

# Работа 316

## Вольтметр как омическое сопротивление в цепи

### Решаемые задачи

Определение внутреннего сопротивления вольтметра.

Расширение диапазона измерения вольтметра при помощи добавочного сопротивления

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. Вольтметры подключаются параллельно исследуемому участку цепи, при этом наличие внутреннего сопротивления у вольтметра приводит к тому, что общее сопротивление цепи уменьшается, и поэтому напряжение тока в цепи с вольтметром меньше чем без него.

В первом эксперименте этой работы внутреннее сопротивление вольтметра определяется путем измерения силы тока через него во время измерения напряжения. По закону Ома:

$$R_i = \frac{U_B}{I_B} \quad (1)$$

где  $I_B$  — сила тока через вольтметр,  $U_B$  — напряжение на вольтметре.

Во второй части работы изучается влияние вольтметра на изучаемую цепь. Для этого используется цепь из двух последовательно резисторов  $R_1$  и  $R_2$ . С помощью вольтметра измеряется падение напряжения на резисторе  $R_1$ . При этом падение напряжения на  $R_1$  равно:

$$U_1 = U \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (2)$$

где  $U$  — суммарное напряжение.

Если параллельно резистору  $R_1$  подключить вольтметр, то падение напряжения на нем станет равным

$$U_B = U \cdot \frac{R^*}{R^* + R_2} \quad (3)$$

где  $R^* = \frac{R_1 \cdot R_i}{R_1 + R_i}$  — сопротивление параллельно соединенных вольтметра и резистора  $R_1$ .

Отношение напряжений:

$$\frac{U}{U_B} = \frac{(R_1 + R_i) \cdot R_2}{R_1 \cdot R_i} + 1 \quad (4)$$

Если с помощью вольтметра необходимо измерить напряжение, которая превышает предел

измерения прибора, последовательно с ним включается добавочное сопротивление  $R_d$ . При этом общее падение напряжения на вольтметре и добавочном сопротивлении будет равно

$$U = U_d + U_B \quad (5)$$

Поскольку вольтметр и добавочное сопротивление соединены последовательно, сила тока в них одинакова, тогда по закону Ома:

$$\frac{U_B}{R_i} = \frac{U_d}{R_d} \quad (6)$$

откуда

$$U_d = U_B \cdot \frac{R_d}{R_i} \quad (7)$$

Из выражений (7) и (5) следует, что:

$$U = U_B \cdot \left(1 + \frac{R_d}{R_i}\right) \quad (8)$$

Таким образом, диапазон измерения увеличивается тем больше, чем больше добавочное сопротивление.

## Оборудование

Мультиметр LDanalog 10	2 шт.	531110
Растровая панель с разъемами DIN A4	1 шт.	57674
Резистор 680 кОм, 0,5 Вт	1 шт.	57775
Резистор 220 кОм, 0,5 Вт	1 шт.	57772
Резистор 100 кОм, 0,5 Вт	1 шт.	57768
Резистор 4,7 кОм, 2 Вт	1 шт.	57752
Источник питания постоянного тока $0 \pm 15$ 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

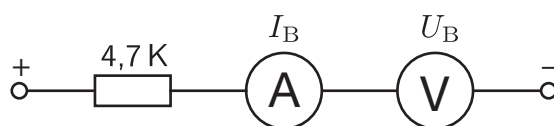


Рис. 1.

Соберите экспериментальную установку по схеме на рис. 1.

Соблюдайте полярность при подключении измерительных приборов.

Установите пределы измерения: амперметра 100 мкА постоянного тока, вольтметра — 1 В 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 напряжение  $U_B = 1$  В.

Измерьте силу тока в цепи  $I_B$ .

Установите напряжение на источника тока 0 В.

Определите внутреннее сопротивление вольтметра  $R_i$  согласно выражению (1).

### Влияние вольтметра на исследуемую цепь

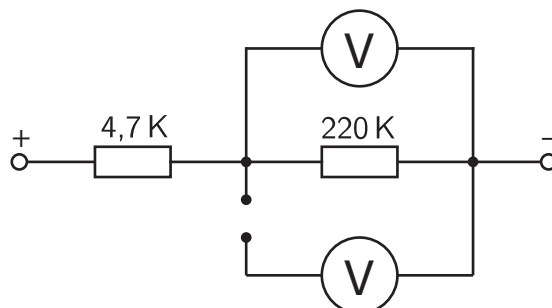


Рис.2.

Соберите экспериментальную установку по схеме на рис. 2.

Сначала не включайте второй вольтметр в цепь.

Установите предел измерения вольтметра 1 В 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 напряжение  $U = 1$  В.

Подключите второй вольтметр параллельно первому.

Запишите показания второго вольтметра.

Используя определенное в предыдущем упражнении внутреннее сопротивление вольтметра  $R_i$  рассчитайте  $R_1$  как сопротивление параллельно подключенных сопротивлений  $R = 220$  кОм и вольтметра,  $R_1 = R \cdot R_i / (R + R_i)$ . Затем из выражения (4) найдите  $U_B$ . Сравните рассчитанное значение с экспериментально измеренным.

Объясните полученные результаты.

### Расширение диапазона измерения вольтметра

Установите предел измерения вольтметров 1 В постоянного тока.

Последовательно с вторым вольтметром включите сопротивление  $R_d$  в соответствии с рис. 3. Сначала используйте сопротивление  $R_{ш} = 220$  кОм.

Установите ручку регулировки напряжения источника тока в минимальное положение.

Включите источник тока, и осторожно увеличивая напряжение на его выходе с помощью ручки установите напряжение  $U = 1$  В.

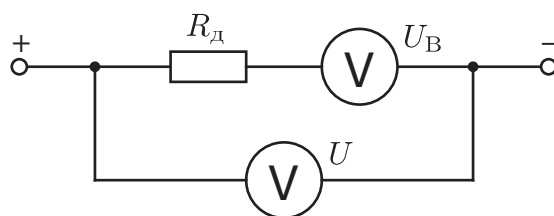


Рис.3.

Запишите показания второго вольтметра  $U_B$ .

Повторите эксперимент для других сопротивлений  $R_d$ , указанных в таблице 1 (сопротивление в 900 кОм получается путем последовательного соединения резисторов в 220 кОм и 680 кОм). После каждого измерения снова сбрасывайте напряжение источника тока в 0 В.

Результаты измерений занесите в таблицу 1. Для каждого значения добавочного сопротивления  $R_d$  рассчитайте  $U/U_B$  и  $(1 + R_d/R_i)$ , рассчитанные значения занесите в таблицу.

Объясните полученные результаты.

Таблица 1

$R_d$ , кОм	$U$ , В	$U_B$ , В	$U/U_B$	$(1 + R_d/R_i)$
100	10,0			
220	10,0			
680	10,0			
900	10,0			

## 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.