

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Ю.К. Атрошенко, Е.В. Кравченко

**РАСШИРЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ ИЗМЕРЕНИЯ  
ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ПРИ ПОМОЩИ  
ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ**

Издательство  
Томского политехнического университета  
2014

УДК 006 (076.6)  
ББК30.10я73  
А927

**Атрошенко Ю.К.**

Расширение пределов измерения электроизмерительных приборов при помощи трансформаторов тока и напряжения. Методические указания к выполнению лабораторных работ / Ю.К. Атрошенко, Е.В. Кравченко; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 12 с.

В пособии приведены сведения о трансформаторах тока и напряжения. Лабораторная работа содержит индивидуальные варианты заданий. Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлениям 140400 (13.03.02) «Электроэнергетика и электротехника».

**УДК 006 (076.6)**  
**ББК30.10я73**

*Рецензенты*

Доктор технических наук, профессор ТГАСУ

*Мамонтов Г.Я.*

Доцент ФГОУ ДПО «Академия стандартизации, метрологии и сертификации (учебная)»

*Волошенко А.В.*

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2014  
© Атрошенко Ю.К., Кравченко Е.В.  
© Обложка. Издательство Томского политехнического университета, 2014

## Введение

Цель работы заключается в изучении методов измерения больших значений силы тока и напряжения, освоении принципа действия трансформатора.

Задачами лабораторной работы являются:

- изучение схем подключения трансформаторов к амперметру и вольтметру;
- проведение серии экспериментов для различных значений силы тока и напряжения;
- определение коэффициента трансформации по полученным экспериментальным данным.

## Устройство и принцип работы трансформаторов

Трансформатор – статическое устройство, состоящее из двух или большего числа индуктивно связанных обмоток, которое посредством магнитной индукции преобразует одну или нескольких систем переменного тока в одну или несколько других систем переменного тока. Электромагнитная схема трансформатора приведена на рис. 1.

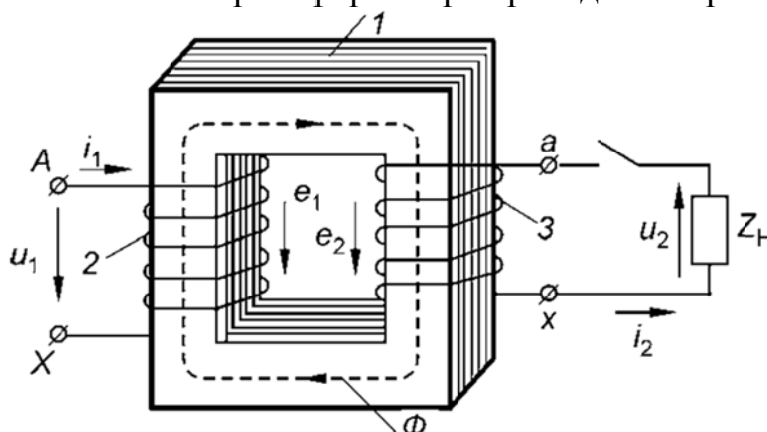


Рис. 1. Электромагнитная схема трансформатора

Основными элементами трансформаторов являются стальной магнитопровод 1 и обмотки 2 и 3. Магнитопровод служит для размещения на нем обмоток и усиления индуктивной связи между ними. Первичной обмоткой трансформатора называют обмотку, к которой подводят электрическую энергию, а вторичной – обмотку, к которой подключают приемник электрической энергии. Принцип действия трансформатора основан на явлении электромагнитной индукции. Если к первичной обмотке подвести переменное напряжение  $u_1$ , то в ней появится перемен-

ный ток  $i_1$ . Ток  $i_1$  создает переменный магнитный поток  $\Phi$ , сцепляющийся со всеми витками как первичной, так и вторичной обмоток трансформатора и индуцирует в них переменные ЭДС  $e_1$  и  $e_2$  соответственно. В приемнике, подключенном ко вторичной обмотке трансформатора, под действием ЭДС  $e_2$  возникает переменный ток  $i_2$ .

Отношение первичной ЭДС к вторичной, равное отношению чисел витков обмоток, называют коэффициентом трансформации трансформатора:

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1}{w_2}. \quad (1)$$

Если пренебречь падениями напряжений в обмотках, коэффициент трансформации трансформатора напряжения равен:

$$n = \frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2}. \quad (2)$$

Пренебрегая потерями намагничивания и нагрева магнитопровода, коэффициент трансформации трансформатора тока определяется по формуле:

$$n = \frac{I_1}{I_2} = \frac{w_1}{w_2}. \quad (3)$$

### Порядок выполнения работы

#### 1. Расширение предела измерения амперметра

Собрать электрическую схему, представленную на рис. 2.

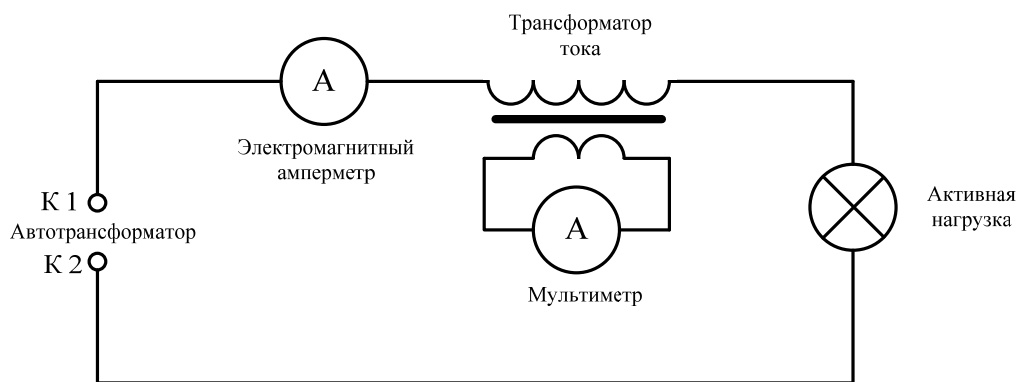
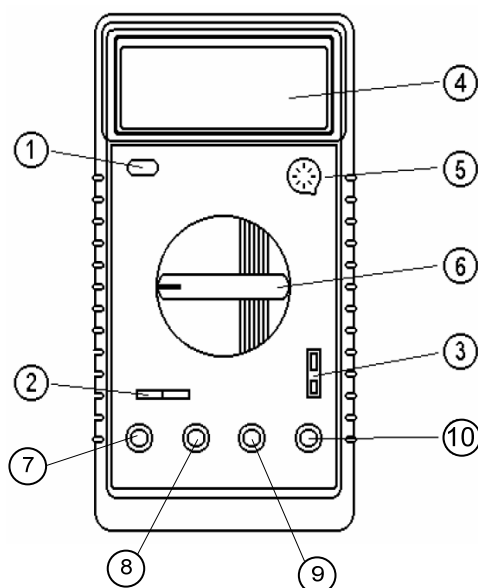


Рис. 2. Схема экспериментальной цепи



*Рис. 3. Схема лицевой панели цифрового мультиметра Mastech MY64:  
 1 – кнопка включения питания; 2 – гнездо для измерения подключения электрических конденсаторов; 3 – гнездо для измерения температуры; 4 – ЖК дисплей; 5 – гнездо подключения транзисторов; 6 – переключатель функций; 7 – гнездо для подключения щупа при измерении силы тока до 10 А; 8 – гнездо для подключения щупа при измерении силы тока до 200 мА; 9 – гнездо СОМ; 10 – гнездо для подключения щупа при измерении напряжения, частоты, сопротивления*

1. Повернуть регулятор напряжения Автотрансформатора против часовой стрелки до упора (установить указатель на отметку 0 В).
2. Соединить контакт К1 выхода Автотрансформатора с контактом К1.1 электромагнитного амперметра панели «Приборы магнитоэлектрические».
3. Соединить контакт К2.1 электромагнитного амперметра панели «Приборы магнитоэлектрические» с контактом К5.1 первичной обмотки трансформатора тока панели «Приборы магнитоэлектрические».
4. Соединить контакт К7.2 первичной обмотки трансформатора тока панели «Приборы магнитоэлектрические» с контактом К1.1 активной нагрузки панели «Блок нагрузок».
5. Соединить контакт К2.1 активной нагрузки панели «Блок нагрузок» с контактом К2 выхода Автотрансформатора.
6. Соединить контакт К6.1 вторичной обмотки трансформатора тока панели «Приборы магнитоэлектрические» с гнездом 8 мультиметра (рис. 3).
7. Соединить контакт К8.1 вторичной обмотки трансформатора тока панели «Приборы магнитоэлектрические» с гнездом 9 мультиметра (рис. 3).

8. Установить галетный переключатель Мультиметра в режим измерения переменного тока, предел измерения 20 мА.
9. Включить питание лабораторной установки, переведя сетевые выключатели АВ1 и АВ2 в верхнее положение.
10. Плавное поворачивая регулятор напряжения Автотрансформатора по часовой стрелке, увеличивать силу тока в цепи. Показания мультиметра, соответствующие показаниями « $I_i$ » (см. табл. 2) электромагнитного амперметра, занести в таблицу 1.

Таблица 1.

*Результаты эксперимента № 1*

Показания электромагнитного амперметра, мА	Показания образцового амперметра, мА	Коэффициент трансформации
$I_1$		
$I_2$		
$I_3$		
$I_4$		
$I_5$		
$I_6$		

Таблица 2

*Варианты индивидуальных заданий*

№ вар.	Значение измеряемой величины, В					
	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$	$I_6$
1	20	30	40	50	60	70
2	26	36	46	56	66	76
3	22	32	42	52	62	72
4	24	34	44	54	64	74
5	28	38	48	58	68	78
6	35	45	55	65	75	85
7	21	31	41	51	61	71
8	23	33	43	53	63	73
9	39	49	59	69	79	89
10	27	37	47	57	67	77

2. Расширение предела измерения вольтметра  
Собрать электрическую схему, представленную на рис. 4.

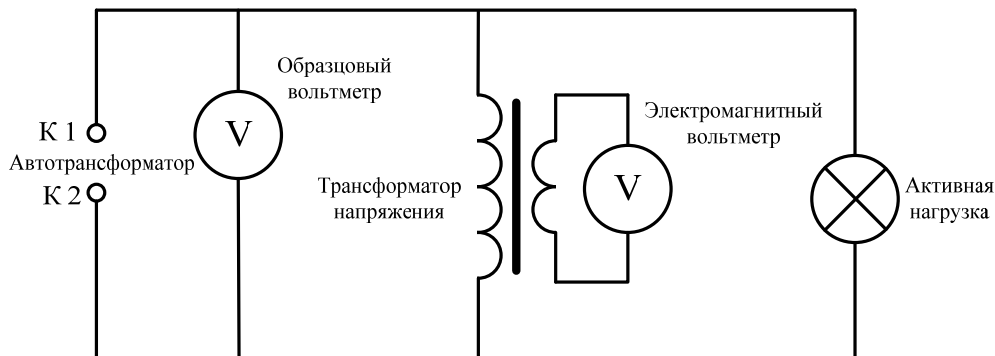


Рис. 4. Схема экспериментальной цепи

1. Повернуть регулятор напряжения Автотрансформатора против часовой стрелки до упора (установить указатель на отметку 0 В).
2. Соединить контакт К1 Автотрансформатора с контактом К3.1 электромагнитного вольтметра панели «Приборы магнитоэлектрические».
3. Соединить контакт К4.1 электромагнитного вольтметра панели «Приборы магнитоэлектрические» с общим контактом К2 Автотрансформатора.
4. Соединить контакт К3.2 электромагнитного вольтметра панели «Приборы магнитоэлектрические» с контактом К9.1 первичной обмотки Трансформатора напряжения панели «Приборы магнитоэлектрические».
5. Соединить контакт К11.1 первичной обмотки Трансформатора напряжения панели «Приборы магнитоэлектрические» с контактом К4.2 электромагнитного вольтметра панели «Приборы магнитоэлектрические».
6. Соединить гнездо 10 мультиметра (рис. 3) с контактом К10.1 вторичной обмотки Трансформатора напряжения панели «Приборы магнитоэлектрические».
7. Соединить гнездо 9 мультиметра (рис. 3) с контактом К12.1 вторичной обмотки Трансформатора напряжения панели «Приборы магнитоэлектрические».
8. Перевести Мультиметр в режим измерения переменного напряжения, предел измерений 200 В.
9. Соединить контакт К9.2 первичной обмотки Трансформатора напряжения панели «Приборы магнитоэлектрические» с контактом К1.1 Активной нагрузки панели «Блок нагрузок».
10. Соединить контакт К11.2 первичной обмотки Трансформатора напряжения с контактом К2.1 Активной нагрузки панели «Блок нагрузок».

11. Плавное поворачивая регулятор напряжения Автотрансформатора по часовой стрелке, увеличивать напряжение в цепи. Показания мультиметра, соответствующие показаниями « $U_i$ » (см. табл. 4) электромагнитного вольтметра, занести в таблицу 3.

Таблица 3

*Результаты эксперимента № 2*

Показания электромагнитного вольтметра, В	Показания образцового вольтметра, В	Коэффициент трансформации
$U_1$		
...		
$U_6$		

Таблица 4

*Варианты индивидуальных заданий*

№ вар.	Значение измеряемой величины, В					
	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U_4$	$U_5$	$U_6$
1	50	60	70	80	90	100
2	100	110	120	130	140	150
3	102	112	122	132	142	152
4	104	114	124	134	144	154
5	106	116	126	136	146	156
6	108	118	128	138	148	158
7	100	105	110	115	120	125
8	105	110	115	120	125	130
9	110	115	120	125	130	135
10	115	120	125	130	135	140

### Порядок обработки экспериментальных данных

1. По данным таблицы 1 рассчитать коэффициенты трансформации силы тока по формуле (3).
2. По данным таблицы 3 рассчитать коэффициенты трансформации по формуле (2).
3. Для полученных совокупностей значений коэффициентов трансформации определить математическое ожидание по формуле:

$$M_x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i . \quad (1)$$

4. Для полученных совокупностей значений коэффициентов трансформации определить дисперсию по формуле:

$$D_x = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - M_x)^2 . \quad (2)$$



5. Для полученных совокупностей значений коэффициентов трансформации определить среднеквадратичное отклонение по формуле:

$$\sigma_x = \pm\sqrt{D_x} . \quad (3)$$

6. По данным таблицы 1 построить график зависимости значений показаний мультиметра при подключении его к трансформатору тока от значений показаний электромагнитного амперметра.
7. По данным таблицы 3 построить график зависимости значений показаний мультиметра при подключении его к трансформатору напряжения от значений показаний электромагнитного вольтметра.

### **Содержание отчета**

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- 1) теоретические сведения о расширении пределов измерения электромагнитных приборов с помощью трансформаторов;
- 2) порядок выполнения работы;
- 3) порядок обработки экспериментальных данных;
- 4) таблицы, содержащие результаты экспериментов и расчетов;
- 5) графики искомых зависимостей;
- 6) ответы на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы**

1. От чего зависит величина тока в первичной обмотке трансформатора?
2. Что называется коэффициентом трансформации?
3. Трансформатор называется повышающим или понижающим, если коэффициент трансформации больше единицы?
1. На чем основан принцип действия трансформаторов?

Учебное издание

АТРОШЕНКО Юлиана Константиновна  
КРАВЧЕНКО Евгений Владимирович

Подписано к печати 12.11.2013. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».  
Печать XEROX. Усл.печ.л. 9,01. Уч.-изд.л. 8,16.  
Заказ . Тираж 5 экз.


Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Система менеджмента качества

Издательства Томского политехнического университета сертифицирована

NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30  
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru