

ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Общие сведения

При экспериментальном исследовании физических процессов важнейшей задачей является измерение параметров этих процессов – физических величин.

Физическая величина – это характеристика (свойство) предмета, состояния или процесса. Она описывается качественно (сила тока, мощность, электрическое сопротивление и др.) и определяется количественно (задается значение физической величины). Например, запись $R = 5 \text{ Ом}$ означает количественную характеристику свойства вещества оказывать сопротивление электрическому току: проводник оказывает сопротивление прохождению по нему тока в размере 5 Ом. Важное место в ряду физических величин занимают электрические величины (сила тока, напряжение, мощность, частота, фазовый сдвиг и др.).

Измерение состоит в определении экспериментальным путем с помощью измерительных приборов числового значения физической величины. Для измерения электрических величин используются электроизмерительные приборы.

Широкое распространение электроизмерительных приборов объясняется рядом факторов:

а) огромная роль электричества в современной технике и быту, большое количество разнообразных электрических процессов и величин, подлежащих измерению;

б) легкость и высокая точность преобразования неэлектрических физических величин (давления, силы, температуры, ускорения и др.) в электрические величины, в числовой код;

в) высокая точность, быстродействие, надежность, удобство пользования, присущие электроизмерительным приборам.

Общие сведения об электроизмерительных приборах (ЭИП)

По назначению различают ЭИП для измерения тока (амперметры, гальванометры), напряжения (вольтметры), частоты (частотомеры), фазы (фазометры), мощности (ваттметры), параметров электрических цепей и др. Приборы, предназначенные для измерения нескольких величин, называют комбинированными, а работающие как на постоянном, так и на переменном токе – универсальными. Комбинированные универсальные приборы известны под названием «тестер». Важнейшими и наиболее распространенными ЭИП являются вольтметры и амперметры.

Вольтметр – средство для измерения электрического напряжения. Вольтметр подключают параллельно измеряемому объекту. В схеме на рис. 1.1 вольтметр V измеряет падение напряжения на сопротивлении R_1 (напряжение U_{ab}). Собственное (внутреннее) сопротивление вольтметра должно быть достаточно велико.

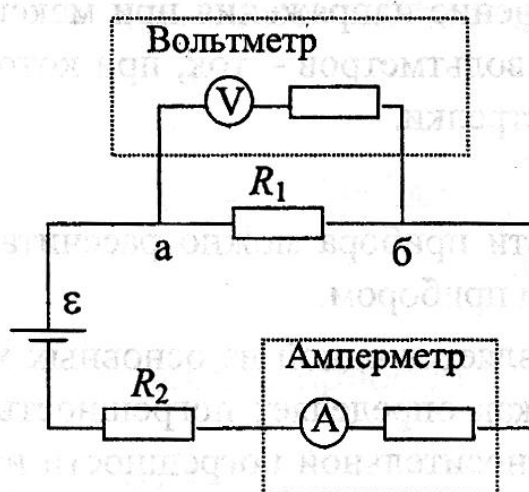


Схема включения вольтметра и амперметра

Амперметр – средство измерения силы электрического тока, прибор включается в разрыв цепи. В схеме на рис. амперметр A измеряет силу тока в цепи. Внутреннее сопротивление амперметра должно быть достаточно мало.

Особую группу ЭИП составляют средства измерения токов. Гальванометры обладают высокой чувствительностью. Часто они используются для индикации отсутствия тока (нуль-гальванометры). Гальванометры могут изготавливаться с увеличенной массой и, следовательно, увеличенным моментом инерции подвижной части. Такие гальванометры называются баллистическими. Они используются для измерения параметров импульсов тока, напряжения и заряда.

Метрологические и технические характеристики ЭИП

Метрологические характеристики ЭИП – это характеристики ЭИП, влияющие на результат измерения. К ним относятся:

1) класс точности – гарантированные границы погрешности средства измерения;

2) предел измерения – максимально допустимое значение электрической величины, которая может быть измерена данным измерительным прибором;

3) частотный диапазон, т.е. тот диапазон измерения частоты переменного измеряемого сигнала, в пределах которого погрешность измерения не выходит за класс точности данного прибора;

4) цена деления шкалы прибора или разрешающая способность (для цифровых приборов);

5) входное (внутреннее) сопротивление; иногда для амперметров может быть указано падение напряжения при максимальном измеряемом токе, а для аналоговых вольтметров – ток, при котором имеет место максимальное отклонение стрелки.

По классу точности прибора можно рассчитать погрешность измерения величины данным прибором.

Класс точности является одной из основных характеристик измерительного прибора, так как определяет погрешность измерения, а именно показывает значение относительной погрешности измерения в процентах. В соответствии с действующим ГОСТом лабораторным аналоговым ЭИП могут быть присвоены следующие классы точности: 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0.

Если класс точности ЭИП для измерения некоторой величины x задан цифрой в кружке (например, $(0,2)$), это означает, что относительная погрешность измерения γ составляет 0,2 %. Абсолютная погрешность измерения Δx рассчитывается из формулы

$$\gamma = \frac{\Delta x}{x} \cdot 100 \% \Rightarrow \Delta x = \frac{\gamma \cdot x}{100 \%}, \text{ или } \Delta x = \frac{0,2 \% \cdot x}{100 \%} = 0,002x,$$

где x – показание прибора (значение измеряемой величины).

В том случае, когда класс точности прибора задан цифрой без кружка (например, «1,5»), это означает, что относительная приведенная по-

грешность $\gamma_{\text{пр}}$ равна 1,5 %. Приведенная погрешность определяется формулой

$$\gamma_{\text{пр}} = \frac{\Delta x}{x_{\text{max}}} \cdot 100 \%,$$

где x_{max} – предел измерения прибора. Абсолютная погрешность определяется формулой

$$\Delta x = \frac{\gamma_{\text{пр}} \cdot x_{\text{max}}}{100 \%},$$

или

$$\Delta x = \frac{1,5 \% \cdot x_{\text{max}}}{100 \%} = 0,015 x_{\text{max}}.$$

Класс точности цифровых ЭИП задается в виде отношения двух постоянных чисел $\frac{c}{d}$. При этом относительная погрешность определяется формулой [2]

$$\gamma = \pm \left[c + d \left(\frac{x_{\text{max}}}{x} - 1 \right) \right].$$

Шкала прибора

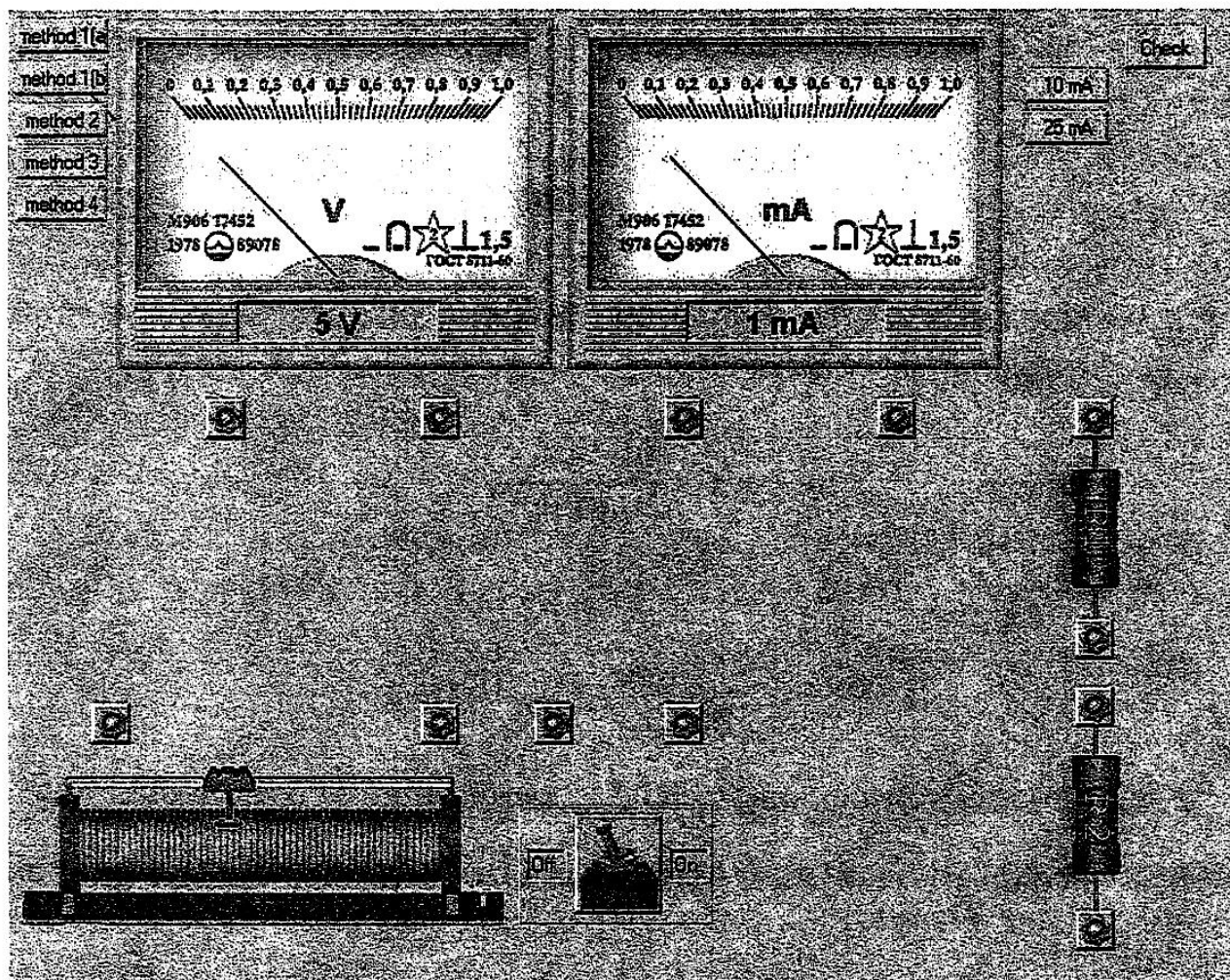
Важнейшей частью ЭИП является шкала, предназначенная для отсчета значений измеряемой величины.

Шкала имеет следующие характеристики:

- диапазон шкалы (определяется пределом измерения);
- цена деления (определяется как отношение предела измерения к числу делений);
- нулевое значение диапазона;
- конечное значение диапазона.

Рассмотрим, например, без учета особенностей стенда шкалу вольтметра в измерительном стенде на рис. Для нее:

- диапазон шкалы – 1 В;
- цена деления – 0,02 В;
- нулевое значение диапазона – 0;
- конечное значение диапазона – 1 В.








Измерительный стенд

Условные обозначения метрологических и технических характеристик ЭИП

Такие обозначения наносятся на внешнюю панель прибора. Отметим наиболее распространенные условные обозначения:

1. Род измеряемых величин: U, I, R, P .
2. Измерения на постоянных или переменных значениях тока и напряжения: $=$ или \sim .

3. Система прибора (определяется физическим принципом действия его измерительного механизма):

- а) магнитоэлектрическая  ;
- б) электромагнитная  ;
- в) электродинамическая  ;
- г) выпрямительная  ;
- д) электростатическая  .

4. Класс точности 0,1; 0,2...4,0.

5. Рабочее положение прибора:

а) вертикальное \perp , $|$;

б) горизонтальное — , \rightarrow , \sqcap ;

в) под углом $\angle \alpha$.

6. Пробивное напряжение



Кроме отмеченных обозначений, на шкале прибора могут быть приведены данные о внутреннем сопротивлении, потребляемом токе и др.

Обозначение зажимов (клемм):

– отрицательный зажим – ;

– положительный зажим + ;

– общий зажим (для многопредельных приборов переменного тока и комбинированных приборов) * ;

– зажим, соединенный с корпусом  ;

– зажим для заземления 