

Цель работы заключается в изучении конструкции и принципа действия амперметра с магнитоэлектрической системой, освоении методики проведения поверки электромагнитного амперметра.

Задачами лабораторной работы являются:

- изучение принципа действия электромагнитного амперметра;
- проведение проверки амперметра.

Принцип действия амперметра

Электромагнитный прибор имеет электроизмерительный механизм с неподвижной катушкой, по обмотке которой протекает измерительный ток и один или несколько ферромагнитных сердечников, установленных на оси.

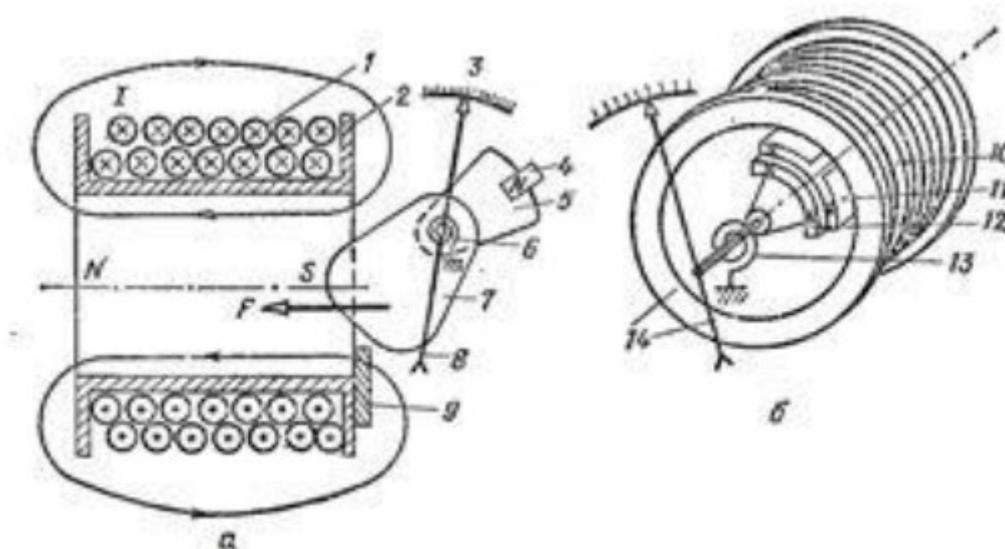


Рис. 1. Электромагнитный измерительный механизм;

а – с плоской катушкой; б – с круглой катушкой

Противодействующий момент создается механическими силами пружин (рис. 2), растяжек или подвесов

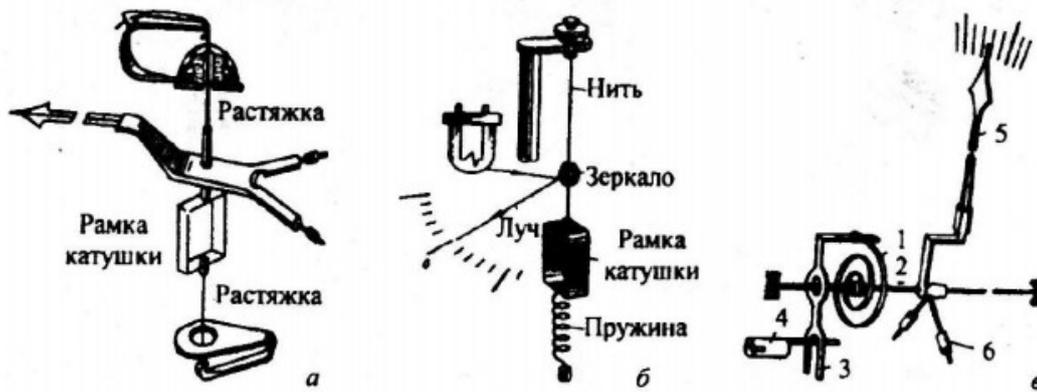


Рис. 2. Устройства задания противодействующего момента при помощи растяжек (а), подвеса (б), спиральных пружин (в)

1 – спиральная пружина; 2 – ось; 3 – рычаг для установки стрелки в нулевое положение; 4 – эксцентрик для поворота рычага 3 и стрелки 5; 6 – балансирующие противовесы

При этом противодействующий момент пропорционален повороту подвижной части механизма (углу закручивания упругого элемента). Растяжки – упругие ленты из бериллиевой или оловянной бронзы, крепятся одним концом к подвижной части, а оставшимися концами к плоским пружинам. Подвесы – металлические или кварцевые пружины – применяются только в приборах повышенной чувствительности. Для задания момента противодействия в приборах с установкой подвижной части на осях применяются спиральные пружины.

Вращающий момент в данной системе определяется по формуле:

$$M_{\text{пр}} = \frac{dW_{\text{э}}}{d\alpha} = \frac{1}{2} I^2 \cdot \frac{dL}{d\alpha} \quad (1)$$

Уравнение шкалы прибора выглядит следующим образом:

$$\alpha_y = \frac{1}{2} \cdot \frac{I^2}{W} \frac{dL}{d\alpha}$$

(2)

где W – удельный противодействующий момент, создаваемый спиральной пружиной.

Порядок выполнения работы

Для снятия метрологических характеристик электромагнитного вольтметра необходимо собрать схему, приведенную на рис. 3. [1]

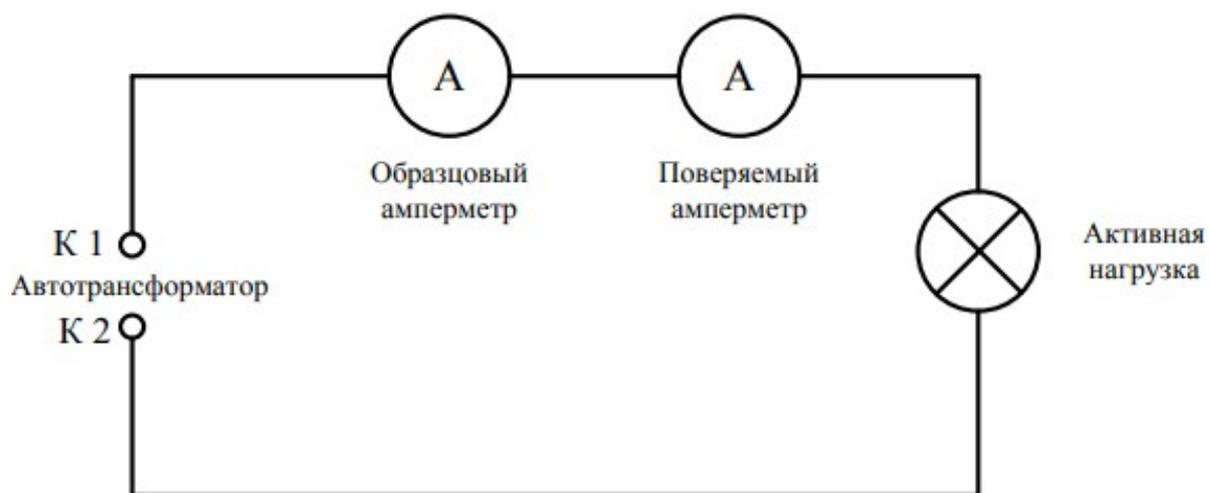


Рис. 3. Схема экспериментальной цепи

Экспериментальная часть

Протокол

Проверка амперметра типа RUCNI с электромагнитной системой.

Класс точности $\pm 1,5\%$.

Предел измерения прибора – 0-300 мА.

Отчет проводился по рабочему эталону мультиметра типа МУ64 с пределом измерения – 200 мА и классом точности $\pm 1,8\% \pm 3D$.

Таблица 1

| Отметки шкалы, мА | Отсчет по рабочему эталону, мА | | Абсолютная погрешность, мА | | Вариация прибора, мА |
|-------------------|--------------------------------|--------------|----------------------------|--------------|----------------------|
| | Прямой ход | Обратный ход | Прямой ход | Обратный ход | |
| 124 | 147,3 | 148,1 | 23,3 | 24,1 | 0,8 |
| 134 | 156,2 | 155,9 | 22,2 | 21,9 | 0,3 |
| 144 | 164,3 | 165,1 | 20,3 | 21,1 | 0,8 |
| 154 | 172,9 | 173,9 | 18,9 | 19,9 | 1 |
| 164 | 181,8 | 182,7 | 17,8 | 18,7 | 0,9 |
| 174 | 190,5 | 191,1 | 16,5 | 17,1 | 0,6 |
| 184 | 198,2 | 198,1 | 14,2 | 14,1 | 0,1 |

Обработка результатов измерений

1. Расчёт абсолютной погрешности прибора:

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

$$\begin{aligned}\Delta_{nx} (mA) &= I_{nx} - I_{nn} \\ \Delta_{ox} (mA) &= I_{ox} - I_{nn}\end{aligned}\quad (3)$$

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

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

I_{nn} – значение тока, соответствующее отметке шкалы.

Прямой ход:

$$\Delta_{nx1} = 147,3 - 124 = 23,3 \text{ мА},$$

$$\Delta_{nx2} = 156,2 - 134 = 22,2 \text{ мА},$$

$$\Delta_{nx3} = 164,3 - 144 = 20,3 \text{ мА},$$

$$\Delta_{nx4} = 172,9 - 154 = 18,9 \text{ мА},$$

$$\Delta_{nx5} = 181,8 - 164 = 17,8 \text{ мА},$$

$$\Delta_{nx6} = 190,5 - 174 = 16,5 \text{ мА},$$

$$\Delta_{nx7} = 198,2 - 184 = 14,2 \text{ мА}.$$

Обратный ход:

$$\Delta_{ox1} = 148,1 - 124 = 24,1 \text{ мА},$$

$$\Delta_{ox2} = 155,9 - 134 = 21,9 \text{ мА},$$

$$\Delta_{ox3} = 165,1 - 144 = 21,1 \text{ мА},$$

$$\Delta_{ox4} = 173,9 - 154 = 19,9 \text{ мА},$$

$$\Delta_{ox5} = 182,7 - 164 = 18,7 \text{ мА},$$

$$\Delta_{ox6} = 191,1 - 174 = 17,1 \text{ мА},$$

$$\Delta_{ox7} = 198,1 - 184 = 14,1 \text{ мА}.$$

2. Расчёт вариации прибора, мА:

$$V = I_{nx} - I_{ox} \quad (4)$$

$$V_1 = |I_{nx1} - I_{ox1}| = |147,3 - 148,1| = 0,8 \text{ мА},$$

$$V_2 = |I_{nx2} - I_{ox2}| = |156,2 - 155,9| = 0,3 \text{ мА},$$

$$V_3 = |I_{nx3} - I_{ox3}| = |164,3 - 165,1| = 0,8 \text{ мА},$$

$$V_4 = |I_{nx4} - I_{ox4}| = |172,9 - 173,9| = 1 \text{ мА},$$

$$V_5 = |I_{nx5} - I_{ox5}| = |181,8 - 182,7| = 0,9 \text{ мА},$$

$$V_6 = |I_{nx6} - I_{ox6}| = |190,5 - 191,1| = 0,6 \text{ мА},$$

$$V_7 = |I_{nx7} - I_{ox7}| = |198,2 - 198,1| = 0,1 \text{ мА}.$$

Предел допускаемой абсолютной погрешности определяется по формуле:

$$\Delta_{\text{доп}} = \frac{\gamma \cdot (I_{\text{вп}} - I_{\text{нп}})}{100} = \frac{1,5 \cdot (300 - 0)}{100} = \pm 4,5 \text{ мА}$$

Где $\gamma = \pm 1,5$ -предел допускаемой основной приведенной погрешности,

$I_{\text{вп}}$ - верхний предел измерения проверяемого амперметра;

$I_{\text{нп}}$ - нижний предел измерения проверяемого амперметра;

Предел допускаемой вариации определяется по формуле:

$$V_{\text{доп}} = \Delta_{\text{доп}} = 4,5 \text{ мА}$$

Допускаемая абсолютная погрешность прибора: $\pm 4,5$ мА.

Максимальная абсолютная погрешность прибора: 24,1 мА.

Допускаемая вариация прибора: 4,5 мА.

Максимальная вариация прибора: 1 мА.

Прямой ход- красный, обратный ход-синий.

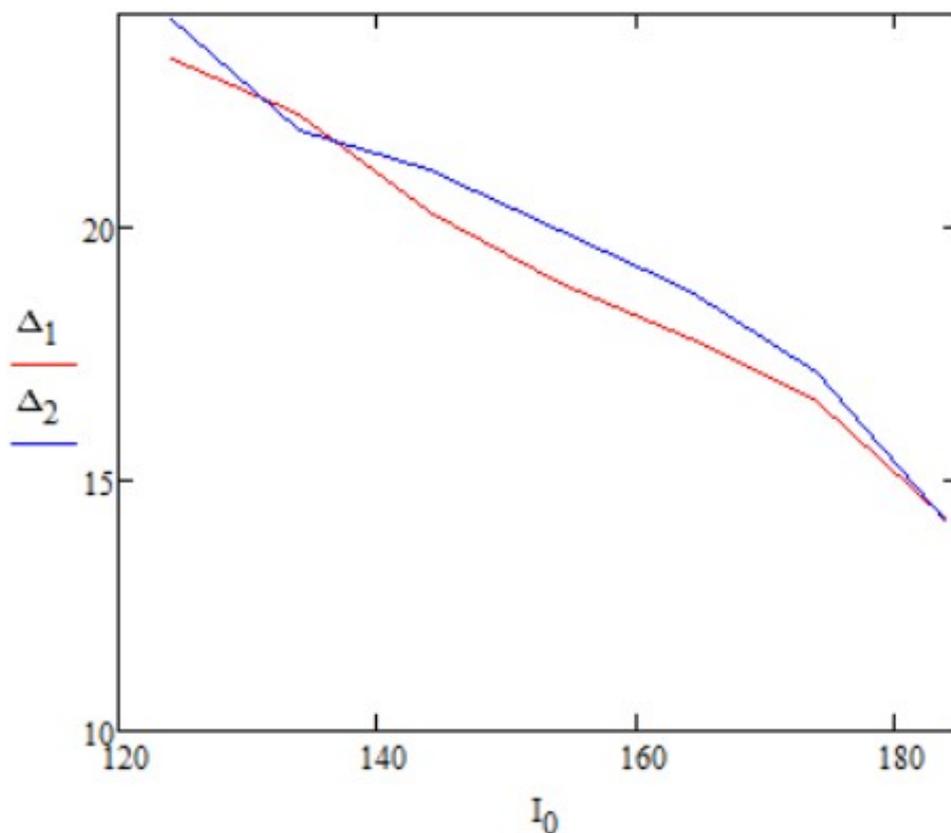


Рис. 4. Зависимость абсолютной погрешности прямого и обратного ходов от значения измеряемой величины

Анализируя полученную зависимость, можем сделать вывод о наличии инструментальной погрешности.

Прямой ход- красный, обратный ход-синий.

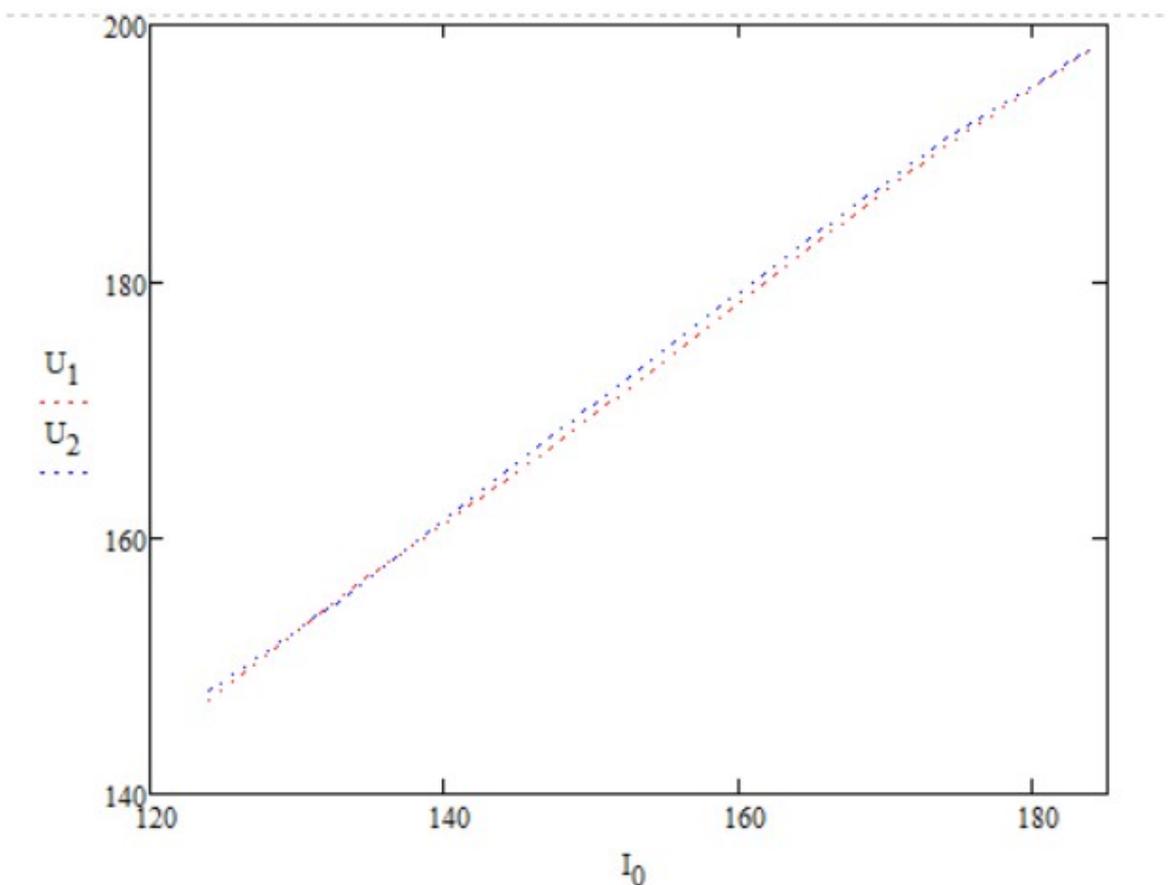


Рис. 5. Зависимость значений тока, полученных с помощью рабочего эталона при прямом и обратном ходах, от значений тока, соответствующих отметкам шкалы проверяемого амперметр

Вывод: максимальное значение абсолютной погрешности больше допусаемого, что свидетельствует о метрологической негодности прибора для проведения измерений.

| | |
|--|--|
| Допускаемая абсолютная погрешность прибора: 4.5 мА | Максимальная абсолютная погрешность прибора: 24,1 мА |
| Допускаемая вариация прибора: 4.5 мА | Максимальная вариация прибора: 1 мА |

Контрольные вопросы

- 1. Чему равен класс точности проверяемого прибора? Какую погрешность он характеризует?**

Класс точности прибора равен 1,5. Характеризует приведённую погрешность.

- 2. Почему шкала прибора неравномерна в области значений, близких верхнему и нижнему пределу измерений?**

При неравномерной шкале чувствительность прибора на различных участках шкалы различна, потому что одному и тому же приращению тока будут соответствовать разные отклонения стрелки прибора.

- 3. Как и почему включаются проверяемый и образцовый амперметры в проверочной схеме?**

При проверке, амперметры, как измеряемый, так и образцовый, включаются последовательно, чтобы значения проверяемого тока были одинаковы, так как при последовательном соединении сила тока на всех участках цепи равна.

Список использованных источников

1. Атрошенко Ю.К. Метрология, стандартизация и сертификация: сборник лабораторных и практических работ: учебное пособие. Часть 1/ Ю.К. Атрошенко, Е.В. Кравченко; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 92 с.