Тема 2.4 ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Общими элементами электромеханических измерительных приборов являются отсчетное устройство, подвижная часть измерительного механизма, устройства для создания вращающего, противодействующего и успокаивающего моментов.

Вращающий момент $M_{вр}$ действует на подвижную часть и является функцией измеряемой величины x (например, тока или напряжения): $M_{вр} = f(x)$.

Подвижная часть измерительного механизма под действием $M_{вр}$ поворачивается до тех пор, пока он не уравновесится противодействующим моментом $M_{пр}$. Противодействующий момент создается с помощью растяжек или спиральных пружин при из закручивании и направлен навстречу $M_{вр}$. Значение $M_{пр}$ пропорционально углу поворота подвижной части.

Установившееся отклонение подвижной части и укрепленного на ней указателя характеризуется равенством: $M_{вр} = M_{пр}$

Отсчетное устройство обязательно имеет шкалу и указатель. Шкала может быть равномерной (имеет деления постоянной длины) и неравномерной (деления непостоянной длины).

Значение измеряемой величины отсчитывается с помощью указателя, чаще всего выполненного в виде стрелки. Стрелка жестко соединена с подвижной частью измерительного механизма.

В зависимости от физических явлений, создающих вращающий момент, различают магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические, индукционные, электростатические измерительные механизмы.

Принцип действия прибора, возможность его работы в тех или иных условиях, возможные предельные погрешности прибора можно узнать по условным обозначениям, нанесенным на циферблат прибора.

4. Приборы электромагнитной системы

Приборы этой системы имеют наиболее простую конструкцию. Эти приборы построены по схеме преобразования измеряемой величины в угол поворота стрелки за счет создания механического момента.

Принцип действия этих приборов основан на втягивании стального сердечника в неподвижную катушку при существовании в ней тока.

5. Приборы магнитоэлектрической системы

Достоинства: высокая точность, равномерная шкала, малое потребление энергии от объекта измерения

Недостатки: непригодны к работе в цепях переменного тока, чувствительность к перегрузкам, зависимость показаний от окружающей температуры

Область применения: измерение постоянных токов и напряжений (амперметры, вольтметры, гальванометры), сопротивлений (омметры)

6. Приборы электродинамической системы

Принцип действия приборов электродинамической системы основан на взаимодействии проводников с токами. Известно, что два проводника с токами взаимно притягиваются, если токи в них имеют одинаковое направление, и взаимно отталкиваются при различном направлении токов.

7. Приборы ферродинамической системы

Достоинства: имеют большой вращающий момент Мвр, лучше защищены от влияния внешних магнитных полей

Область применения: щитовые амперметры, вольтметры, ваттметры, регистрирующие и самопишущие в цепях переменного тока частотой 50-500 Гц, реже в цепях постоянного тока

8. Приборы электростатической системы

Принцип действия этих приборов основан на использовании взаимного притяжения (или отталкивания) между заряженными проводниками.

9. Термоэлектрические приборы

Эти приборы используются для измерения токов высокой частоты. Термоэлектрический прибор состоит из термопреобразователя, термоэлемента и измерительного прибора И магнитоэлектрической системы. Простейший термопреобразователь содержит подогреватель 2 и термопару 1 из двух разнородных проводников, спаянных между собой.

10.Выпрямительные приборы

Приборы этой системы представляют собой сочетание выпрямителя и механизма магнитоэлектрической системы. Действие их основано на преобразовании с помощью одно- и двухполупериодных диодных схем выпрямления измеряемого переменного тока или напряжения в пропорциональный последнему постоянный ток, который регистрируется магнитоэлектрическим измерителем.

Основное назначение выпрямительных приборов – измерение токов и напряжений низких (звуковых) частот, например, в цепях усилителей и генераторов НЧ или в измерительных мостах переменного тока. Применяются также в виде ампервольтомметров («тестеров»).

11. Индукционные приборы

Индукционные приборы состоят из индукционного измерительного механизма, отсчетного устройства и элементов измерительной схемы. Индукционный измерительный

механизм основан на взаимодействии магнитных потоков электромагнитов и вихревых токов, наведенных магнитными потоками в подвижной части, выполненной в виде алюминиевого диска. Индукционные приборы используются только на переменном токе. Они могут применяться как амперметры, вольтметры, ваттметры, счетчики электрической энергии.

12. Цифровые измерительные приборы

Принцип действия цифровых измерительных приборов основан на преобразовании измеряемого непрерывного сигнала в электрический код, отображаемый в цифровой форме.

13. Измерение электрических величин

13.1. Измерения в цепях постоянного тока

Для измерения в цепях постоянного тока могут применяться магнитоэлектрические, электродинамические,_электромагнитные, электростатические, термоэлектрические приборы. Наибольшую точность дают приборы магнитоэлектрической системы. Каждый из этих приборов можно использовать в качестве амперметра или вольтметра.

Амперметр включают последовательно в электрическую цепь. Его внутреннее сопротивление R_A должно быть небольшим, тем меньше, чем больше значение измеряемого тока, чтобы уменьшить потери мощности $\Delta P = I^2 R_A$, потребляемой амперметром.

Вольтметр включают параллельно участку, на котором нужно измерить напряжение. Он должен обладать, наоборот, большим сопротивлением, чтобы оно не снижало значения измеряемого напряжения.

Мощность в цепях постоянного тока можно измерить косвенным методом, одновременно измеряя ток и напряжение, и умножая их значения, получить $P = UI$.

Повышение точности измерений достигается применением электродинамических ваттметров.

Измерение энергии в цепях постоянного тока производится счетчиками электродинамической системы. Схема включения счетчика в измерительную цепь аналогична схеме включения ваттметра.

Измерение сопротивлений проводят методами непосредственной оценки (прямым и косвенным) и методами сравнения.

Наиболее простым косвенным методом является метод амперметра-вольтметра. Сопротивление вычисляют на основании показаний этих приборов по формуле $R_X = \frac{U_V}{I_A}$.

Прямое измерение сопротивления можно произвести с помощью омметра. Омметр представляет собой сочетание магнитоэлектрического измерителя, добавочного резистора и источника питания. Измеряемое сопротивление подключается к зажимам прибора и по отклонению стрелки прибора оценивают величину сопротивления.

Измерение малых сопротивлений методом сравнения проводят измерительными мостами, больших – с помощью мегаомметров.

13.2. Измерения в цепях переменного тока

Сила тока - электромагнитные электродинамические амперметры (при больших значениях тока амперметры включают через измерительные трансформаторы тока)

Напряжение - электромагнитные, электродинамические, электростатические, выпрямительные вольтметры Активная мощность в однофазной цепи переменного тока - электродинамический ваттметр Активная энергия - индукционный счетчик

Для измерения силы тока используют электромагнитные электродинамические амперметры. При больших значениях тока амперметры включают через измерительные трансформаторы тока.

Измерение напряжения производят электромагнитными, электродинамическими, электростатическими и выпрямительными вольтметрами.

Измерение активной мощности в однофазной цепи переменного тока осуществляют электродинамическим ваттметром.

В четырехпроводных цепях используют метод трех ваттметров, каждый из которых измеряет мощность соответствующей фазы. Активная мощность всей цепи $P = P_A + P_B + P_C$.

В трехпроводных цепях в зависимости от вида нагрузки (симметричная или несимметричная) используют метод одного или двух ваттметров. Для симметричной нагрузки активная мощность цепи

Активная энергия измеряется в трехфазных цепях с помощью двух- и трехэлементных индукционных счетчиков.