

Работа 315

Амперметр как омическое сопротивление в цепи

Решаемые задачи

Определение внутреннего сопротивления амперметра.

Расширение диапазона измерения амперметра при помощи шунта

Для измерения напряжения и силы тока в электрических цепях обычно используются измерительные приборы, которые из-за их технических особенностей (измерительный механизм с подвижной катушкой, дополнительные резисторы) обладают омическим сопротивлением, так называемым внутренним сопротивлением R_i .

Наличие внутреннего сопротивления приводит к тому, что подключение измерительных приборов к тестируемой цепи влияет на её параметры. Так амперметры включаются в цепь последовательно, так чтобы измеряемый ток проходил через них. При этом наличие внутреннего сопротивления у амперметра приводит к тому, что общее сопротивление тестируемого участка цепи возрастает, и поэтому сила тока в цепи с амперметром меньше чем сила тока без него.

В первом эксперименте этой работы внутреннее сопротивление амперметра определяется путем измерения падения напряжения на нем во время измерения силы тока. По закону Ома:

$$R_i = \frac{U_A}{I_A} \quad (1)$$

где I_A — сила тока через амперметр.

Во второй части работы изучается влияние амперметра на изучаемую цепь. Для этого изме-

ряется сила тока в простой цепи с последовательно включенным резистором и амперметром. Общее сопротивление R_G этой схемы состоит из сопротивления резистора R и внутреннего сопротивления амперметра $R_{i,1}$:

$$R_G = R + R_{i,1} \quad (2)$$

Затем в цепь последовательно включается второй амперметр. В этом случае полное сопротивление цепи R_G^* увеличивается за счет внутреннего сопротивления второго амперметра:

$$R_G^* = R_G + R_{i,2} \quad (3)$$

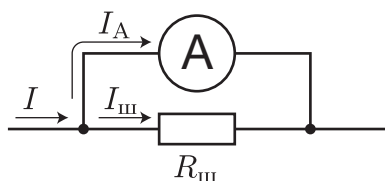
При этом соотношение силы тока в цепи с вторым амперметром I и без него I_A будет равно:

$$\frac{I}{I_A} = \frac{R_G^*}{R_G} \quad (4)$$

Когда с помощью амперметра необходимо измерить силу тока, которая превышает предел измерения прибора, параллельно с амперметром включают сопротивление $R_{ш}$, называемое шунтом. При этом часть тока протекает через шунт, часть — через амперметр, так что

$$I = I_A + I_{ш} \quad (5)$$

где I — суммарный входной ток, $I_{\text{ш}}$ — ток через шунт.



Поскольку амперметр и шунт соединены параллельно, падение напряжения на них одинаково, тогда по закону Ома:

$$I_A \cdot R_i = I_{\text{ш}} \cdot R_{\text{ш}} \quad (6)$$

откуда

$$I_{\text{ш}} = I_A \cdot \frac{R_i}{R_{\text{ш}}} \quad (7)$$

Из выражений (5) и (7) следует, что:

$$I = I_A \cdot \left(1 + \frac{R_i}{R_{\text{ш}}} \right) \quad (8)$$

Таким образом, диапазон измерения увеличивается тем больше, чем меньше сопротивление шунта. Если необходимо, чтобы ток I был в n раз больше тока I_A , то сопротивление шунта должно быть:

$$R_{\text{ш}} = \frac{R_i}{n - 1} \quad (9)$$

где $n = I/I_A$ — коэффициент шунтирования.

Оборудование

Мультиметр LDanalog 10	2 шт.	531110
Растровая панель с разъемами DIN A4	1 шт.	57674
Резистор 82 Ом, 2 Вт	3 шт.	57733
Резистор 4,7 кОм, 2 Вт	1 шт.	57752
Источник питания постоянного тока 0 ± 15 В	1 шт.	52145
Набор из 10 соединительных перемычек	1 шт.	50148
Пара кабелей 50 см, красный/синий	3 шт.	50145

Порядок выполнения работы

Определение внутреннего сопротивления

Соберите экспериментальную установку по схеме на рис. 1.

Соблюдайте полярность при подключении измерительных приборов.

Установите предел измерения амперметра 1 мА постоянного тока.

Установите ручку регулировки напряжения источника тока в минимальное положение.

Включите источник тока, и осторожно увеличивая напряжение на его выходе с помощью ручки установите силу тока в цепи 1 мА.

Измерьте падение напряжения на амперметре U_A .

Установите напряжение на источнике тока 0 В.

Определите внутреннее сопротивление амперметра R_i согласно выражению (1).

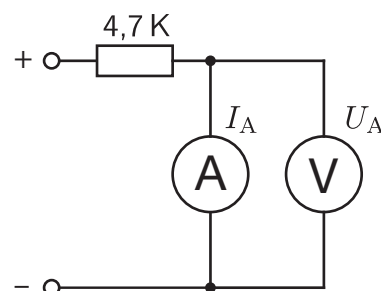


Рис. 1.

Влияние амперметра на исследуемую цепь

Соберите экспериментальную установку по схеме на рис. 2.

Параллельно второму амперметру включите переключку.

Установите предел измерения амперметра 1 мА постоянного тока.

Установите ручку регулировки напряжения источника тока в минимальное положение.

Включите источник тока, и осторожно увеличивая напряжение на его выходе с помощью ручки установите силу тока в цепи 1 мА, контролируя ток первым амперметром.

Уберите переключку, так чтобы оба амперметра показывали силу тока.

Запишите показания второго амперметра.

Установите напряжение на источнике тока 0 В.

Используя определенное в предыдущем упражнении внутреннее сопротивление амперметра R_i рассчитайте R_G и R_G^* (выражения (2) и (3)). Из выражения (4) найдите значение I_A . Сравните рассчитанное значение с экспериментально измеренным.

Объясните полученные результаты.

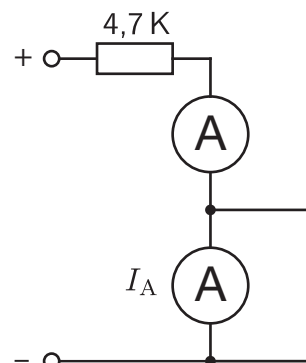


Рис.2.

Расширение диапазона измерения амперметра

Таблица 1

$R_{ш}$, Ом	I , мА	I_A , мА	I/I_A	$(1 + R_i/R_{ш})$
246	2,0			
164	2,0			
82	2,0			
41	2,0			

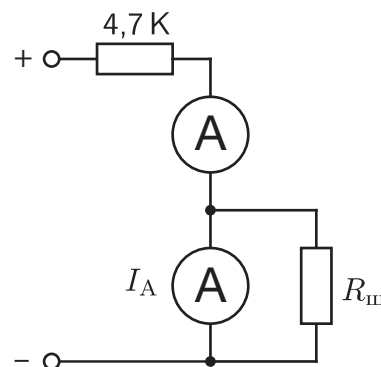


Рис.3.

Установите предел измерения амперметров 10 мА постоянного тока.

Параллельно второму амперметру включите сопротивление $R_{ш}$ в соответствии с рис. 3. Сначала используйте сопротивление $R_{ш} = 246$ Ом, собранное из трех последовательно соединенных резисторов на 82 Ом.

Установите ручку регулировки напряжения источника тока в минимальное положение.

Включите источник тока, и осторожно увеличивая напряжение на его выходе с помощью ручки установите силу тока в цепи $I = 2$ мА, контролируя ток первым амперметром.

Запишите показания второго амперметра I_{R_1} .

Установите напряжение на источнике тока 0 В.

Повторите эксперимент для других сопротивлений другим $R_{ш}$, указанных в таблице 1. Для этого используйте последовательное и параллельное соединение резисторов на 82 Ом. После каждого измерения снова сбрасывайте напряжение источника тока в 0 В.

Результаты измерений занесите в таблицу 1. Для каждого значения сопротивления шунта $R_{ш}$ рассчитайте I/I_A и $(1 + R_1/R_{ш})$, рассчитанные значения занесите в таблицу.

Объясните полученные результаты.

Вопросы для подготовки

1. Классификация электроизмерительных приборов по роду измеряемой величины, принципу действия и другим параметрам.
2. Амперметры, вольтметры, гальванометры, ваттметры. Их назначение и способы включения в цепь для измерения электрических величин.
3. Принцип действия и устройство электроизмерительных приборов магнитоэлектрической системы.
4. Принцип действия и особенности применения электроизмерительных приборов различных систем.
5. Шунт и добавочное сопротивление.