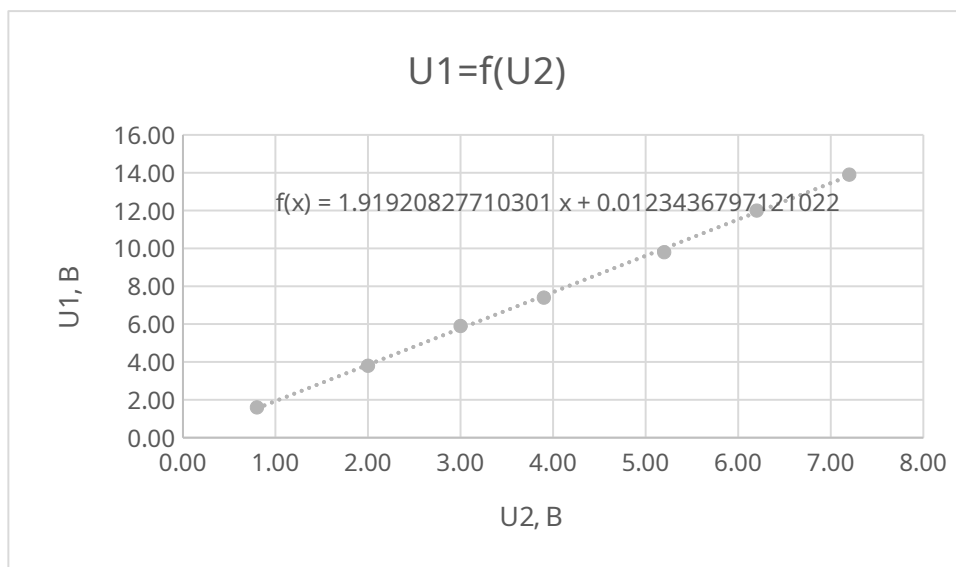
$$\Delta \eta = \eta \left(\frac{\Delta P_1}{P_1} + \frac{\Delta P_2}{P_2} \right) = 74,99 \left(\frac{0,32}{6,99} + \frac{0,41}{5,55} \right) = 8,97\%$$

$$\Delta P_1 = P_1 \left(\frac{\Delta U_1}{U_1} + \frac{\Delta I_1}{I_1} \right) = 6,99 \left(\frac{0,25}{7,60} + \frac{0,01}{0,74} \right) = 0,32 \text{ Вт}$$

$$\Delta P_2 = P_2 \left(\frac{\Delta U_2}{U_2} + \frac{\Delta I_2}{I_2} \right) = 5,55 \left(\frac{0,25}{3,79} + \frac{0,01}{1,16} \right) = 0,41 \text{ Вт}$$

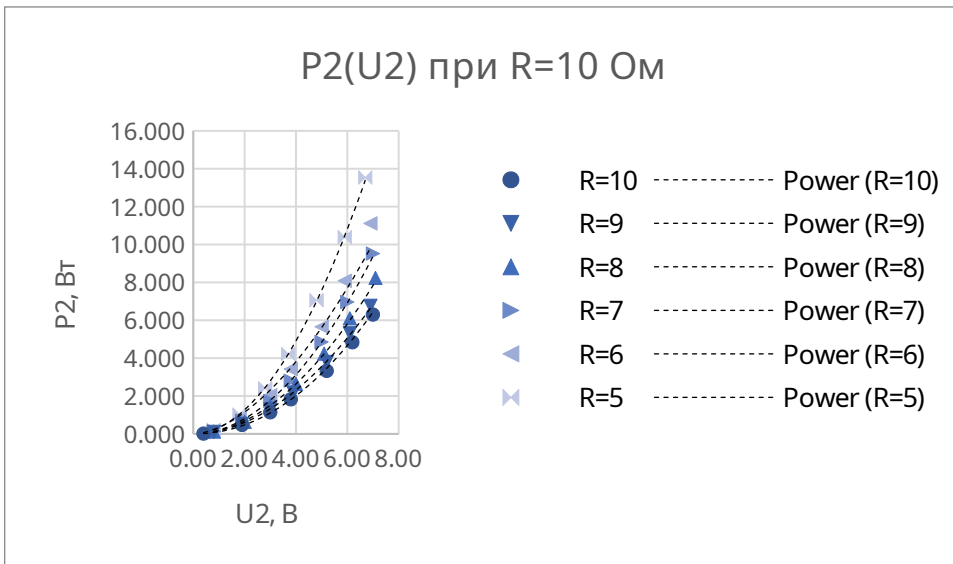
Графический материал

График 1. График зависимости напряжения на вторичной обмотке трансформатора от напряжения на первичной обмотке $U_1 = f(U_2)$.



Из графика можно сделать вывод, что коэффициент трансформации $K=1,32$. Теоретическое значение: 1,38.

График 2. График зависимости выходной мощности трансформатора P_2 от напряжения вторичной обмотки U_2 для всех сопротивлений реостата.



Конечные результаты

Среднее значение коэффициента трансформации $K=1,92\pm 0,18$

Теоретическое значение коэффициента трансформации $K=2$.

Вывод:

По итогам лабораторной работы был определен коэффициент трансформации однофазного трансформатора с точностью 4%. Построены графические зависимости: зависимость

$U_1 = f(U_2)$, позволяющая определить теоретическое значение коэффициента трансформации, зависимость $P_2(U_2)$, из которой видно, что с увеличением напряжения на вторичной обмотке мощность также растет.