

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Часть 1

Учебно-методическое пособие для вузов:

Составители:
С.Н. Дрождин,
А.М. Косцов,
А.М. Солодуха

Издательско-полиграфический центр
Воронежского государственного университета
2009

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Работа № 1. Электроизмерительные приборы.....	4
Работа № 2. Измерение сопротивления мостиком Уитстона.....	12
Работа № 3. Проверка закона Ома для цепи переменного тока.....	17
Работа № 4. Исследование гармонических колебаний с помощью осциллографа.....	29
Рекомендуемая литература.....	38

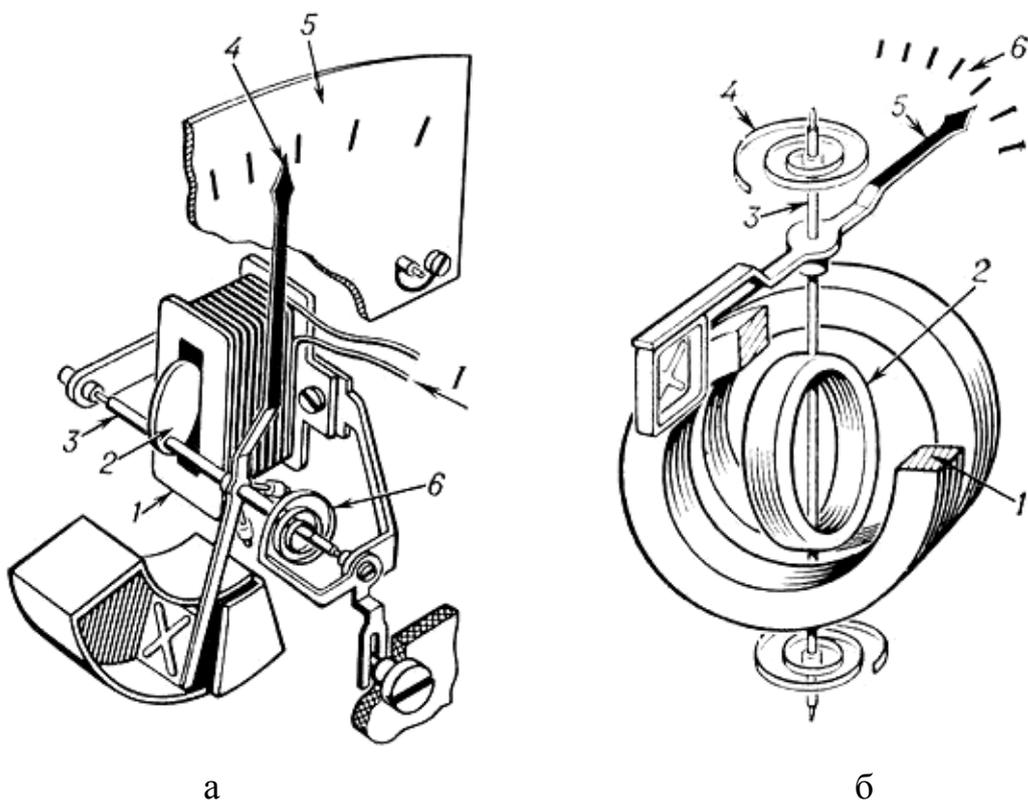


Рис. 2. Электромагнитный (а) и электродинамический (б) измерительные приборы: а: 1 — катушка; 2 — сердечник; 3 — ось; 4 — стрелка; 5 — шкала; 6 — пружина; б: 1 и 2 — неподвижная и подвижная катушки; 3 — ось; 4 — пружина; 5 — стрелка; 6 — шкала

Итак, все приборы, в том числе и вольтметры, реагируют на ток, протекающий через прибор. Для вольтметра ток пересчитан по закону Ома в напряжение, в единицах которого и проградуирована шкала прибора.

Однопредельные приборы

Амперметры и вольтметры различаются тем, что внутреннее сопротивление амперметра обычно мало (порядка 10 Ом), а внутреннее сопротивление вольтметра велико (порядка 10^5 Ом). Амперметры включают в исследуемый участок цепи последовательно, а вольтметры — параллельно. Ввиду малого сопротивления амперметра при включении прибора в цепь ток почти не меняется. В случае подключения вольтметра заметного перераспределения тока в исследуемой цепи также не происходит.

Все измерительные приборы должны вносить в исследуемую цепь достаточно малые искажения. Исходя из этого требования обоснуем ограничения на внутреннее сопротивление амперметров R_A и вольтметров R_V .

При включении амперметра в исследуемую цепь последовательно (рис. 3, а) через прибор будет протекать ток, близкий к измеряемому. По закону Ома ток, протекающий в цепи без амперметра и с ним, $I = \varepsilon / R$ и $I' = \varepsilon / (R + R_A)$ со-

ответственно, где ε – электродвижущая сила источника тока, R – сопротивление нагрузки.

Подключение амперметра в цепь изменяет первоначальный ток на величину $\Delta I = I - I'$. Нетрудно убедиться, что относительное изменение тока

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{I - I'}{I} = 1 - \frac{I'}{I} = 1 - \frac{R + R_A}{R} \approx \frac{R_A}{R}.$$

Следовательно, включение амперметра в цепь тем меньше влияет на ток в цепи, чем меньше отношение R_A/R . Поэтому обычно внутреннее сопротивление амперметра R_A мало.

Вольтметр должен быть подключен к участку, на котором нужно измерить падение напряжения, параллельно, т. к. только при таком подключении на клеммах вольтметра возникнет напряжение, близкое к измеряемому. Исходя из закона Ома для участка цепи запишем напряжение на сопротивлении R_1 (рис. 3, б) в исходной цепи и при подключении в цепь вольтметра соответственно:

$$U = \frac{\varepsilon R_1}{(R_1 + R_A)} \text{ и } U' = \frac{\varepsilon R_1'}{(R_1' + R_A)}.$$

Относительное изменение напряжения на сопротивлении:

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{U - U'}{U} = 1 - \frac{R_1'}{R_1} \left(\frac{R_1 + R_A}{R_1' + R_A} \right) \approx -\frac{R_1}{R_V}, \text{ так как } \frac{1}{R_1'} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_V}.$$

Итак, включение вольтметра тем меньше влияет на падение напряжения на сопротивлении R_1 , чем больше сопротивление вольтметра.

Многопредельные приборы

Часто электроизмерительные приборы имеют несколько пределов измерений. Например, один и тот же вольтметр в зависимости от положения переключателя может быть рассчитан на измерение напряжения от 0 до 1 В, от 0 до 10 В и от 0 до 100 В. Переключатель пределов измерения (в данном случае 1, 10, 100 В) соединен с набором сопротивлений, которые могут поочередно подключаться к собственной токочувствительной схеме. К амперметру шунт подсоединяется параллельно (рис. 4а).

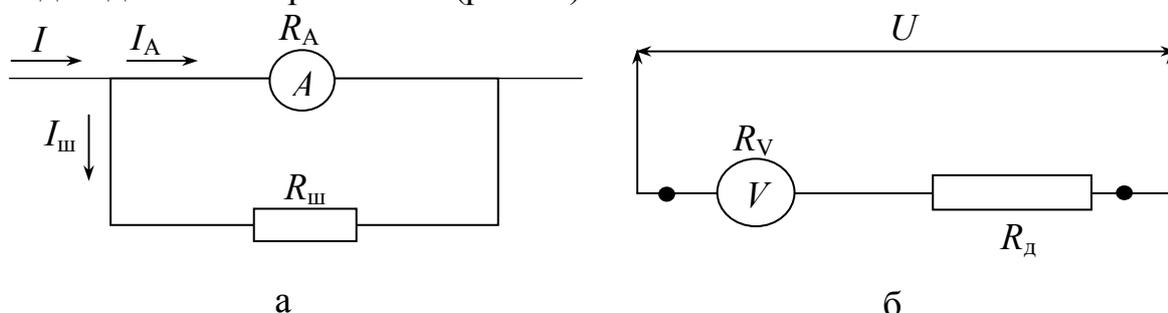


Рис. 4. Схемы подключения шунта для амперметра (а) и добавочного сопротивления для вольтметра (б)

Допустим, что амперметр рассчитан на предельный ток I_A , а требуется измерить ток $I > I_A$. Пусть внутреннее сопротивление амперметра R_A , а сопротивление шунта $R_{ш}$. Взяв $R_{ш} < R_A$ и собрав схему (рис. 4, а), можно получить амперметр, рассчитанный на измерение токов, гораздо больших I_A . Токи I , I_A и $I_{ш}$, протекающие в цепи, и сопротивления $R_{ш}$ и R_A связаны соотношением

$$I = I_A + I_{ш}; \quad I_{ш} = \frac{R_A}{R_{ш}} I_A.$$

По величине $R_A / R_{ш}$ и току I_A , измеряемому по шкале амперметра, рассчитывают величины $I_{ш}$ и I . Таким образом, шунтирование позволяет значительно расширить возможности измерительного прибора.

Аналогично вольтметр при использовании добавочного сопротивления R_d (рис. 4, б) может измерять напряжения, которое значительно больше предела измерения исходного вольтметра. Пересчет производится по формулам:

$$U = U_d + U_{R_v}; \quad U_d = U_{R_v} \frac{R_d}{R_v}.$$

Цена деления прибора

Это величина, определяемая соотношением: $C = \alpha_{пред} / N$, где $\alpha_{пред}$ – предельное значение измеряемой величины; N – максимальное число делений шкалы.

Например, если $\alpha_{пред} = 300$ В и $N = 100$ делений, то цена деления $300/100 = 3$ В.

Другими словами, цена деления представляет собой значение измеряемой величины, вызывающей отклонение стрелки прибора на одно деление. Если прибор однопредельный, то цена деления прибора – неизменная величина. Если прибор многопредельный, то каждое переключение регулятора пределов вызывает изменение цены деления шкалы прибора. Например, если упомянутый выше прибор переключили на предел измерения 150 В, то цена деления уже составит $150/100 = 1,5$ В. При работе с многопредельными приборами следует все время учитывать изменение цены деления шкалы прибора.

Зная цену деления C , можно легко пересчитать наблюдаемое отклонение стрелки прибора N' в собственно измеряемую величину $\alpha' = CN'$. Например, если $C = 1,5$ В и $N' = 53$ деления шкалы, то $\alpha' = 1,5 \cdot 53 = 79,5$ В.

Чувствительность прибора S есть величина, обратная цене деления, т.е. $S = 1/C = N/\alpha_{пред}$, т.е. чувствительность представляет собой отклонение стрелки прибора, если на прибор подана измеряемая электрическая величина, равная единице. Например, если $\alpha_{пред} = 300$ В, $N = 100$, то $S = 100/300 \cong 0,3$ В⁻¹.