

ПОВЕРКА ЭЛЕКТРОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.

Ознакомиться с используемыми на практике электронно-измерительными приборами, их системами и классами точности; приобрести навыки определения погрешностей поверяемых приборов и поправки к их показаниям.

2. ЭЛЕКТРОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ.

Любой электроизмерительный прибор состоит из двух основных частей: измерительного механизма и измерительной цепи.

Измерительный механизм служит для преобразования подводимой к нему электрической энергии в механическую энергию подвижной части прибора (указатели, стрелки).

Измерительная цепь преобразует измеряемую электрическую величину (напряжение, ток, и пр.) в пропорциональную ей величину, непосредственно влияющую на измерительный механизм.

Для количественной оценки измеряемых напряжений, токов и мощностей первоначально выполняется согласование их предполагаемых значений и номинального (максимально возможного для измерения) значения используемого электроизмерительного прибора.

Результирующее перемещение (отклонение) индикатора (стрелка, световой зайчик, и пр.) является результатом сравнения электромагнитного момента (усилия) преобразователя и эталонного усилия, развиваемого устройством противодействия (упругий элемент).

Поскольку подвижная часть измерительного механизма представляет собой массу, соединенную с упругим элементом, то процесс измерения сопровождается механическими колебаниями индикатора, тем большими, чем инертными является индикатор и чем выше скорость нарастания входного воздействия. Для успокоения колебаний подвижной части механизма, что равносильно уменьшению времени установки индикатора, используются успокоители или демпферы. Развиваемый ими момент всегда направлен против действия результирующего момента, а его величина пропорциональна скорости перемещения индикатора.

Электромеханические преобразовательные системы.

В зависимости от принципа электромеханического преобразования измерительные механизмы классифицируются на:

- магнитоэлектрические (в т.ч. магнитоэлектрические логометры, термоэлектрические преобразователи с изолированным и не изолированным термопреобразователем) — вращающий момент формируется в результате взаимодействия магнитного поля постоянного магнита и контура (рамки) с током;
- электромагнитные (в т.ч. логометр электромагнитный) — вращающий момент формируется в результате взаимодействия магнитного поля неподвижной катушки на ферромагнитный якорь (подвижное ферромагнитное тело);

- электродинамические (в т.ч. логометр электродинамический) — вращающий момент формируется в результате взаимодействия двух контуров с током, один из которых неподвижен;
- электростатические — вращающий момент формируется в результате взаимодействия двух или нескольких заряженных тел, одно из которых является подвижной частью механизма;
- ферродинамические — вращающий момент формируется в результате взаимодействия магнитного поля, создаваемого электромагнитом, и подвижного контура (рамки) с током;
- индукционные (в т.ч. логометр индукционный) — в них используются неподвижные контуры с током, создающие переменные магнитные поля, которые, взаимодействуя с наводимыми в диске индукционными токами, приводят его во вращение.

Логометры — приборы которые измеряют отношения двух сигналов.

Приборы магнитоэлектрической системы

Магнитоэлектрические измерительный механизм может выполняться либо с подвижной рамкой (рис. 2.1,а), либо с подвижным магнитом (рис. 2.1,б).

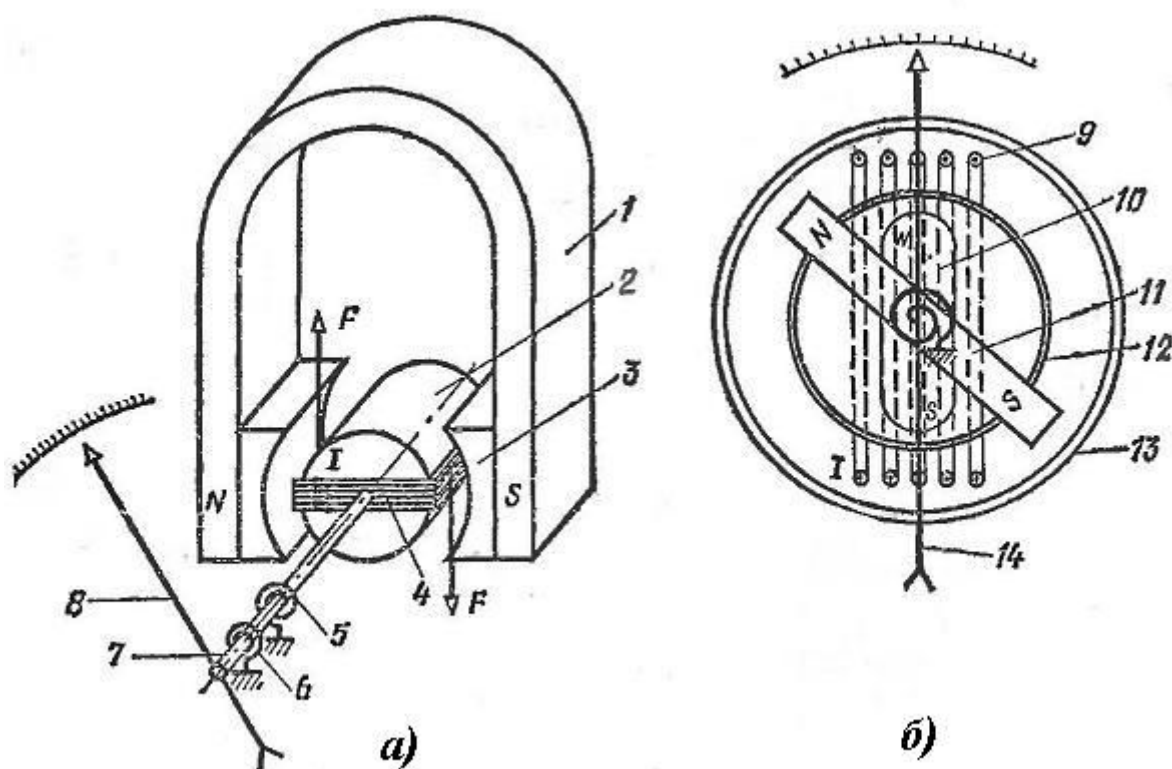


Рис. 2.1. Магнитоэлектрический измерительный механизм: а) - с подвижной рамкой; б) - с подвижным магнитом.

Конструкция. Прибор с подвижной рамкой имеет постоянный магнит 1 с цокольными наконечниками 3. Подвижная рамка с обмоткой из тонкой проволоки 4 может вращаться вокруг неподвижного стального цилиндра 2. Концы проволоки присоединены к спиральным пружинам 5 и 6, через эти пружины в рамку подается измеряемый ток. Вместе с рамкой поворачивается

ось 7 и указательная стрелка 8.

Прибор с подвижным магнитом имеет катушку 9 (рис. 2.1,б). Внутри неё укреплен подвижный магнит 10, который при отсутствии тока в катушке располагается вдоль неподвижного магнита 11. Для создания успокаивающего момента установлен стакан 12 из ферромагнитного материала. Магнитный экран 13 служит для защиты прибора от влияния внешних магнитных полей. На оси подвижного магнита укреплена указательная стрелка 14.

В магнитоэлектрическом приборе с подвижной рамкой измеряемый ток I пропускается через рамку и на неё начинает действовать сила:

$$F = BIlw,$$

где B — магнитная индукция в зазоре, l — длина витка рамки находящегося в магнитном потоке, w — число витков.

Относительно оси рамки создается вращающий момент:

$$M_{\text{вр}} = Fa = BIlwa.$$

При повороте рамки происходит закручивание пружин на угол α и создается противодействующий момент:

$$M_{\text{пр}} = \alpha W,$$

где W — удельный противодействующий момент пружинок.

Вся система поворачивается до тех пор пока вращающий момент не уравнивается противодействующим моментом, отсюда можно получить уравнение шкалы прибора:

$$\alpha = BIlwa / W = SI.$$

Величина S для данного прибора постоянная и называется чувствительностью прибора. Она показывает на какой угол отклоняется стрелка при изменении силы тока на единицу.

В магнитоэлектрических логометрах имеется две рамки в магнитном поле постоянного магнита и угол отклонения стрелки пропорционален отношению токов в них.

Преимущества. Более высокие точность и чувствительность; равномерная (линейная) шкала; сравнительно малое энергопотребление; практическая невосприимчивость к внешним электромагнитным излучениям.

Недостатки. Возможность работы только на постоянном токе; сравнительная сложность конструкции; заметная чувствительность к перегрузкам и механическим воздействиям — ударам и вибрации; сравнительно высокая зависимость от температуры окружающей среды.

Приборы электромагнитной системы.

В щитовых электроизмерительных приборах, предназначенных для индикации электрических параметров сети переменного тока.

Конструкция. Электромагнитный прибор имеет электроизмерительный механизм с неподвижной катушкой, по обмотке которой протекает измерительный ток и один или несколько ферромагнитных сердечников установленных на оси.

Электромагнитные приборы изготавливают либо с плоской катушкой (рис. 2.2,а) либо с круглой катушкой (рис. 2.2,б). Плоскую неподвижную

катушку 1 наматывают из толстой проволоки на неферромагнитный каркас 2 так, что внутри неё образуется воздушный зазор. Рядом с зазором располагают ферромагнитную пластинку 7, ось пластинки расположена асимметрично, на оси крепят стрелку 8 прибора, перемещающуюся вдоль шкалы 3 прибора. На оси укреплены противодействующая пружина 6 и алюминиевый сектор 5, который может поворачиваться в поле постоянного магнита 4.

Электромагнитный прибор с круглой катушкой устроен следующим образом. Из толстой проволоки намотана круглая катушка 10, с воздушным центральным зазором. Внутри зазора неподвижно расположена ферромагнитная пластина 11, а на оси закреплена вторая, но уже подвижная ферромагнитная пластина 12. На оси пластины 12 закреплены противодействующая пружинка 13 и стрелка 14 прибора. Для создания противодействующего момента закрепляют на оси алюминиевый сектор и устанавливают постоянный магнит (на рисунке не показаны).

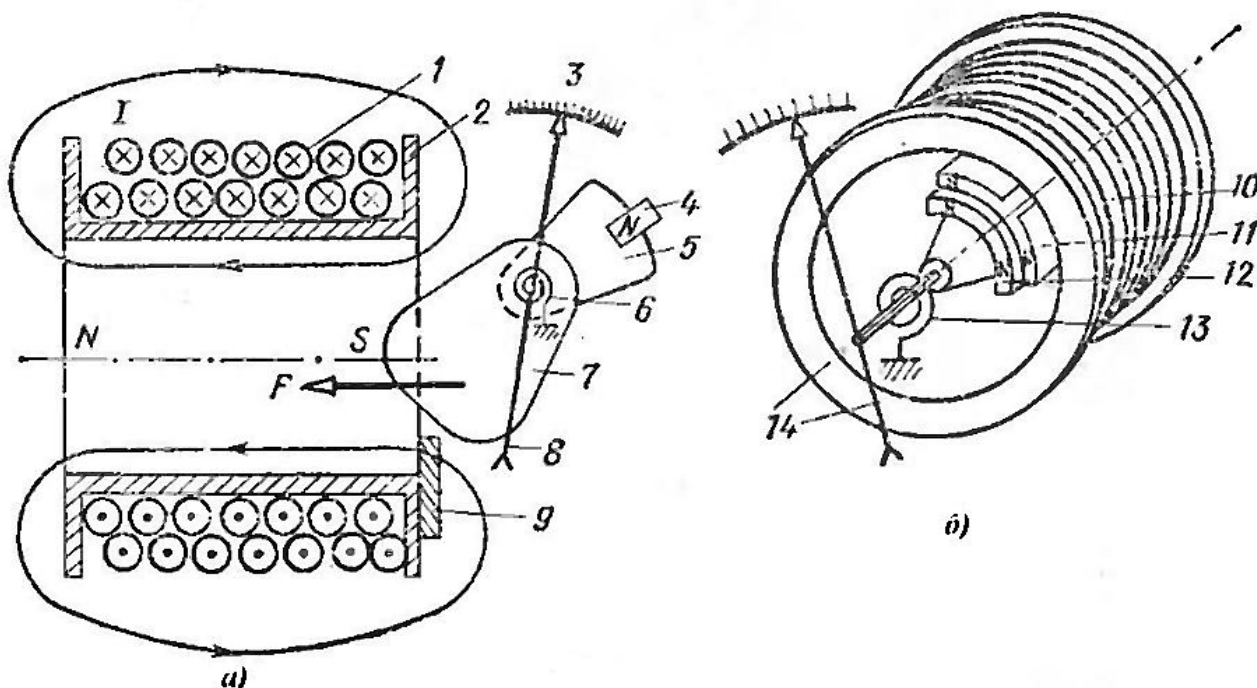


Рис. 2.2. Электромагнитный измерительный механизм: а) - с плоской катушкой; б) - с круглой катушкой.

Электромагнитный прибор с плоской катушкой работает следующим образом. По катушке пропускают измеряемый ток, который создает в катушке намагничивающую силу Iw и магнитный момент поток Φ . Этот поток увлекает внутрь катушки ферромагнитную пластинку 7. При этом действующая на неё сила пропорциональная квадрату магнитной индукции B , возникающей в катушке.

Уравнение шкалы электромагнитного прибора имеет вид:

$$\alpha = \frac{kb}{W} \left(\mu_0 \frac{Iw}{l} \right)^2 = \left(\frac{kb \mu_0^2 w^2}{Wl^2} \right) I^2 = AI^2 = SI,$$

где W — удельный противодействующий момент, создаваемый спиральной пружиной; μ_0 — магнитная проницаемость среды внутри катушки; l — длина катушки; A — постоянная величина для данного прибора; $S=AI$ —

чувствительность электромагнитного прибора.

То есть угол отклонения стрелки пропорционален квадрату тока.

Чувствительность электромагнитного прибора зависит от значения измеряемого тока. При измерениях малых токов она мала настолько, что начало шкалы (10-15% шкалы) даже не градуируют.

Аналогично работает прибор с круглой катушкой. Уравнение шкалы прибора можно записать в виде:

$$\alpha = \frac{1}{2W} I^2 \frac{dL}{d\alpha} = SI.$$

Электроизмерительные механизмы чувствительны к внешним электромагнитным излучениям, поэтому их, как правило, экранируют ферромагнитным экраном.

Преимущества. Применяются как на постоянном, так и на переменном токе; непосредственное измерение тока возможно примерно до 100А; способность выдерживать большие перегрузки (нет токопроводов к подвижным частям).

Недостатки. Нелинейный характер измерительной шкалы; сравнительно большое энергопотребление (при 5А потребление составляет 2,5 Вт); невозможность достижения высокой точности; малая чувствительность.

Приборы электродинамической системы.

Электродинамический прибор имеет неподвижную катушку 3 (рис. 2.3,а) и подвижную катушку 4 на оси подвижной катушки закреплены стрелка 2 и две спиральные пружинки 1. Пружинки служат для подачи тока в подвижную катушку и для создания противодействующего момента. Для успокоения прибора используют демпфер 5.

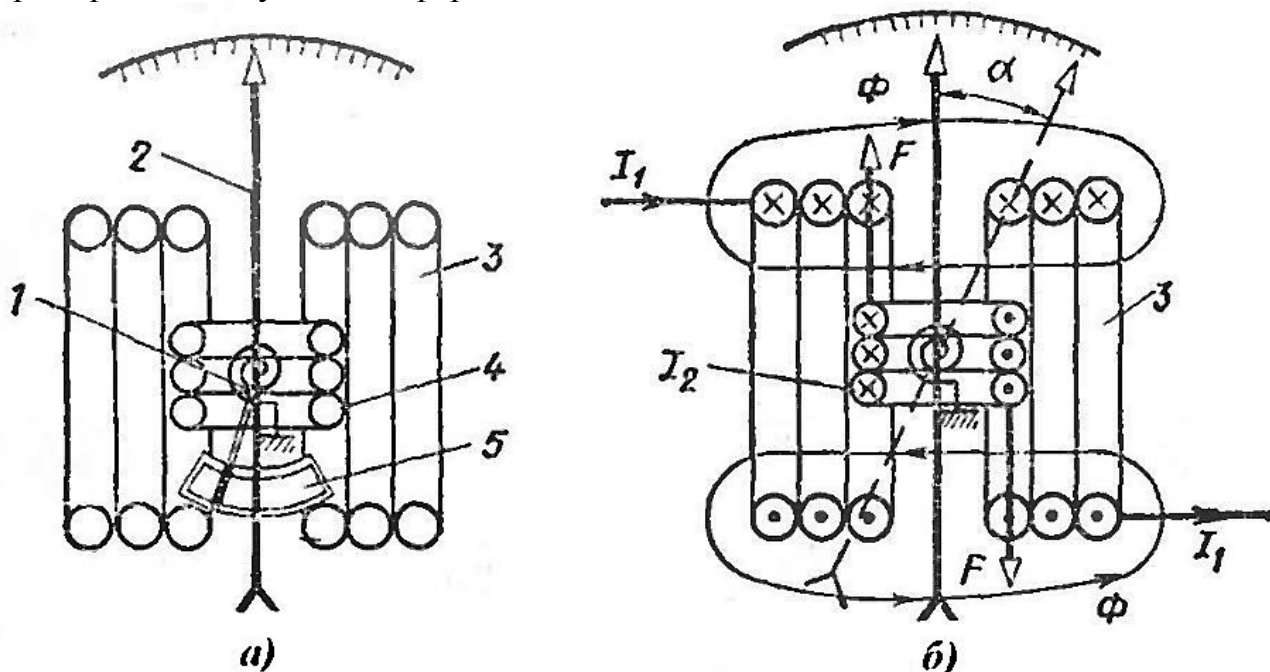


Рис. 2.3. Электродинамический измерительный механизм: а) — устройство; б) - схема, описывающая принцип работы.

При пропускании тока I_1 по неподвижной катушке 3 (рис. 2.3,б), в ней создается магнитный поток Φ , направление которого зависит от направления тока в катушке и определяется по правилу правой руки. Если пропустить ток I_2 по подвижной катушке, то на каждый её проводник будет действовать сила $F=B_1 I_2 l_2$. Направление силы определяется по правилу левой руки. Общая сила, давящая на рамку, создает вращающий момент, под действием которого подвижная рамка, а вместе с ней и стрелка прибора будут поворачиваться в сторону действия силы. Поворот системы будет происходить до тех пор, пока вращающий момент не станет равен противодействующему. Уравнение шкалы прибора имеет вид:

$$\alpha = \mu_0 \frac{w_1 w_2 l_2 b}{l_1 W} I_1 I_2 = S I_1 I_2 .$$

Достоинства. Могут применяться в цепях постоянного и переменного тока; высокая максимально достижимая точность (до 0,1 %).

Недостатки. Сравнительно невысокая чувствительность; зависимость от внешних магнитных полей (необходимо экранирование); зависимость от температуры внешней среды; значительная потребляемая мощность; не допускают длительных перегрузок.

Ферродинамические приборы.

Ферродинамические отличаются от электродинамических тем, что у них каждая из катушек имеет свои магнитопроводы. Благодаря этому внутри катушек создаются сильные магнитные поля, которые, взаимодействуя между собой, вызывают появление вращающего момента на оси подвижной катушки.

Уравнение шкалы ферродинамического прибора имеет вид:

$$\alpha = \frac{k}{W} I_1 I_2 \cos(\psi) = S I_{(1)} I_2 \cos(\psi) ,$$

где S — чувствительность ферродинамического прибора.

Ферродинамические приборы могут измерять переменные токи, напряжения и мощности. Благодаря собственному сильному магнитному полю эти приборы слабо подвержены влиянию внешних магнитных полей.

Основной недостаток таких приборов сравнительно малая точность (классы точности 1...2,5), большое потребление тока и чувствительность к колебаниям частоты.

Приборы электростатической системы.

Электростатические измерительные механизмы применяются в основном в вольтметрах, используемых для измерения напряжения в высоковольтных цепях постоянного и переменного тока и цепях с высокочастотными сигналами.

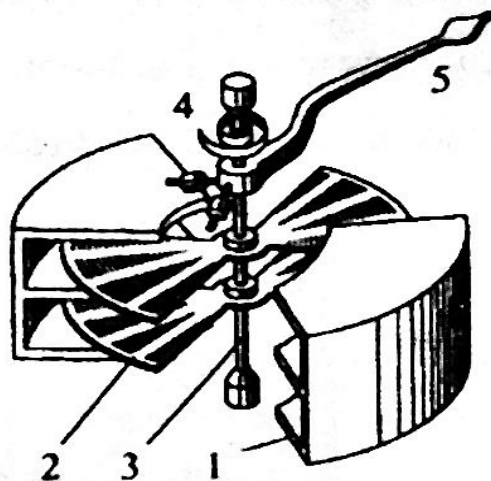


Рис. 2.4. Устройство электростатического измерительного механизма.

Конструкция. Принцип действия электростатического устройства (рис. 2.4) основан на взаимодействии двух заряженных электродов, один из которых неподвижен 1, а второй 2 имеет возможность вращаться на оси 3 в создаваемом первым электрическом поле. Спиральная пружина 4 задает момент сопротивления и служит для подачи потенциала на подвижную пластину (электрод).

Уравнение шкалы электростатического прибора имеет вид:

$$\alpha = \frac{k_2 U^2}{W} = k_2 \frac{U}{W} U = S U,$$

где S — чувствительность электростатического прибора.

Достоинства. Высокое входное сопротивление, что определяет малое энергопотребление; реакция на действующее значение напряжения не зависит от формы сигнала; широкий частотный диапазон измеряемого сигнала; высокая точность (до 1%).

Недостатки. Нелинейная шкала; малая чувствительность; значительное влияние внешних электромагнитных полей.

Приборы индукционной системы.

Основное назначение — измерение электрической энергии (активной и реактивной) в цепях переменного однофазного и трехфазного токов (в настоящее время наиболее применимы цифровые устройства измерения мощности).

Измерительный механизм индукционного прибора состоит из двух магнитопроводов 1 и 4 (рис. 2.5), набранных из тонких листов электротехнической стали, изолированных друг от друга. На магнитопроводе 1 намотана катушка из толстого провода с малым числом витков w_1 , на магнитопроводе 4 — катушка из тонкого провода с большим числом витков w_2 . Магнитопроводы расположены таким образом, что создаваемые в них магнитные потоки пронизывают алюминиевый диск 6. Диск может вращаться в поле постоянного магнита 5, установленного для создания противодействующего момента. На оси диска расположен червяк 2, передающий движение диска на счетное устройство 3.

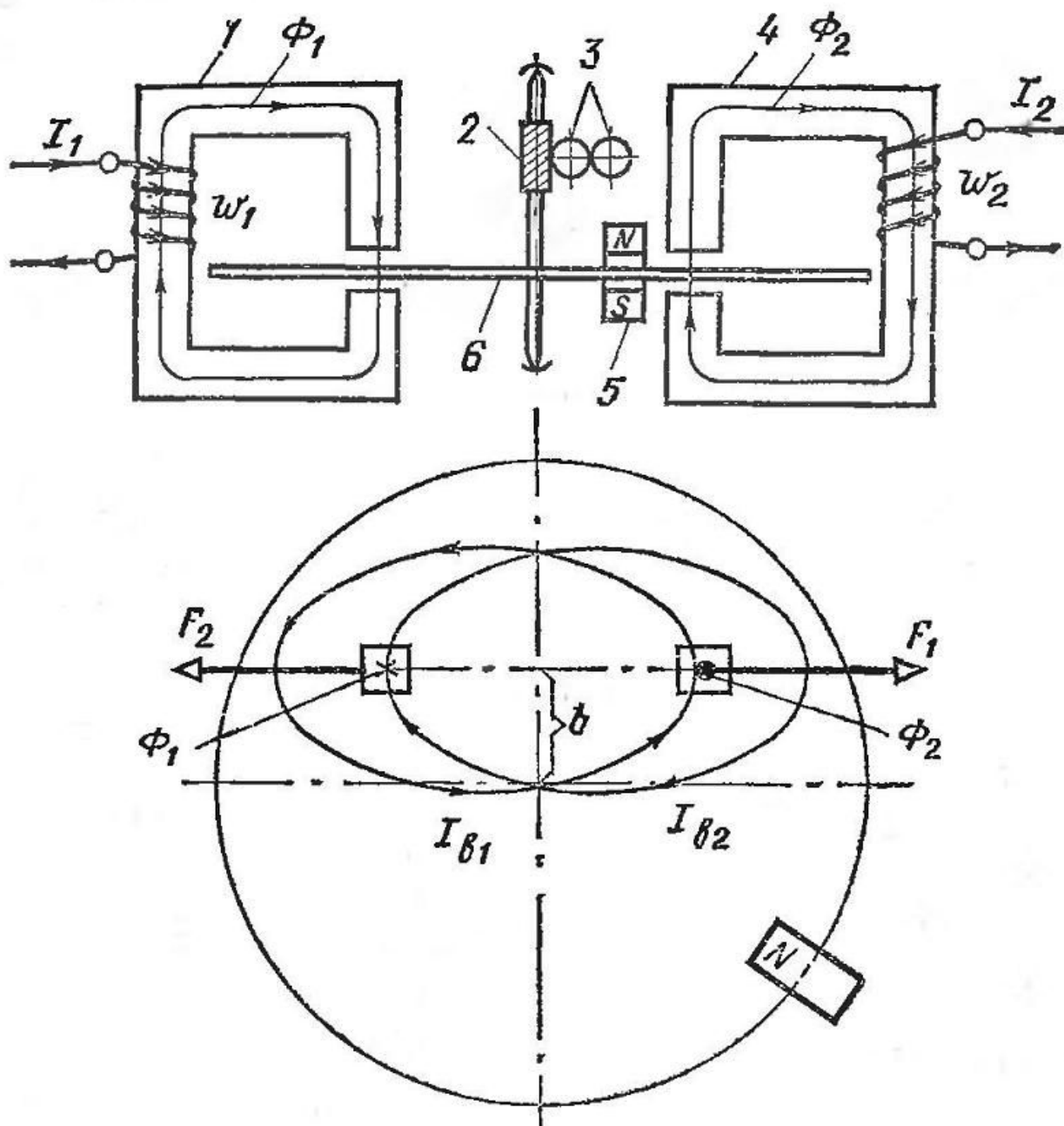


Рис. 2.5. Индукционный измерительный механизм.

Принцип действия индукционного прибора следующий. При подаче в первую катушку переменного тока I_1 в ней возникает магнитный поток Φ_1 , который пронизывая алюминиевый диск наводит в нём ЭДС $E_1 = 4,44 f_1 w_1 \Phi_1$. Так как диск сплошной, то под действием ЭДС в нём возникает вихревой ток $I_{B1} = E_1 / R_{\text{диск}}$. Этот ток, замыкаясь по диску, попадает в поле действия магнитного потока Φ_2 , вызванного прохождением тока во второй катушке. Значение силы F_1 взаимодействия переменного магнитного потока Φ_2 с током I_{B1} можно выразить следующей формулой:

$$F_1 = B_2 I_{B2} l = \frac{k \Phi_2}{S} l I_{B1} = k_2 \frac{f}{R_{\text{диск}}} \Phi_1 \Phi_2.$$

Эта сила относительно оси диска создает вращающий момент

$$M_{BP1} = F_1 b = k_3 \Phi_1 \Phi_2,$$

который стремится повернуть диск по часовой стрелке. В свою очередь, переменный магнитный поток Φ_2 вызывает в диске вихревой ток I_{B2} . Значение силы взаимодействия переменного магнитного потока Φ_1 с током I_{B2} можно описать уравнением $F_2 = k_4 \Phi_1 \Phi_2$.

Эта сила относительно оси диска создает второй вращающий момент $M_{BP2} = F_2 b = k_5 \Phi_1 \Phi_2$, который стремится вращать алюминиевый диск против часовой стрелки.

Результирующий вращающий момент пропорционален произведению магнитных потоков, пронизывающих алюминиевый диск, и синусу угла сдвига фаз ψ между ними:

$$M_{BP} = M_{BP1} - M_{BP2} = k \Phi_1 \Phi_2 \sin \psi,$$

где k — коэффициент пропорциональности, зависящий от геометрических размеров магнитопроводов, их материала и расположения, от числа витков катушек, частоты тока, сопротивления алюминиевого диска и других факторов.

Чтобы алюминиевый диск под действием вращающего момента сильно не раскручивался, в приборе предусматривается устройство, в котором создается противодействующий момент. Таким устройством является постоянный магнит.

Устройства задания противодействующего момента.

Противодействующий момент в электроизмерительных приборах создается механическими силами силами пружин (рис. 2.6), растяжек или подвесов.

При этом противодействующий момент пропорционален повороту подвижной части механизма (углу закручивая упругого элемента).

Растяжки — упругие ленты из бериллиевой или оловянной бронзы, крепятся одним концом к подвижной части, а оставшимися концами к плоским пружинам.

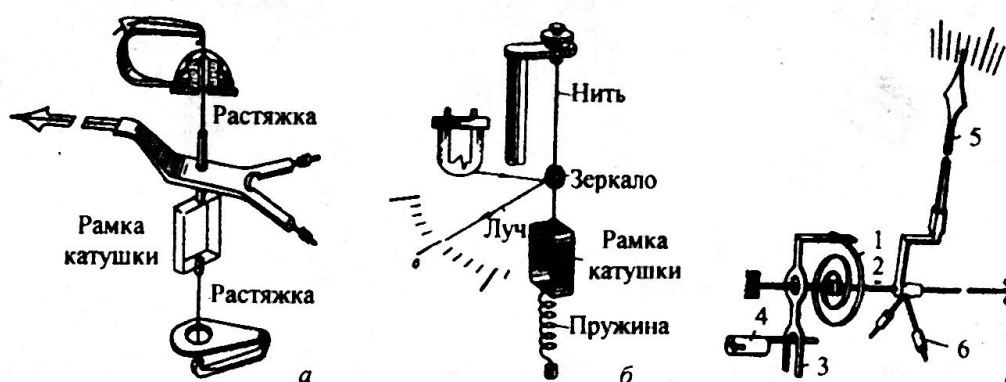


Рис. 2.6. Устройства задания противодействующего момента при помощи растяжек (а), подвеса (б) и спиральных пружин (в):

1-спиральная пружина; 2-ось; 3-рычаг для установки стрелки в нулевое положение; 4-эксцентрик для поворота рычага 3 и стрелки 5; 6-балансирующие противовесы.

В приборах повышенной чувствительности применяются подвесы — металлические или кварцевые нити.

Спиральные пружины для задания момента противодействия

применяются в приборах с установкой подвижной части на осях.

Успокоители.

В измерительных механизмах применяются воздушные и магнитоиндукционные успокоители.

Воздушные успокоители выполняются в виде воздушного крыла (рис 2.9,а) или воздушного поршня (рис 2.9,б). Момент сопротивления является результатом аэродинамического сопротивления перетеканию воздуха из одной полукамеры в другую при перемещении крыла или поршня.

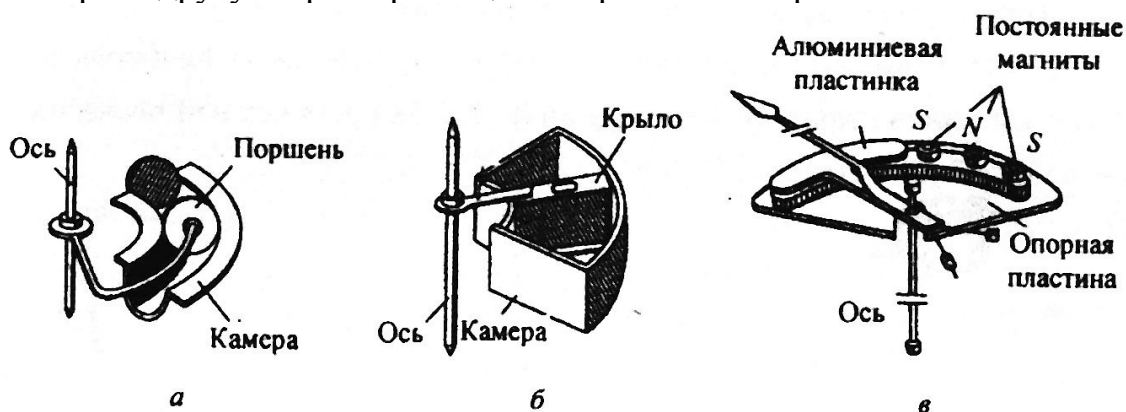


Рис. 2.7. Устройство успокоителей: воздушный поршневой (а), воздушный крыльчатый (б), магнитоиндукционный (в).

Магнитоиндукционные успокоители. Момент сопротивления обусловлен взаимодействием магнитного поля постоянных магнитов с индукционными токами, наводимыми в алюминиевой пластинке (рис. 2.9,в).

Основные показатели измерительных приборов.

Диапазон измерений — область значений измеряемой величины, для которой нормированы допустимые погрешности измерительного прибора.

Диапазон показаний — размеченная область шкалы, ограниченная её минимальным (начальным) и максимальным (конечным) возможными значениями измеряемой величины (может быть шире диапазона измерений).

Предел измерений — наименьшее или наибольшее значение диапазона измерений.

Цена деления шкалы — разность значений измеряемой величины, соответствующая двум соседним отметкам шкалы:

$$C = X_{ном} / N_{дел}.$$

Чувствительность по измеряемому параметру — отношение измерения сигнала на выходе измерительного прибора к вызвавшему его изменению измеряемой величины.

Метрологические показатели измерений.

В зависимости от влияющих на работу средств измерения величин различают основную и дополнительную погрешности.

Основная погрешность средства измерения имеет место в нормальных

условиях их эксплуатации, то есть значения влияющих на их работу величин находятся в пределах заранее оговоренных диапазонов.

Дополнительная погрешность средств измерения — погрешности, возникающие при выходе влияющих величин за пределы нормальных значений.

В зависимости от способа выражения погрешности средств измерения различают абсолютную, относительную и приведенную погрешности.

Абсолютная погрешность Δx измерений — отклонение результата измерений от истинного (действительного) значения измеряемой величины, выраженное в единицах измеряемой величины:

$$\Delta x = x_{\text{ист}} - x_{\text{измер.}}$$

Поправка к показанию прибора a — значение величины, вводимое в показания измерительного прибора с целью исключения абсолютной погрешности (величина обратная по знаку абсолютной погрешности):

$$a = -\Delta x = x_{\text{измер.}} - x_{\text{ист.}}$$

Относительная погрешность измерений δ — погрешность измерений, выраженная отношением абсолютной погрешности измерения к действительному или измеренному значению измеряемой величины, которую выражают в долях или процентах:

$$\delta_x = \frac{\Delta x}{x_{\text{ист}}} 100 (\%).$$

Приведенная погрешность — максимальная погрешность в пределах шкалы измерения.

Класс точности — обобщенная метрологическая характеристика средств измерения, определяемая предельными значениями допустимых основных и дополнительных погрешностей.

Точность электроизмерительного прибора оценивается по *основной приведенной погрешности*, представляющая отношение наибольшей абсолютной погрешности Δx_{max} к номинальному значению величины $x_{\text{ном}}$ на которую рассчитан прибор:

$$\gamma_x = \frac{\Delta x_{\text{max}}}{x_{\text{ном}}} 100 (\%).$$

ГОСТ 1845-59 устанавливает восемь классов точности: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 4,0.

Зная класс точности прибора, можно определить погрешность измерения.

Например, амперметр класса точности 2,5 и $I_{\text{ном}}=5\text{А}$ будет иметь наибольшую абсолютную погрешность:

$$\Delta I_{\text{max}} = \frac{\gamma I_{\text{н}}}{100} = \pm 0,125 (\text{А}).$$

Тогда, если амперметр показывает измеряемый ток $I_{\text{изм}}=4\text{А}$, действительное значение измеряемого тока $I_{\text{ист}}=4\pm 0,125$, а относительная погрешность составит:

$$\delta_I = \frac{\Delta I_{\text{max}}}{I_{\text{ном}}} 100 = \frac{\pm 0,125}{4,125} 100 = \pm 3 (\%).$$

Если этим же амперметром измерить тока меньшей величины, например $I_{\text{изм}}=1\text{А}$, то относительная погрешность будет:

$$\delta_I = \frac{\Delta I_{max}}{I_{ном}} 100 = \frac{\pm 0,125}{1,125} 100 = \pm 11,1 (\%).$$

Таким образом, при постоянстве абсолютной погрешности на всех участках шкалы прибора относительная погрешность растет к началу шкалы. Поэтому рекомендуется подбирать прибор так, чтобы измеряемая величина не была намного меньше номинального ее значения, указанного на шкале.

Таблица 1.

Условные обозначения на шкалах электроизмерительных приборов.

Условное обозначение		Наименование
Обычный измерительный механизм	Логометрический измерительный механизм	
Тип измерительного механизма		
		Магнитоэлектрический с подвижной рамкой
		Магнитоэлектрический с подвижным магнитом
		Электромагнитный прибор
		Электромагнитный поляризованный прибор
		Электродинамический прибор
		Ферродинамический прибор
		Индукционный прибор
		Электростатический прибор
		Вибрационный прибор (язычковый)
		Тепловой прибор (с нагреваемой проволокой)
		Биметаллический прибор
		Прибор магнитоэлектрический с выпрямителем.
		Прибор магнитоэлектрический с электронным преобразователем (электронный прибор).
		Прибор магнитоэлектрический с изолированной и неизолированной термopаpами (термоэлектрический).
Тип измеряемых величин		
		Ток постоянный
		Ток переменный (однофазный)
		Ток постоянный и переменный
		Ток трехфазный переменный (общее обозначение)
Дополнительные обозначения		
		Прибор применять при вертикальном положении шкалы
		Прибор применять при горизонтальном положении шкалы
		Класс точности прибора, например 1,5
		Измерительная цепь изолирована от корпуса и испытана напряжением, например 2кВ.
		Прибор испытанию прочности изоляции не подлежит
		Прибор защищен от влияния внешнего магнитного поля
		Прибор защищен от влияния внешнего электрического поля
		Внимание! Смотри указания в инструкции к прибору

3. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.

Определите и внесите в таблицу 2.2 сведения о системе электроизмерительных приборов и их классах точности.

Таблица 2.2

№	Прибор	Класс точности	Системы	Условное обозначение	Номинальное значение
1					
2					
3					

3.1. Проверка вольтметра.

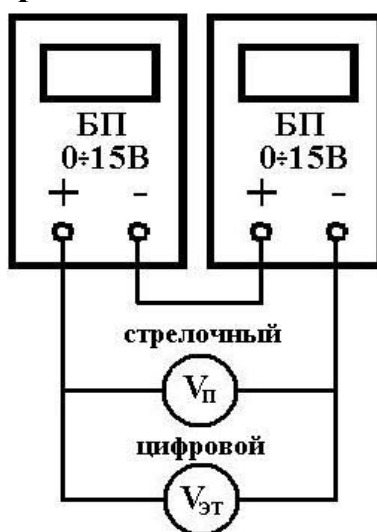


Рис. 2.8. Схема проверки вольтметра.

1. Соберите цепь по рис. 2.8.
2. Установите на эталонном вольтметре режим измерения напряжения (постоянное).
3. Регуляторами напряжения на блоках питания установить напряжение по поверяемому вольтметру равным 0.
4. Изменяя регуляторами напряжения блоков питания напряжение и контролируя его по поверяемому вольтметру от 0 до 30В с шагом 1В. Записать в таблицу 2.3 показания приборов.
5. По данным опытов определите абсолютную Δx и относительную δ погрешности, поправку прибора a и его класс точности γ , сравнив его с заявленным классом, дайте заключение о работоспособности прибора.

Постройте графики: $x_{\text{этл}} = f(x_{\text{нов}})$; $\Delta x = f(x_{\text{нов}})$.

Таблица 2.3

№	Измеренные величины		Вычисленные величины				Заключение
	$U_{пов}$	$U_{этал}$	Δx	a	$\Delta x,$	γ	
	В	В	В	В	%	%	
Диапазон поверки: ____ - ____ В							
1							
.....							
30							

3.2. Поверка амперметра.

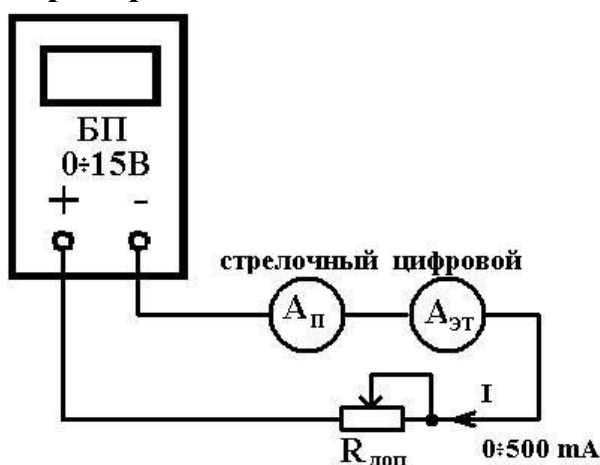


Рис. 2.9. Схема поверки амперметра.

1. Соберите цепь по рис. 2.9.
2. Установите на эталонном амперметре режим измерения тока (постоянный).
3. Регулятором напряжения на блоке питания установить ток по поверяемому амперметру равным 0.
4. Изменяя регулятором напряжения блока питания ток в цепи и контролируя его по поверяемому амперметру в диапазоне от 0 до 500 мА с шагом 50 мА. Записать в таблицу 2.4 показания приборов.

Таблица 2.4

№	Измеренные величины		Вычисленные величины				Заключение
	$I_{пов}$	$I_{этal}$	Δx	a	$\Delta x,$	γ	
	A	A	A	A	%	%	
Диапазон поверки: ____ - ____ A							
1							
....							
10							

5. По данным опытов определите абсолютную Δx и относительную δ погрешности, поправку прибора a и его класс точности γ , сравнив его с заявленным классом, дайте заключение о работоспособности прибора.

Постройте графики: $x_{\text{этaл}} = f(x_{\text{нов}})$; $\Delta x = f(x_{\text{нов}})$.

4. Контрольные вопросы.

1. Поясните принцип действия и конструкции электроизмерительных приборов.
2. В чем достоинства и недостатки того или иного электроизмерительного механизма, объясните, чем они обусловлены.
3. Чем вызвана необходимость использования успокоителей, каковы их конструктивные особенности и принцип действия?
4. Основные метрологические показатели и параметры измерительных систем.
5. Каковы схемы включения электроизмерительных приборов в цепь при замере напряжения, тока и мощности?
6. Поясните условные обозначения, вынесенные на шкалы электроизмерительных приборов.