

**РАСШИРЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ ИЗМЕРЕНИЯ МИЛЛИАМПЕРМЕТРА И
ВОЛЬТМЕТРА****1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

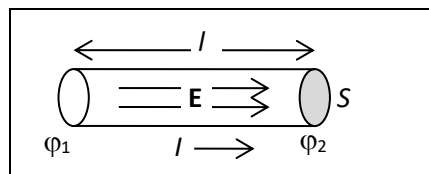
1. Изучить методику расчета добавочных сопротивлений и шунтов, рассчитать добавочное сопротивление и шунт для используемых приборов, экспериментально проверить результат расчета.

2. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Савельев И.В. Курс физики: Учеб. пособие для студентов вузов.- [В 3-х т.].- Т.2: Электричество и магнетизм. Волны. Оптика.- М.: Наука, 1989.- 496 с.
2. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вузов / Т.И. Трофимова. - 19-е изд. - Академия, 2012. – 560 с.
3. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики.- Академия, 2009. – 720 с.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ**3.1. Закон Ома для участка цепи. Сопротивление проводников.**

Рассмотрим отрезок однородного цилиндрического проводника длиной l . Для того, чтобы в проводнике шёл постоянный ток I , необходимо внутри проводника поддерживать постоянное электрическое поле E . Т.к. напряжённость электрического поля равна градиенту потенциала с обратным знаком, то



$$E = -\frac{\partial \varphi}{\partial l} = -\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{l} = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{l} = \frac{U}{l}$$

где φ - электрические потенциалы в начальном и конечном сечении проводника, а U - падение потенциала на выделенном нами участке электрической цепи 1-2, называемое напряжением, приложенным к проводнику. Если состояние проводника остаётся неизменным (не меняется его температура и т.д.), то для каждого проводника существует однозначная зависимость между напряжением U , приложенным к концам проводника и силой тока i в нём $i = f(U)$. Эта зависимость называется вольт-амперной характеристикой данного проводника. Для многих проводников, особенно для металлов, эта зависимость особенно проста: сила тока пропорциональна приложенному напряжению: $i = \Lambda U$

Этот закон носит название закона Ома в интегральной форме. Коэффициент пропорциональности Λ называется электропроводностью проводника, а величина, обратная электропроводности - электрическим

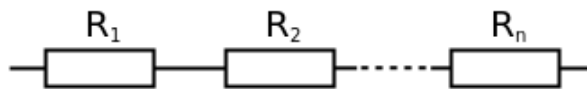
сопротивлением. Если обозначить сопротивление проводника через R , то $\Lambda=1/R$, и Закон Ома будет иметь вид: $i \times R = U$ или

$$I = U/R \quad (1)$$

Закон Ома для участка цепи: сила тока в проводнике прямо пропорциональна приложенному к его концам напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению проводника. Прежде всего, закон всегда верен для твёрдых и жидких металлических проводников.

Потребители электрической энергии (резисторы и пр.) могут по-разному соединяться друг с другом в электрической цепи. Два основных типа соединения проводников: последовательное и параллельное. А также есть еще два соединения, которые являются редкими: смешанное и мостовое.

При последовательном соединении проводников ток проходит через все резисторы. При этом через поперечное сечение каждого проводника в единицу времени проходит одинаковый заряд. Поэтому при последовательном соединении проводников сила тока в любом участке цепи одинакова: $I_1=I_2=I$. Полное напряжение в цепи при последовательном соединении, или напряжение на полюсах источника питания, равно сумме напряжений на отдельных участках цепи: $U=U_1+U_2+\dots+U_n$.

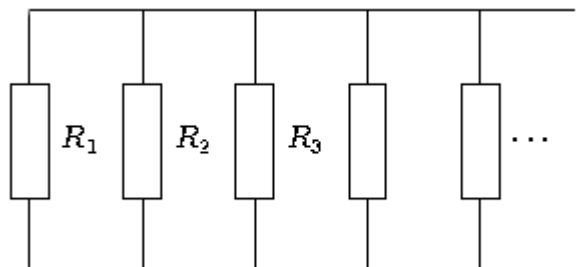


$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n \quad (2)$$

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n \quad (3)$$

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (4)$$

При параллельном соединении сила тока в неразветвлённой части цепи равна сумме сил тока в отдельных параллельно соединённых проводниках: $I=I_1+I_2+\dots+I_n$. Напряжение на участках цепи АВ и на концах всех параллельно соединённых проводников одно и то же: $U=U_1=U_2=U$.



При параллельном соединении резисторов складываются величины, обратно пропорциональные сопротивлению: $1/R=1/R_1+\dots+1/R_n$

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n \quad (5)$$

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n \quad (6)$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (7)$$

3.2. Измерение физических величин

3.2.1. Использование вольтметра

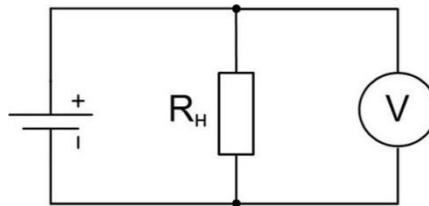
Измерение напряжения осуществляется с помощью *вольтметра*.

Электронные вольтметры есть двух типов:

Аналоговые. В них находится преобразователь входного сигнала в угол поворота стрелки, показывающий на шкале величину измеряемого напряжения. Недостаток аналоговых схем – в необходимости пересчитывать показания шкалы при изменении предела измерения;

Цифровые. В таких приборах есть цифровой дисплей и преобразователь, отображающий входной сигнал в цифровом виде. При подключении устройства в сеть постоянного тока на табло показывается полярность подключения. Эти конструкции отличаются компактностью, а точность такого аппарата зависит от качества встроенного контроллера.

Но чтобы получить достоверные данные, его необходимо правильно подключить. Вольтметр подключается параллельно устройству:

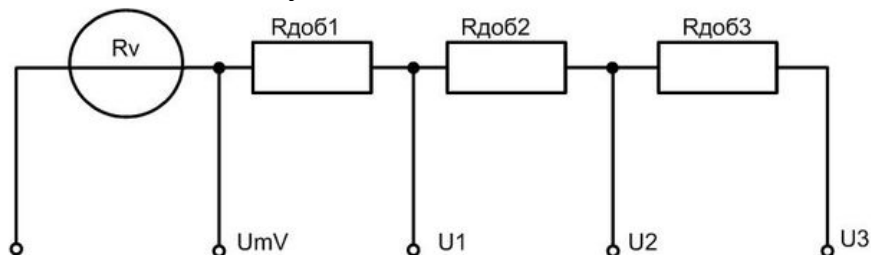


Лучшие приспособления будут обладать крайне высоким, бесконечным сопротивлением. Благодаря большому сопротивлению устройства будет достигнута крайне высокая точность, минимальные потери полезной мощности в цепи.

Увеличение предела измерения вольтметра. Увеличение предела измерения производится включением последовательно с прибором добавочного сопротивления R_d . Для увеличения предела в n раз общее сопротивление также необходимо увеличить в n раз и, учитывая сопротивление прибора $R_{пр}$:

$$R_d = R_{пр} * (n - 1) \quad (8)$$

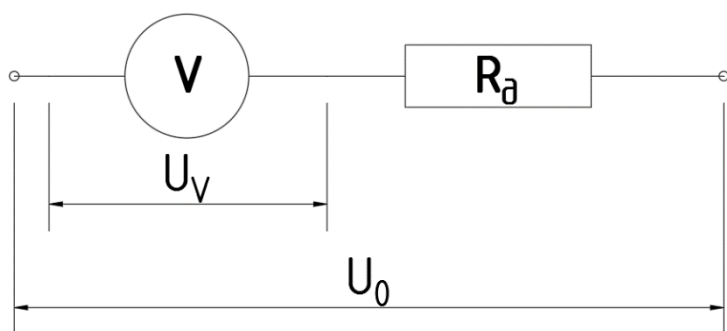
Показания шкалы также умножаются на n .



Расчет добавочного сопротивления к вольтметру:

Дано: U_v , R_v и U_o

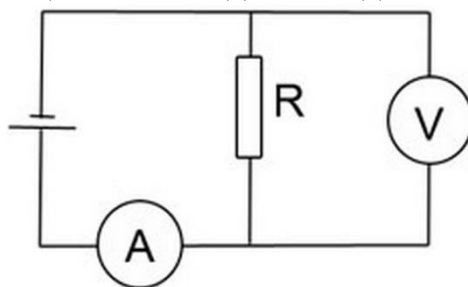
Найти: R_d



$$\begin{aligned} 1) \quad & U_d = U_0 - U_v \\ 2) \quad & I_v = \frac{U_v}{R_v} \\ 3) \quad & R_d = \frac{U_d}{I_d} = \frac{U_d}{I_v} \end{aligned}$$

3.2.2. Использование амперметра.

Чтобы в электрической цепи *измерить ток*, необходимо последовательно с потребителем электроэнергии включить *амперметр*. При этом, чтобы исключить влияние измерительного прибора на работу потребителя, *амперметр должен обладать очень малым внутренним сопротивлением, чтобы падением напряжения на приборе можно было бы просто пренебречь*. Включение амперметра в цепь — всегда последовательно с нагрузкой.



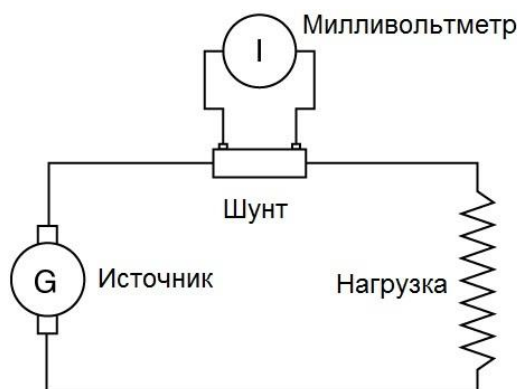
Шунт — устройство, с помощью которого электрический ток может протекать в обход какого-либо участка схемы. И в большинстве случаев представляет из себя резистор с низким сопротивлением, катушку или проводник.

Пределы измерения амперметров, предназначенных для проведения измерений в цепях постоянного тока, расширяемы, путем подключения амперметра не напрямую измерительной катушкой последовательно нагрузке, а путем подключения измерительной катушки амперметра параллельно шунту.

Так через катушку прибора пройдет всегда лишь малая часть измеряемого тока, основная часть которого потечет через шунт, включенный в цепь последовательно. То есть прибор фактически измерит падение напряжения на шунте известного сопротивления, и ток будет прямо пропорционален этому напряжению.

Практически амперметр работает в роли милливольтметра. Тем не менее, поскольку шкала прибора градуирована в амперах, пользователь

получит информацию о величине измеряемого тока. Коэффициент шунтирования выбирают обычно кратным 10.

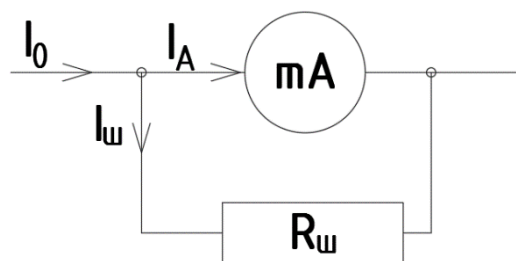


Шунты, рассчитанные на токи до 50 ампер монтируют непосредственно в корпуса приборов, а шунты для измерения больших токов делают выносными, и тогда прибор соединяют с шунтом щупами. У приборов, предназначенных для постоянной работы с шунтом, шкалы сразу градуированы в конкретных значениях тока с учетом коэффициента шунтирования. Для текущих измерений выбирают такой шунт, чтобы стрелка отклонялась бы максимум - на всю шкалу, то есть номинальные напряжения шунта и измерительного прибора должны быть одинаковыми.

Расчет шунта к амперметру:

Дано: I_A , I_0 и R_A

Найти: $R_{ш}$



$$1) \quad I_{ш} = I_0 - I_A$$

$$2) \quad U_A = I_A \cdot R_A = U_{ш}$$

$$3) \quad R_{ш} = \frac{U_{ш}}{I_{ш}}$$

4. ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

1. Стенд: «основы электрических измерений»
2. Цифровые мультиметры МУ
3. Прибор УТ-612
4. Минимодули «Потенциометр $R=10 \text{ К}$ »
5. «Резистор» с сопротивлением $R=22$

5. ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

В работе используются следующие схемы включения:

минимодуля «Потенциометр $R=10\text{ К}$ » к модулю питания постоянного тока и добавочного сопротивления для измерения напряжения (рис.1);

минимодуля «Резистор» с сопротивлением R_{22} к функциональному генератору переменного тока для измерения тока через шунт (рис.2).

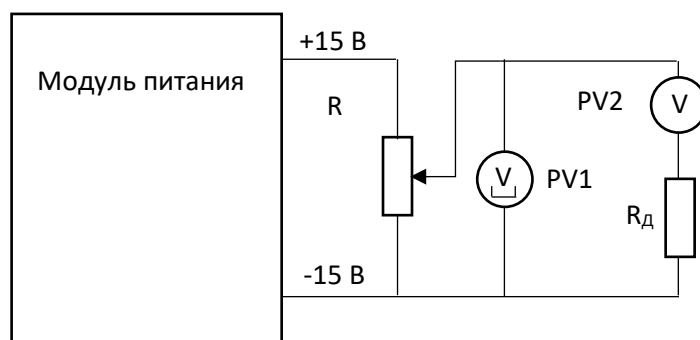


Рисунок 1

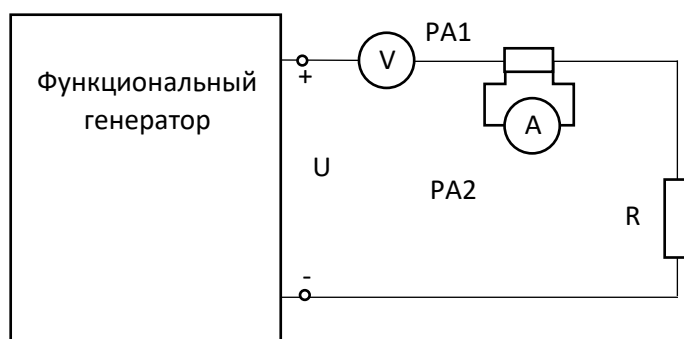


Рисунок 2

6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Измерить величину внутреннего сопротивления магнитоэлектрического вольтметра и миллиамперметра. Для этого установить на цифровом мультиметре МУ68 режим измерения сопротивления, включить электропитание и измерить мультиметром величину внутреннего сопротивления вольтметра. Внутреннее сопротивление миллиамперметра измерить прибором U-611 (UT-612). Результат измерений занести в табл. 1.

Таблица 1

$R_v, \text{ Ом}$	$R_A, \text{ Ом}$

2. По указанию преподавателя рассчитать величину добавочного сопротивления вольтметра R_d для обеспечения заданного предела измерения 15 В (30 В). Результат расчета занести в табл. 2. Рассчитать новую цену деления прибора.

Таблица 2

Предел измерения	$R_d, \text{ Ом}$	$R_{ш}, \text{ Ом}$
15 В		
30 В		

200 мА		
300 мА		

3. Рассчитать величину сопротивления шунта $R_{ш}$ для миллиамперметра, чтобы обеспечить заданный предел измерения прибора 200 мА (300 мА). Результат расчета занести в табл. 2. Рассчитать новую цену деления прибора.

4. С помощью мультиметра выбрать в модуле резисторов добавочное сопротивление R_d и шунт $R_{ш}$.

5. Для проверки результатов расчета величины добавочного сопротивления R_d собрать на наборном поле электрическую цепь (рис. 1). В качестве образцового вольтметра PV1 использовать цифровой мультиметр МУ64 в режиме измерения постоянного напряжения. Для регулирования величины напряжения использовать минимодуль «Потенциометр $R=10\text{ К}$ ». Установить регулятор потенциометра в крайнее левое положение.

6. После проверки схемы преподавателем включить электропитание стенда. Плавно изменяя потенциометром входное напряжение измерять величину напряжения на оцифрованных делениях шкалы аналогового прибора. Результаты измерения напряжения стрелочным (U) и цифровым вольтметрами (U_d) занести к табл. 3. Выключить электропитание.

Таблица 3

$U, \text{В}$					
$U_d, \text{В}$					
$\Delta U, \text{В}$					
$\gamma_u, \%$					

7. Для проверки результатов расчета величины шунта $R_{ш}$ собрать на наборном поле электрическую цепь (рис. 2). В качестве образцового амперметра PA1 использовать цифровой мультиметр МУ68 в режиме измерения постоянного тока. В качестве нагрузочного сопротивления R использовать минимодуль «Резистор» с сопротивлением $R=22\text{ Ом}$. Установить режим постоянного выходного напряжения функционального генератора. Ручку регулятора установить в крайнее левое положение.

8. После проверки схемы преподавателем включить электропитание стенда. Плавно изменяя выходное напряжение генератора измерять величину тока на оцифрованных делениях шкалы аналогового прибора. Результаты измерений тока аналоговым (I) и цифровым (I_d) приборами занести в табл. 4. Выключить электропитание.

9. Рассчитать абсолютные (ΔU , ΔI) относительные (γ_u , γ_i) погрешности измерения напряжения и тока.

Таблица 4

Деления	20	40	60	80	100
$I, \text{мА}$					
$I_d, \text{мА}$					

$\Delta I, V$					
$\gamma_i, \%$					

10. Сделать заключение о точности приборов после расширения пределов измерения.

7. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

1. Рассчитать результат косвенного измерения напряжения $U_{изм}$
2. Абсолютную погрешность измерения напряжения ΔU и относительную погрешность косвенного δU измерения напряжения.
3. Результаты расчетов занести в табл. 2. При расчете учесть, что относительная погрешность значения сопротивления резистора минимодуля R-22 Ом составляет 1%.

Содержание отчета:

- наименование и цель работы;
- схемы опытов;
- расчеты соотношений;
- таблицы результатов;
- выводы;

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Запишите закон Ома для участка цепи.
2. Как осуществляется подключение приборов для измерения тока и напряжения в цепи?
3. Как рассчитать полное сопротивление при соединении резисторов?
4. Каким должно быть внутреннее сопротивление измерительных приборов?
5. Используя закон Ома, получите формулу (8).
6. Поясните, как на основании закона Ома можно рассчитать шунт к амперметру.
6. Вольтметр рассчитан на измерение напряжений до максимального значения $U_v=30\text{ В}$. При этом через вольтметр идет ток $I=10\text{ мА}$. Какое добавочное сопротивление R_d нужно присоединить к вольтметру, чтобы им можно было измерить напряжения до $U=150\text{ В}$?
7. Миллиамперметр с пределом измерения токов $I_0=25\text{ мА}$ необходимо использовать как амперметр с пределом измерения токов $I=5\text{ А}$. Какое сопротивление $R_{ш}$ должен иметь шунт? Сопротивление прибора $R_a=10\text{ (Ом)}$.