

## О ПРИНЦИПАХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ РАБОТЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Крупенин В.Л.

Институт машиноведения РАН

Москва, Россия

Одной из основных общих черт современных технологических машин, определяющих практически все современные производственные технологии, является проведение точных и достоверных прецизионных измерений параметров технологических процессов.

Для, например, машиностроительных технологий наиболее важным оказывается проводить с максимальной точностью измерение величин, называемых механическими: перемещения, скорости, ускорения, силы деформации, давления и др. В то же время, по вполне понятным причинам, всего удобнее измерять электрические величины: силу тока или напряжение в какой-либо цепи, плотность зарядов и т. д. Поэтому «сердце» практически любого современного датчика — так называемый МЭП — механоэлектрический преобразователь, который измеряемой механической величине ставит в однозначное соответствие значение некоторый набор электрических величин.

Запатентованы десятки МЭП. Некоторые из них устарели и вытесняются или уже вытеснены более совершенными. Некоторые пока существуют большей частью на бумаге; в силу технологических или иных причин их время еще не наступило. Разнообразие МЭП продиктовано целесообразностью: случается так, что, например, относительно малые скорости удобнее измерять датчиками одного типа, средние — другого, большие — третьего и так далее, в зависимости от требуемой точности и рассматриваемых скоростей.

В основу действия любого механоэлектрического преобразователя положен некоторый физический принцип. Зная его, можно понять, как работает датчик. Рассмотрим вначале элементарные принципы.

Тензорезисторы — близкие и более универсальные родственники устаревших реостатных преобразователей. Первая часть слова «тензорезистор» обозначает «натягивать», «напрягать», вторая — «сопротивление». При воздействии механических нагрузок на проводящие элементы происходит их деформация, и все величины, от которых зависит электрическая проводимость, изменяются. Следовательно, в тензорезисторах собственно силам, моментам, давлениям — опять-таки сопоставляется определенная сила тока в некоторой цепи.

Электродинамические эффекты. Работа многих МЭП связана с электродинамическими эффектами, проявляющимися, в частности, в силу законов Фарадея и Ампера. Такие МЭП связаны с двумя фундаментальными явлениями — электромагнитной индукции (возникновении ЭДС в замкнутом проводящем контуре при изменении параметров магнитного поля, в которое этот контур помещен), и возникновении силового взаимодействия между проводником с током и магнитным полем.

Преобразователи такого типа используются широко. Они не требуют привлечения сторонних источников энергии и экономичны.

Емкостные и индуктивные МЭП. Так как уменьшение зазора между пластинами конденсатора его емкость вырастет, а реактивное сопротивление, оказываемое переменному току - упадет. Поэтому, если сконструировать преобразователь в виде конденсатора с одной подвижной пластиной, то с его помощью легко мерить даже сверхмалые перемещения. Аналогичные измерения можно проводить и при изменении длины подвижного сердечника, вводимого в катушку индуктивности.

Интересно отметить, что силовые факторы могут и непосредственно влиять на индуктивность катушек. Это обстоятельство связано с явлением магнитоупругости: при организации силового воздействия на ферромагнитный сердечник создается механическое напряжение, изменяющее его магнитную проницаемость, а следовательно, и индуктивность катушки, и ток в анализируемой цепи.

Использование пьезоэффекта. При растяжении или сжатии некоторых кристаллов (самый известный — кварц) на их границах возникают поверхностные электрические заряды. В наиболее простом случае это выглядит так. Изготовленный из специальной пьезокерамики или кристалла пьезоэлемент, имеющий, например, форму прямоугольного параллелепипеда, снабжают плоскими металлическими электродами. Один ставят на верхней грани элемента, второй — на нижней. Если кристалл сдавить, то на верхнем электроде образуются, например, отрицательные заряды (на нижнем — соответственно положительные). Очевидно, такой элемент может служить прекрасным МЭП. Пьезоэлектрические МЭП — одни из самых распространенных. При их посредстве измеряют силы, деформации и ускорения и другие величины.

В настоящее время работа над новыми типами датчиками переживает настоящий «бум». С очевидностью можно констатировать, что в ближайшие годы будет осуществлен тотальный переход к бесконтактным методам измерений.