

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

Подразделение

Направление

Исследование метрологических характеристик и поверка вольтметра с
электромагнитной системой

Отчет по лабораторной работе №1

Дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация»

Выполнил студент группы 3-5А12 Ковалев Алексей Геннадьевич

«18» марта 2023 г.

Проверил Кравченко Евгений Владимирович

« ___ » _____ 2023 г.

Томск – 2023

Цель работы: изучении принципа действия вольтметра с электромагнитной системой, символьных обозначений электроизмерительных приборов, освоении методики проведения поверки вольтметра.

Задачами лабораторной работы являются:

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

Принцип действия вольтметра с электромагнитной системой

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.

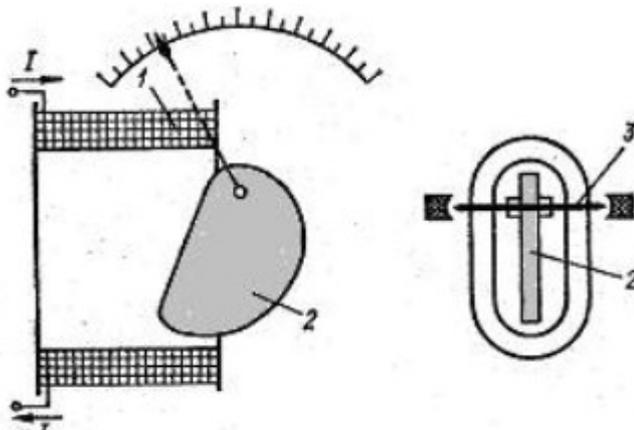


Рисунок 1 - Конструкция электромагнитного вольтметра

Электромагнитная энергия системы определяется выражением:

$$W_{эм} = L \cdot \frac{I^2}{2} = \frac{1}{2} L \cdot \frac{U^2}{R_V^2},$$

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:

$$M_{\text{вр}} = \frac{dW_{\text{э}}}{d\alpha} = \frac{1}{2} \cdot \frac{U^2}{R_V^2} \cdot \frac{dL}{d\alpha},$$

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

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

$$M_{\text{пр}} = k \cdot \alpha,$$

где k – коэффициент жесткости пружины.

Из условия равенства вращающего и противодействующего моментов следует:

$$\alpha = \frac{1}{2} \cdot \frac{U^2}{R_V^2} \cdot \frac{dL}{d\alpha}.$$

Из уравнения выше 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.

Ход работы

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

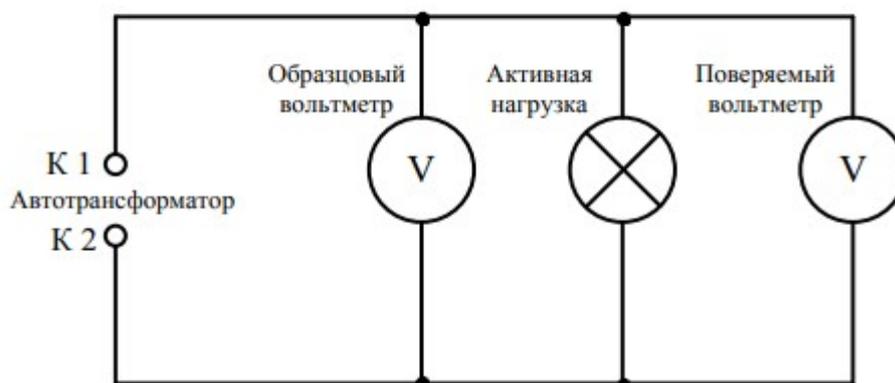


Рисунок 2 - Схема экспериментальной цепи

1. Повернули регулятор автотрансформатора против часовой стрелки до упора.
2. Соединили проводником контакты К1 выхода автотрансформатора с измерительным контактом вольтметра К3.1 панели «Приборы магнитоэлектрические».
3. Соединили проводником контакты К2 выхода автотрансформатора с измерительным контактом вольтметра К4.1 панели «Приборы магнитоэлектрические».
4. Соединили контакт К3.2 вольтметра с контактом К1.1 Активной нагрузки панели Блока нагрузок.
5. Соединили контакт К4.2 вольтметра с контактом К2.1 Активной нагрузки панели Блок нагрузок.
6. Установили переключатель режима работы мультиметра в положение измерения переменного напряжения, предел измерения 200 В. Подключили общий измерительный контакт мультиметра к общему измерительному контакту К1.2 Активной нагрузки панели Блока нагрузок.

7. Подключили контакт измерения V Ω Hz K2.2 Активной нагрузки панели Блок нагрузок.

8. Включили электропитание лабораторной установки (установили переключатели сетевых автоматов АВ1 и АВ2 вверх), включили мультиметр.

9. Плавно поворачивая регулятор Автотрансформатора по часовой стрелке, подобрали значение напряжения, при котором стрелка вольтметра установилась напротив заданной отметки шкалы в соответствии с вариантом.

Расчет метрологических характеристик

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

$$\Delta_{nx} = U_{nx} - U_{nn},$$

$$\Delta_{ox} = U_{ox} - U_{nn},$$

где U_{nx} -отсчет по рабочему эталону при увеличении показаний прибора, В;

U_{ox} -отсчет по рабочему эталону при уменьшении показаний прибора, В;

U_{nn} -значение напряжения, соответствующее отметке шкалы, В.

Вариация прибора вычисляется по формуле:

$$V = U_{nx} - U_{ox}.$$

Предел допускаемой основной абсолютной погрешности определяется по формуле:

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

где $U_{\text{вн}}$ - верхний предел поверяемого вольтметра, В;

$U_{\text{нн}}$ - нижний предел поверяемого вольтметра, В;

k - класс точности.

Пример расчета для прямого хода и обратного хода для отметки шкалы 100 В:

$$\Delta_{\text{нхпр}} = 99,1 - 100 = -0,9 \text{ В};$$

$$\Delta_{\text{нхобр}} = 99,9 - 100 = -0,1 \text{ В};$$

$$V = 99,1 - 99,9 = -0,8 \text{ В}.$$

Для отметки шкалы 110 В:

$$\Delta_{\text{нхпр}} = 112,4 - 110 = 2,4 \text{ В};$$

$$\Delta_{\text{нхобр}} = 110,8 - 110 = 0,8 \text{ В};$$

$$V = 2,4 - 0,8 = 1,6 \text{ В}.$$

Для отметки шкалы 120 В:

$$\Delta_{\text{нхпр}} = 123,2 - 120 = 3,2 \text{ В};$$

$$\Delta_{\text{нхобр}} = 121,8 - 120 = 1,8 \text{ В};$$

$$V = 3,2 - 1,8 = 1,4 \text{ В}.$$

Для отметки шкалы 130 В:

$$\Delta_{\text{нхпр}} = 133,9 - 130 = 3,9 \text{ В};$$

$$\Delta_{\text{нхобр}} = 132,4 - 130 = 2,4 \text{ В};$$

$$V = 3,9 - 2,4 = 1,5 \text{ В}.$$

Для отметки шкалы 140 В:

$$\Delta_{\text{нхпр}} = 142,4 - 140 = 2,4 \text{ В};$$

$$\Delta_{\text{нхобр}} = 142 - 140 = 2 \text{ В};$$

$$V = 2,4 - 2 = 0,4 \text{ В}.$$

Для отметки шкалы 150 В:

$$\Delta_{нхпр} = 152,5 - 150 = 2,5 \text{ В};$$

$$\Delta_{нхобр} = 150,9 - 150 = 0,9 \text{ В};$$

$$V = 2,5 - 0,9 = 1,6 \text{ В}.$$

Для отметки шкалы 160 В:

$$\Delta_{нхпр} = 161,9 - 160 = 1,9 \text{ В};$$

$$\Delta_{нхобр} = 161,2 - 160 = 1,2 \text{ В};$$

$$V = 1,9 - 1,2 = 0,7 \text{ В}.$$

$$\Delta_{дон} = \frac{1,5 \cdot (300 - 50)}{100} = 3,75 \text{ В}.$$

Ниже в таблице 1 представлены полученные данные.

Таблица 1 - Полученные данные

| Отметка шкалы, В | Отсчет по рабочему эталону, В | | Δ_{nx} , В | | Вариаци я |
|---------------------|----------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|--------------|
| | Прямой ход | Обратный ход | Прямой ход | Обратный ход | |
| 100 | 99,1 | 99,9 | -0,9 | -0,1 | -0,8 |
| 110 | 112,4 | 110,8 | 2,4 | 0,8 | 1,6 |
| 120 | 123,2 | 121,8 | 3,2 | 1,8 | 1,4 |
| 130 | 133,9 | 132,4 | 3,9 | 2,4 | 1,5 |
| 140 | 142,4 | 142 | 2,4 | 2 | 0,4 |
| 150 | 152,5 | 150,9 | 2,5 | 0,9 | 1,6 |
| 160 | 161,9 | 161,2 | 1,9 | 1,2 | 0,7 |

Графическое представление определяемых зависимостей

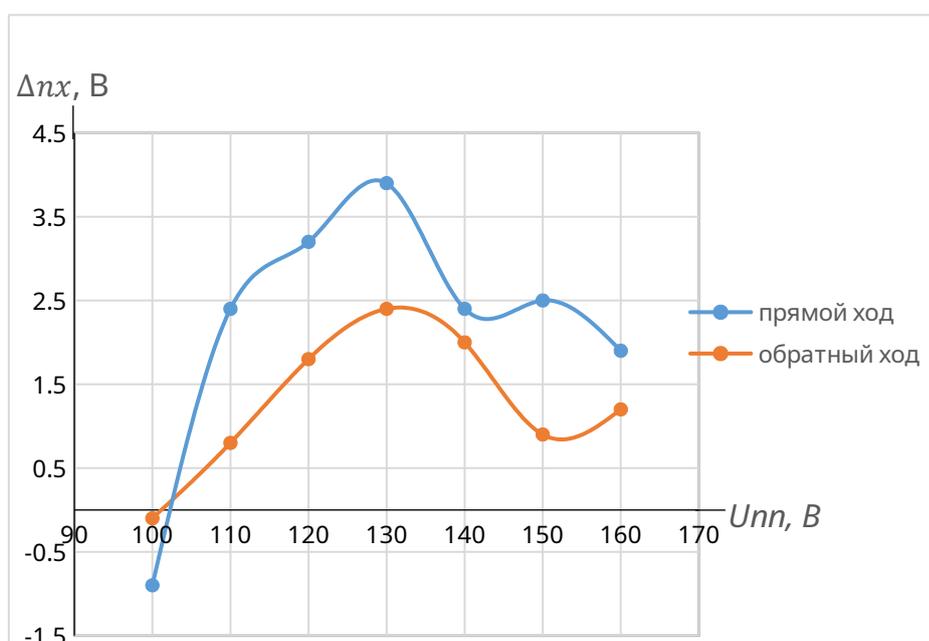


Рисунок 3 - График зависимости абсолютной погрешности прямого и обратного хода от измеряемой величины

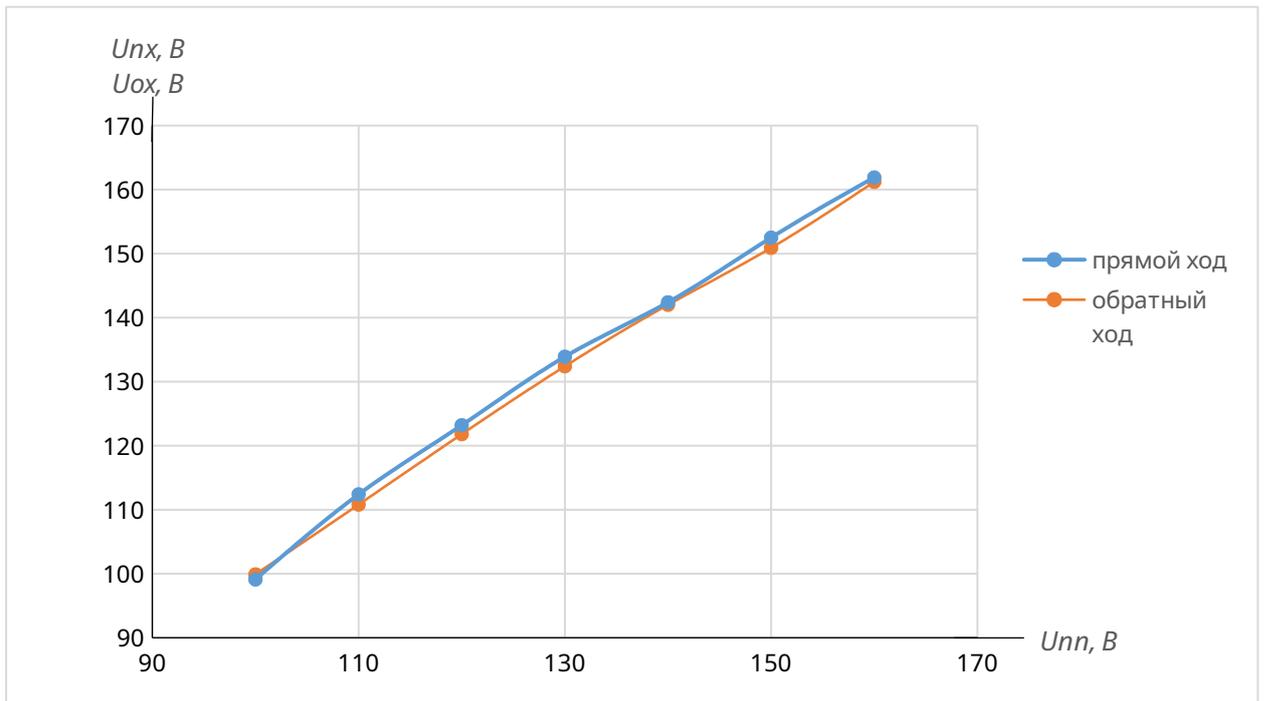


Рисунок 4 - График зависимости эталонного напряжения прямого и обратного хода от измеряемой величины

Протокол

Поверки вольтметра типа В96П с электромагнитной системой. Класс точности прибора 1,5. Предел измерения прибора 300 В. Отсчет проводился по рабочему эталону типа МУ64 с пределом измерения 200 В.

| Отметки шкалы, В | Отсчет по рабочему эталону, В | | Абсолютная погрешность, В | | Вариация прибора |
|------------------|-------------------------------|--------------|---------------------------|--------------|------------------|
| | Прямой ход | Обратный ход | Прямой ход | Обратный ход | |
| 100 | 99,1 | 99,9 | -0,9 | -0,1 | -0,8 |
| 110 | 112,4 | 110,8 | 2,4 | 0,8 | 1,6 |
| 120 | 123,2 | 121,8 | 3,2 | 1,8 | 1,4 |
| 130 | 133,9 | 132,4 | 3,9 | 2,4 | 1,5 |
| 140 | 142,4 | 142 | 2,4 | 2 | 0,4 |
| 150 | 152,5 | 150,9 | 2,5 | 0,9 | 1,6 |
| 160 | 161,9 | 161,2 | 1,9 | 1,2 | 0,7 |

Допускаемая абсолютная погрешность прибора 3,75 В.

Допускаемая вариация прибора 2,25 В.

Максимальная абсолютная погрешность прибора 3,9 В.

Максимальная вариация прибора 1,6 В.

Вывод: прибор не годен для измерений.

Ответы на контрольные вопросы

- 1) Какие символьные обозначения наносятся на электроизмерительные приборы? Что они означают?

На электроизмерительные приборы наносят следующие обозначения:

- - прибор предназначен для работ в цепи постоянного тока,
- \sim - прибор предназначен для работ в цепи переменного тока,
- \cong - прибор может использоваться в цепях постоянного и переменного тока;

На циферблат прибора наносятся цифры, которые обозначают класс точности прибора.

- 2) В чём заключается отличие магнитоэлектрических приборов от электромагнитных?

Основное отличие магнитоэлектрических приборов от электромагнитных заключается в том, что магнитоэлектрическими приборами нельзя измерять переменные токи. Это отличие появляется из-за разных зависимостей вращательного момента от тока. В магнитоэлектрической системе зависимость момента от тока линейная, а в электромагнитной – квадратичная.

- 3) Что называется вариацией измерительного прибора?

Вариация показаний измерительного прибора есть разность показаний прибора в одной и той же точке диапазона измерений при плавном подходе к этой точке со стороны меньших и больших значений измеряемой величины.

- 4) Что характеризует чувствительность измерительного прибора?

Чувствительность измерительного прибора характеризует способность измерительного прибора измерять малые сигналы.

