4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И ПРИБОРЫ

Прочитайте презентацию и посмотрите видео
https://youtu.be/BtxKUvvaChc

Ответьте на вопросы:

1. Что такое измерение?
2. Что такое электроизмерительные приборы?
3. Кратко запишите классификацию электроизмерительных приборов.
4. Зарисуйте условные обозначения для электроизмерительных приборов
5. Как называются приборы для измерения, силы тока, напряжения, сопротивления, электрической энергии. Начертите схемы их подключения.

4.1. МЕТОДЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ. ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Измерение — это нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств

Два основных метода электрических измерений

Метод непосредственной оценки

Метод сравнения

отсчитывают непосредственно по шкале прибора.

При этом шкалу измерительного прибора предварительно градуируют по эталонному прибору в единицах измеряемой величины.

регулирования технологических процессов, в полевых условиях, на подвижных объектах.

Достоинства метода являются удобство отсчета показаний и малые затраты времени на измерение.

Недостаток метода — сравнительно невысокая точность измерений.

При ***методе сравнения*** измеряемую величину сравнивают непосредственно с эталоном.
В этом случае точность измерений может быть значительно повышена.
Метод сравнения используется главным образом в лабораторных условиях, он требует сложной аппаратуры, высокой квалификации операторов и значительных затрат времени.

При измерениях непрерывных величин всегда неизбежна некоторая погрешность

Абсолютная погрешность измерения Δ (разница между измеренным $A_{из}$ и действительным A значениями измеряемой величины)	**Относительная погрешность измерения δ, %**	**Приведенная погрешность измерения γ, %** A_{max} – **максимальное значение шкалы прибора**
$\Delta = A_{из} - A$	$\delta = \frac{A_{из} - A}{A} 100 = \frac{\Delta}{A} 100$	$\gamma = \frac{\Delta}{A_{max}} 100$
Характеризуют точность измерения		Характеризует точность прибора

Наибольшая приведенная погрешность определяет класс точности прибора. Если, например, класс точности амперметра равен 1,5, то это значит, что наибольшая приведенная погрешность

$\gamma = \pm 1{,}5\%$

дополнительную погрешности.

Основная погрешность возникает при нормальных условиях работы, указанных в паспорте прибора и условными знаками на шкале. Дополнительные погрешности возникают при эксплуатации прибора в условиях, отличных от нормальных (повышенная температура окружающей среды, сильные внешние магнитные поля, неправильная установка прибора и т.д.).

Пример. Определить погрешность при изменении тока амперметром на 30 А класса точности 1,5, если он показал 10 А.

Возможная наибольшая абсолютная погрешность прибора:

$$\Delta I = \frac{1,5}{100} 30 = 0,45\%$$

Следовательно, истинное значение тока находится в пределах 9,55... 10,45 А, а относительная погрешность измерения:

$$\delta I = \frac{0,45}{10} 100 = 4,5\%$$

4.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Электроизмерительные приборы - технические средства электрических измерений, предназначенные для выработки сигналов, которые связаны с измеряемыми величинами в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем

Все приборы классифицируются по различным признакам

1. По виду измеряемой величины, когда классификация производится по наименованию единицы измеряемой величины.

На шкале прибора пишут полное его наименование или начальную латинскую букву единицы измеряемой величины (амперметр — А, вольтметр — *V,* ваттметр — *W*)

2. По физическому принципу действия измерительного механизма прибора.

То есть по способу преобразования электрической величины в видимое значение.

3. По роду тока. Эта классификация позволяет определить, в цепях какого тока можно применять данный прибор. Это обозначают условными знаками на шкале.

На приборах переменного тока указывают значение частоты или диапазон частот, при которых их применяют, например: 20...50... 120 Гц; при этом подчеркнутое значение является номинальным для данного прибора.

Если на приборе не указан диапазон рабочих частот, то он предназначен для работы в установках с частотой 50 Гц.

Класс точности прибора обозначают цифрой, равной допускаемой приведенной погрешности, которая выражена в процентах.

Выпускают приборы следующих классов точности: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0.

Для счетчиков активной энергии шкала классов точности несколько другая: 0,5; 1,0; 2,0; 2,5.

Цифра, обозначающая класс точности, указывается на шкале прибора.

Класс точности прибора определяет основную погрешность прибора, которая обусловлена его конструкцией, технологией изготовления и имеет место при нормальных условиях эксплуатации (температура, влажность, отсутствие внешних электрического и магнитного полей и вибрации, правильная установка).

5. По типу отсчетного устройства.

Отсчетное устройство прибора состоит из шкалы и указателя.

Шкалы могут быть или проградуированные в единицах измеряемой величины (их применяют в однодиапозонных приборах), или условные, которые имеют 75, 100 или 150 делений (их применяют в многодиапазонных приборах).

В качестве указателя используются. Во избежание параллакса, вызываемого неправильным положением глаза наблюдателя относительно шкалы и стрелки, шкалу дополняют зеркалом. При измерении необходимо добиться такого положения глаза, чтобы стрелка совпадала со своим отражением в зеркале.

Электроизмерительные приборы, показания которых являются непрерывными, называются ***аналоговыми.*** Измерительные приборы, показания которых являются дискретными, называются ***цифровыми.***

7. По способу снятия показаний.

Если электроизмерительный прибор допускает только считывание показаний, то его называю ***показывающим,*** а если он допускает регистрацию показаний, то его называют ***регистрирующим.***

Если показания прибора можно записать в форме диаграммы, то его называют ***самопишущим.***

В ***интегрирующих приборах*** значения измеряемой величины суммируются по времени. (счетчик электрической энергии)

8. **По степени оценки**.

Электроизмерительные приборы подразделяются на ***приборы непосредственной оценки***, в которых подвижная часть измерительного механизма реагирует на значение измеряемой величины, и ***приборы сравнения***, в которых измеряемая величина сравнивается с величиной, значение которой известно (измерительные мосты и потенциометры)

9. По способу установки.

Электроизмерительные приборы подразделяются на ***щитовые***, предназначенные для монтажа на приборных щитах и пультах управления, и ***переносные***.

10. По положению при измерении. Электроизмерительные приборы располагают по вертикали, по горизонтали или устанавливают под некоторым углом.

11. По исполнению в зависимости от условий эксплуатации. Класс прибора определяется пятью группами по диапазону рабочих температур и относительной влажности

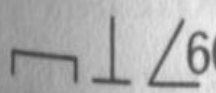
12. По устойчивости к механическим воздействиям.

Приборы подразделяются на группы в зависимости от устойчивости к тряске и вибрации (обыкновенные с повышенной прочностью, нечувствительные к вибрации, вибропрочные, нечувствительные к тряске, тряскопрочные, ударопрочные).

13. По степени защиты от внешних магнитных и электрических полей приборы подразделяют на категории 1 и 2.

Таблица 4.1. Условные обозначения, наносимые на шкалу электроизмерительного прибора

1,5	Класс точности 1,5
–	Постоянный ток
~	Переменный (однофазный) ток
≃	Постоянный и переменный токи
≋	Трехфазный ток
	Прибор магнитоэлектрической системы
	Прибор электромагнитной системы
	Прибор электродинамической системы

	Прибор индукционной системы
	Прибор устанавливается горизонтально; вертикально; под углом 60°
	Изоляция прибора испытана при напряжении 2 кВ
А	Для закрытых отапливаемых помещений
Б	Для закрытых неотапливаемых помещений
В	Для полевых условий

постоянного тока применяют ***приборы магнитоэлектрической системы***.

Они имеют равномерную шкалу, высокую точность, весьма малую чувствительность к внешним магнитным полям, малое собственное потребление электрической энергии.

Для измерений в цепях переменного и постоянного токов используют ***приборы электромагнитной системы***. Возможно изготовить эти приборы рассчитанные на большие токи. Но они имеют неравномерную шкалу, относительно невысокую точность, чувствительны к внешним магнитным полям

приборы электродинамической системы.

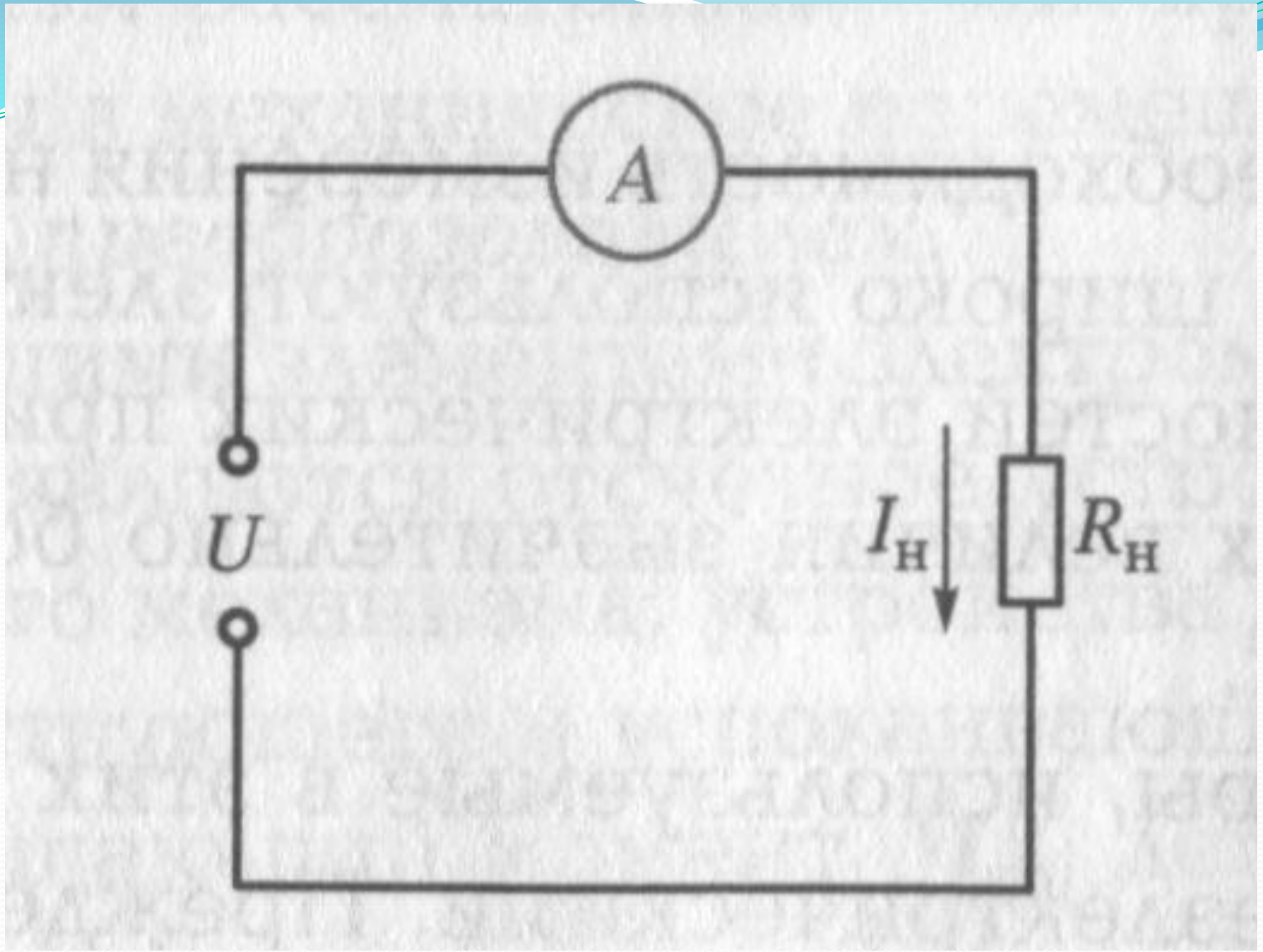
Обладают наибольшей точностью и чувствительностью в цепях переменного тока (класс точности 0,2 и 0,5).

Но на показания этих приборов могут значительно влиять внешние магнитные поля, они имеют большой собственный расход электрической энергии

4.3. ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ, ТОКОВ И МОЩНОСТИ

Для измерения тока амперметр включают в цепь последовательно. Чтобы он оказывал меньшее влияние на параметры цепи, его ***сопротивление должно быть небольшим***.

При измерении токов свыше 10 А применяют приборы с наружным ***шунтом***, падение напряжения на котором составляет 75 мВ и который присоединяется к амперметру калиброванными проводами.

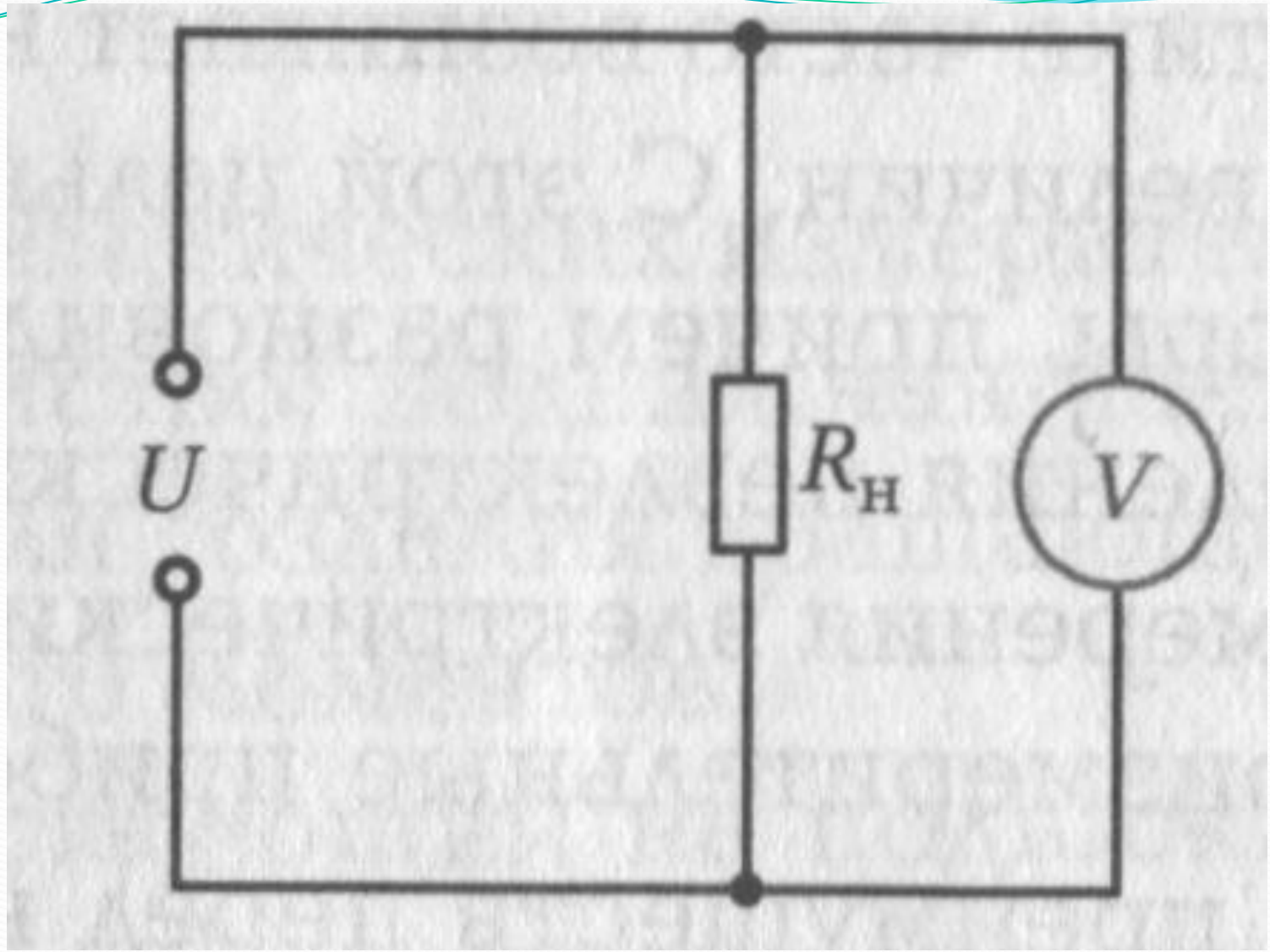

A
U
$I_н$
$R_н$

Для измерения напряжения на участке цепи вольтметр включают параллельно этому участку.

Чтобы не произошло заметного изменения параметров цепи, ***сопротивление вольтметра должно быть большим***.

Чем больше сопротивление вольтметра, тем прибор лучше.

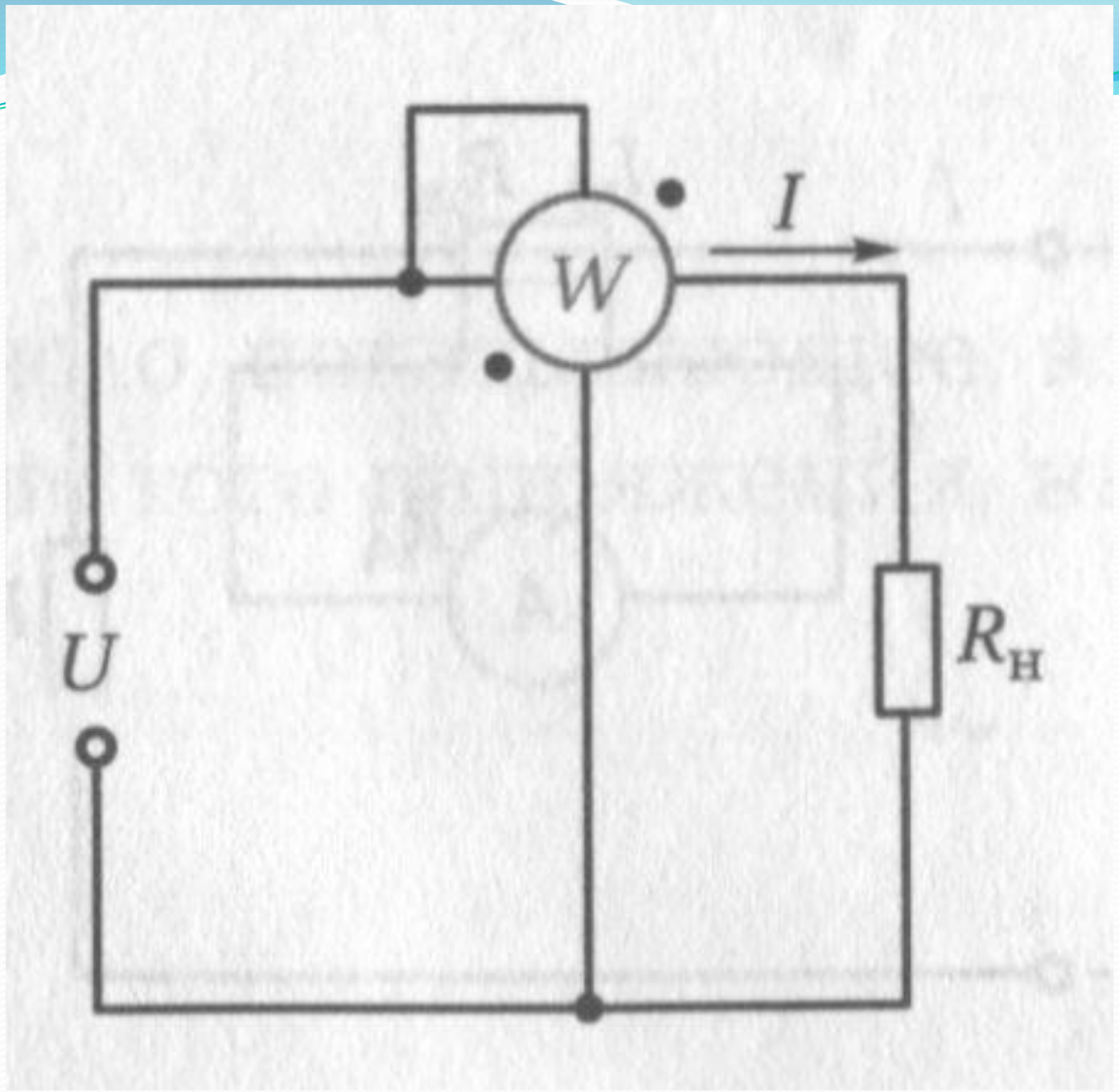
Для расширения пределов измерения последовательно с вольтметром включают ***добавочный резистор***.


U
$R_н$
V

Для измерения мощности в цепях постоянного и однофазного переменного токов используют ваттметры электродинамической системы.

На лицевую панель ваттметра выведено четыре зажима, два из которых обозначены символом *I* (***токовые зажимы***), а два других — символом *U* (***зажимы напряжения***). Два зажима помечены точками и называются ***генераторными***.

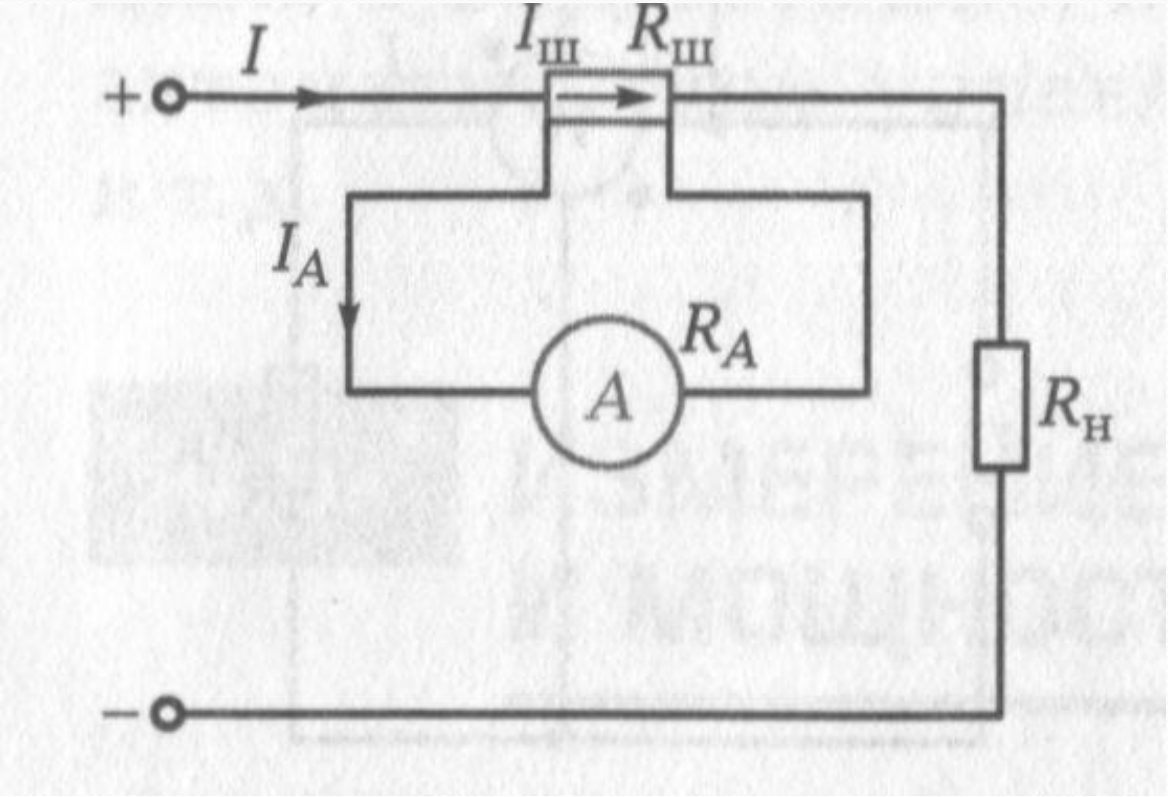
Неподвижную (амперметровую) обмотку ваттметра включают в цепь последовательно, подвижную (вольтметровую) — параллельно потребителю. Для получения такой схемы генераторные зажимы следует объединить и подключить к одному и тому же проводу.


W
I
U
$R_н$

4.4. ШУНТЫ И ДОБАВОЧНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ

выполненную из тонкого провода, который рассчитан на очень маленький ток. Поэтому магнитоэлектрические амперметры могут измерять силу тока величиной несколько десятков миллиампер

измерения амперметров в цепях постоянного тока применяют ***шунт*** — резистор с очень малым сопротивлением, который включают параллельно прибору



Распределение токов в амперметре I_A и шунте $I_ш$ обратно пропорционально их сопротивлениям:

$$\frac{I_A}{I_ш} = \frac{R_ш}{R_A}$$

Измеряемый ток равен сумме токов:

$$I = I_A + I_ш$$

Из первой формулы выразим ток в шунте и подставим во вторую:

$$I = I_A + \frac{R_A}{R_ш} I_A = I_A n$$

Коэффициент ***n*** называется ***коэффициентом шунтирования.***

Он показывает, во сколько раз нужно увеличить показания амперметра с шунтом, чтобы получить измеряемый ток:

$$n = 1 + \frac{R_A}{R_ш}$$

Если известны коэффициент шунтирования и сопротивление амперметра, то легко найти сопротивление шунта:

$$R_ш = \frac{R_A}{n-1}$$

Пример:

Рассчитайте сопротивление шунта, который необходим, чтобы амперметром на 1 А с сопротивлением 0,075 Ом измерить ток величиной 25 А

Сначала найдем коэффициент шунтирования:

$$n = \frac{I}{I_A} = \frac{25}{1} = 25$$

Теперь можно найти сопротивление шунта:

$$R_{Ш} = \frac{R_A}{n-1} = \frac{0{,}075}{24} = 0{,}003125 Ом$$

Это сопротивление должно быть выдержано очень точно, иначе при измерении возникнет большая ошибка

Шунт представляет собой резистор с очень маленьким сопротивлением, его делают в виде короткой пластинки большого сечения с четырьмя зажимами.

Силовые зажимы служат для подключения к цепи.

К ***потенциальным зажимам*** подключают амперметр.

Если необходимо расширить пределы измерения вольтметра, то к нему последовательно подключают ***добавочное сопротивление*** $R_д$

Оно необходимо для того, чтобы через прибор проходил ток, не прерывающий допустимого значения:

$$R_д = R_v(m-1)$$

где R_v — сопротивление вольтметра; m — число, показывающее, во сколько раз измеряемое напряжение больше того напряжения, на которое рассчитан прибор

$$m = \frac{U}{U_V} = \frac{R_V + R_A}{R_V}$$

где U— измеряемое напряжение,

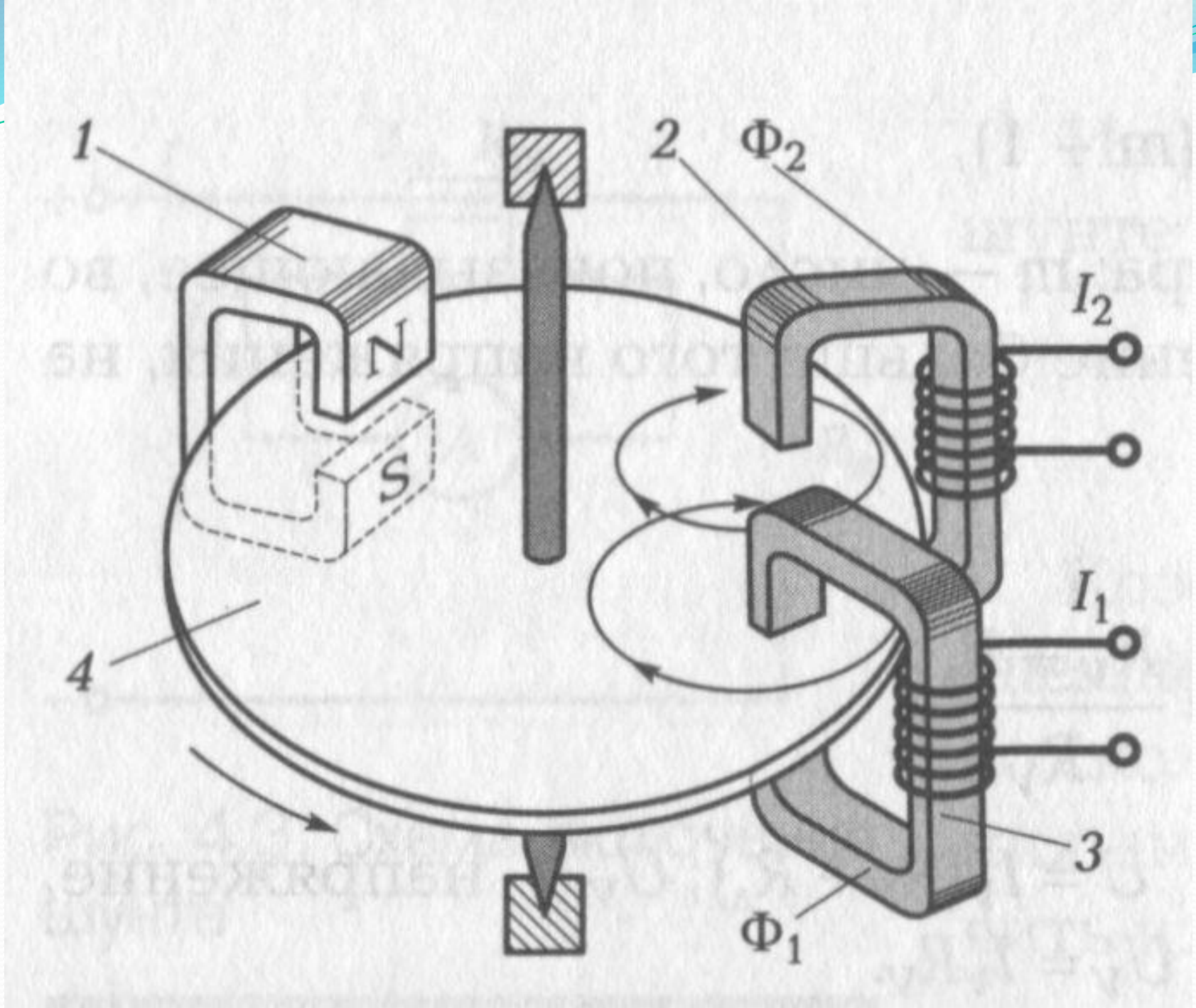
$$U = I_V(R_V + R_Д);$$

U_V— напряжение, на которое рассчитан вольтметр, $U_V = I_V R_V$

Важной характеристикой прибора является мощность, которая выделяется в самом приборе, шунте или добавочном резисторе. Электрики называют эту мощность ***собственным потребителем прибора***.

Она должна быть небольшой, т.е. прибор, включенный в электрическую цепь, не должен изменять режим ее работы.

4.5. ИЗМЕРЕНИЕ ЭНЕРГИИ. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СЧЕТЧИК

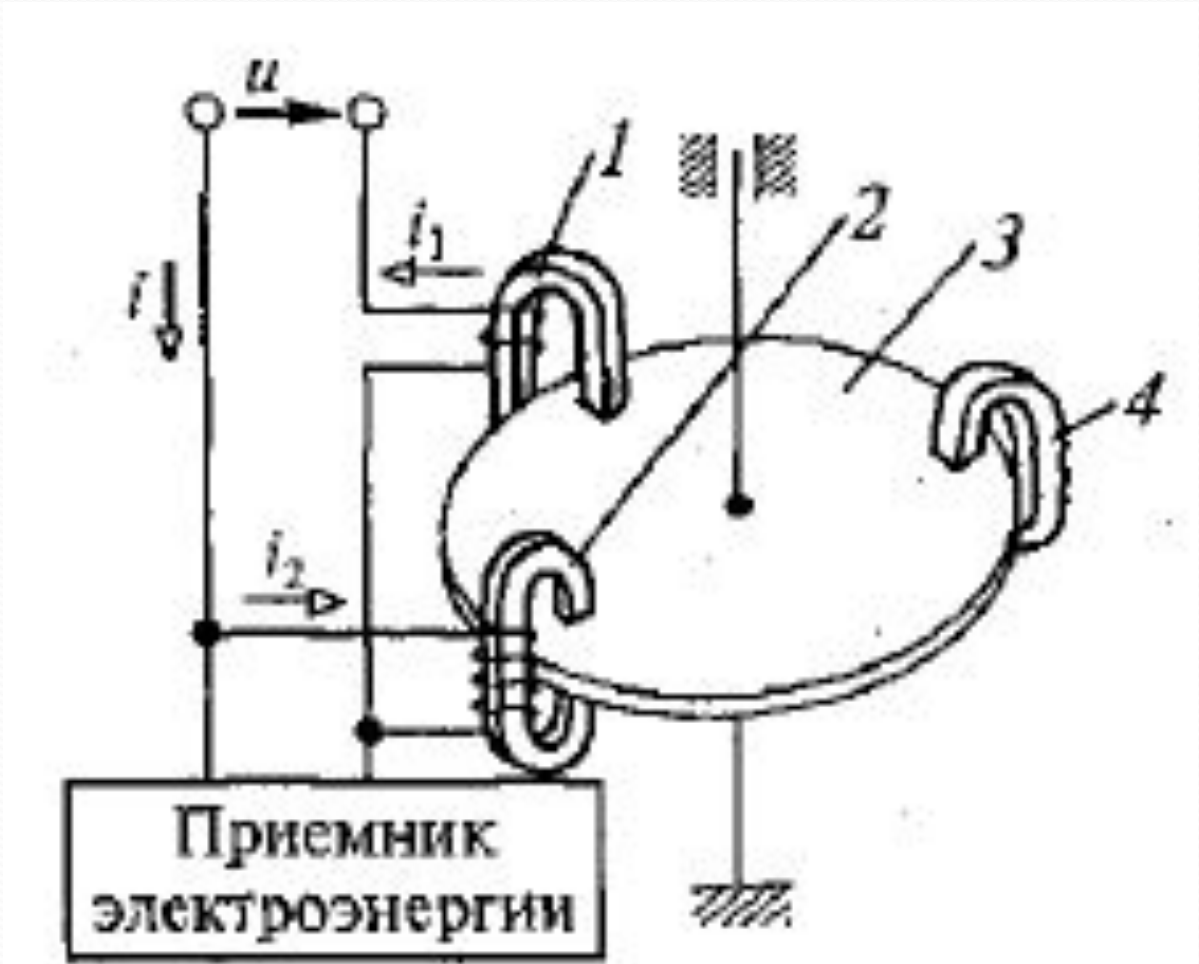

1
2
Φ_2
N
S
I_2
I_1
4
3
Φ_1

электросчетчика:

Электромагниты 1 и 2

Алюминиевый диск 3

Постоянный магнит 4



Обмотка электромагнита 1 подключается последовательно с потребителем энергии (***токовая обмотка***). Обмотка электромагнита 2 подключается параллельно с потребителем энергии (***обмотка напряжения***).

Токи, протекающие в обмотках 1 и 2, создают магнитные поля, под воздействием которых диск 3 начинает вращаться.

Увеличению скорости вращения диска 3 препятствует постоянный магнит 4.

В итоге устанавливается равновесие между вращающим моментом (он пропорционален мощности потребителя) и тормозящим моментом (он пропорционален скорости диска). Следовательно, получается ***прямая зависимость между мощностью, забираемой потребителем, и скоростью диска***

$$W=Cn$$

W – мощность, полученная потребителем

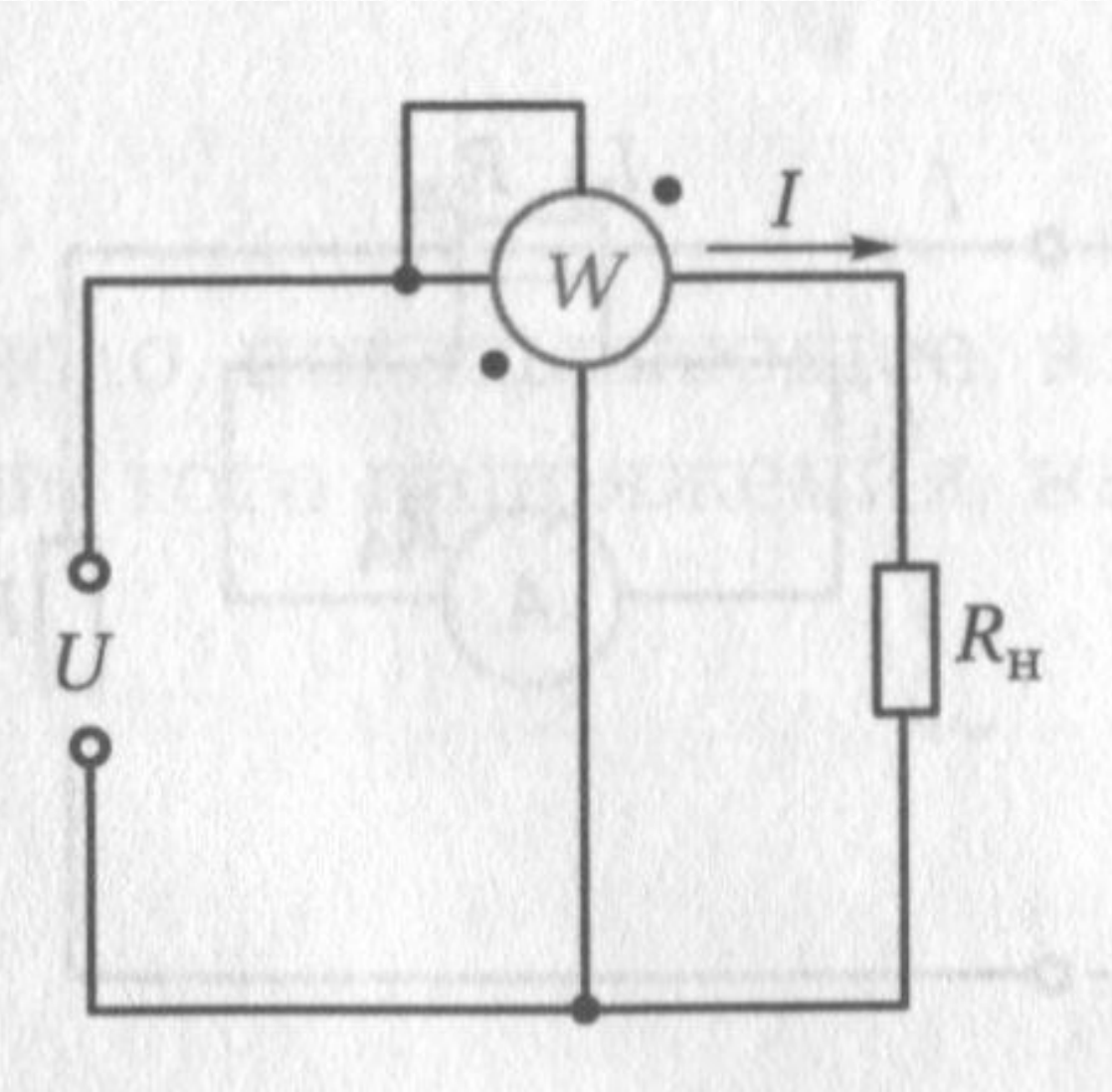
n – число оборотов за время t

C – постоянная счетчика, равная электроэнергии проходящей за один оборот диска (зависит от конструкции прибора)

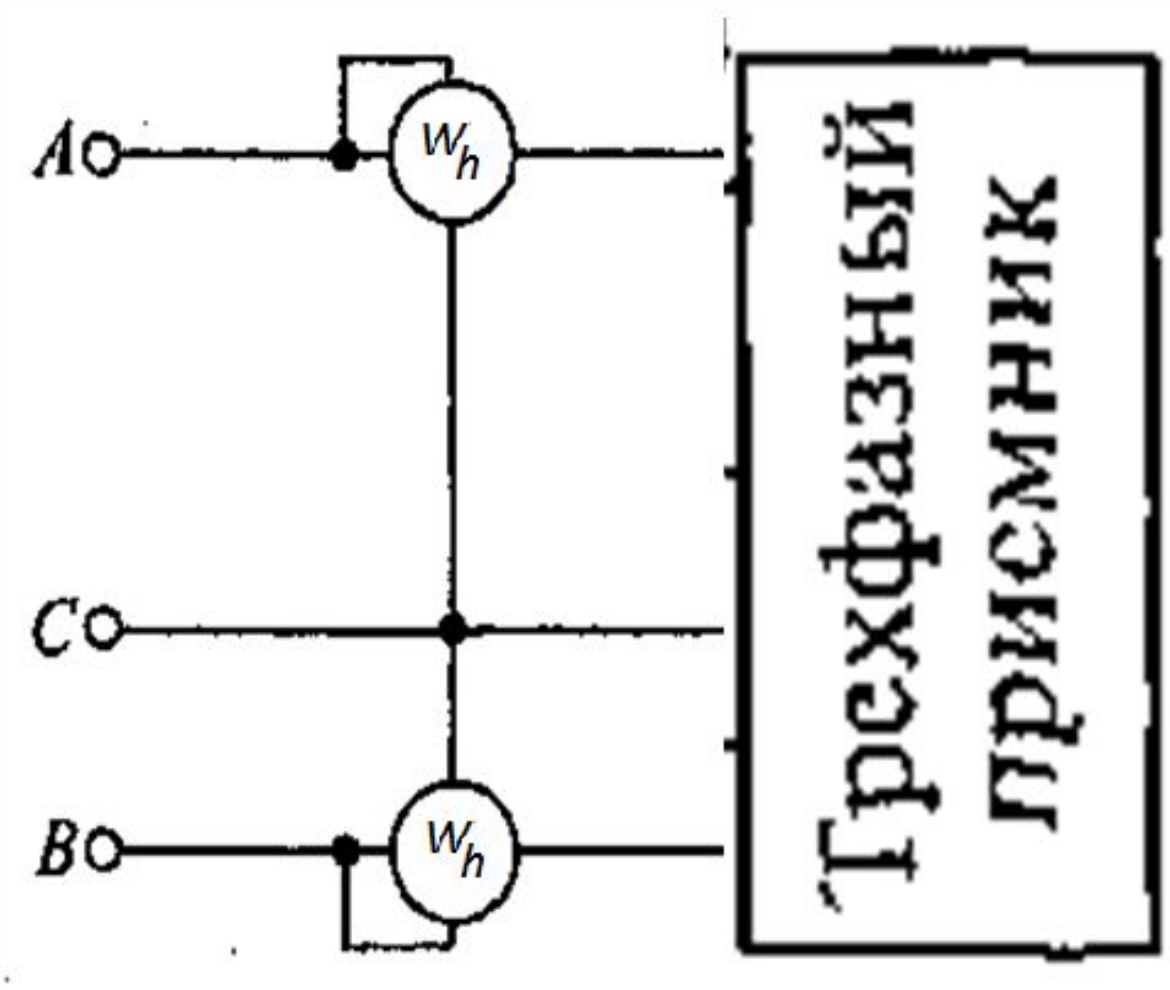
Диск счетчика связан со счетным механизмом, который откалиброван так, чтобы показывать расход в электроэнергии в кВт·ч

Счетчики для цепей переменного тока бывают одно-, двух и трехфазные

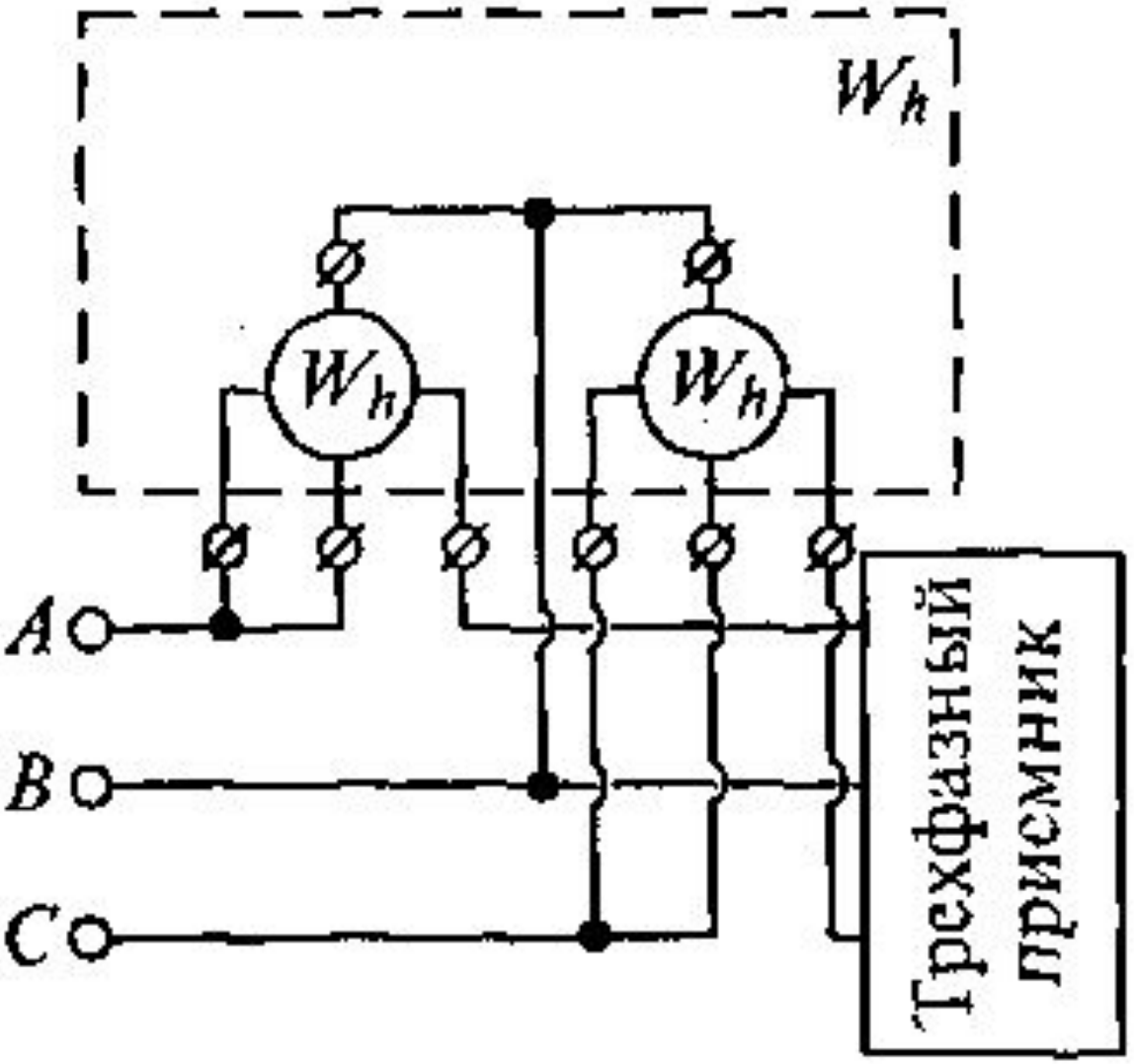
Подключение счетчика к однофазной цепи



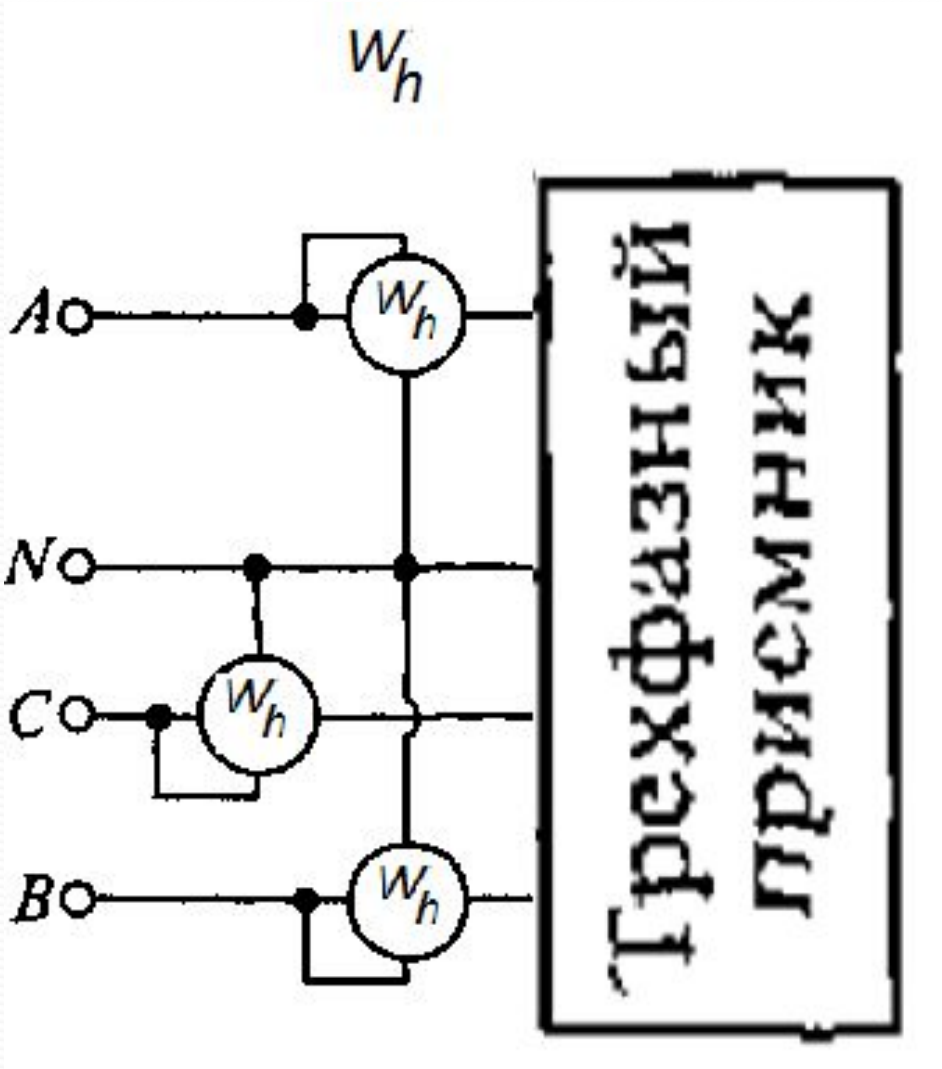
Подключение счетчика к трехпроводной трехфазной цепи



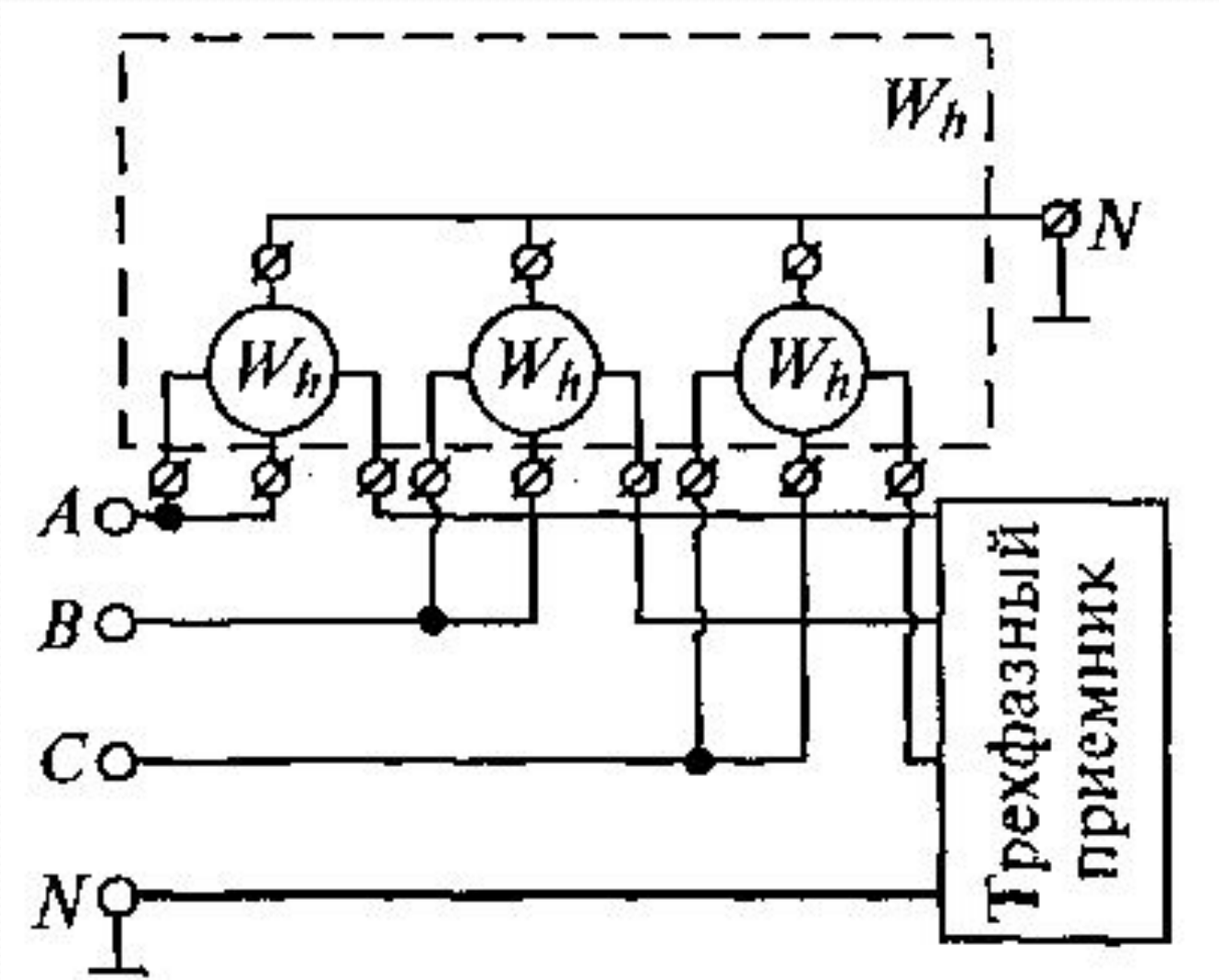
Подключение счетчика к трехпроводной трехфазной цепи



четырехпроводной трехфазной цепи



четырехпроводной трехфазной цепи



4.6. ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ

1. Метод амперметра и вольтметра

Неизвестное сопротивление R_x находят, используя закон Ома, измеряя ток I, протекающий через сопротивление, и напряжение U на его зажимах:

$$R_x = \frac{U}{I}.$$

Схема для измерения небольших сопротивлений, когда они значительно меньше сопротивления обмотки вольтметра

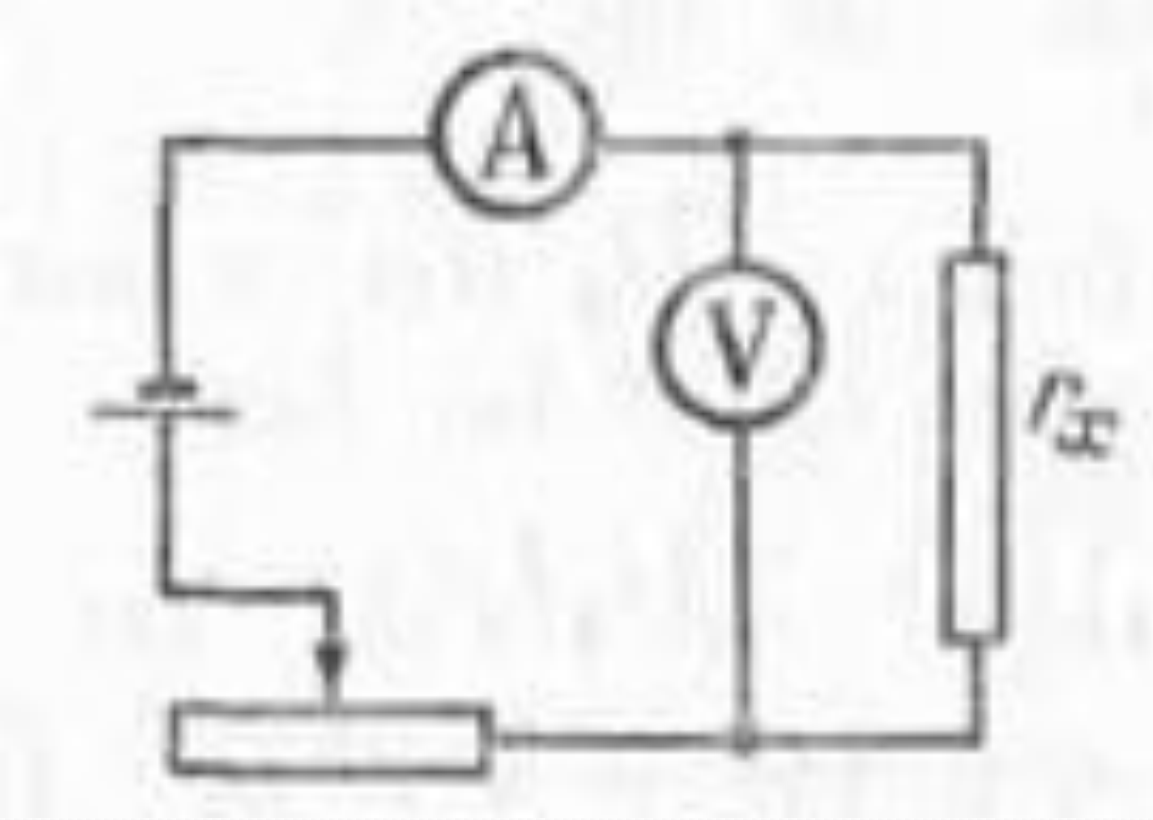
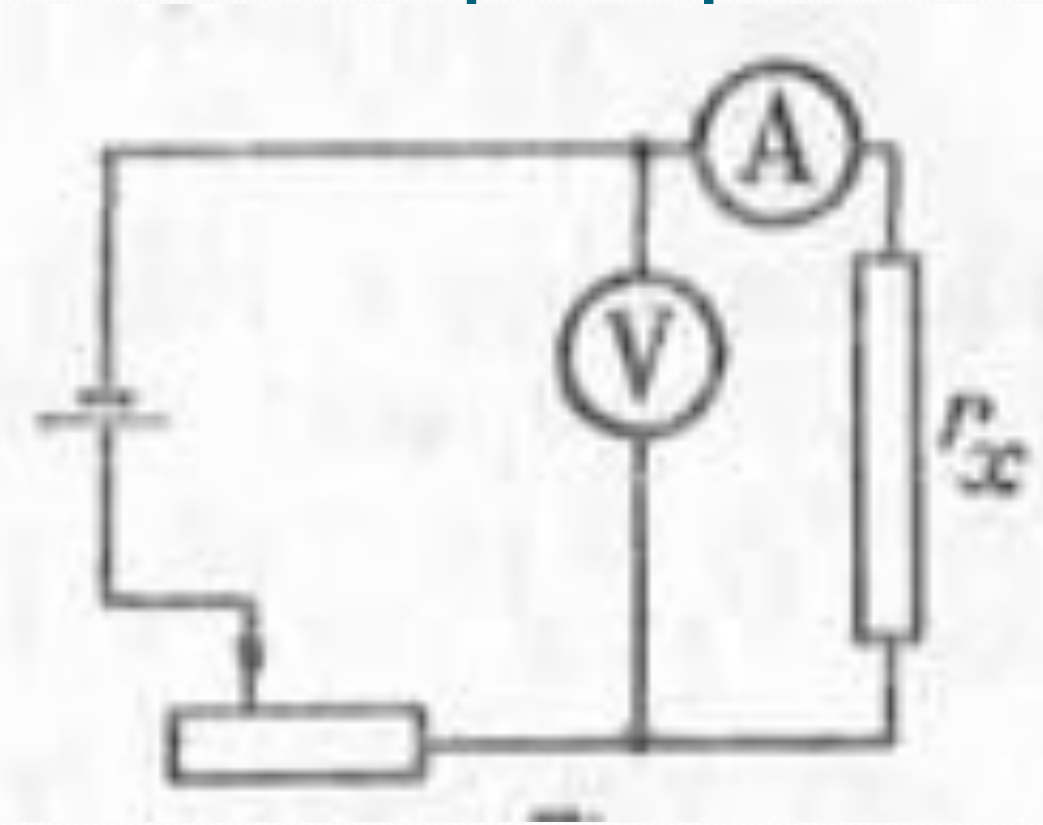


Схема для измерения больших сопротивлений, когда можно пренебречь сопротивлением обмотки амперметра



Этот метод измерения сопротивлений не всегда удобен, так как требует дополнительных вычисления. Имеет невысокую точностью из-за влияния внутренних сопротивлений приборов

омметра

Это прибор, который представляет собой комбинацию магнитоэлектрического миллиамперметра и специальной измерительной схемы

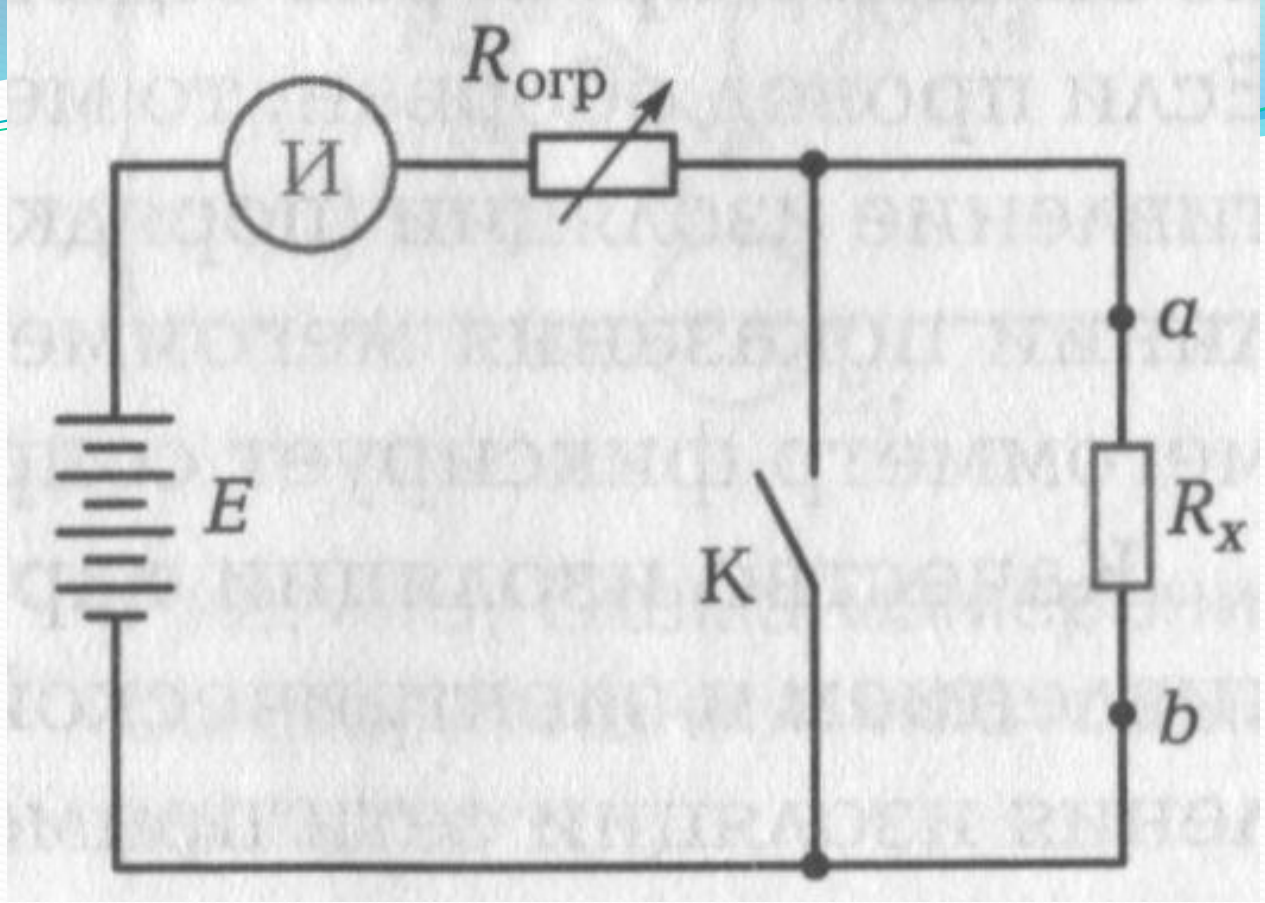


Рис. 4.5. Принципиальная схема омметра: E — батарея гальванических элементов; И — измеритель тока магнитоэлектрической системы; $R_{огр}$ — ограничительное сопротивление; R_x — резистивный элемент; a, b — клеммы; К — ключ

Неизвестное сопротивление R_x включают между клеммами ***а*** и ***Ь.*** При измерениях ключ ***К*** разомкнут. По закону Ома $I=E/(R_{огр}+R_x)$ При постоянных значениях ***Е*** и $R_{огр}$ ток ***I*** в цепи зависит только от сопротивления R_x, поэтому измеритель тока может быть отградуирован непосредственно в омах

Шкала прибора обратная: нулевое деление расположено справа. По мере увеличения сопротивления R_x и уменьшения тока I стрелка прибора отклоняется влево.

http://www.samarapribor.ru

Сопротивление $R_{огр}$ служит для предохранения прибора от перегрузок и установки омметра на нуль.

Перед измерением следует замкнуть ключ ***K*** (установить $R_x = 0$) и регулируя $R_{огр}$ ручкой, выведенной на переднюю панель прибора, установить стрелку измерителя на нуль.

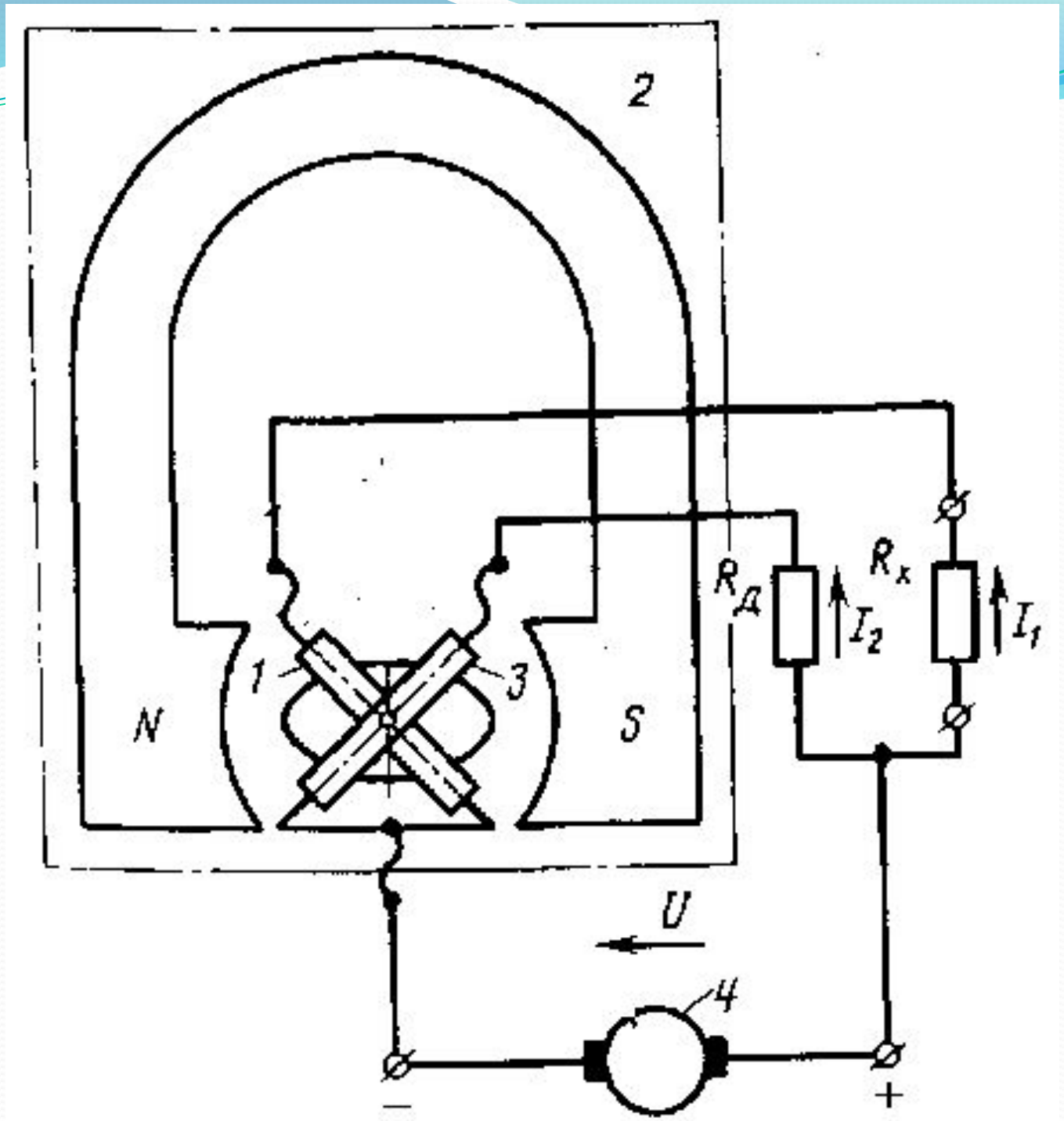
Затем ключ ***K*** следует разомкнуть.

MΩ
AC V
TAUT BAND
MODEL
AMB-1A
PRESS
TO READ
DO NOT
PRESS
FOR ACV
ACV
• MΩ
• BATT
• Ω
AMPROBE®

http://tekhnosila.satu.kz

3. Измерение больших сопротивлений

(изоляция электрических машин, аппаратов, приборов и электрической сети напряжением до 1000 В) осуществляют с помощью ***мегаомметр (омметр с магнитоэлектрическим логометром)***


2
1
3
N
S
$R_д$
R_x
I_2
I_1
U
4
–
+

Магнитоэлектрический логометр 2 состоит из двух катушек 1 и 3, закрепленных на одной оси под углом 90° и жестко связанных друг с другом.

Катушки находятся в поле постоянного магнита и подключены к источнику питания 4

Последовательно с одной катушкой включают добавочный резистор $R_д$, в цепь другой катушки — резистор R_x, сопротивление которого нужно измерить. При взаимодействии токов в резисторах с магнитным полем, катушки сдвигаются вокруг своей оси, поворачивая стрелку

Угол поворота стрелки напрямую зависит от тока в резисторе R_x, а, значит, и от его сопротивления.

Следовательно шкалу прибора можно градуировать непосредственно кОм и МОм

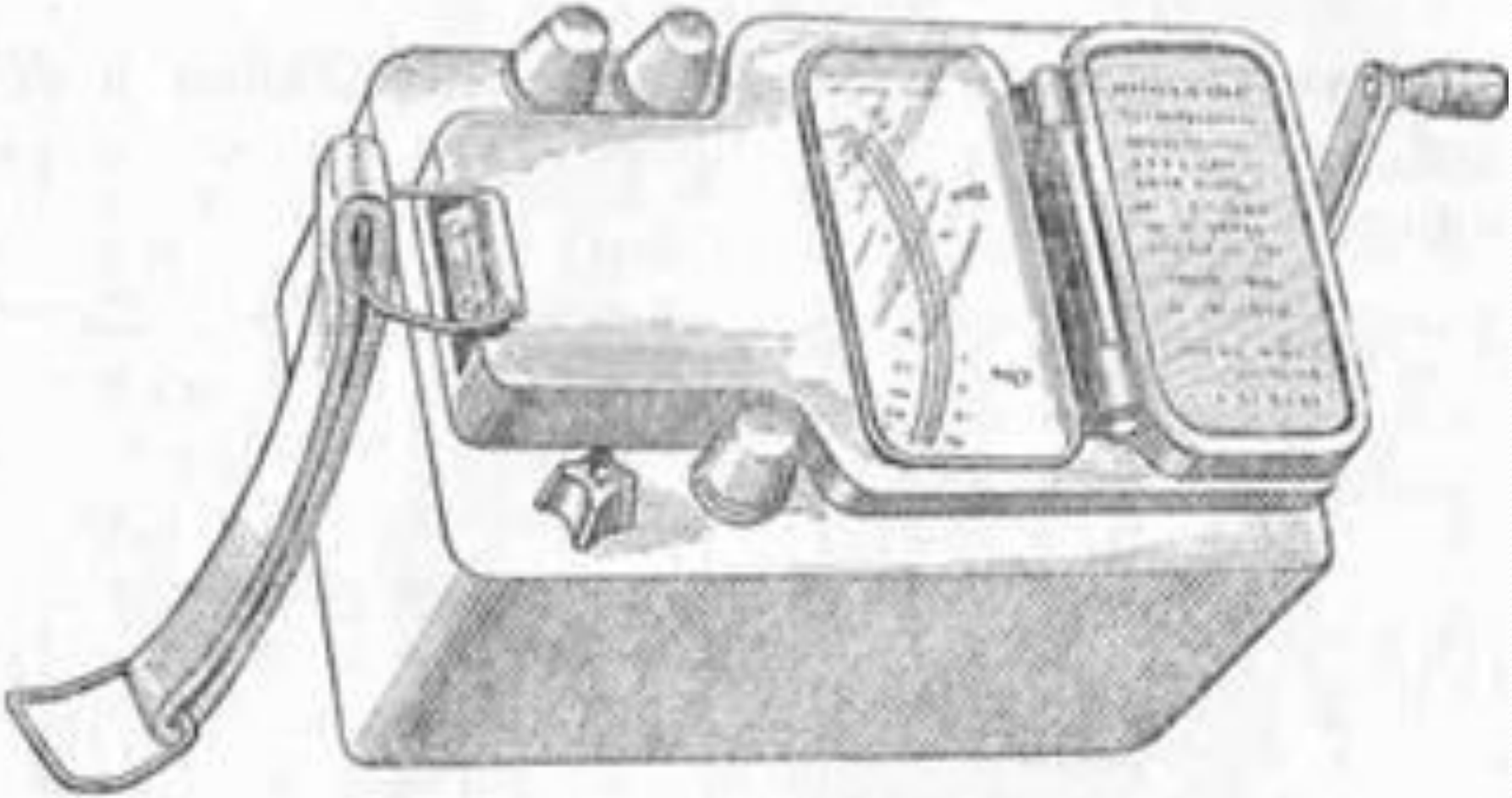
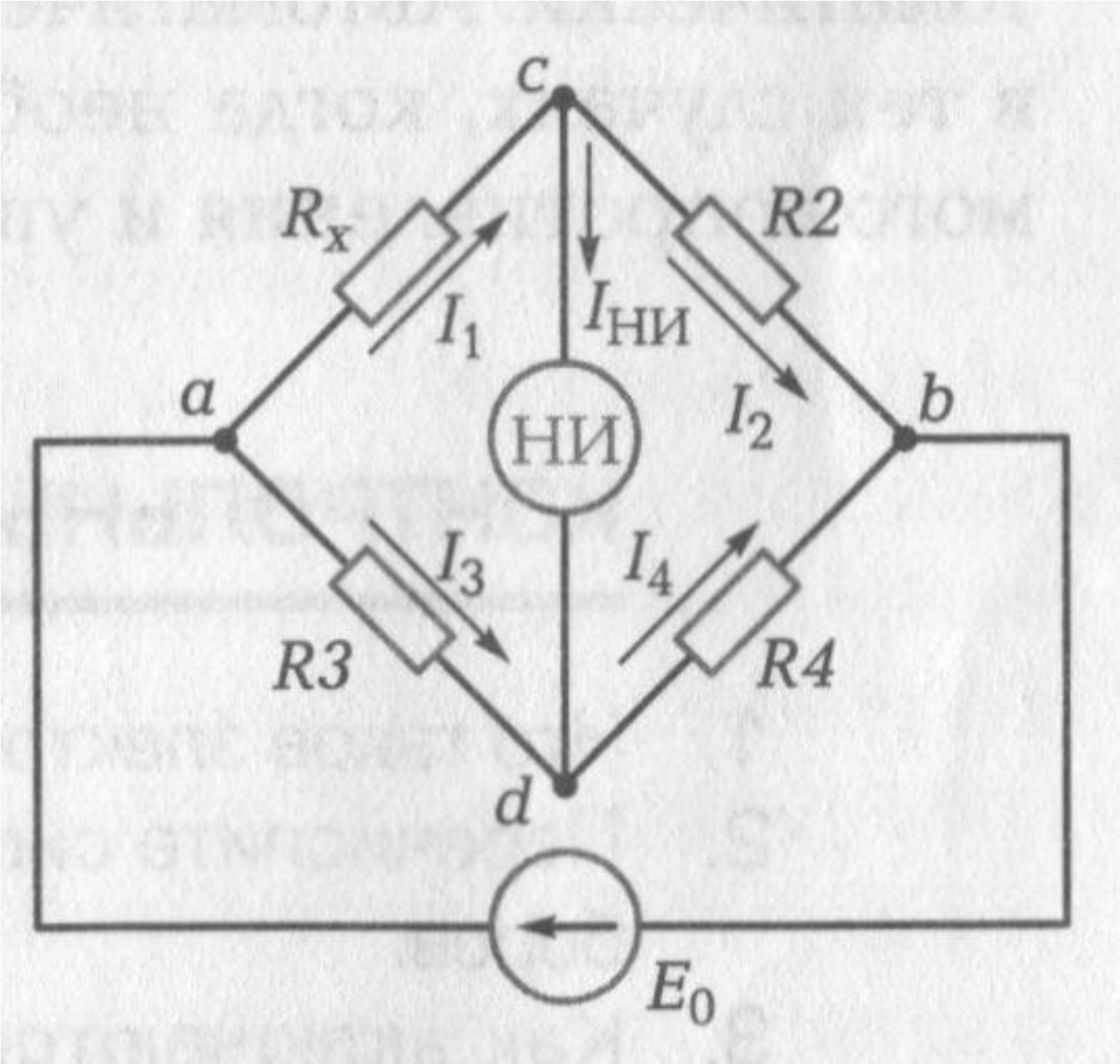


Рис. 245. Внешний вид мегомметра М-1101

4. Мостовой метод измерения сопротивления

Измерительный мост - прибор, выполненный по мостовой схеме и позволяющий измерять сопротивления методом сравнения

Одинарный четырехплечий мост



В одно плечо моста включают измеряемый резисторе R_x, а другие три плеча состоят из резисторов R_2, R_3, R_4.
В одну диагональ включен источник питания с ЭДС E_0, в другую нулевой индикатор НИ (гальванометр)

Регулируя сопротивления R_2, R_3 и R_4, добиваются ,чтобы ток через диагональ с НИ был равен нулю.

При этом справедливо равенство:

$$R_X = \frac{R_2 R_3}{R_4}$$

Прочитайте презентацию и посмотрите видео https://youtu.be/BtxKUvvaChc

Ответьте на вопросы:

1. Что такое измерение?
2. Что такое электроизмерительные приборы?
3. Кратко запишите классификацию электроизмерительных приборов.
4. Зарисуйте условные обозначения для электроизмерительных приборов.
5. Как называются приборы для измерения, силы тока, напряжения, сопротивления, электрической энергии. Начертите схемы их подключения.