

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

---

УТВЕРЖДАЮ

Проректор-директор ЭНИН

к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Ю.С. Боровиков

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2012 г.

Ю.К. Кривогузова

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

Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине  
«Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов направления  
140400 «Электроэнергетика и электротехника»

Издательство  
Томского политехнического университета  
2012

УДК 621.317.3

Исследование метрологических характеристик и поверка вольтметра с электромагнитной шкалой.

Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов направления 140400 – Электроэнергетика и электротехника / Ю.К. Кривогузова, Томский политехнический университет. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. – 10 с.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы методическим семинаром кафедры автоматизации теплоэнергетических процессов «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2012 г.

Заведующий кафедрой АТП,  
канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_ И.П. Озерова

Председатель учебно-методической  
комиссии \_\_\_\_\_ В.С. Андык

© ГОУ ВПО НИ ТПУ, 2012  
© Кривогузова Ю.К., 2012  
© Оформление. Издательство Томского  
политехнического университета, 2012.

## 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:





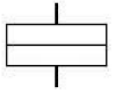


- изучение основных символьных обозначений, наносимых на электроизмерительные приборы;
- изучение принципа действия вольтметра с магнитоэлектрической системой;
- проведение поверки вольтметра.

## СИМВОЛЬНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ






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

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

Таблица 1




Обозначение на шкале	Принцип действия
1	2
	Магнитоэлектрический прибор с подвижной рамкой
	Магнитоэлектрический прибор с подвижным магнитом
	Электродинамический прибор
	Электромагнитный прибор
	Электродинамический прибор
	Ферродинамический прибор
	Индукционный прибор

Продолжение таблицы 1

1	2
	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

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

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 $\delta = \pm \left[ c + d \left( \left  \frac{X_K}{X} \right  - 1 \right) \right]$	$\delta = \pm 0,02 / 0,01$	$c / d = 0,02 / 0,01$	0,02 / 0,01
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. Узел для создания вращающего момента состоит из катушки, по которой протекает измеряемый ток, и сердечника, закрепленного на оси указателя. Конструкция электромагнитного вольтметра показана на рисунке 1.

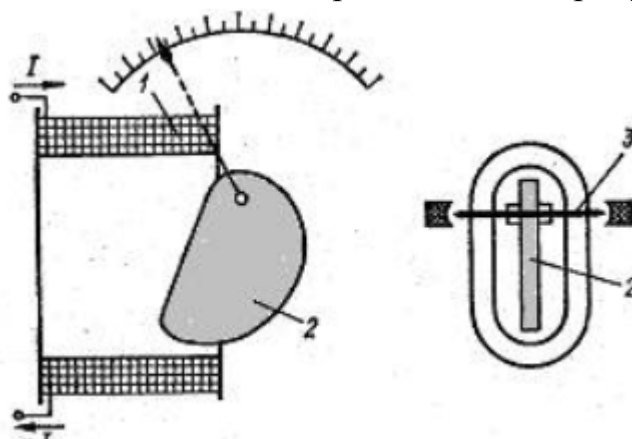


Рис. 1. Конструкция электромагнитного вольтметра:

1 – неподвижная катушка; ферромагнитный подвижный сердечник; 3 – ось

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.

Ток  $I$ , проходя по катушке, обладающей индуктивностью  $L$ , намагничивает подвижный сердечник. Он втягивается внутрь катушки, создавая вращающий момент. Вращающий момент поворачивает сердечник в такое положение, при котором электромагнитная энергия системы будет максимальной.

Вращающий момент определяется выражением:

$$M_{вр} = \frac{dW_s}{d\alpha} = \frac{1}{2} \cdot \frac{U^2}{R_v^2} \cdot \frac{dL}{d\alpha}, \quad (2)$$

т.к. величина напряжения  $U$  не зависит от пространственного положения сердечника ( $\alpha$ ), а определяется параметрами цепи.

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:

$$\alpha = \frac{1_3}{2 \cdot W \cdot R_V^2} \cdot \frac{dL}{d\alpha} \cdot U^2, \quad (4)$$

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

Катушку вольтметра с электромагнитной системой изготавливают из большого числа витков тонкой медной проволоки, достаточного для полного отклонения указателя.

Диапазон измерения электромагнитных вольтметров до 600 мВ, класс точности 1,5 и ниже.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

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

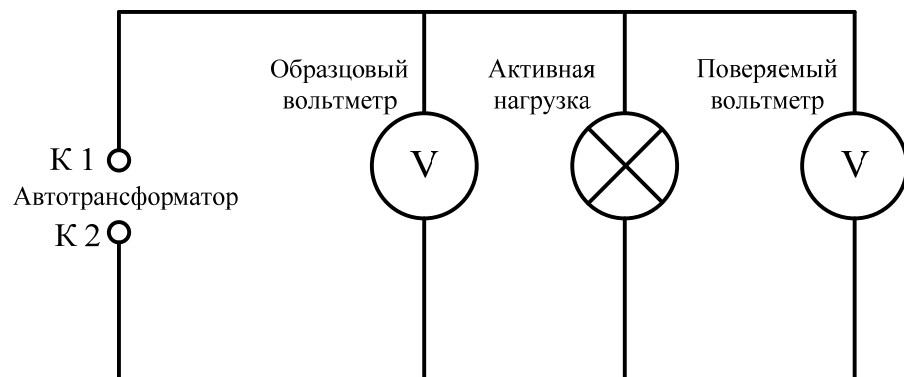


Рис. 2. Схема экспериментальной цепи

Порядок сборки схемы экспериментальной цепи:

1. Повернуть регулятор автотрансформатора против часовой стрелки до упора (на 0 V).

2. Соединить проводником контакты К1 выхода автотрансформатора с измерительным контактом вольтметра К3.1 панели «Приборы магнитоэлектрические».
3. Соединить проводником контакты 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 Блока 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 общий измерительный контакт мультиметра к общему измерительному контакту К1.2 Активной нагрузки панели Блока нагрузок.
7. Подключить контакт измерения V  $\Omega$  Hz К2.2 Активной нагрузки панели Блок нагрузок.
8. Включить электропитание лабораторной установки (установить переключатели сетевых автоматов АВ1 и АВ2 вверх), включить мультиметр.

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. 1.

***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 1

№ вар.	Поверяемые отметки шкалы, В							$U_i$ , В
1	0	5	10	15	20	25	30	15
2	0	2	4	6	8	10	12	6
3	0	4	8	12	16	20	24	12
4	0	3	6	9	12	15	18	9
5	1	5	9	13	17	21	25	13
6	1	4	7	10	13	16	19	10
7	2	5	8	11	14	17	20	11
8	3	5	7	9	11	13	15	9
9	10	12	14	16	18	20	22	16
10	5	7	9	11	13	15	17	11

### ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

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:



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

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

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

$U_{\text{вн}}$  – 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 графики зависимостей значений напряжения, полученных с помощью рабочего эталона при прямом и обратном ходах, графически показать вариацию прибора в точке  $U_i$ .

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

ПРОТОКОЛ

Поверки вольтметра с \_\_\_\_\_ системой. 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: \_\_\_\_\_.