

Лабораторная работа №4. ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ: знакомство с устройством и принципом действия электроизмерительных приборов, их градуирование и расширение предела измерений.

2. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

I - измеряемая сила тока, А;

U - измеряемое напряжение, В;

R_i - внутреннее сопротивление прибора, Ом;

$R_{ш}$ - сопротивление шунта, Ом;

n, m - коэффициент изменения предела измерений прибора;

N - число делений, показываемое исследуемым прибором;

l - длина проволоки шунта, м;

S - площадь ее поперечного сечения, $\text{мм}^2 = 10^{-6}\text{м}^2$;

ρ - удельное сопротивление материала шунта, Ом*м;

3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ:

3.1. Классификация электроизмерительных приборов. Обозначения на шкалах.

Электроизмерительными называются приборы для измерения электрических величин. Они классифицируются по типу измеряемой величины, принципу действия, роду тока, точности измерения, способу отсчета и другим признакам, определяющим их устройство, назначение, способ применения и свойства. Большая часть этих характеристик составляет, так называемые, паспортные данные, которые указываются на шкалах или панелях приборов. Рассмотрим эти характеристики.

3.1.1. Род измеряемой величины.

Физической природой измеряемой величины определяется название электроизмерительного прибора. Так, приборы для измерения силы тока называются амперметрами (обозначаются - А). В зависимости от чувствительности различают микроамперметры - (мкА), миллиамперметры - (мА), килоамперметры - (кА). Особо чувствительные приборы, не имеющие стандартной градуировки, называются гальванометрами.

Приборы для измерения напряжения называются вольтметрами (обозначаются - В). Различают макро - (мкВ), милли - (мВ) и киловольтметры - (кВ). Чувствительные вольтметры без стандартной градуировки называются электрометрами.

Приборы для измерения тока и напряжения являются наиболее распространенными. Кроме них существуют:

- приборы для измерения мощности - Ваттметры, W  ;
- приборы для измерения потребляемой энергии - электросчетчики W-T;
- приборы для измерения сопротивления - омметры, o  ;
- приборы для измерения частоты тока - частотометры, Hz;
- приборы для измерения сдвига фазы между током и напряжением - фазометры, φ;

Существуют также комбинированные приборы, назначение и пределы измерения которых меняются в зависимости от способа включения.

3.1.2. Система прибора.

В основу устройства электроизмерительного прибора могут быть положены самые разнообразные действия электрического тока или напряжения. В соответствии с этим существует большое число систем электроизмерительных приборов, основные из которых рассмотрены в разделе 3.2. При работе с любым прибором необходимо знать, к какой системе он относится, т. к. от этого зависят способы его применения, техника устранения систематических ошибок, допустимые перегрузки и т. д.

Система прибора обозначается на его шкале специальным знаком:

 - магнитоэлектрическая система,

 - электромагнитная,

 - электродинамическая.

3.1.3. Класс точности прибора.

Класс точности электроизмерительного прибора указывается в виде числа, равного основной приведенной погрешности, т. е. максимальной абсолютной погрешности, выраженной в процентах от максимального значения измеряемой величины.

Выпускаются приборы следующих классов точности:

- 0,05, 0,1, 0,2 - образцовые приборы,
- 0,2; 1,0 - лабораторные приборы,
- 1,5; 2,5; 4,0 - технические приборы.

3.1.4. Род тока и диапазон частоты. Приборы постоянного тока обозначаются значком "-" на шкале, приборы переменного тока значком "~".

Если прибор работает и на постоянном, и на переменном токе, на шкале ставят знак " \simeq ".

Большинство приборов переменного тока рассчитано на стандартную частоту 50 Гц. Если же прибор рассчитан на какую-либо другую частоту, то она указывается в шкале (например, 400 Hz). Основная погрешность прибора удваивается при отклонении частоты на 10% от номинальной. Иногда на приборе указывают пределы допустимых частот (например, 45–55 Hz).

3.1.5. Пределы измерений.

В простейшем случае предел измерений прибора указывается градуировкой его шкалы. У приборов с неравномерной шкалой, рабочий участок шкалы отмечают точками. У приборов с несколькими пределами измерений, многопредельных, или многошкальных, верхний предел измеряемой величины указывается у соответствующей клеммы или на переключателе.

3.2. Основные системы электроизмерительных приборов.

Как отмечалось, различают несколько типов систем электроизмерительных приборов. Рассмотрим основные из них.

3.2.1. Магнитоэлектрическая система.

В приборах этой системы используется взаимодействие проводника с током с постоянным магнитом. Роль проводника с током играет подвижная катушка, по которой пропускают измеряемый ток. Катушка помещается в магнитное поле между полюсами постоянного магнита и фиксируется в начальном положении с помощью спиральной пружины, которая одним концом крепится к оси рамки, другим - к неподвижным частям прибора. При протекании через катушку тока она ориентируется под определенным углом к начальному положению за счет взаимодействия магнитного поля, создаваемого током, с полем постоянного магнита. Величина этого угла прямо пропорциональна силе измеряемого тока, поэтому приборы магнитоэлектрической системы имеют равномерную шкалу. Отсчитывая угол отклонения рамки по шкале с помощью скрепленной с рамкой стрелки или зеркала, можно определить силу тока. Для этого прибор предварительно калибруют, т. е. устанавливают соответствие угла отклонения стрелки заданными значениями тока в катушке.

Главным недостатком приборов магнитоэлектрической системы является то, что с их помощью нельзя непосредственно измерять величину переменного тока. Однако использование таких приборов становится возможным, если переменный ток предварительно выпрямить.

3.2.2. Электромагнитная система.

Принцип действия приборов этой системы основан на взаимодействии магнитного поля катушки с током и его ферромагнитным сердечником, который посредством упругой пружины внешним концом связан с неподвижными частями прибора. К сердечнику крепится измерительная стрелка. При протекании через катушку измеряемого тока сердечник втягивается внутрь катушки и отклоняет стрелку. Угол отклонения стрелки пропорционален квадрату силы тока, поэтому шкала приборов электромагнитной системы неравномерна.

К достоинствам электромагнитных приборов относится простота конструкции и выносливость к перегрузкам, т. к. в них нет подвижных токонесущих частей. Главным же является то, что этими приборами можно измерять переменный ток.

Недостатки приборов электромагнитной системы - чувствительность к внешним магнитным полям и неравномерность шкалы.

3.2.3. Электродинамическая система.

В приборах этой системы измеряемый ток проходит через две катушки: одну неподвижную и вторую, находящуюся внутри ее, подвижную. Катушки включаются последовательно в вольтметрах и параллельно в амперметрах. Угол отклонения измерительной стрелки, соединенной с подвижной катушкой пропорционален квадрату силы тока, поэтому шкала этих приборов неравномерна.

Достоинствами электродинамических приборов являются возможность измерения переменных токов и большая, чем у электромагнитных приборов, точность измерения (ввиду отсутствия ферромагнитных деталей).

Недостатки: малая чувствительность, неустойчивость к перегрузкам, неравномерная шкала.

3.3. Расширение предела измерений электроизмерительных приборов.

Чувствительность приборов к току или напряжению, а также их внутреннее сопротивление трудно варьировать за счет чисто конструктивных изменений в приборе. Так, например, подвижные катушки магнитоэлектрических и электродинамических приборов и токоподводящие пружины для силы тока порядка 1 А должны быть достаточно массивными, а следовательно, грубыми. Это приведет к снижению чувствительности прибора. Поэтому пределы измерений амперметров и вольтметров изменяют с помощью шунтов и добавочных сопротивлений.

3.3.1. Расчет добавочного сопротивления.

Добавочное сопротивление используется для расширения пределов измерения вольтметров и представляет собой активное сопротивление, включенное последовательно вольтметру (см. Рис. 3.2).

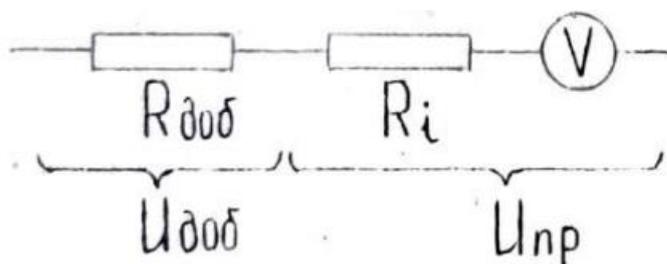


Рис. 3.2. Схема включения $R_{доб}$

Добавочное сопротивление уменьшает падение напряжения на вольтметре в $m = \frac{U}{U_{пр}}$ раз, во столько же раз увеличивая его предел измерения.

Используем законы Кирхгофа для расчета добавочного сопротивления

$$J_{доб} = J_{пр} = J$$

$$U = U_{доб} + U_{пр} = J(R_{доб} + R_i) \quad (3.4)$$

Решая систему 3.4, получим:

$$\frac{U_{доб}}{U_{пр}} = 1 + \frac{R_{доб}}{R_i} = m \quad (3.5)$$

Отсюда найдем добавочное сопротивление:

$$R_{доб} = R_i(m - 1) \quad (3.6)$$

4. Приборы и принадлежности:

Для проведения лабораторной работы используются: электроизмерительный прибор, играющий роль эталонного, калибруемый прибор, набор шунтов и добавочных сопротивлений, источник постоянного тока, реостат.

5. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ:

В работе осуществляется калибровка амперметра и вольтметра и увеличение предела их измерений в заданное преподавателем число раз.

5.1. Определение чувствительности и цены деления исследуемого электроизмерительного прибора.

Для определения чувствительности электроизмерительного прибора собирается схема, как это показано на рис.3: а) - для амперметра, б) - для вольтметра.

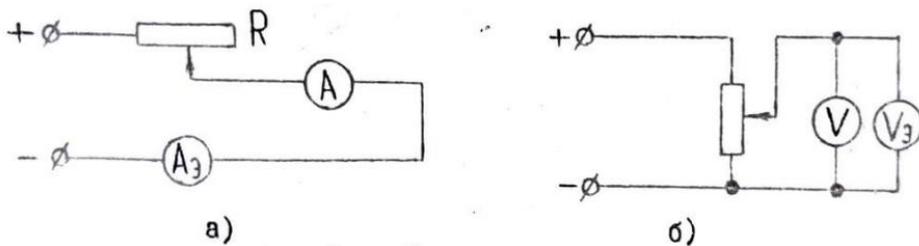


Рис.5.1. Схемы измерений с амперметром (а) и вольтметром (б).

Калибровка осуществляется по сравнению показаний исследуемого и эталонного приборов; для этого измеряется зависимость $N = f(J)$ для амперметра и $N = f(U)$ для вольтметра.

Ценой деления прибора называется величина тока или напряжения, приходящаяся на одно деление его шкалы, т. е. $\frac{J}{N}$ или $\frac{U}{N}$. Чувствительность прибора - величина, обратная цене деления, т. е. $\frac{N}{J}$ или $\frac{N}{U}$.

5.2. Изменение пределов измерений.

Для изменения пределов измерений исследуемых электроизмерительных приборов собирают схемы, предусматривающие включение шунтов и добавочных сопротивлений (рис. 5.2 а, б).

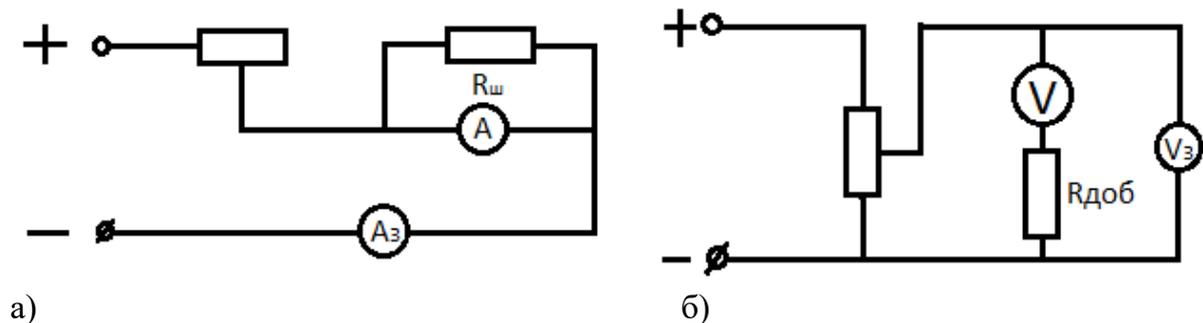


Рис. 5.2. Схемы изменения пределов измерений с шунтом (а) и добавочным сопротивлением (б).

Величину добавочного сопротивления и сопротивления шунта рассчитывают по формулам (3.6) и (3.3), используя заданные преподавателем значения m и n . Схемы на рис. 5.2 позволяют провести проверочную калибровку исследуемого прибора, т. е. зависимость $N = f(J)$ или $N = f(U)$.

6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

Лабораторная работа выполняется в следующей последовательности:

6.1. Технические данные эталонного измерительного прибора заносятся в таблицу 1.

Таблица 1

Прибор	Тип прибора	Диапазон измерений	Цена деления	Класс точности	Приборная погрешность
Вольтметр					

6.2. Собрать схему по рис. 5.1 и снять зависимость показаний исследуемого прибора от силы тока (напряжения) эталонного прибора, т. е. $N = f(I)$ или $N = f(U)$. Результаты занести в таблицу 2.

Таблица 2

N иссл., дел.	5	10	15	20	25	30	При
U Э,В							$R_{ш} = Q_i$ ($R_{доб} = Q$)
U Э,В							$R_{ш} \neq Q_i$ ($R_{доб} \neq Q$)

6.3. По заданному значению n или m рассчитать сопротивление шунта или добавочное сопротивление. Изготовить шунт из медной проволоки ($\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом*м), рассчитав его длину по формуле

$$l = \frac{S \cdot R_{ш}}{\rho} \quad (6.1)$$

Добавочное сопротивление набирается на магазине сопротивлений.

6.4. Собрать схему по рис. 5.2. и снять зависимость показаний исследуемого прибора от силы тока (напряжения) $N = f(I)$; $N = f(U)$. Результаты измерений занести в таблицу 2.

6.5. Построить на миллиметровой бумаге на одном графике зависимости $I = f(N)$ или $U = f(N)$.

6.6. Определить тип исследуемого прибора, диапазон его измерений, цену деления, чувствительность и приборную погрешность и занести эти данные об исследуемом измерительном приборе в таблицу 3.

Прибор	Тип прибора	Диапазон измерений	Цена деления	Чувствительность	Приборная погрешность
$R_{ш} = 0$ ($R_{доб.} = 0$)					
$R_{ш} = \text{Ом}$ $R_{доб.} = \text{Ом}$					

6.7. Отчет оформить в соответствии с требованиями ГОСТа 8.4.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

- 7.1 Классификация электроизмерительных приборов по роду измеряемой величины.
- 7.2 Классификация приборов по классу точности.
- 7.3 Классификация приборов по типу тока и диапазону частот.
- 7.4 Приборы магнитоэлектрической системы.
- 7.5 Приборы электромагнитной системы.
- 7.6 Вывод формул для сопротивления шунта и добавочного сопротивления.

8. ЛИТЕРАТУРА: /1/ Приложение 2, С.353-361; /8/; /9/; /5/.