

Раздел 3

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

Работа 3.1

Изменение пределов электроизмерительных приборов. Изучение школьного авометра

Оборудование: микроамперметр М266, цифровой электронный прибор М890G, магазин сопротивлений Р-33, источник постоянного напряжения 1,2 В, реостаты 5000 Ом и 30 Ом, соединительные провода, школьный авометр АВО-63.

Введение

Основное требование, предъявляемое к электроизмерительному прибору, заключается в том, чтобы он не изменял параметры и режим работы цепи, в которую он включается. Именно поэтому амперметр, включаемый в цепь последовательно, должен иметь как можно меньшее сопротивление, а вольтметр, включаемый параллельно тому участку, на котором измеряется напряжение, наоборот, должен иметь как можно большее сопротивление. Однако и в том, и в другом случаях отклонение стрелки прибора наблюдается только тогда, когда через его измерительный механизм проходит электрический ток (исключением являются приборы электростатической системы). Ток I_n , вызывающий отклонение стрелки прибора на всю шкалу, называется *номинальным током*. Если внутреннее сопротивление прибора равно r , то *номинальное напряжение*, которое вызывает отклонение стрелки на всю шкалу, будет

$$U_n = I_n r. \quad (1)$$

Именно поэтому один и тот же прибор можно использовать для измерения тока (*амперметр*) и напряжения (*вольтметр*).

Если ток I или напряжение U в цепи больше номинальных значений тока I_n амперметра или напряжения U_n вольтметра, то необходимо расширить их пределы измерения. Это можно сделать подключением параллельно амперметру сопротивления $R_{ш}$, которое называется *шунтом*, или последовательно с вольтметром *добавочного сопротивления* R_d .

Прибор, в котором есть несколько шунтов или добавочных сопротивлений, называется *многопредельным*. Если в многопредельном приборе несколько шкал, то отсчет делают по той, которая соответствует включению прибора. Школьный авометр АВО-63 является многопредельным прибором с несколькими шкалами.

Расчет шунта амперметра. Если измеряемый ток I превышает номинальное значение тока I_n измерительного прибора, то параллельно прибору присоединяют сопротивление (шунт) такой величины, чтобы через прибор проходил ток, не больший I_n .

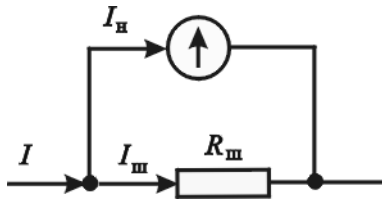


Рис. 3.1

Пусть сопротивление шунта $R_{ш}$ (рис. 3.1), а внутреннее сопротивление измерительного прибора — r .

Из рис. 3.1 видно, что $I = I_n + I_{ш}$. Так как $I_n r = I_{ш} R_{ш}$, то:

$$R_{ш} = \frac{r}{\frac{I}{I_n} - 1}. \quad (2)$$

Пусть измеряемый ток I в n раз больше, чем I_n :

$$I = I_n n. \quad (3)$$

С учетом (3) соотношение (2) можно записать:

$$R_{ш} = \frac{r}{n - 1}. \quad (4)$$

Таким образом, для расширения предела измерения тока в n раз сопротивление шунта $R_{ш}$ должно быть в $n - 1$ раз меньше, чем сопротивление прибора r .

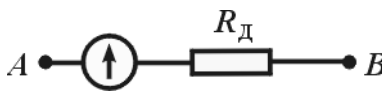


Рис. 3.2

Прибор с шунтом можно рассматривать как «новый» амперметр с другим внутренним сопротивлением, цена деления и предел измерения которого увеличены в n раз.

Расчет добавочного сопротивления вольтметра. Для увеличения пределов измерения вольтметра последовательно с измерительной системой прибора включается добавочное сопротивление R_d (рис. 3.2), а измеряемое напряжение U подводится к точкам A и B .

Согласно закону Ома напряжение между точками A и B

$$U = I_n r + I_n R_d = I_n (r + R_d), \quad (5)$$

где I_n — номинальный ток прибора, r — его сопротивление.

С учетом того, что $U_n = I_n r$ получим:

$$U = U_n \frac{r + R_d}{r} = U_n \left(1 + \frac{R_d}{r} \right). \quad (6)$$

Пусть измеряемое напряжение U превышает номинальное U_n в n раз, это значит

$$U = n U_n. \quad (7)$$

Если соотношение (7) подставить в (6), то получим:

$$nU_{\text{н}} = U_{\text{н}} \left(1 + \frac{R_{\text{д}}}{r} \right),$$

откуда

$$R_{\text{д}} = (n - 1)r. \quad (8)$$

Таким образом, чтобы увеличить *предельное напряжение и цену деления вольтметра* в n раз, добавочное сопротивление должно быть в $n - 1$ раз большим, чем внутреннее сопротивление прибора.

Цель работы состоит в приобретении умений и навыков использования одного и того же электроизмерительного прибора для измерения тока и напряжения в широких пределах; освоении использования школьного авометра для измерения токов, напряжений и сопротивлений.

Описание оборудования и метода. В данной работе для измерения тока и напряжения используется один и тот же прибор — микроамперметр М266 с внутренним сопротивлением $r = 700$ Ом и номинальным током $I_{\text{н}} = 100$ мкА, шкала которого содержит 100 делений.

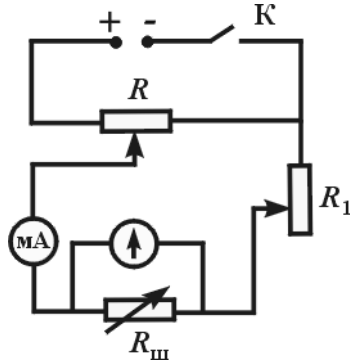


Рис. 3.3

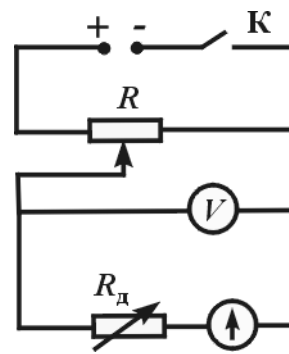


Рис. 3.4

Чтобы проверить правильность выбранного сопротивления шунта необходимо собрать схему, приведенную на рис. 3.3. В качестве шунта используется магазин сопротивлений Р-33. Регулирование тока в цепи осуществляется с помощью реостата R_1 и потенциометра R с номинальными сопротивлениями соответственно 5000 Ом и 30 Ом. Цифровой электронный прибор М890G служит образцовым измерителем тока при проверке правильности выбранного сопротивления шунта и градуировке изготовленного амперметра. Градуировка изготовленного вольтметра осуществляется сравнением его показаний с показаниями цифрового электронного прибора М890G, который используется в качестве образцового вольтметра по схеме, приведенной на рис. 3.4. В качестве добавочного сопротивления применяется тот же магазин Р-33, на котором набирается расчетное значение сопротивления $R_{\text{д}}$. Регулятором напряжения служит реостат R с номинальным сопротивлением 30 Ом.

Схема школьного авометра приведена на рис. 3.5. Значения сопротивлений некоторых резисторов, которые приведены на схеме, указаны в таблице 1.

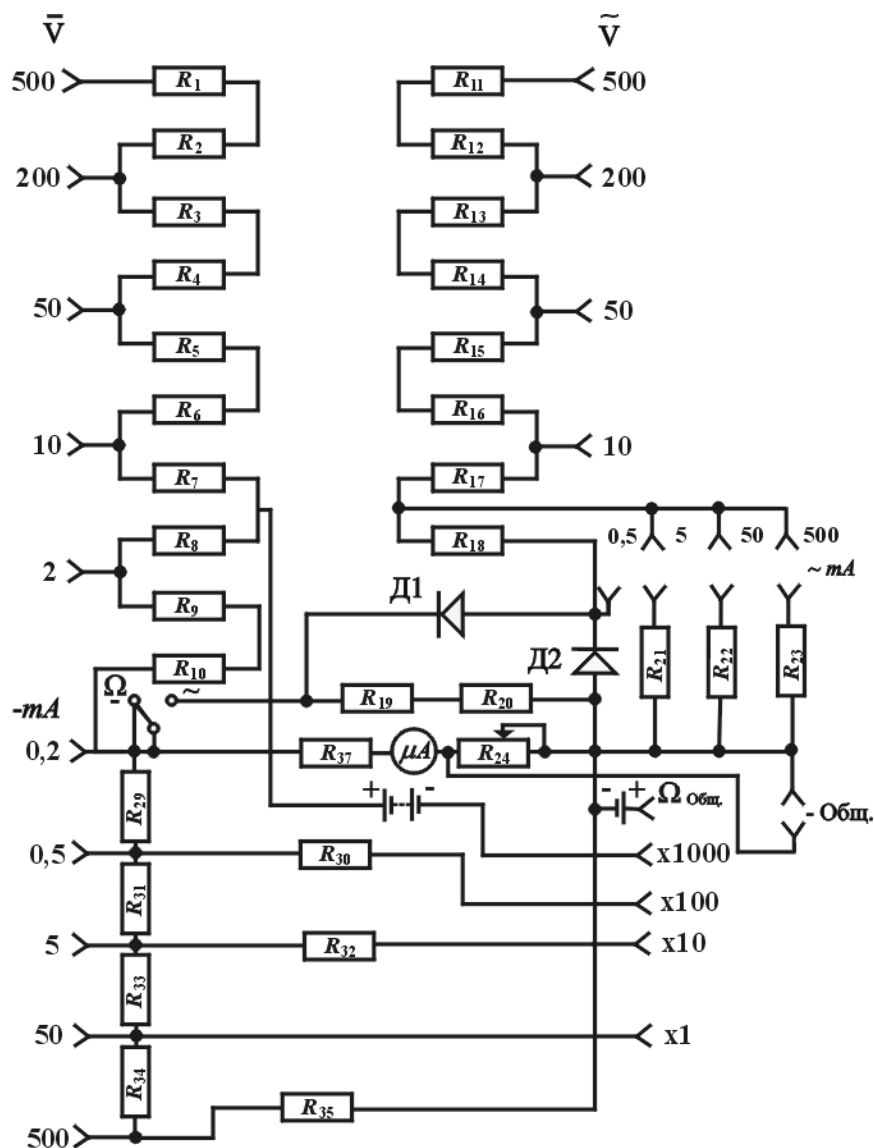


Рис. 3.5

Таблица 1

Обозначение на схеме	Величина сопротивления, кОм	Обозначение на схеме	Величина сопротивления, Ом
$R_1 + R_2$	1500	R_{31}	1620
$R_3 + R_4$	750	R_{33}	162
$R_5 + R_6$	200	R_{34}	16,2
$R_7 + R_8$	40	R_{32}	26
$R_9 + R_{10}$	8,8	R_{35}	1,8
R_{29}	2700	R_{37}	1000

АВО-63 — это комбинированный прибор, предназначенный для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного тока и сопротивления постоянному току. В качестве измерительного механизма в авометре используется высокочувствительный микроамперметр магнитоэлектрической системы типа М2003 с номинальным током 150 мкА и внутреннем сопротивлении 500 Ом. В приборе внутреннее сопротивление увеличено до 1500 Ом за счет присоединения добавочного сопротивления $R_{37} = 1000$ Ом, которое смонтировано на выводе измерителя. Для удобства отсчета всех измеряемых авометром величин прибор имеет три шкалы. Верхняя шкала обозначена знаком «Ω» и предназначена для измерения сопротивления. Оцифровка этой шкалы дана над ее делениями. Особенность этой шкалы в том, что нуль расположен справа. Средняя шкала обозначена «~» и предназначена для отсчета по ней напряжения и силы переменного тока. Нижняя шкала обозначена знаком «—» и предназначена для измерения напряжения и силы постоянного тока. Обе шкалы имеют по 50 делений с особым выделением каждого пятого и десятого деления. Оцифровка этих шкал расположена в три ряда ниже линии обеих шкал. Верхний ряд цифр — 0, 1, 2, 3, 4, 5, средний ряд — 0, 2, 4, 6, 8, 10 и нижний ряд — 0, 4, 8, 12, 16, 20. Наличие этих цифр обеспечивает удобство отсчета на всех пределах измеряемых величин.

Перед измерением авометр должен быть установлен горизонтально, а стрелка микроамперметра установлена на «0» средней и нижней шкалы с помощью механического корректора, шлиц которого находится на лицевой стороне корпуса микроамперметра. При измерении постоянного напряжения и тока, а также сопротивления, ручка переключателя должна быть в положении, при котором указатель (белая точка) находится напротив обозначения «Ω».

При измерении напряжения и силы постоянного тока короткий наконечник одного соединительного провода необходимо вставить в гнездо «общ.», а второго — в одно из гнезд рядов «мА» или «—V», которое соответствует пределу измеряемого тока или напряжения.

В электрическую цепь прибор включается при помощи щупов или надетых на них специальных зажимов. Провод, короткий наконечник которого вставлен в гнездо «общ.», необходимо подключать в точку цепи, соединенную с «—» источника тока. При измерении сопротивлений короткие наконечники соединительных проводов включаются в гнездо «общ.» в ряду со знаком «Ωх» и одно из гнезд указанного ряда соответственно избранному множителю. Перед началом измерений необходимо установить нуль омметра, для чего замкнуть накоротко щупы соединительных проводов и вращением ручки переменного резистора установить стрелку прибора на цифру «0» верхней шкалы. При измерении сопротивления резистора щупы соединительных проводов присоединяются к его концам.

Порядок выполнения работы

Задание 1. Расчет шунта и градуировка амперметра.

1. Сделайте расчет сопротивления шунта к микроамперметру М266, чтобы обеспечить измерение токов до 1 мА.

2. Соберите схему по рис. 3.3. Установите подвижный контакт реостата R_1 в среднее положение, а потенциометра R — в положение, которое соответствует минимальному напряжению. Обратите внимание на то, чтобы проводники, которые подводят ток, были подсоединены к зажимам шунта, а не микроамперметра.

3. На магазине Р-33 наберите сопротивление, равное сопротивлению шунта, определенное при расчетах. Обратите внимание на то, чтобы случайно сопротивление на магазине не оказалось большим, чем сопротивление шунта, так как это приведет к выходу микроамперметра из строя.

4. Подключите к сети 220 В, 50 Гц провод питания прибора М890Г и включите прибор нажатием на кнопку «ON/OFF». Включение должно сопровождаться появлением индикации. Переключатель прибора поставьте в положение «А=2м», которое соответствует измерению постоянного тока и его номинальному значению 2 мА. Соединительные провода присоедините к контактам «СОМ» и «mA».

5. Замкните ключ K . Плавно перемещайте подвижный контакт потенциометра R так, чтобы стрелка исследуемого амперметра последовательно смещалась на 5 — 10 делений шкалы. Показания исследуемого и образцового приборов запишите в таблицу 2:

Таблица 2

№ п/п	Показания приборов		
	исследуемого I_1		образцового I_2
	дел.	мА	мА

6. Постройте градуировочный график, откладывая по оси абсцисс значения тока, а по оси ординат — число делений шкалы исследуемого прибора. Определите цену деления шкалы.

Задание 2. Расчет добавочного сопротивления и градуировка вольтметра.

1. Рассчитайте величину добавочного сопротивления, которое необходимо подключить к микроамперметру М266, чтобы получить вольтметр для измерения напряжений до 1 В.

2. Соберите схему по рис. 3.4, установите подвижный контакт потенциометра R в положение, соответствующее минимуму напряжения. На магазине Р-33 наберите сопротивление, равное добавочному сопротивлению R_d .

3. Включите питание прибора М890G и приготовьте его к измерению постоянного напряжения в пределах до 2 В. ($V=2$). Соединительные провода прибора присоедините к контактам «СОМ» и «V/ Ω /f».

4. Замкните ключ K . С помощью потенциометра R плавно увеличивайте напряжение. Показания исследуемого и образцового вольтметров занесите в таблицу, аналогичную таблице 2.

5. Как и в задании 1, постройте градуировочный график и вычислите цену деления шкалы исследуемого вольтметра.

Задание 3. Изучение школьного авометра АВО-63.

1. Изучите заводское описание школьного авометра АВО-63, нарисуйте его принципиальную схему.

2. На основании принципиальной схемы, нарисуйте ту ее часть, которая используется при измерениях постоянного тока до 5 мА.

3. Пользуясь данными, приведенными в заводском описании, вычислите величину сопротивления шунта для предельного значения тока 5 мА.

4. Нарисуйте ту часть схемы, которая используется при измерении постоянного напряжения на пределе 10 В. Рассчитайте величину добавочного сопротивления и сравните его с данными, которые приведены в описании авометра.

5. Нарисуйте ту часть схемы, которая используется при измерении сопротивления постоянному току на пределе, соответствующем множителю « $\times 10$ ».

6. Измерьте сопротивление двух реостатов и сравните показания авометра с номинальными значениями сопротивлений, указанных на реостатах.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ УИР

Сделайте расчет добавочных сопротивлений, чтобы из измерителя М266 получить вольтметр с двумя пределами измерения 1 В и 10 В. Придумайте и нарисуйте схему, чтобы при переключении пределов измерения внутреннее сопротивление этого вольтметра не изменялось.



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Выведите формулу для расчета сопротивления шунта к амперметру и добавочного сопротивления к вольтметру.

2. Как изменится цена деления шкалы амперметра (вольтметра) при увеличении номинального значения тока (напряжения) в n раз?

3. Как вычислить внутреннее сопротивление амперметра, к которому присоединили шунт?

4. При включении амперметра с шунтом в цепь подводящие провода можно присоединить непосредственно к клеммам измерительного прибора или к шунту (точки *A* и *B*, рис. 3.1). Какое включение предпочтительнее? Почему?
5. Что такое номинальный ток и номинальное напряжение прибора?
6. Объясните принцип работы потенциометра.
7. Что такое градуировка амперметра (вольтметра)?
8. Нарисуйте схемы для градуировки амперметра с шунтом и вольтметра с добавочным сопротивлением.
9. Для чего предназначен комбинированный прибор АВО-63?
10. Объясните, почему нуль шкалы омметра расположен справа.