

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Кафедра физики

**ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ  
ПРИБОРЫ**  
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ  
к лабораторной работе № 1

Предназначено для студентов всех форм обучения. Содержит сведения по системам электроизмерительных приборов и описание лабораторной работы по разделу “Электромагнетизм”.

Составители: Галлямова Э.А., доц., канд. техн. наук  
Утяшева Л.Х., доц., канд. хим. наук  
Кондрашев О.Ф., проф., д-р техн. наук

Рецензент Шабанов В.А., проф., канд. техн. наук

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1.</b>	<b>КЛАССИФИКАЦИЯ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ</b>	<b>2</b>
1.1.	Магнитоэлектрическая система	4
1.2.	Электромагнитная система	4
1.3.	Электродинамическая система	7
1.4.	Электростатическая система	7
1.5.	Аналого-цифровая система	10
<b>2.</b>	<b>ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ</b>	<b>10</b>
2.1.	Класс точности	10
2.2.	Чувствительность	11
2.3.	Предел измерений	11
2.3.1.	Шунты	12
2.3.2.	Добавочные сопротивления	13
<b>3.</b>	<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1</b> <b>Измерение удельного сопротивления проводника</b>	<b>13</b>
<b>4.</b>	<b>КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ</b>	<b>16</b>

## 1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Приборы, применяемые в цепях постоянного и переменного тока, классифицируются по роду измеряемой величины на амперметры (миллиамперметры, микроамперметры), вольтметры (милливольтметры, микровольтметры), ваттметры, омметры и др.

Амперметр включается в цепь последовательно. Вольтметр, напротив, подсоединяется параллельно исследуемому участку. При включении эти приборы не должны вносить заметных изменений в электрическую цепь, поэтому амперметр обладает малым сопротивлением, а вольтметр большим по сравнению с сопротивлением цепи или ее участка.

По принципу действия электроизмерительные приборы делятся на магнитоэлектрические, электромагнитные, аналого-цифровые и т.п. (табл. 1.1).

В табл. 1.2 приведены некоторые условные обозначения на шкалах, определяющие условия и режим работы электроизмерительных приборов.

Стрелочные электроизмерительные приборы состоят из подвижной и неподвижной частей. По величине перемещения подвижной части прибора судят о величине измеряемого электрического параметра.

В цифровых приборах измеряемый электрический сигнал с помощью специальных электронных устройств преобразуется в цифровой код и затем отображается на индикаторной панели.

Таблица 1.1



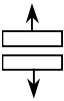



















Система прибора	Условное обозначение системы по шкале
1. Магнитоэлектрическая	
2. Электромагнитная	
3. Электродинамическая	
4. Электростатическая	
5. Электронная	
6. Аналого-цифровая	
7. Электронная	

Таблица 1.2

Символ по МЭК-5	Наименование	Условное обозначение
1	2	3
В-1	Постоянный ток	
В-2	Переменный ток	
В-3	Постоянный и переменный ток	
С-2	Измерительная цепь изолирована от корпуса и испытана на напряжением, превышающим 500 В, например 2 кВ	
С-1	Измерительная цепь изолирована от корпуса и испытана на напряжением 500 В	
С-6	Прибор испытанию прочности изоляции не подлежит	
С-7	Прибор или вспомогательная часть под высоким напряжением	
D-1	Прибор применять при вертикальном положении шкалы	
D-2	Прибор применять при горизонтальном положении шкалы	
D-3	Прибор применять при наклонном положении шкалы (например, под углом 60°) относительно горизонтальной плоскости	
D-7	Обозначение, указывающее на ориентирование прибора во внешнем магнитном поле	N
F-20	Электронный преобразователь в измерительной цепи	
F-22	Выпрямитель	
F-27	Электростатический экран	
F-28	Магнитный экран	
F-29	Астатический прибор	ast
F-32	Корректор	
F-33	Внимание! Смотри дополнительные указания в паспорте и инструкции по эксплуатации шкалы	

## 1.1. Магнитоэлектрическая система

Принцип действия приборов этого типа основан на взаимодействии полей постоянного магнита и рамки с током (рис. 1.1). В воздушном зазоре между полюсами постоянного магнита 1 размещается рамка 3 (каркас с обмоткой) измерительного механизма на оси 2 со спиральными пружинами 4 и указателем (стрелкой). Ток к рамке подводится через спиральные пружины 3, которые также создают противодействующий момент, линейно зависящий от угла поворота. При равенстве вращающего и противодействующего моментов стрелка устанавливается на определенном делении шкалы 5.

Величина вращающего момента определяется силой тока ( $I$ ), площадью рамки ( $S$ ), количеством витков в ней ( $N$ ) и величиной индукции магнитного поля ( $B$ ):

$$M_{\text{вр}} = ISNB \sin \varphi.$$

Угол поворота стрелки  $\alpha$  пропорционален току  $\alpha = C_1 I$ , где  $C_1$  – коэффициент пропорциональности.

С изменением направления исследуемого тока меняется и направление действия вращающего момента. По причине своей инерционности рамка не успевает реагировать за изменением направления переменного тока, поэтому магнитоэлектрические приборы применяются только в цепях постоянного тока.

Успокоение измерительной стрелки происходит за счет вихревых токов, возникающих при перемещении рамки. В результате взаимодействия этих токов с магнитным полем возникает момент, действующий на рамку в направлении, противоположном ее перемещению, что и приводит к быстрому успокоению колебаний рамки.

К достоинствам приборов данной системы следует отнести высокую точность, линейную шкалу и слабое влияние внешнего электромагнитного поля на показания прибора.

## 1.2. Электромагнитная система

В приборах этой системы перемещение подвижной части происходит под воздействием магнитного поля неподвижной катушки на подвижный ферромагнитный сердечник, укрепленный на одной оси со стрелочным указателем (рис. 1.2).

Подвижная часть представляет собой сердечник 2, насаженный на ось 4 со спиральной пружиной 5 и стрелкой 6. Спиральная пружина создает момент сил, уравнивающий вращающий момент и определяющий положение измерительной стрелки на шкале. Вращающий момент, действующий на подвижную часть прибора, пропорционален квадрату тока, протекающего по неподвижной катушке 1:

$$\alpha = C_2 I^2,$$

где  $C_2$  – коэффициент пропорциональности.

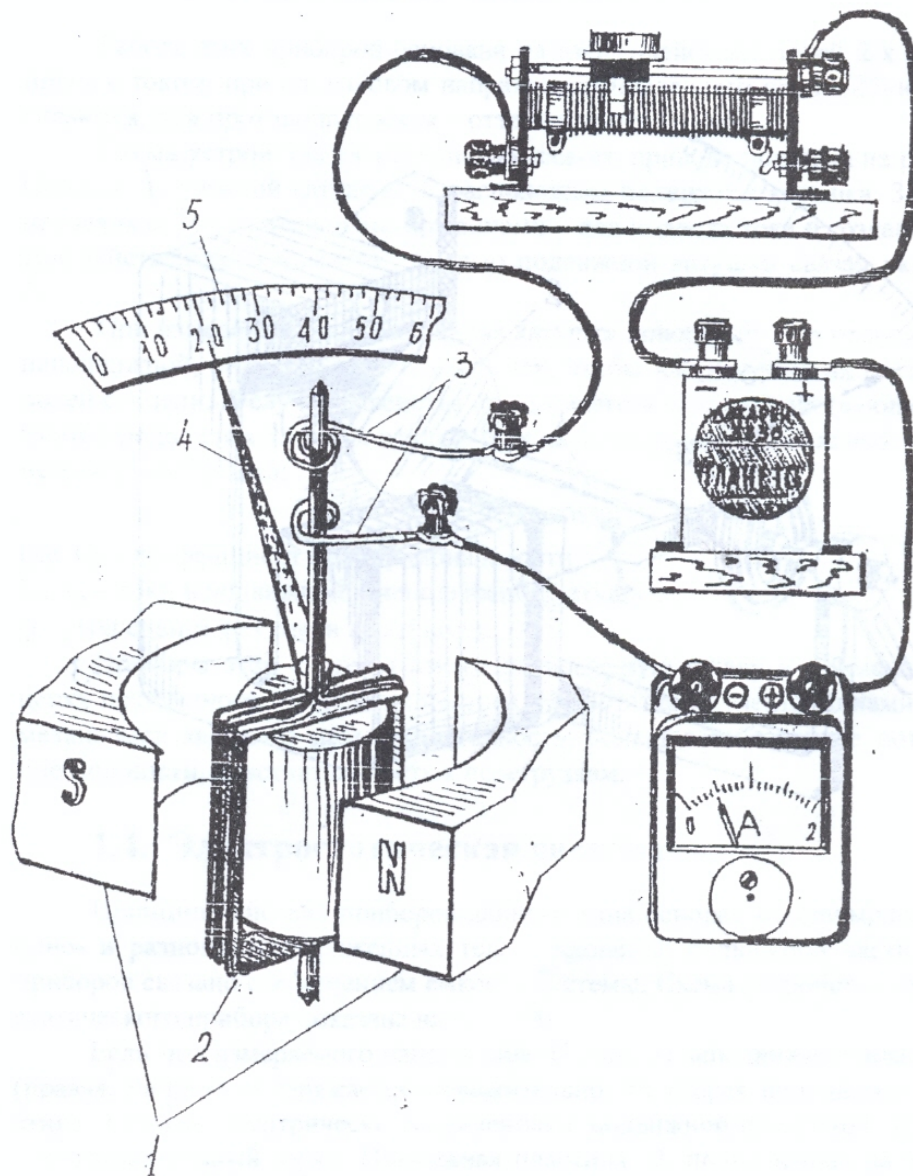


Рис. 1.1. Устройство прибора магнитоэлектрической системы

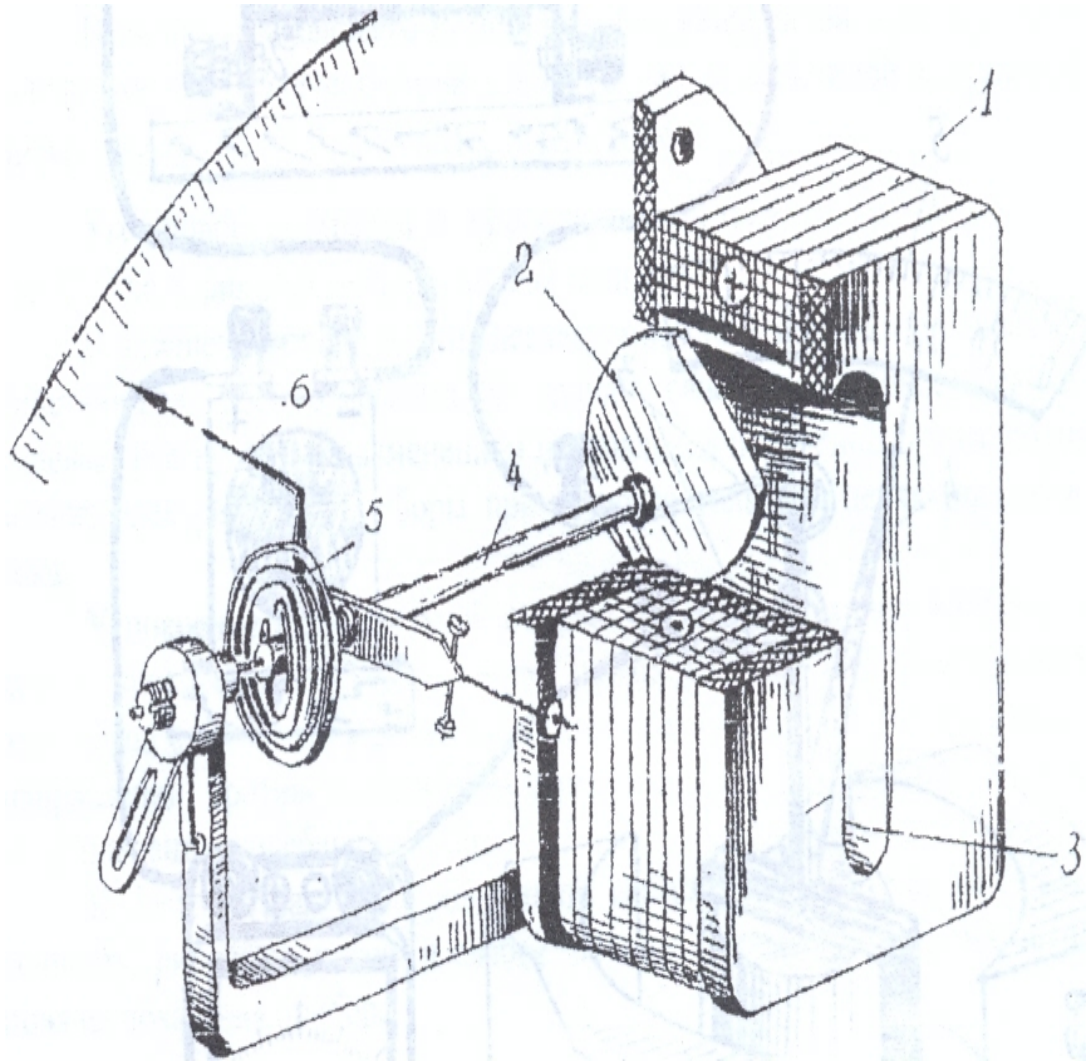


Рис. 1.2. Устройство прибора электромагнитной системы



Приборы рассматриваемой системы имеют неравномерную измерительную шкалу и невысокую точность. К достоинствам можно отнести простоту конструкции и возможность работы в цепях постоянного и переменного тока.

### 1.3. Электродинамическая система

Работа этих приборов основана на взаимодействии полей 2-х проводников с током; при одинаковом направлении последнего проводники притягиваются, при противоположном – отталкиваются.

Схема устройства электродинамического привода показана на рис. 1.3. Около неподвижной катушки 1 расположена подвижная катушка 3, соединенная осью со спиральными пружинами – для подвода тока и создания противодействующего момента. С осью подвижной катушки связан указатель 2.

При измерении тока подвижная катушка поворачивается относительно неподвижной, стремясь установиться так, чтобы направления их магнитных полей совпали. В случае равенства вращающего и противодействующего моментов подвижная катушка отклоняется на угол, пропорциональный величине измеряемого тока:

$$\alpha = C_3 I_{\text{П}} I_{\text{Н}} \cos \psi,$$

где  $C_3$  – коэффициент пропорциональности;  
 $I_{\text{П}}$ ,  $I_{\text{Н}}$  – токи в подвижной и неподвижной катушках;  
 $\psi$  - угол сдвига фаз токов в катушках.

Приборы этой системы имеют равномерную шкалу и применяются в цепях постоянного и переменного тока. Недостатками электродинамических механизмов являются невысокая точность, большое собственное потребление мощности, чувствительность к перегрузкам.

### 1.4. Электростатическая система

Принцип действия приборов данного типа основан на взаимодействии одно- и разноименнозаряженных тел. Отклонение подвижной части таких приборов связано с изменением емкости системы. Схема устройства электростатического прибора показана на рис. 1.4.

Если под измеряемого напряжения  $U$  одна из неподвижных пластин 1 (правая, например) заряжается положительно, то вторая неподвижная пластина 1 (левая, электрически соединенная с подвижной пластиной 2) получит отрицательный заряд. Подвижная пластина 2, подвешенная на тонких бронзовых ленточках 6, при этом будет притягиваться к правой пластине и отталкиваться от левой. Отклонение подвижной пластины тягой 4, проходящей через отверстие в левой неподвижной пластине, передается оси 3, которая вместе с указателем 5 поворачивается на угол пропорциональный квадрату измеряемого напряжения:

$$\alpha = C_4 U^2.$$

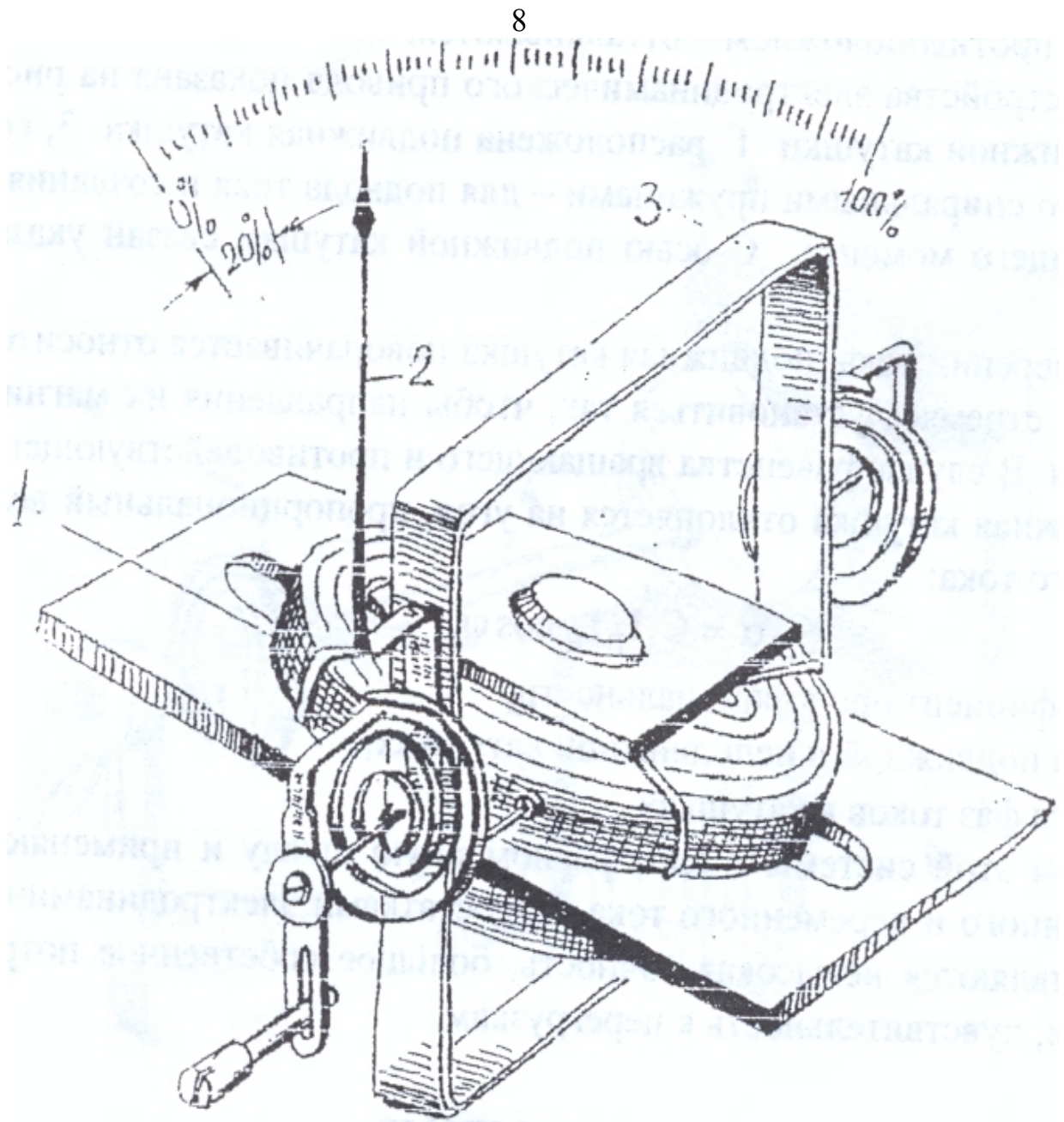


Рис. 1.3. Устройство прибора электродинамической системы

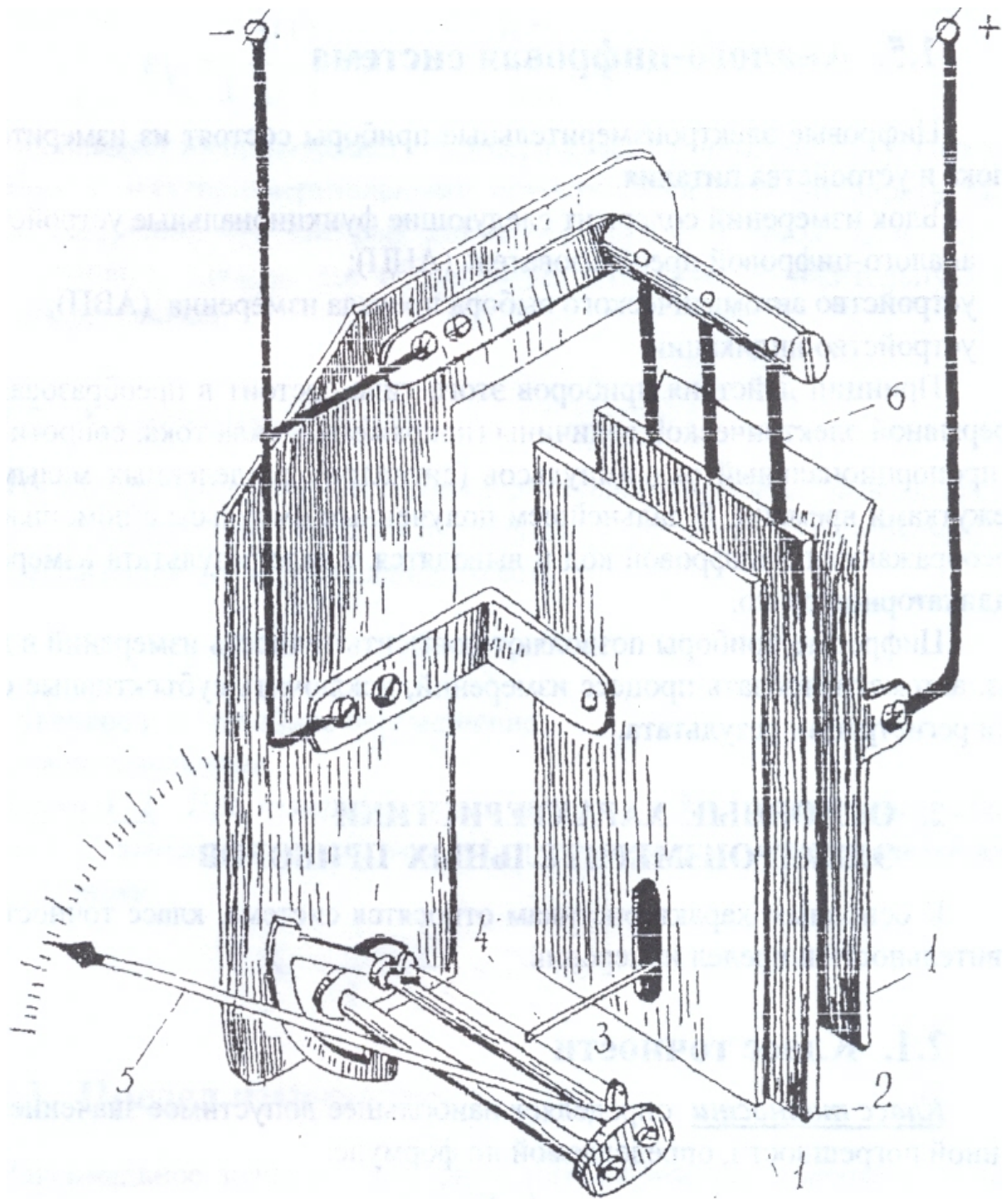


Рис. 1.4. Устройство прибора электростатической системы

Электростатические приборы пригодны для измерения постоянного и переменного напряжений. На показания оказывает влияние влажность окружающей среды и внешние электрические поля. Для защиты от внешних электрических полей эти приборы обязательно снабжают экраном, соединенным с землей. Ничтожное собственное потребление мощности является преимуществом электростатических приборов.

## 1.5. Аналого-цифровая система

Цифровые электроизмерительные приборы состоят из измерительного блока и устройства питания.

Блок измерений содержит следующие функциональные устройства:

- аналого-цифровой преобразователь (АЦП);
- устройство автоматического выбора предела измерения (АВП);
- устройство индикации.

Принцип действия приборов этого типа состоит в преобразовании непрерывной электрической величины (напряжение, сила тока, сопротивление) в пропорциональный ряд импульсов (сигналов), разделенных малыми промежутками времени. В дальнейшем полученные импульсы с помощью АЦП преобразуются в цифровой код и выводятся в виде результата измерения на индикаторное табло.

Цифровые приборы позволяют повысить точность измерений в десятки раз, автоматизировать процесс измерений, исключить субъективные ошибки при регистрации результата.

## 2. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

К основным характеристикам относятся система, класс точности, чувствительность и предел измерений.

### 2.1. Класс точности

**Класс точности** определяет наибольшее допустимое значение приведенной погрешности, определяемой по формуле

$$\gamma = \pm \left( \frac{\Delta x}{x_{\max}} \right) \cdot 100\%,$$

где  $\Delta x$  – максимальная допустимая абсолютная погрешность электрического параметра;

$x_{\max}$  – максимальное значение показаний прибора (предел измерений).

Государственными стандартами чаще всего нормируется приведенная погрешность. Согласно ГОСТ 1845-59, электроизмерительные приборы по

степени точности делятся на 8 классов точности: **0,05; 0,1; 0,2; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0.**

11

**Пример 1.** Милливольтметром со шкалой до 50 мВ, имеющим класс точности 0,5, измерено напряжение 5,0 мВ. Максимальная абсолютная погрешность при измерениях любого напряжения в пределах от 0 до 50 мВ

$$\Delta U = \frac{\gamma U_m}{100\%} = \pm \frac{0,5\% \cdot 50 \text{ мВ}}{100\%} = \pm 0,25 \text{ мВ}.$$

Относительная погрешность измерения при этом

$$\varepsilon_v = \left( \frac{\Delta U}{U} \right) \cdot 100\% = \pm \frac{0,25}{5,0} \cdot 100\% = \pm 5\%.$$

Как следует из приведенного примера класса точности,  $\varepsilon \geq \gamma$ . Поэтому при работе с электроизмерительными приборами следует подбирать такие режимы измерений, при которых показания приборов приходились бы на вторую половину шкалы: это обеспечивает меньшую относительную погрешность результата.

## 2.2. Чувствительность

**Чувствительностью** электроизмерительного прибора называется отношение линейного или углового перемещения указателя к измеряемой величине, вызвавшей это перемещение, то есть

$$S = \frac{n}{x},$$

где  $n$  – угловое или линейное перемещение;

$x$  – измеряемая величина.

**Пример 2.** При измерении тока, равного 2,5 А, указатель прибора изменил свое положение на 50 делений. Следовательно, чувствительность прибора по току

$$S_1 = \frac{n}{I} = \frac{50}{2,5} = 20 \text{ дел / А}.$$

## 2.3. Предел измерений

Максимальное значение электрического параметра, измеряемого данным прибором называется **пределом измерения**.

Электроизмерительные приборы могут иметь несколько пределов измерений. Необходимо помнить, что на каждом пределе измерения цена деления будет различной. **Цена деления** прибора равна значению измеряемой величины, соответствующему одному делению шкалы прибора:

$$C = \frac{X_{\max}}{n},$$

где  $x_{\max}$  – предел измерений;  
 $n$  – число делений шкалы.

**Пример 3.** Амперметр имеет два предела измерения: 15 и 30 А. шкала прибора имеет 150 делений. Цена деления для предела 15 А равна 0,1 А/дел, для предела 30 А – 0,2 А/дел.

На практике при выборе предела подбирают такой диапазон, при измерениях на котором стрелка прибора отклоняется на вторую половину шкалы прибора. В этом случае, как отмечалось выше, обеспечивается наибольшая чувствительность прибора и соответственно меньшая погрешность измерений.

В многопредельных электроизмерительных приборах для расширения диапазона измерений используются шунты (для амперметров) и добавочные сопротивления (для вольтметров).

### 2.3.1. Шунты

**Шунтом** называется сопротивление, подключаемое параллельно к

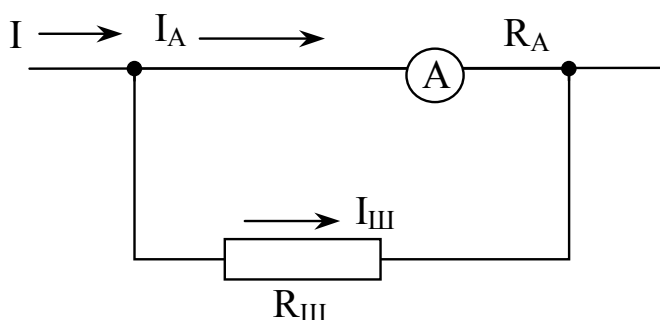


Рис. 2.1

амперметру (рис. 2.1). При шунтировании только часть тока  $I_A$  от измеряемого  $I$  проходит непосредственно через прибор. Остальной ток  $I_Ш$  идет через шунт ( $R_Ш$ ).

Если необходимо измерить ток, превышающий максимально допустимый через прибор ток ( $I_A$ ), то, используя свойства параллельно и последовательно соединенных проводников, можно рассчитать требуемое сопротивление шунта. При известном сопротивлении амперметра  $R_A$  для данной цепи можно записать

$$I_Ш R_Ш = I_A R_A .$$

При учете соотношения между токами в параллельных ветвях

$$I = I_A + I_Ш ; \quad \frac{I}{I_A} = n$$

получим

$$R_Ш = \frac{R_A}{n - 1} .$$

Видно, что для расширения предела измерения амперметра в  $n$  раз необходимо, чтобы сопротивление шунта было в  $n - 1$  раз меньше сопротивления прибора.

13

### 2.3.2. Добавочные сопротивления

Добавочным сопротивлением ( $R_{\text{д}}$ ) называется сопротивление, подключенное последовательно к вольтметру для увеличения его предела измерений (рис. 2.2).

Пусть измеряемое напряжение ( $U$ ) в  $n$  раз больше, чем максимальное допустимое напряжение ( $U_{\text{в}}$ ) на вольтметре. Тогда можно так подобрать  $R_{\text{д}}$ , чтобы падение напряжения на нем было равно

$$U_{\text{д}} = U - U_{\text{в}}.$$

Поделив это уравнение на  $U_{\text{в}}$  и учитывая, что через вольтметр и дополнительное сопротивление идет один и тот же максимально допустимый для вольтметра ток  $I_{\text{max}}$ , получим

$$\frac{U_{\text{д}}}{U_{\text{в}}} = \frac{R_{\text{д}} I_{\text{max}}}{R_{\text{в}} I_{\text{max}}} = \frac{U}{U_{\text{в}}} - 1 = n - 1,$$

откуда

$$R_{\text{д}} = (n - 1)R_{\text{в}}.$$

Следовательно, для расширения предела измерений вольтметра в  $n$  раз необходимо подключить к нему последовательно дополнительное сопротивление, в  $(n - 1)$  раз большее внутреннего сопротивления вольтметра.

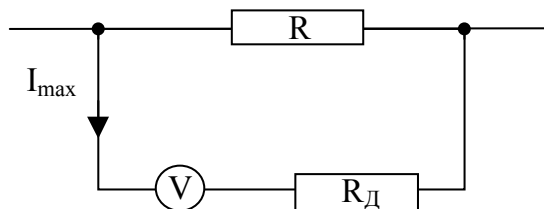


Рис. 2.2

## 3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### «Измерение удельного сопротивления проводника»

Цель работы: ознакомление с электроизмерительными приборами и определение удельного сопротивления резисторного провода по техническому методу – с точным измерением тока и напряжения.

Приборы и оборудование. Прибор для измерения удельного сопротивления резисторного провода ФРМ-01, проводник (хромоникель) произвольной длины.

#### Упражнение 1

«Определение параметров электроизмерительных приборов»

1. Ознакомиться с электроизмерительными приборами лабораторной установки.
2. Определить класс точности, цену деления, чувствительность, абсолютную погрешность амперметра и вольтметра. Занести данные в табл. 3.1.

Таблица 3.1

	Миллиамперметр	Вольтметр
Система		
Класс точности		
Предел измерений, $x_{\max}$		
Число делений, $n$		
Цена деления, $\frac{x_m}{n}$		
Чувствительность, $\frac{n}{x_m}$		
Погрешность измерений, $\Delta x$		

### Упражнение 2

#### «Измерение активного сопротивления резисторного провода по схеме № 1»

Сопротивление резисторного провода  $R_p$  определяется для данной цепи (рис. 3.1) из выражения

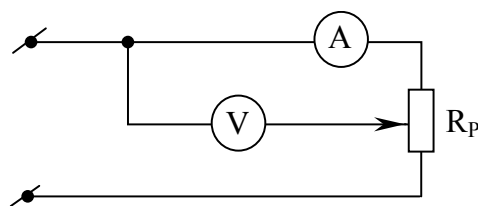


Рис. 3.1

$$R_p = R - r_A, \quad (3.1)$$

где  $R = \frac{U_B}{I_A}$  – сопротивление всей цепи;

$R_A$  – внутреннее сопротивление миллиамперметра, равное 0,15 Ом;

$U_B$  – напряжение в цепи, В;

$I_A$  – сила тока в цепи, А.

Удельное сопротивление проводника  $\rho$  определяется следующим образом:

$$\rho = \frac{R_p \cdot S}{l}, \quad (3.2)$$

где  $l$  – длина проводника, м;

$S$  – площадь поперечного сечения проводника,  $m^2$  (или  $mm^2$ ).

Подставляя в уравнение (3.2) выражение (3.1), получим расчетную формулу

$$\rho = \frac{S \left( \frac{U_B}{I_A} - R_A \right)}{l} = S \left( \frac{U_B - I_A \cdot R_A}{I_A \cdot l} \right). \quad (3.3)$$



1. Включить прибор нажатием клавиши «СЕТЬ» и при помощи переключателя вида работ, находящегося на лицевой панели, избрать вид работы: схема № 1 (левая схема).

15

2. Определить по линейке штатива лабораторной установки длину проводника и диаметр, величина которого обозначена на панели FPM-01. Данные занести в табл. 3.2.
3. При помощи регулятора тока установить такое значение силы тока, чтобы вольтметр показывал 2/3 измерительного диапазона (не менее 0,1 В), измерить величину силы тока на миллиамперметре. Данные занести в табл. 3.2.
4. Аналогичные измерения, описанные в п. 3, провести для нескольких значений напряжения (не менее трех раз).
5. По данным табл. 3.2 рассчитать величину удельного сопротивления проводника (3.3).
6. Вывести формулу погрешности к расчетной формуле.
7. Рассчитать абсолютную  $\Delta\rho$  и относительную  $\varepsilon = \frac{\Delta\rho}{\rho}$  погрешности измерений.
8. Сравнить полученное значение  $\rho_{\text{экспер.}}$  с табличным значением  $\rho_{\text{табл.}}$  ( $\rho_{\text{табл.}} = 1,08 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ ), сделать выводы.

Таблица 3.2

Номер изм.	Длина проводника, $l$ , м	Напряжение в цепи, $U_v$ , В	Величина силы тока, $I$ , $\text{А} \cdot 10^{-3}$	Удельное сопротивление проводника $\rho$ , $\text{Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$	Относительная погрешность, $\varepsilon = \Delta\rho/\rho, \%$	Абсолютная погрешность $\Delta\rho$ , $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$
1.						
2.						
3.						
...						
Ср						

**Упражнение 3**

**«Измерение активного сопротивления по схеме № 2»**

Сопротивление проводника  $R_p$  для данной цепи (рис. 3.2) можно выразить че-

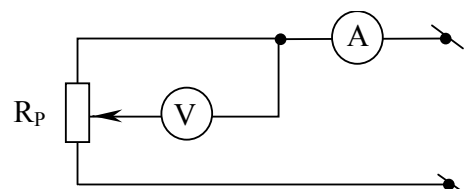


Рис. 3.2

рез параметры параллельно подсоединенного вольтметра:

$$R_p = \frac{U_B}{I_A - \frac{U_B}{R_B}}, \quad (3.4)$$

16

где  $R_B$  – внутреннее сопротивление вольтметра, равное 2500 Ом.

Подставляя (3.4) в формулу для удельного сопротивления проводника (3.2), получим расчетное выражение для определения его величины:

$$\rho = \frac{U_B S}{\left(I_A - \frac{U_B}{R_B}\right) l}. \quad (3.5)$$

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. При помощи переключателя, находящегося на лицевой панели, выбрать цепь № 2 (правая схема на панели).
2. Регулятором тока установить такое значение силы тока, при котором стрелка вольтметра отклоняется на 2/3 измерительной шкалы (не менее 0,1 В). Величину силы тока записать в табл. 3.3.
3. Аналогичные измерения, описанные в п. 2, провести для нескольких значений напряжения (не менее трех раз).
4. По данным табл. 3.3 рассчитать величину удельного сопротивления проводника по формуле (3.5).
5. Вывести формулу погрешности к расчетной формуле (3.5).
6. Рассчитать абсолютную  $\Delta\rho$  и относительную  $\varepsilon$  ошибки измерений.
7. Сравнить полученное значение  $\rho$  с  $\rho_{\text{табл}}$  ( $\rho_{\text{табл}} = 1,8 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$ ), сделать выводы.

Таблица 3.3

Номер изм.	Длина проводника, $l$ , м	Напряжение в цепи, $U_V$ , В	Величина силы тока, $I$ , $\text{А} \cdot 10^{-3}$	Удельное сопротивление проводника $\rho$ , $\text{Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$	Относительная погрешность, $\varepsilon = \Delta\rho/\rho, \%$	Абсолютная погрешность $\Delta\rho$ , $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$
1.						
2.						
3.						
...						
$\Sigma$						

### 4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ

1. Какие системы приборов Вы знаете? В чем их конструктивные особенности? На каких физических явлениях основывается их действие?

2. Можно ли использовать прибор магнитоэлектрической системы для измерений в цепях переменного тока?
3. Как должны подключаться к цепи амперметр и вольтметр?

17

4. Каким условиям должны удовлетворять внутренние сопротивления амперметра и вольтметра?
5. Как отличить по внешнему виду шкалы прибор электромагнитной от магнитоэлектрической системы?
6. Можно ли использовать прибор магнитоэлектрической системы для измерений в цепях переменного тока? В цепях постоянного тока?
7. Чем достигается универсальность приборов электромагнитной системы для измерений в цепях переменного тока? В цепях постоянного тока?
8. В какой части прибора относительная погрешность измерений минимальна? Как выбрать оптимальный предел измерения многопредельного прибора, чтобы относительная погрешность была минимальной?
9. Вольтметром на 15 В (класс точности 1,0) измерено напряжение 6,0 В. Какова относительная погрешность измерения?
10. Какова цена деления и чувствительность амперметра на 30 мА, шкала которого имеет 300 делений?
11. Какую систему (рис. 3.1, 3.2) следует применять при измерении сопротивления резистора  $R$ : а) малой величины; б) большой величины?
12. Сопротивление проводника измеряют по двум электрическим схемам (рис. 3.1, 3.2), подавая в обоих случаях одинаковое напряжение на клеммы С и D. В первом случае (рис. 3.1) вольтметр  $V$  показал напряжение  $U_1 = 190$  В, а амперметр  $A$  – силу тока  $I_1 = 1,9$  А; во втором случае (рис. 3.2) показания тех же вольтметра и амперметра  $U_2 = 170$  В и  $I_2 = 2$  А. Используя результаты измерений по обеим схемам найти сопротивление  $R$  проводника.

### ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

1. Не включать установку прежде, чем полностью не ознакомитесь с описанием прибора.
2. Перед включением убедитесь в наличии заземления прибора.
3. Соблюдать все правила по технике безопасности, общие в данной лаборатории.