

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

---

Ю.К. Атрошенко, Е.В. Кравченко

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И  
ПОВЕРКА ВОЛЬТМЕТРА С ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ  
СИСТЕМОЙ**

Издательство  
Томского политехнического университета  
2014

УДК 006 (076.6)  
ББК30.10я73  
А927

**Атрошенко Ю.К.**

Исследование метрологических характеристик и поверка вольтметра с электромагнитной системой. 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 вольтметрах с электромагнитной системой, показан ход выполнения лабораторной работы. 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 принципа действия вольтметра с электромагнитной системой, символьных обозначений электроизмерительных приборов, освоении методики проведения поверки вольтметра.

Задачами лабораторной работы являются:

- изучение основных символьных обозначений, наносимых на электроизмерительные приборы;
- изучение принципа действия вольтметра с электромагнитной системой;
- проведение поверки вольтметра.





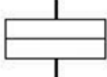

### Обозначения на электроизмерительных приборах


На шкалу прибора наносится символ, характеризующий принцип действия прибора, род тока, установку прибора (вертикально или горизонтально), пробивочное напряжение; класс точности.

В табл. 1 приведены основные символьные обозначения приборов и соответствующие им принципы действия приборов.

Таблица 1

*Символьные обозначения приборов*

Обозначение на шкале	Принцип действия
	Магнитоэлектрический прибор с подвижной рамкой
	Магнитоэлектрический прибор с подвижным магнитом
	Электродинамический прибор
	Электромагнитный прибор
	Электродинамический прибор
	Ферродинамический прибор

Обозначение на шкале	Принцип действия
	Индукционный прибор
	Электростатический прибор
	Вибрационный (язычковый) прибор
	Тепловой прибор (с нагреваемой проволокой)
	Биметаллический прибор
	Выпрямительный прибор с магнитоэлектрическим измерительным механизмом

В табл. 2 приведены основные символьные обозначения, показывающие характер тока в цепи.

Таблица 2


*Символьные обозначения характера тока*

Обозначение на шкале	Значение
	Постоянный ток
	Переменный ток
	Постоянный и переменный ток

В табл. 3 приведены основные символьные обозначения, характеризующие класс точности прибора.

Таблица 3

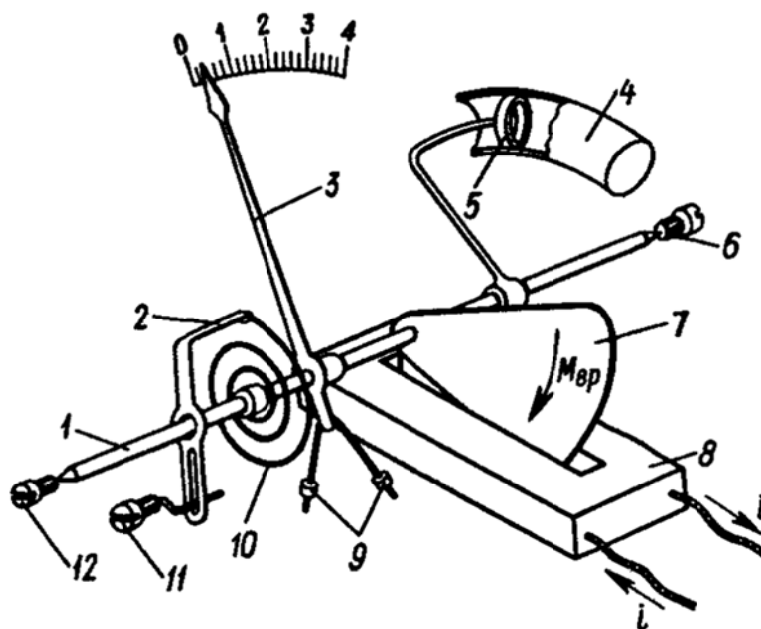
*Символьные обозначения класса точности*

Формула выражения основной погрешности	Предел допускаемой основной погрешности	Обозначение класса точности	
		В документации	На приборе
Относительная $\delta = \frac{\Delta}{x} \cdot 100 \% = \pm q$	$\delta = \pm 0,5$	0,5	
Относительная	$\delta = \pm 0,02/0,01$	$c/d = 0,02/0,01$	0,02/0,01

Формула выражения основной погрешности	Предел допускаемой основной погрешности	Обозначение класса точности	
		В документации	На приборе
$\delta = \pm \left[ c + d \left( \left  \frac{X_K}{X} \right  - 1 \right) \right]$			
Приведенная $\gamma = \frac{\Delta}{X_N} \cdot 100 \% = \pm p$	$\gamma = \pm 1,5$	1,5	1,5

### Принцип действия вольтметра

Приборы электромагнитной системы основаны на взаимодействии магнитного поля катушки с подвижным ферромагнитным сердечником. Конструкция электромагнитного вольтметра показана на рисунке 1.



*Рис. 1. Конструкция электромагнитного вольтметра:  
1 – ось; 2 – поводок; 3 – стрелка-указатель; 4 – цилиндр воздушного успокоителя; 5 – поршень воздушного успокоителя; 6, 12 – подпятники; 7 – ферромагнитный сердечник; 8 – катушка с током; 9 – противовесы; 10 – спиральная пружина; 11 – винт корректора*

Для создания вращающего момента используется силовое действие магнитного поля неподвижной катушки 8 на подвижный ферромагнитный сердечник 7, выполненный в форме плоского лепестка.

Под влиянием магнитного поля, созданного измеряемым током, магнитный сердечник 7 втягивается в цель катушки, поворачивая ось 1 с указательной стрелкой 3.

Электромагнитная энергия системы определяется выражением:

$$W_{em} = L \cdot \frac{I^2}{2} = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \frac{U^2}{R_V^2}, \quad (1)$$

где  $R_V$  – сопротивление обмотки катушки.

Вращающий момент, действующий на подвижную часть прибора для неизменного тока, определяется выражением:

$$M_{ep} = \frac{dW_{em}}{d\alpha} = \frac{1}{2} \cdot \frac{U^2}{R_V^2} \cdot \frac{dL}{d\alpha}, \quad (2)$$

где  $L$  – индуктивность катушки, зависящая от положения сердечника,  $U$  – измеряемое напряжение.

С осью сердечника скреплены стрелка и спиральная пружина, создающая противодействующий момент:

$$M_{np} = k \cdot \alpha, \quad (3)$$

где  $k$  – коэффициент жесткости пружины.

Из условия равенства вращающего и противодействующего моментов следует:

$$\alpha = \frac{1}{2} \cdot \frac{U^2}{W \cdot R_V^2} \cdot \frac{dL}{d\alpha}, \quad (4)$$

Из уравнения (4) следует, что отклонение указателя пропорционально квадрату измеряемого напряжения, т.е. шкала не является линейной.

Чувствительность прибора  $S = d\alpha/dU$  возрастает от начала к концу шкалы. Для получения более равномерной шкалы и примерно постоянной чувствительности форму ферромагнитного сердечника выбирают так, чтобы приращение индуктивности катушки на единицу угла  $\alpha$  увеличить при малых значениях тока и уменьшить для токов, близких к номинальному значению.

Приборы этой системы пригодны для измерения как постоянного, так и переменного тока, однако, применяются в основном в цепях переменного тока с частотой до 10 кГц.

### Порядок выполнения работы

Для экспериментального определения метрологических характеристик электромагнитного вольтметра необходимо собрать схему, приведенную на рис. 2.

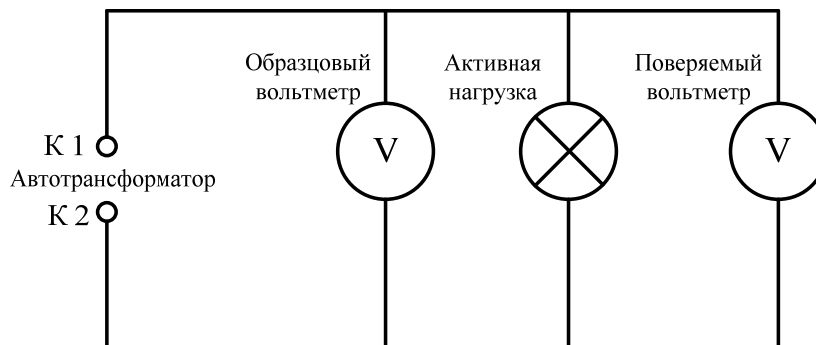


Рис. 2. Схема экспериментальной цепи

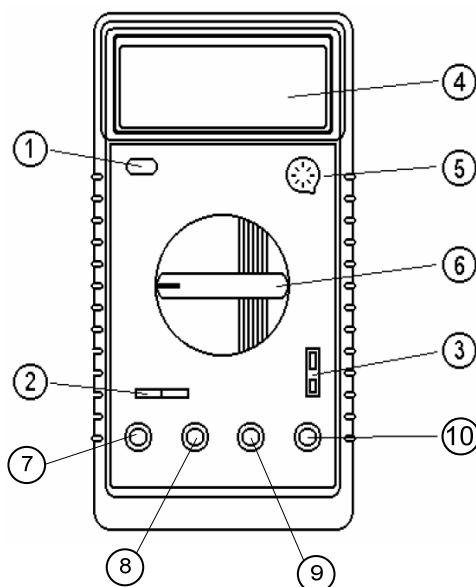


Рис. 3. Схема лицевой панели цифрового мультиметра Mastech MY64:  
 1 – кнопка включения питания; 2 – гнездо для измерения подключения электрических конденсаторов; 3 – гнездо для измерения температуры; 4 – ЖК дисплей; 5 – гнездо подключения транзисторов; 6 – переключатель функций; 7 – гнездо для подключения 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

Порядок сборки схемы экспериментальной цепи:

1. Повернуть регулятор автотрансформатора против часовой стрелки до упора (установить на отметку 0 В).
2. Соединить проводником контакт К1 выхода автотрансформатора с измерительным контактом вольтметра К3.1 панели «Приборы магнитоэлектрические».
3. Соединить проводником контакт К2 выхода автотрансформатора с измерительным контактом вольтметра К4.1 панели «Приборы магнитоэлектрические».

4. Соединить контакт К3.2 вольтметра с контактом К1.1 Активной нагрузки панели «Блок нагрузок».
5. Соединить контакт К4.2 вольтметра с контактом К2.1 Активной нагрузки панели «Блок нагрузок».
6. Установить переключатель режима работы мультиметра в положение измерения переменного напряжения, предел измерения 200 В. Подключить гнездо 9 мультиметра (рис. 3) к общему измерительному контакту К1.2 Активной нагрузки панели «Блок нагрузок».
7. Подключить гнездо 10 мультиметра (рис.3) к контакту К2.2 Активной нагрузки панели «Блок нагрузок».
8. Включить электропитание лабораторной установки (установить переключатели сетевых автоматов АВ1 и АВ2 вверх), включить мультиметр.
9. Плавно поворачивая регулятор Автотрансформатора по часовой стрелке, необходимо подобрать значение напряжения, при котором стрелка вольтметра установится напротив заданной отметки шкалы в соответствии с вариантом. Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 4.

**Внимание! Запрещается подавать напряжение к поверяемому вольтметру, превышающее его верхний предел измерения!**

Показания эталонного вольтметра (мультиметра) заносятся в протокол поверки прибора.

Форма протокола приведена в Приложении 1.

Отсчет производится в сторону увеличения показаний прибора (прямой ход), затем в сторону уменьшения показаний (обратный ход).

Таблица 4

*Варианты индивидуальных заданий*

№ вар.	Поверяемые отметки шкалы, В						
	50	60	70	80	90	100	110
1	50	60	70	80	90	100	110
2	100	110	120	130	140	150	160
3	102	112	122	132	142	152	162
4	104	114	124	134	144	154	164
5	106	116	126	136	146	156	166
6	108	118	128	138	148	158	168
7	100	105	110	115	120	125	130
8	105	110	115	120	125	130	135
9	110	115	120	125	130	135	140
10	115	120	125	130	135	140	145



## Порядок обработки экспериментальных данных

Абсолютная погрешность для прямого и обратного хода соответственно вычисляется по формулам:

$$\begin{aligned}\Delta_{nx} &= U_{nx} - U_{nn}, \\ \Delta_{ox} &= U_{ox} - U_{nn},\end{aligned}\quad (5)$$

где  $U_{nx}$  – отсчет по рабочему эталону при увеличении показаний прибора (прямой ход);

$U_{ox}$  – отсчет по рабочему эталону при уменьшении показаний прибора (обратный ход);

$U_{nn}$  – значение напряжения, соответствующее отметке шкалы.

Вариация прибора вычисляется по формуле:

$$V = U_{nx} - U_{ox}. \quad (6)$$

Предел допускаемой абсолютной погрешности определяется по формуле:

$$\Delta_{доп} = \frac{\gamma \cdot (U_{вн} - U_{нн})}{100}, \quad (7)$$

где  $\gamma$  – предел допускаемой основной приведенной погрешности,

$U_{нн}$  – нижний предел измерения поверяемого вольтметра;

$U_{вн}$  – верхний предел измерения поверяемого вольтметра.

В одной системе координат построить графики зависимостей абсолютной погрешности прямого и обратного ходов от значения измеряемой величины. По характеру зависимостей определить тип погрешности.

В одной системе координат построить график зависимостей значений напряжения, полученных с помощью рабочего эталона при прямом и обратном ходах, от значений измеряемой величины, полученных с помощью поверяемого прибора, графически показать вариацию прибора в точке ее максимального значения.

Сравнить максимальные и допускаемые значения абсолютной погрешности и вариации прибора. Сделать вывод о метрологической годности прибора.

## Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- 1) теоретические сведения о магнитоэлектрических вольтметрах, принципе их действия и конструкции;
- 2) порядок выполнения эксперимента с изображением экспериментальной схемы;
- 3) порядок обработки экспериментальных данных;

- 4) графики полученных зависимостей;
- 5) протокол поверки;
- 6) ответы на контрольные вопросы.

#### **Контрольные вопросы**

1. Какие символьные обозначения наносятся на электроизмерительные приборы? Что они означают?
2. В чем заключается отличие магнитоэлектрических приборов от электромагнитных?
3. Что называется вариацией измерительного прибора?
4. Что характеризует чувствительность измерительного прибора?

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### ПРОТОКОЛ

Поверки вольтметра типа \_\_\_\_\_. Класс точности прибора \_\_\_\_\_.  
Предел измерения прибора \_\_\_\_\_. Отсчет проводился по рабочему эталону типа \_\_\_\_\_ с пределом измерения \_\_\_\_\_.

Отметки шкалы, В	Отсчет по рабочему эталону, В		Абсолютная погрешность, В		Вариация прибора
	Прямой ход	Обратный ход	Прямой ход	Обратный ход	

Допускаемая абсолютная погрешность прибора \_\_\_\_\_ В.

Максимальная абсолютная погрешность прибора \_\_\_\_\_ В.

Допускаемая вариация прибора \_\_\_\_\_ В.

Максимальная вариация прибора \_\_\_\_\_ В.

Вывод: \_\_\_\_\_.

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](http://www.tpu.ru)