

14 Основные электроизмерительные приборы

Основными электроизмерительными приборами являются амперметры и вольтметры магнитоэлектрической и электромагнитной систем, а также ваттметры электродинамической и ферродинамической систем.

Приборы магнитоэлектрической системы

В приборах магнитоэлектрической системы вращающий момент создается за счёт взаимодействия поля постоянного магнита с рамкой (катушкой), по которой протекает ток. Конструктивно измерительный механизм прибора может быть выполнен либо с подвижным магнитом, либо с подвижной рамкой. На рисунке 24 показана конструкция прибора с подвижной рамкой.

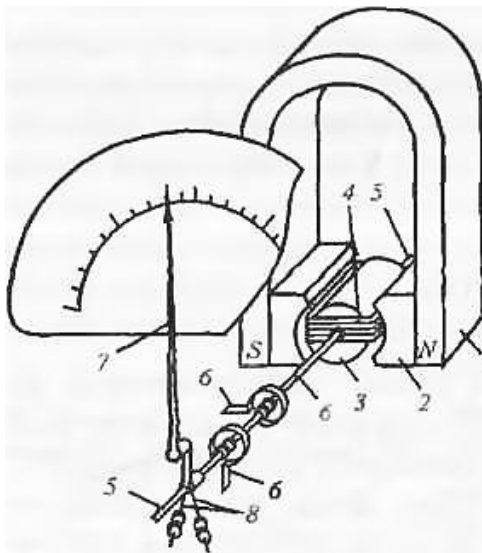


Рисунок 24 – Прибор магнитоэлектрической системы

Постоянный магнит 1, магнитопровод с полюсными наконечниками 2 и неподвижный сердечник 3 составляют магнитную систему механизма. В зазоре между полюсными наконечниками и сердечником создается сильное радиальное магнитное поле, в котором находится подвижная прямоугольная рамка 4, намотанная тонким медным проводом на алюминиевом

каркасе. Рамка закреплена между полуосями 5. Спиральные пружинки 6, предназначенные для создания противодействующего момента, одновременно используются для подачи измеряемого тока в рамку. Рамка жёстко соединена со стрелкой 7. Для балансировки подвижной части имеются передвигающиеся грузики 8.

Расширение пределов измерения. Расширение пределов измерения амперметров достигается включением шунта параллельно прибору. Сопротивление шунта $R_{ш}$ должно быть меньше сопротивления измерительного механизма $R_{им}$ и подбирается так, чтобы при измерении основная часть измеряемого тока проходила через шунт, а ток, протекающий через рамку прибора, не превышал допустимого значения. Если необходимо иметь верхний предел измерения амперметра I , а верхний предел измерительного механизма $I_{им}$, то сопротивление шунта

$$R_{ш} = \frac{R_{им}}{n - 1}, \text{ где } n = \frac{I}{I_{им}}.$$

Амперметры для измерения сравнительно небольших токов (до нескольких десятков ампер) имеют внутренние шунты, вмонтированные в корпус прибора. Для измерения больших токов (до нескольких тысяч ампер) применяются наружные шунты. В целях стандартизации наружные шунты выпускаются в основном на номинальное падение напряжения 75 мВ классов точности от 0,02 до 0,5.

Для расширения пределов измерения вольтметра последовательно с сопротивлением рамки включается добавочное сопротивление $R_{д}$, которое ограничивает падение напряжения на рамке прибора до допустимых пределов. Если необходимо измерять напряжение U , а верхний предел измерительного механизма $U_{им}$, то величина добавочного сопротивления

$$R_{д} = R_{им}(m - 1), \text{ где } m = U/U_{им}.$$

Добавочные сопротивления бывают внутренними или наружными.

Достоинства приборов – высокие точность и чувствительность, недостатки – работа только на постоянном токе и малая перегрузочная способность.

Приборы электромагнитной системы

Принцип действия приборов электромагнитной системы основан на взаимодействии магнитного поля, создаваемого током в неподвижной катушке, с подвижным ферромагнитным сердечником.

Одна из конструкций электромагнитного механизма представлена на рисунке 25, где 1 – катушка; 2 – сердечник, укрепленный на оси прибора; 3 – воздушный успокоитель; 4 – спиральная пружинка, создающая противодействующий момент. При включении прибора под действием магнитного поля катушки сердечник намагничивается и втягивается внутрь катушки. Подвижная часть механизма поворачивается до тех пор, пока вращающий момент не уравнивается противодействующим моментом, создаваемым пружинкой.

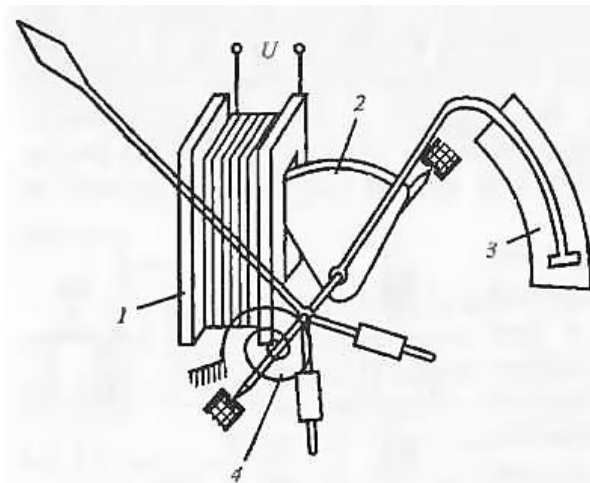


Рисунок 25 – Прибор электромагнитной системы

Достоинствами приборов электромагнитной системы являются простота конструкции, способность выдерживать значительные перегрузки, возможность градуировки приборов, предназначенных для измерений в цепях переменного тока, на постоянном токе. К недостаткам приборов можно отнести большое собственное потребление энергии, невысокую точность, малую чувствительность и сильное влияние магнитных полей, нелинейную шкалу.

У амперметров в катушке мало витков толстого провода, у вольтметров – много витков тонкого провода.

Промышленностью выпускаются амперметры электромагнитной системы с верхним пределом измерения от долей ампера до 200 А и вольтметры с пределами измерения от долей вольт до сотен вольт.

При необходимости расширения пределов измерения амперметров и вольтметров применяются трансформаторы тока и трансформаторы напряжения.

Приборы электродинамической и ферродинамической системы

На рисунке 26 приведена упрощенная конструкция электродинамического измерительного механизма. Неподвижная внешняя катушка 1 разделена на две части. Подвижная катушка 2 закреплена на оси внутри неподвижной катушки. Спиральные пружины 3 служат для создания противодействующего момента. Принцип действия основан на взаимодействии магнитных потоков двух катушек. Протекающие по катушкам токи создают магнитные потоки, которые стремятся принять одно направление; при этом подвижная катушка поворачивается внутри неподвижной. Электродинамические приборы могут быть использованы в цепях как постоянного, так и переменного тока.

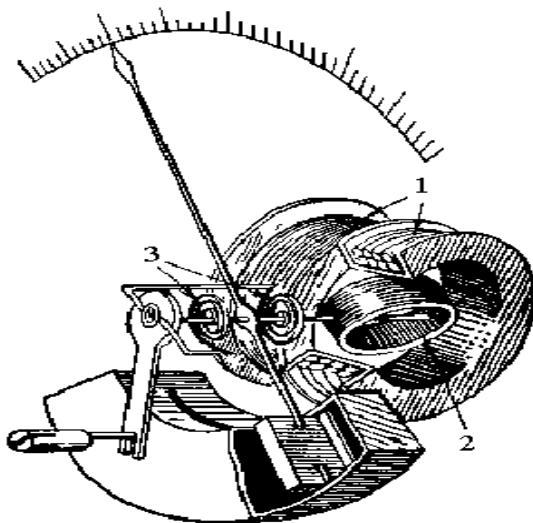


Рисунок 26 – Прибор электродинамической системы

На базе электродинамического механизма выпускаются амперметры, вольтметры, ваттметры, фазометры.

В ваттметре ток внешней катушки это ток, протекающий в нагрузке, а во внутренней катушке ток пропорционален напряжению на нагрузке; показания прибора пропорциональны активной мощности, т. е. он перемножает ток и напряжение с учётом угла сдвига фаз.

К достоинствам электродинамических приборов относятся высокая точность (до 0,1 %) и возможность работы как на постоянном, так и на переменном токе. Недостатками являются сравнительно невысокая чувствительность, возможное влияние внешних магнитных полей, значительная собственная мощность потребления энергии от источника сигнала, малая перегрузочная способность внутренней катушки, ток в которую подаётся через спиральные пружинки.


Существует разновидность конструкции, в которой магнитные потоки катушек замыкаются не по воздуху, а по вспомогательным магнитопроводам. Это так называемая *ферродинамическая* система. Благодаря заметному уменьшению магнитного сопротивления значительно возрастает вращающий момент механизма, поэтому может быть снижена мощность собственного потребления прибора и (или) повышена его чувствительность. Кроме того, наличие магнитопроводов ослабляет влияние внешних магнитных полей и поэтому не требуется экранирование механизма. Точность ферродинамических приборов ниже, а диапазон частот несколько уже, чем у электродинамических.


Основные обозначения на шкале прибора:


A – амперметр; mA – миллиамперметр; μ A – микроамперметр;


V – вольтметр; mV – милливольтметр; kV – киловольтметр;

W – ваттметр; kW – киловаттметр;

M – магнитоэлектрическая система, ;

Э – электромагнитная система, ;

Д – электродинамическая система, ;

ферродинамическая система, ;

– – постоянный ток;

~ – переменный ток.

1,5 – класс точности – предел основной допустимой погрешности в процентах от предельного значения шкалы прибора.