

Тема: Назначение и классификация электроизмерительных приборов.

Вопрос 1. Общие сведения об электрических измерениях. Классификация электроизмерительных приборов. Щитовые и переносные электроизмерительные приборы.

В современных условиях контроль за технологическими процессами, потреблением электрической энергии, режимом работы электрооборудования, измерением неэлектрических величин осуществляется с помощью электрических средств измерения.

Эти приборы измеряют ток, напряжение, мощность, частоту, электрическую энергию и т.д.

Средства измерения - технические средства, используемые при измерениях и имеющие нормированные метрологические свойства.

По назначению средства измерения делят на **образцовые и рабочие**, причем по конструкции и метрологическим характеристикам они могут быть аналогичны.



Фото.



Вольтметр

Образцовые средства измерения запрещается применять для практических измерений, они предназначены для поверки по ним других средств измерений - как рабочих, так и образцовых более низкой точности.

Рабочие средства измерения есть средства, применяемые для измерений, не связанных с передачей размеров единиц физически» величин.

Быть уверенным в правильности показания рабочего средства измерений можно, только поверив его при помощи более точного образцового средства измерений.

Поверку средства измерений, то есть определение погрешностей средства измерений и установление его пригодности к применению, проводят только **органы метрологической службы, имеющие соответствующее разрешение.**

К средствам измерений относятся **меры, измерительные приборы, преобразователи, установки и системы, измерительные принадлежности.**

Мера есть средство измерений, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера. Мера, воспроизводящая физическую величину одного размера, называется однозначной, а воспроизводящая ряд одноименных величин различного размера - многозначной. Примеры однозначной меры - нормальный элемент (мера ЭДС), образцовая катушка (мера сопротивления), а многозначной - миллиметровая

линейка, вариометр индуктивности, конденсатор переменной емкости, магазин сопротивлений.

Измерительный преобразователь - это средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем.

Преобразователи по месту, занимаемому в измерительной цепи, делятся на первичные, передающие и промежуточные. На вход первичного преобразователя воздействует непосредственно измеряемая величина, а промежуточный занимает в измерительной цепи место после первичного. Передающий преобразователь служит для дистанционной передачи измерительной информации и может быть в то же время первичным.

Для того чтобы изменить в определенное число раз значение одной из величин, действующих в измерительной цепи, без изменения ее физической природы, используют масштабные преобразователи (измерительные трансформаторы тока, усилители и т. п.).



Фото. Электрические средства измерений (средства измерений электрических величин)

Для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем, предназначен измерительный прибор.

Измерительный прибор состоит из ряда измерительных преобразователей, каналов связи, согласующих элементов, измерительного механизма, в совокупности образующих измерительную цепь. По способу образования показаний измерительные приборы делят на показывающие и регистрирующие.

Показывающий измерительный прибор допускает только отсчитывание показаний. Отсчитывают показания визуально по шкале средства измерений, относительно которой перемещается указатель отсчетного устройства, или по светящимся цифрам, возникающим на отсчетном устройстве в цифровых показывающих приборах.

Регистрирующий измерительный прибор содержит механизм регистрации показаний. Если в приборе предусмотрена запись показаний в форме диаграмм, то его называют самопишущим.

Измерительная установка представляет собой совокупность функционально объединенных средств измерений (мер, измерительных приборов, измерительных

преобразователей) и вспомогательных устройств, предназначенных для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия наблюдателя, и расположенных в одном месте. В качестве примера можно привести измерительные установки для поверки нормальных элементов.

Измерительная система в отличие от измерительной установки предназначена для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для автоматической обработки, передачи и использования в автоматической системе управления.

Основная классификация электроизмерительных приборов

В зависимости от способа, который используется для сравнения измеряемой величины с единицей измерения, электроизмерительные приборы подразделяются на **приборы непосредственной оценки (вольтметр) и приборы сравнения**, служащие для сравнения измеряемой величины с известными, которые иногда монтируются в прибор (мост для измерения сопротивления).

По способу получения отсчета измерительные приборы подразделяются на **приборы с непосредственным отсчетом, управляемым отсчетом и самопишущие**.

Электроизмерительные приборы классифицируются по роду измеряемой величины: **амперметр, вольтметр, мегомметр, частотомер, ваттметр** и т. д.




| Наименование прибора | Условное обозначение |
|---------------------------------|----------------------|
| Амперметр | A |
| Вольтметр | V |
| Вольтамперметр | VA |
| Ваттметр | W |
| Варметр | Var |
| Микро амперметр | ЦА |
| Миллиамперметр | ТА |
| Миливольтметр | ТВ |
| Омметр | П |
| Мегомметр | МО. |
| Частотомер | Hz |
| Волномер | X |
| Осцилограф | O |
| Измеряющий сдвиг фаз | Ф |
| Измеряющий коэффициент мощности | Cosρ |
| Счетчик ампер-часов | Ah |

Обозначения единиц измерения физических величин

| | |
|---------------------|-----------------------|
| 1. Ампер - А | 10. Микроом – мкОм |
| 2. Миллиампер – мА | 11. Герц-Гц |
| 3. Микроампер – мкА | 12. Ватт- Вт |
| 4. Вольт – В | 13. Нанофарад - нФ |
| 5. Киловольт – кВ | 14. Пикофарад – пФ |
| 6. Милливольт – мВ | 15. Генри – Гн |
| 7. Ом – Ом | 16. Миллигенри – мГн |
| 8. Мегаом – МОм | 17. Микрогенри – мкГн |
| 9. Килоом – кОм | 18. Тесла – Тл |

Классификация по роду тока: **приборы постоянного, переменного, постоянно–переменного тока.**

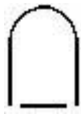
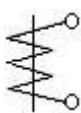
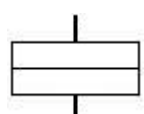
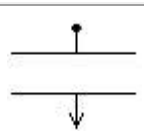
Обозначения тока

| | |
|----------------------------|---|
| 1. Постоянный |  |
| 2. Переменный однофазный |  |
| 3. Постоянный и переменный |  |

Приборы с непосредственным отсчетом, кроме того, подразделяются :

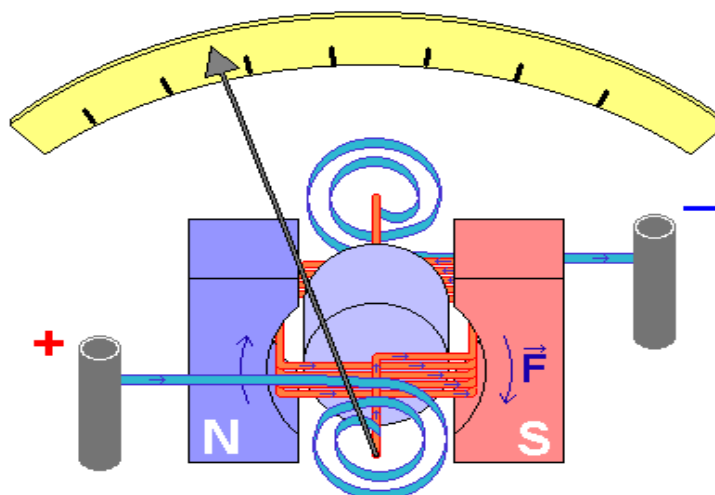
- 1) по принципу действия в зависимости от системы: **приборы магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической, электростатической систем; цифровые и т.д.**

Обозначения принципа действия прибора.

| | |
|--|---|
| 1. Магнитоэлектрический с подвижной рамкой |  |
| 2. Электромагнитный |  |
| 3. Электродинамический |  |
| 4. Электростатический |  |



Магнитоэлектрический с подвижной рамкой . Принцип работы основан на взаимодействии тока, протекающего по обмотке подвижной катушки, с магнитным полем постоянного магнита.



Электромагнитный .

Принцип работы основан на взаимодействии магнитного поля неподвижной катушки с сердечником из ферромагнитного материала, внесенного в это поле.

Основные детали: неподвижная катушка и подвижный сердечник из ферромагнетика.



Электростатический .

Принцип работы основан на действии электростатического поля, созданного между двумя неподвижными электродами, на подвижный электрод.

Электродинамический.

Принцип работы основан на взаимодействии двух катушек(рамок), по которым течет ток. Одна из них неподвижна, а другая подвижна. Перемещение катушек относительно друг друга обуславливается тем, что проводники, по которым протекают токи одного направления, притягиваются, а с токами противоположных направлений – отталкиваются.

Цифровые измерительные приборы .



Основой цифрового вольтметра является аналого-цифровой преобразователь (АЦП). В настоящее время имеется множество схемотехнических принципов построения АЦП, однако общим из них является сравнение измеряемой величины с набором эталонов. Основными характеристиками АЦП являются точность преобразования (число разрядов в выходном коде) и быстродействие. Можно условно разделить АЦП на два класса: последовательного счета, когда выходной код определяется равенством измеряемого напряжения с дискретно растущим эталонным напряжением и параллельного, когда сигнал сравнивается с набором эталонных напряжений.

Шкала


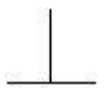
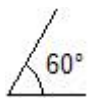
Шкала обычно представляет собой светлую поверхность с черными делениями и цифрами, соответствующими определенным значениям измеряемой величины. Форма шкалы зависит от конструкции прибора, класса точности и ряда других факторов.

На шкале каждого прибора наносятся следующие обозначения:

1. Обозначение единицы измеряемой величины.
2. Условное обозначение системы прибора (или принципа действия прибора).
3. Обозначение класса точности прибора.
4. Условное обозначение положения прибора.
5. Условное обозначение степени защищенности от магнитных и других влияний.

6. Величина испытательного напряжения изоляции измерительной цепи по отношению к корпусу.
7. Год выпуска и заводской номер.
8. Обозначение рода тока.
9. Тип прибора.
10. Значение силы тока, соответствующее определенным значениям напряжения, и значения напряжения, соответствующие определенным значениям силы тока.

Указатель .Может быть выполнен в виде стрелки или светового пятна с темной нитью посередине. По форме стрелки бывают нитевидными, ножевидными и копьевидными.

| | |
|--|---|
| 1. Горизонтальное положение шкалы |  |
| 2. Вертикальное положение шкалы |  |
| 3. Наклонное положение шкалы под углом к горизонту |  |

2) по степени точности: **приборы классов точности.**

По степени точности приборы делят на 8 классов (**0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0**);

К первым трем классам относят точные **лабораторные приборы.**

Приборы классов 0,5; 1,0 и 1,5 используют для различных технических измерений. Они **обычно переносные**, подключаемые к электрическим установкам только во время измерений.

Приборы классов 2,5 и 4,0 устанавливают постоянно **на щитах и панелях управления электрическими установками.**

3) по месту нахождения : **щитовые и переносные.**

4) **по погрешности:**

Абсолютная погрешность – величина равная разности между измеренным $A_{из}$ и действительным A значениями измеряемой величины:

$$\Delta A = A_{из} - A.$$

Погрешность тем меньше, чем ближе измеряемая величина к номинальному значению прибора.

Ошибка в показаниях прибора определяется его классом точности. Например, амперметр класса 1,5 со шкалой на 100 А может дать погрешность $(100 \cdot 1,5) / 100 = 1,5 \text{ А}$.

Погрешность прибора не следует смешивать с погрешностью измерений. Так как погрешность для рассматриваемого прибора, равная 1,5 А, задается независимо от измеряемого им тока, то при токе 50А погрешность измерений будет составлять 3%, а при токе 5А — 30%.

Поэтому при измерениях рекомендуется так выбирать приборы, чтобы значения измеряемой величины не были существенно меньшими наибольшего ее значения, указанного на шкале прибора.

1,5

Класс точности прибора



Прибор предназначен для работ в цепи постоянного тока



Предназначен для работы в цепи переменного тока



Может использоваться в цепях постоянного и переменного тока



Предназначен для работы в цепи трехфазного тока



50 Hz

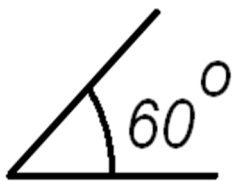
Нормально работает при частоте 50 Гц



Правильно показывает при вертикальном положении



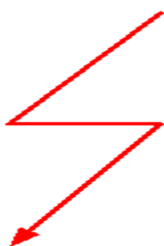
Правильно показывает при вертикальном положении



Правильно показывает в наклонном положении (под углом 60°)



Изоляция прибора испытана на 2 кВ



Предостерегающий знак высокого напряжения (знак красного цвета)

Б

Предназначен для установки в сухих неотопливаемых помещениях

Для полевых и морских условий

V_1, V_2

Т

Для условий тропического климата (сухого и влажного)

П

Категория защищенности от внешних магнитных полей



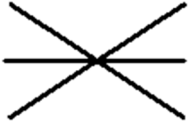
Обозначение зажимов на приборах:
отрицательный зажим



Положительный зажим



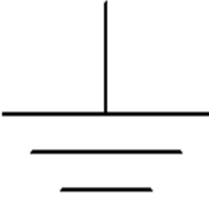
Зажим переменного тока



Общий зажим для многопредельных приборов, а также генераторный зажим для ваттметров и других приборов



Зажим, соединенный корпусом



Зажим (винт) для заземления

Вопрос 2. Общие правила эксплуатации электроизмерительных приборов. Выполнение измерений

Измерение тока. Для измерения тока в цепи амперметр или миллиамперметр включают в электрическую цепь последовательно с приемником электрической энергии. (Рис. 1.3.1)

Для того чтобы включение амперметра не оказывало влияния на работу электрических установок и он не создавал больших потерь энергии, *амперметры выполняют с малым внутренним сопротивлением.*

Если амперметр подключить непосредственно к источнику, то через катушку прибора пойдет очень большой ток (*сопротивление амперметра мало*) и она сгорит.

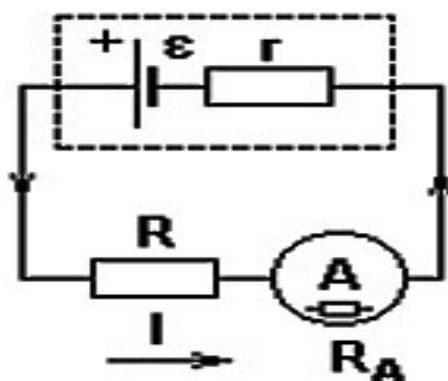


Рис. Подключение амперметра.

Измерение напряжения. Для измерения напряжения U , действующего между какими-либо двумя точками электрической цепи, вольтметр) присоединяют к этим точкам, т. е. параллельно источнику электрической энергии или приемнику. (Рис. 1.3.2)

Для того чтобы включение вольтметра не оказывало влияния на работу электрических установок и он не создавал больших потерь энергии, *вольтметры выполняют с большим сопротивлением.* Поэтому практически можно пренебрегать проходящим по вольтметру током.

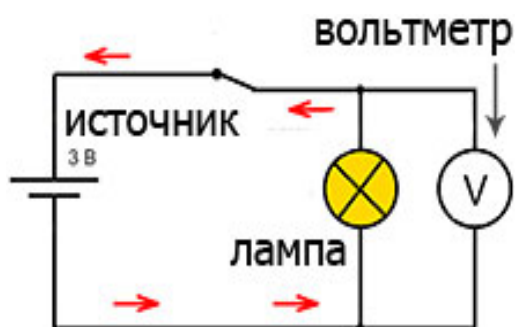


Рис. Подключение вольтметра.

Измерительные трансформаторы. Для включения электроизмерительных приборов в цепи переменного тока служат измерительные трансформаторы, обеспечивающие безопасность обслуживающего персонала при выполнении электрических измерений в цепях высокого напряжения.

Включение электроизмерительных приборов в эти цепи без таких трансформаторов запрещается правилами техники безопасности (**щитовые приборы**).

Кроме того, измерительные трансформаторы расширяют пределы измерения приборов, т. е. позволяют измерять большие токи и напряжения с помощью несложных приборов, рассчитанных для измерения малых токов и напряжений.

Измерительные трансформаторы подразделяют на **трансформаторы напряжения и трансформаторы тока**.

Трансформатор напряжения служит для подключения вольтметров и других приборов, которые должны реагировать на напряжение.

Вольтметры, предназначенные для постоянной работы с трансформаторами напряжения, градуируют на заводе с учетом коэффициента трансформации, и значения измеряемого напряжения могут быть непосредственно отсчитаны по шкале прибора.

Трансформатор тока служит для подключения амперметров и других приборов, которые должны реагировать на протекающий по цепи переменный ток. Его выполняют в виде

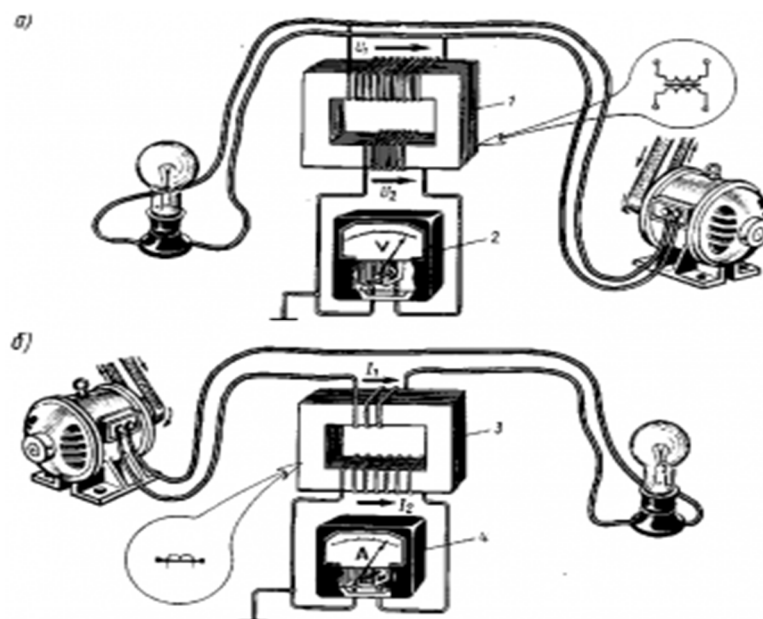


Рис. Включение электроизмерительных приборов посредством измерительных трансформаторов напряжения (а) и тока (б)

обычного двухобмоточного повышающего трансформатора; первичную обмотку включают последовательно в цепь измеряемого тока, к вторичной обмотке подключают амперметр. Схематичное обозначение измерительных трансформаторов тока показано на рисунке.

Для предотвращения опасности поражения обслуживающего персонала электрическим током в случае повреждения изоляции трансформатора один из зажимов вторичной обмотки и кожух трансформатора заземляют.

Измерение мощности. В цепях постоянного тока мощность измеряют электро- или ферродинамическим **ваттметром**. Мощность может быть также подсчитана перемножением значений тока и напряжения, измеренных амперметром и вольтметром.

В цепях однофазного тока измерение мощности может быть осуществлено электродинамическим, ферродинамическим или индукционным ваттметром.

Ваттметр имеет две катушки: токовую, которая включается в цепь последовательно, и напряжения, которая включается в цепь параллельно.

Ваттметр является прибором, требующим при включении соблюдения правильной полярности, поэтому его генераторные зажимы (зажимы, к которым присоединяют проводники, идущие со стороны источника) обозначают звездочками

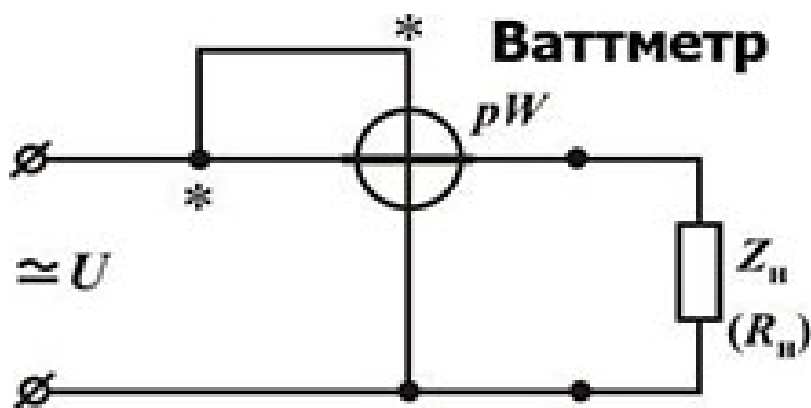


Рис. Схема для измерения мощности

Для расширения пределов измерения ваттметров их токовые катушки включают в цепь при помощи шунтов или измерительных трансформаторов тока, а катушки напряжения — через добавочные резисторы или измерительные трансформаторы напряжения.

Сопротивление изоляции постоянному току является основным показателем состояния изоляции, и его измерение является неотъемлемой частью испытаний всех видов электрооборудования и электрических цепей.

Нормы проверок и испытаний изоляции электрооборудования, определяются ГОСТ, ПУЭ и другими директивными материалами.

Сопротивление изоляции практически во всех случаях измеряется мегомметром - прибором, состоящим из источника напряжения - генератора постоянного тока чаще всего с ручным приводом, магнитоэлектрического логометра и добавочных сопротивлений.

Поскольку в мегомметрах есть источник постоянного тока, то сопротивление изоляции можно измерять при значительном напряжении (2500В в мегомметрах типов МС-05, М4100/5 и Ф4100) и для некоторых видов электроаппаратуры одновременно испытывать изоляцию повышенным напряжением. Однако следует иметь в виду, что при подключении мегомметра к аппарату с пониженным сопротивлением изоляции напряжение на выводах мегомметра также понижается.

Измерение сопротивления изоляции с помощью мегомметра.

На подготовительном этапе измерения сопротивления изоляции необходимо:

- проверить состояние мегомметра путем испытания его при разомкнутых проводах – при этом его стрелка должна показывать на знак бесконечности, а также при замкнутых проводах – в этом случае стрелка должна остановиться у 0;
- проверить указателем напряжения, не подан ли ток к кабелям, на которых планируется проводить [измерение сопротивления изоляции](#);
- провести заземление токоведущих жил кабелей, которые будут подвергнуты испытаниям.

При работе с мегомметром обязательно нужно использовать зажимы с изолированными рукоятками. Если изоляция исследуется на напряжение выше 1000 В, необходимо надевать диэлектрические перчатки. К токоведущим частям во время проверки сопротивления прикасаться нельзя.

Показания с мегомметра снимаются только тогда, когда его стрелка принимает устойчивое положение. Чтобы добиться этого, необходимо производить вращение ручки прибора со скоростью 120 оборотов в минуту. Сопротивление изоляции можно устанавливать после 1 минуты вращения ручки, когда положение стрелки стабилизировалось.

Когда измерение окончено, на прибор накладывается заземление для снятия напряжения, только после этого концы мегомметра отсоединяются.

Для того чтобы на показания мегомметра не оказывали влияния токи утечки по поверхности изоляции, особенно при проведении измерений в сырую погоду, мегомметр подключают к измеряемому объекту с использованием зажима Э (экран) мегомметра. При такой схеме измерений токи утечки по поверхности изоляции отводятся в землю, минуя обмотку логометра.

Значение сопротивления изоляции в большой степени зависит от температуры. Сопротивление изоляции следует измерять при температуре изоляции не ниже $+5^{\circ}\text{C}$, кроме случаев, оговоренных специальными инструкциями. При более низких температурах результаты измерения из-за нестабильного состояния влаги не отражают истинной характеристики изоляции.

В некоторых установках постоянного тока (аккумуляторных батареях, генераторах постоянного тока и т. п.) можно контролировать изоляцию с помощью вольтметра с большим внутренним сопротивлением (30 000 - 50 000 Ом). При этом измеряют три напряжения - между полюсами (U) и между каждым из полюсов и землей.

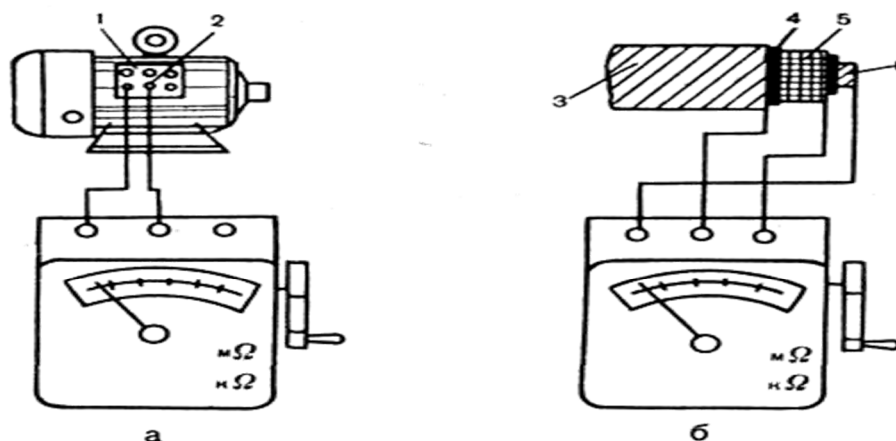


Рис. 1. Схема измерения сопротивления изоляции:
 а — электродвигателя; б — кабеля; 1 — клеммный щиток; 2 — выводы катушки; 3 — металлическая защита (оболочка); 4 — изоляция; 5 — экран; 6 — токопроводящая жила

Контрольные вопросы.

- 1) Укажите схему подключения вольтметра к измеряемой цепи.
- 2) Для чего нужны трансформаторы тока и напряжения?
- 3) Порядок измерения сопротивления изоляции мегомметром.
- 4) Амперметр и порядок его подключения в цепь.