

1. КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

1.1. Основные понятия и определения

Измерительное преобразование представляет собой отражение размера одной физической величины размером другой физической величины, функционально с ней связанной. Применение измерительных преобразований является единственным методом практического построения любых измерительных устройств. Физической основой измерительного преобразования является преобразование и передача энергии, в частности преобразование одного вида энергии в другой. Существует целый ряд причин, по которым наиболее целесообразно для получения измерительной информации преобразование различных физических величин в электрические (ток, напряжение, сопротивление). Наиболее существенными преимуществами такого преобразования являются следующие.

- Удобство воспроизведения единицы измерения. В настоящее время имеется огромное разнообразие мер – носителей единиц электрических величин. Эти меры электрических величин при высокой точности воспроизведения единицы измерения имеют приемлемую стоимость и пригодны для использования при решении самого широкого круга измерительных задач.

- Удобство сравнения электрических величин и в том числе измеряемой электрической величины и единицы ее измерения. Данная операция легко и с высокой точностью решается с помощью современных электронных средств.

- Высокая точность преобразований и измерений. Относительная погрешность современных измерительных приборов и преобразователей для измерения электрических величин не превышает долей процента и, как правило, является много меньшей по сравнению с допустимой погрешностью измерения преобразуемой в электрический сигнал измеряемой физической величины.

- Простота изменения чувствительности в широком диапазоне значений измеряемой величины. Для этого эффективно используются электронные усилители и делители электрических сигналов.

- Высокое быстродействие измерения электрических сигналов. Современные электронные средства позволяют преобразовывать электрические сигналы, имеющие длительность порядка единиц – десятков пикосекунд.

- Возможность автоматизации. Современные электрические приборы и преобразователи позволяют полностью исключить участие человека на всех стадиях измерения.

- Удобство передачи информации. Обусловлено относительной простотой передачи электрических сигналов по каналам проводной и беспроводной связи на большие расстояния и без потерь измерительной информации.

- Возможность дистанционных измерений. Последнее обусловлено в свою очередь упомянутыми ранее возможностями автоматизации электрических измерений и передачи измерительной информации на большие расстояния.

- Удобство хранения информации. Для этих целей могут быть использованы любые современные электронные запоминающие устройства как оперативного, так и долговременного характера.

В связи с вышесказанным подавляющее большинство средств измерений строится на принципе преобразования измеряемой физической величины в электрический сигнал. Такое преобразование будем классифицировать как *прямое* измерительное преобразование. Соответственно преобразование электрических величин в неэлектрические, используемое в частности для построения источников различных физических полей, реализации методов измерения сравнения или замещения, будем классифицировать как *обратное* измерительное преобразование.

Следует заметить, что взаимосвязь различных физических величин, преобразование одного вида энергии в другой или в более общем плане – наиболее общие формы движения материи, изучаемые физикой, могут использоваться для решения самых различных практических задач. На одних и тех же физических явлениях могут строиться как измерительные преобразования, так и энергетические, предназначенные для преобразования потоков энергии. Например, явление электромагнитной индукции используется в измерительной технике для измерения скорости вращения, характеристик магнитных полей и материалов, а в энергетике – для выработки электрической энергии вращаемой жидкостью или газом электрической турбиной. Явление проникновения ионизирующих излучений через вещество может быть использовано как для решения измерительных задач: толщинометрии, дефектометрии, так и для воздействия на биологические объекты в медицинских и военных целях. Но если в случае энергетических (их еще часто называют силовыми) преобразований основной интерес представляет коэффициент полезного

действия, показывающий, какая часть преобразуемой энергии используется с пользой, то в случае измерительных преобразований на первый план выходят другие критерии эффективности преобразования: степень зависимости результата преобразования от преобразуемой величины (коэффициент преобразования или чувствительность), линейность функции преобразования, инерционность преобразования, характер зависимости от влияния внешних факторов и т.п.

Измерительные преобразования осуществляются с помощью измерительных преобразователей. *Измерительный преобразователь* – техническое средство, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или сигнал измерительной информации, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи и имеющее нормированные метрологические характеристики. Существует большое число классификационных признаков измерительных преобразователей. Отметим здесь только те, которые являются важными для рассматриваемого раздела измерительной техники.

В зависимости от вида выходного сигнала различают генераторные и параметрические измерительные преобразователи. К генераторным относятся преобразователи, выходные сигналы которых обладают энергетическими свойствами (эдс, электрический ток, механическая сила, давление). Параметрическими называются преобразователи, в которых изменение входного сигнала приводит к изменению их определенных параметров – активного сопротивления, емкости, индуктивности, упругости и др. Для получения энергетического сигнала в этих случаях требуются дополнительные источники энергии.

По месту в функциональной схеме измерения различают *первичные* измерительные преобразователи, на которые непосредственно воздействует преобразуемая величина, и *промежуточные*, стоящие в цепи преобразования после первичного.

Разновидностями промежуточных измерительных преобразователей по функциональному назначению являются передающие и масштабные преобразователи. *Передающий измерительный преобразователь* — измерительный преобразователь, предназначенный для дистанционной передачи сигнала измерительной информации. *Масштабный измерительный преобразователь* — измерительный преобразователь, предназначенный для изменения размера величины или измерительного сигнала в заданное число раз.

По характеру преобразования промежуточные измерительные преобразователи различают на: аналоговый, аналого-цифровой и цифро-аналоговый.

Аналоговый измерительный преобразователь — измерительный преобразователь, преобразующий одну аналоговую величину (аналоговый измерительный сигнал) в другую аналоговую величину (измерительный сигнал).

Аналого-цифровой измерительный преобразователь — измерительный преобразователь, предназначенный для преобразования аналогового измерительного сигнала в цифровой код.

Цифро-аналоговый измерительный преобразователь — измерительный преобразователь, предназначенный для преобразования числового кода в аналоговую величину.

В соответствии с предметом рассмотрения данной книги в дальнейшем внимание будет уделяться преимущественно первичным измерительным преобразователям.

Для характеристики первичных измерительных преобразователей может использоваться термин датчик. *Датчик* — конструктивно обособленный первичный измерительный преобразователь. В области измерений ионизирующих излучений датчик называют *детектором*. В ряде случаев в русскоязычной литературе используется англоязычный термин *сенсор* (от английского *sensor*).

По рабочему положению относительно объекта измерения (контроля) измерительные преобразователи делят на проходные, накладные и комбинированные.

Составные элементы *накладных преобразователей* располагаются с одной стороны объекта измерения.

Проходные преобразователи в процессе измерения либо охватывают объект снаружи (*наружные проходные*), либо помещаются внутри объекта (*внутренние проходные*), либо погружаются в жидкий объект (*погружные*).

Комбинированные преобразователи представляют собой конструкцию из накладных и проходных преобразователей.

Особую разновидность представляют собой *экранные преобразователи*, отличающиеся тем, что их составные элементы, создающие и воспринимающие физическое поле, разделены контролируемым объектом.

По характеру зависимости выходного сигнала первичного измерительного преобразователя от преобразуемого параметра объекта измерения различают абсолютный и дифференциальный измерительные преобразователи.

Выходной сигнал *абсолютного измерительного преобразователя* определяется абсолютным значением преобразуемого параметра объекта измерения (термин абсолютный здесь используется в значении безотносительный, безусловный).

Термин *дифференциальный* происходит от английского *different* – различный, разностный. Условно можно считать, что дифференциальный измерительный преобразователь состоит из двух однотипных абсолютных преобразователей, на которые преобразуемая величина воздействует по-разному, а результирующий выходной сигнал определяется разностью выходных сигналов отдельных преобразователей. Дифференциальные измерительные преобразователи, а также дифференциальное включение отдельных абсолютных измерительных преобразователей используют для корректировки функции преобразования (в том числе с целью обеспечения нулевого значения выходного сигнала при нулевом значении преобразуемого параметра, повышения линейности функции преобразования), а также компенсации влияния на результат преобразования какого либо мешающего фактора.

Для системного изучения физических явлений и законов, положенных в основу различных измерительных преобразований целесообразно использовать классификацию измерительных преобразований и, соответственно, измерительных преобразователей, по виду физического поля, через которое осуществляется воздействие преобразуемой величины на первичный измерительный преобразователь (рис. 1.1). Измеряемая величина при этом воздействует на те или иные характеристики физического поля или характеристики материалов или предметов в данном физическом поле.

В следующих разделах последовательно рассматриваются измерительные преобразования в электрических, магнитных, вихретоковых, радиоволновых, акустических, тепловых полях, полях оптических и ионизирующих излучений, а также упругих деформаций.

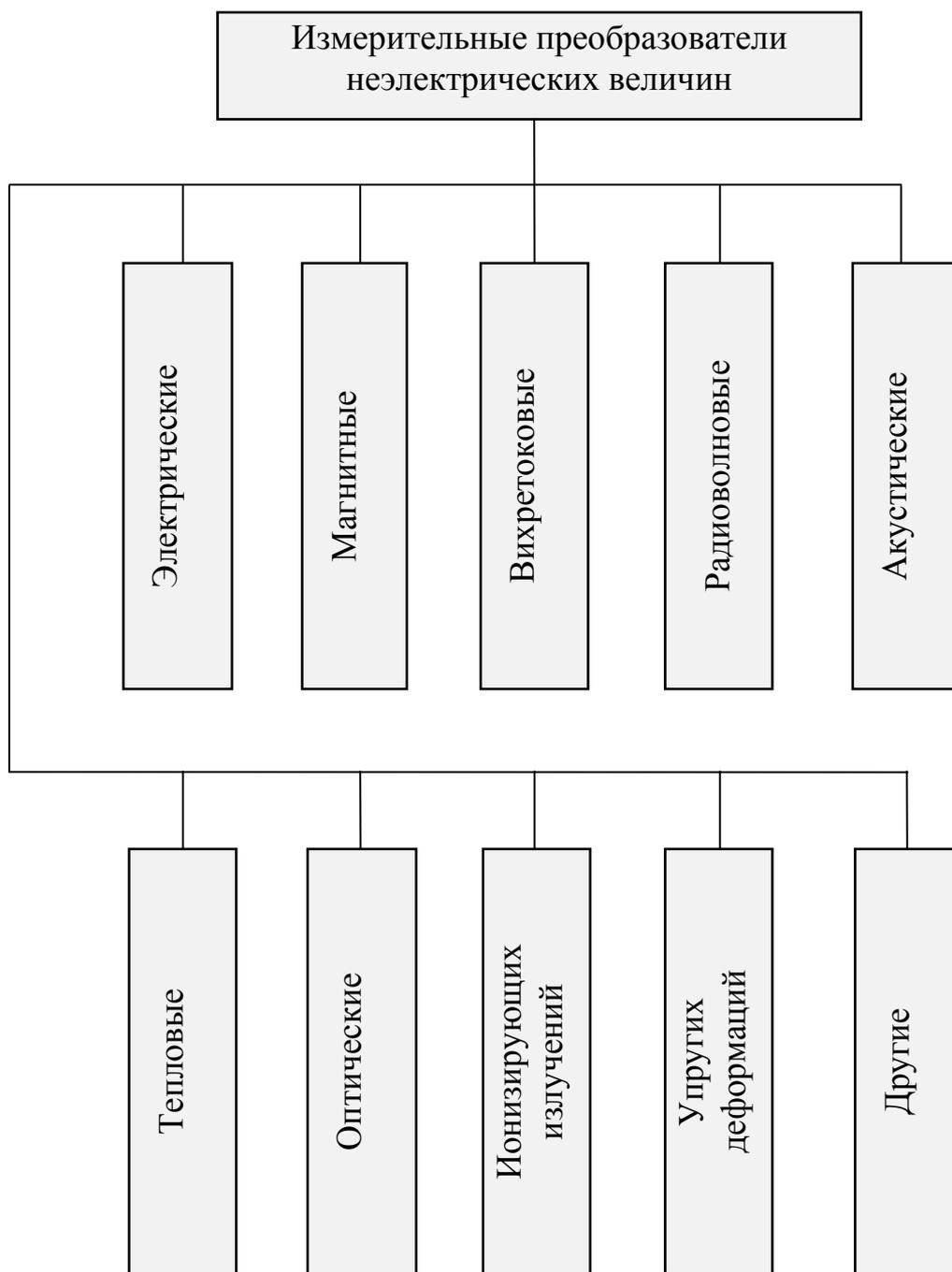


Рис. 1.1. Классификация первичных измерительных преобразователей по виду физического поля, через которое осуществляется воздействие преобразуемой величины на преобразователь