

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 сопротивлением 5000 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 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 в обоих 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, $U_n = I_n r$. Именно поэтому один и тот же прибор можно использовать для измерения силы тока (*амперметр*) и напряжения (*вольтметр*).

Если сила тока I или напряжение U в цепи больше номинальных значений силы тока I_n амперметра или на-

пряжения U_H вольтметра, то необходимо расширить пределы их 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 измеряемая сила тока I превышает номинальное значение силы тока I_H измерительного прибора, то параллельно прибору присоединяют такое сопротивление (шунт), чтобы через прибор проходил ток силой не более I_H .

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

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

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

Пусть измеряемый ток I в n раз больше I_H :

$$I = I_H n. \quad (2)$$

С учетом выражения (2) соотношение (1) можно записать в следующем виде:

$$R_{ш} = \frac{r}{n - 1}.$$

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

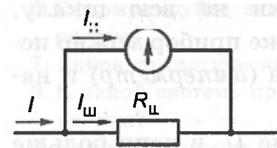


Рис. 3.1

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 .

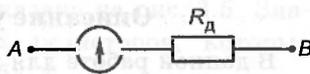


Рис. 3.2

Согласно закону Ома напряжение между точками A и B

$$U = I_n r + I_n R_d = I_n (r + R_d),$$

где I_n — номинальное значение силы тока прибора; r — его сопротивление.

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

$$U = U_n \frac{r + R_d}{r} = U_n \left(1 + \frac{R_d}{r} \right). \quad (3)$$

Пусть измеряемое напряжение U превышает номинальное U_n в n раз. Это значит, что

$$U = n U_n. \quad (4)$$

Если подставить соотношение (4) в формулу (3), получим:

$$n U_n = U_n \left(1 + \frac{R_d}{r} \right),$$

откуда $R_d = (n - 1)r$.

Таким образом, для увеличения предельного напряжения и цены 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 силы тока и напряжения в широких пределах силы, а также в освоении использования школьного авометра для измерения силы тока, напряжений и сопротивлений.

Описание установки и метода

В данной работе для измерения силы тока и напряжения используется один и тот же прибор – микроамперметр М266 с внутренним сопротивлением $r=700$ Ом и номинальным значением силы тока $I_n=100$ мкА, шкала которого содержит 100 делений.

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 $R1$ и потенциометра R с номинальными сопротивлениями 5000 и 30 Ом соответственно. Цифровой электронный прибор М890G служит образцовым измерителем силы 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_d . Регулятором напряжения служит реостат R с номинальным сопротивлением 30 Ом.

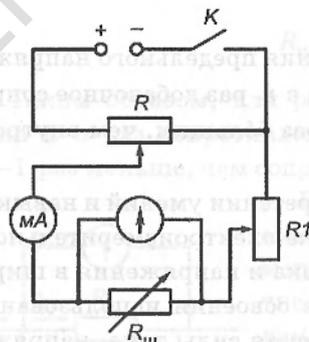


Рис. 3.3

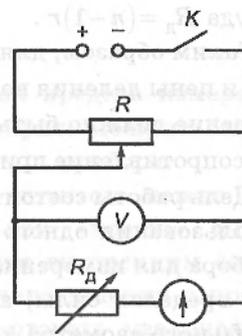


Рис. 3.4

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

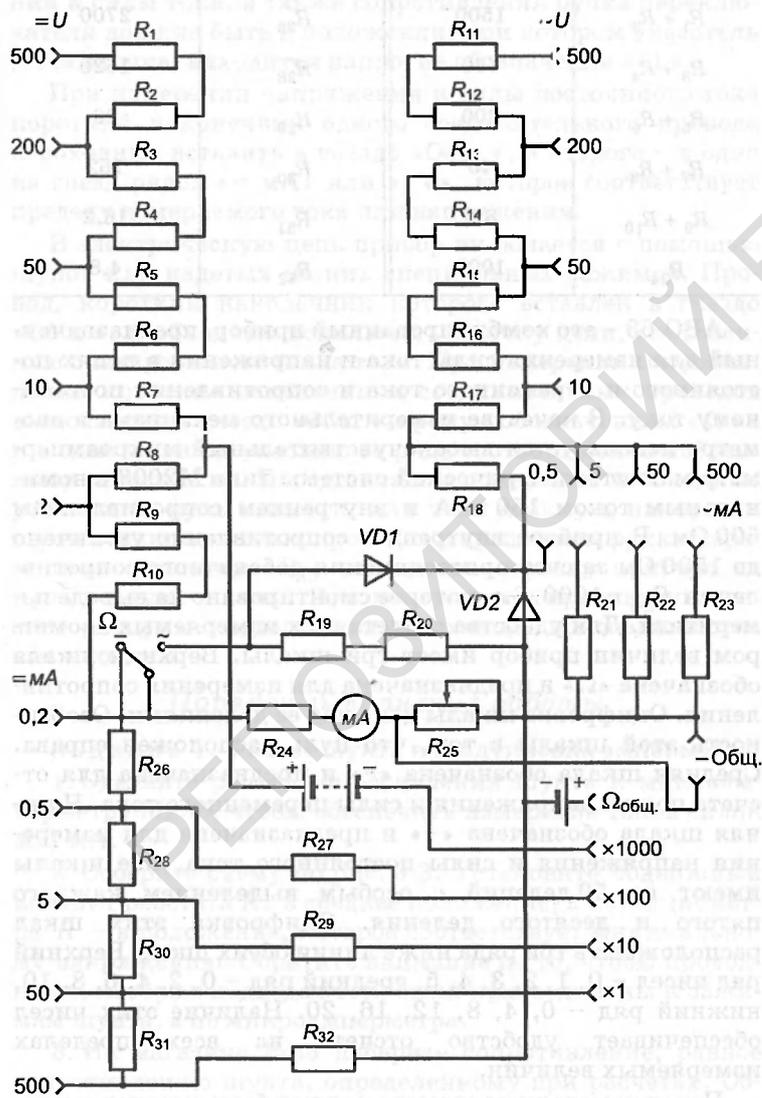


Рис. 3.5

Таблица 1

Обозначение на схеме	Сопротивление, Ом	Обозначение на схеме	Сопротивление, Ом
$R_1 + R_2$	1500	R_{26}	2700
$R_3 + R_4$	750	R_{28}	1620
$R_5 + R_6$	200	R_{29}	26
$R_7 + R_8$	40	R_{30}	162
$R_9 + R_{10}$	8,8	R_{31}	16,2
R_{24}	1000	R_{32}	4,8

АВО-63 – это комбинированный прибор, предназначенный для измерения силы 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 $R_{24} = 1000$ Ом, которое смонтировано на выводе измерителя. Для удобства отсчета всех измеряемых авометром величин прибор имеет три шкалы. Верхняя шкала обозначена « Ω » и предназначена для измерения сопротивления. Оцифровка шкалы дана над ее делениями. Особенность этой шкалы в том, что нуль расположен справа. Средняя шкала обозначена « \sim » и предназначена для отсчета по ней напряжения и силы переменного тока. Нижняя шкала обозначена « $-$ » 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 чисел – 0, 1, 2, 3, 4, 5, средний ряд – 0, 2, 4, 6, 8, 10, нижний ряд – 0, 4, 8, 12, 16, 20. Наличие этих чисел обеспечивает удобство отсчета на всех пределах измеряемых величин.

Перед измерением авометр должен быть установлен горизонтально, а стрелка микроамперметра – на нуль сред-

ней и нижней шкал с помощью механического корректора, шлиц которого находится на лицевой стороне корпуса микроамперметра. При измерении постоянного напряжения и силы 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 «= mA» или «-V», которое соответствует пределу измеряемого тока или напряжения.

В электрическую цепь прибор включается с помощью щупов или надетых на них специальных зажимов. Провод, короткий наконечник которого вставлен в гнездо «Общ.», необходимо подключать в точку цепи, соединенную с минусом источника тока. При измерении сопротивлений короткие наконечники соединительных проводов включаются в гнездо «Общ.» в ряду с обозначением « Ω » и в 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 R_{25} установить стрелку прибора на нуль 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 силой 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 присоединены к зажимам шунта, а не микроамперметра.

3. На магазине Р-33 наберите сопротивление, равное сопротивлению шунта, определенному при расчетах. Обратите внимание на то, чтобы случайно сопротивление на магазине не оказалось большим, чем сопротивление шун-

та, так как это приведет к выходу микроамперметра из строя.

4. Подключите к сети напряжением 220 В и частотой 50 Гц провод питания прибора М890Г и включите прибор нажатием на кнопку «ON/OFF». Включение должно сопровождаться появлением индикации. Переключатель прибора поставьте в положение «A=2m», которое соответствует измерению силы 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 табл. 2:

Таблица 2

Показания прибора		
исследуемого I_1		образцового I_2
деления	мА	мА

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

Задание 2. Расчет добавочного сопротивления и градуировка вольтметра.

1. Рассчитайте добавочное сопротивление, которое необходимо подключить к микроамперметру М266, чтобы получить вольтметр для измерения напряжений до 1 В.

2. Соберите схему согласно 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 М890Г 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 табл. 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 силой до 5 мА.

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

4. Нарисуйте ту часть схемы, которая используется при измерении постоянного напряжения на пределе прибора 10 В. Рассчитайте добавочное сопротивление 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, указанными на реостатах.

Задание для УИР

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

Контрольные вопросы и задания

1. Выведите формулу, по которой рассчитывается сопротивление шунта для амперметра и добавочного сопротивления для вольтметра.
2. Как изменится цена деления шкалы амперметра (вольтметра) при увеличении силы номинального 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 на рис. 3.1). Какое включение предпочтительнее? Почему?
5. Что такое номинальный ток и номинальное напряжение прибора?
6. Объясните принцип работы потенциометра.