

Электроизмерительные приборы магнитоэлектрической системы

Постоянный электрический ток характеризуют силой тока I , напряжением U , мощностью P и энергией W , а электрическую цепь электрическими величинами: сопротивлением R резистора, электроемкостью C конденсатора, индуктивностью L . Для измерения электрических величин используют следующие электроизмерительные приборы: амперметры, вольтметры, ваттметры, счетчики электрической энергии, омметры, а также фарадометры и приборы для измерения индуктивности.

Электроизмерительный прибор – это техническое устройство, при помощи которого производят сравнение электрической величины с однородной величиной, принятой за единицу. Электроизмерительные приборы подразделяют на приборы непосредственной оценки и приборы сравнения. Для измерения электрических величин в приборах непосредственной оценки часто используют физические процессы, создающие вращающий момент и перемещение подвижной части прибора. Вращающий момент может быть создан взаимодействием магнитного поля постоянного магнита и тока в контуре (рамке), магнитного поля катушки с током и ферромагнетиком¹, взаимодействием магнитных полей катушек с током, взаимодействием заряженных тел. В зависимости от природы физического взаимодействия, происходящего в приборах, их принято подразделять на магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические, индукционные, электростатические, термодинамические и ряд других систем.

Измерительный прибор магнитоэлектрической системы устроен следующим образом (рис. 1). На легкой алюминиевой рамке прямоугольной формы намотана катушка 1, состоящая из нескольких десятков витков изолированного провода. Катушка может перемещаться в узком зазоре между полюсными наконечниками N и S постоянного магнита 5 и цилиндром 2, изготовленным из магнитно-мягкого² материала. Рамка с катушкой жестко крепятся на двух полуосях, к одной из которых прикреплена указательная стрелка 6. Электрически изолированно одна от другой установлены две спиральные пружины 3, которые обеспечивают подвод измеряемого тока к катушке и создают противодействующий момент.

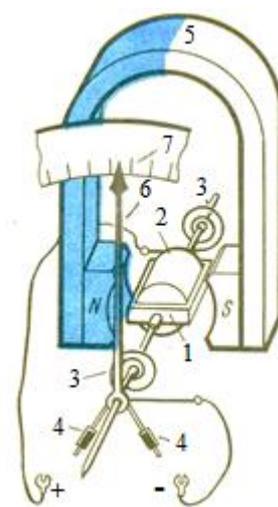


Рис. 1

¹ Ферромагнетики – это вещества, обладающие самопроизвольной намагниченностью, которая сильно изменяется под влиянием внешних воздействий – магнитного поля, деформации, температуры.

² Магнитно-мягкий материал – это ферромагнитный сплав, который легко намагничивается при приложении поля и возвращается в фактически немагнитное состояние при удалении этого поля.

Заостренные концы полуосей (керны) опираются на подпятники из агата, рубина или другого твердого камня. Уравновесить подвижную часть прибора в поле тяжести при любом положении указательной стрелки помогают противовесы 4.

В исходном состоянии пружины 3 удерживают рамку в определенном положении равновесия, при котором стрелка 6 прибора указывает на нулевое деление шкалы 7. При прохождении тока через катушку рамка поворачивается. При этом пружины деформируются и в них возникают силы упругости, вращающий момент $M_{\text{пр}}$ которых пропорционален углу поворота рамки. Вращающий момент $M_{\text{вр}}$ создают и магнитные силы, действующие на те прямолинейные участки катушки с проходящим по ней током, которые параллельны полуосям прибора (рис. 2).

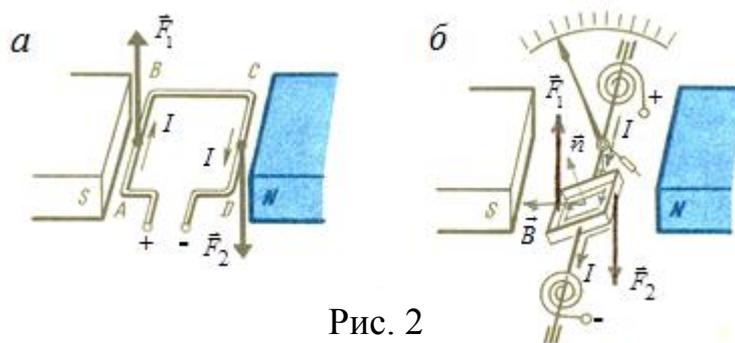


Рис. 2

В однородном магнитном поле величина вращающего момента $M_{\text{вр}}$ зависит не только от силы тока I в катушке и модуля индукции B магнитного поля, но и от угла θ между индукцией \vec{B} и нормалью \vec{n} , проведенной к плоскости катушки: $M_{\text{вр}} = NISB\sin\theta$, где N - число витков в катушке, S - площадь поверхности, ограниченной одним витком.

Используя постоянные магниты с полюсными наконечниками специальной формы и цилиндры из мягкого железа (рис. 3), можно добиться радиального направления линий индукции магнитного поля в той области, где могут перемещаться витки катушки. В результате при неизменной силе измеряемого тока остаются постоянными модуль индукции магнитного поля, модуль магнитных сил (сил Ампера), действующих на «активные» участки катушки и их плечо для любого положения катушки в секторе, предназначенном для проведения измерений. Угол поворота рамки, при котором момент сил упругости, возвращающий ее в исходное положение, уравновешивает момент сил Ампера, вызывающих поворот рамки,

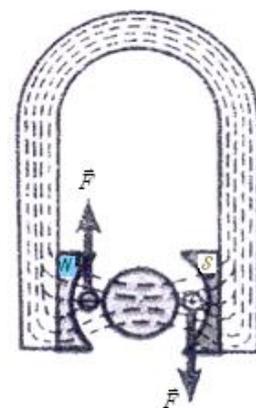


Рис. 3

оказывается пропорциональным силе тока в катушке, а шкала прибора равномерной.

Успокоителем измерительного механизма магнитоэлектрических приборов является алюминиевый каркас рамки. При колебаниях катушки в магнитном поле в алюминиевом каркасе возбуждаются индукционные токи, взаимодействие которых с магнитным полем постоянного магнита создает тормозящий момент, успокаивающий колебания катушки и указательной стрелки.