

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

ЛЕКЦИЯ 3

5. Датчики технологических переменных в системах автоматизации

Датчики иначе называют "измерительные преобразователи".

Измерительные преобразователи производят измерение технологических переменных. Что такое измерение и измерительный преобразователь?

Под измерением понимают нахождение значения физической величины опытным путем с помощью технических средств.

Средство измерения, вырабатывающее сигнал в форме, удобной для передачи, преобразования и хранения, называют измерительным преобразователем.

По виду выходного сигнала все измерительные преобразователи делятся на дискретные и непрерывные. Выходной сигнал дискретного преобразователя может принимать только два значения, обозначаемые, как ноль и единица. Это сигналы включено-выключено, пуск-остановка, больше-меньше, наличие-отсутствие чего либо и другие подобные. Преобразователи с иными выходными сигналами можно отнести к непрерывным.

По форме выходного сигнала все измерительные преобразователи делятся на аналоговые, цифровые и смешанного типа.

В аналоговых измерительных преобразователях выходом является непрерывно изменяющийся физический сигнал. Это – непрерывно изменяющаяся величина напряжения, тока, давления газа или какой либо другой физической переменной, используемой для передачи информации.

До появления цифровых преобразователей, естественно, были только аналоговые. Поэтому техника применения этих преобразователей отработана, число применяемых сигналов небольшое, а сами выходные сигналы стандартизированы.

Итак: Достоинство аналоговых сигналов – малое число их видов и стандартизация этих сигналов.

Среди аналоговых сигналов наибольшее применение имеет токовый сигнал 4...20 мА. Это значит, что нулевому значению измеряемой величины соответствует 4 мА, максимальному – 20 мА. Причем измерительный преобразователь является генератором тока, то есть этот ток практически не зависит от нагрузки преобразователя. Таким образом, сопротивление линии почти не вносит искажений в передаваемый сигнал, что является преимуществом этого сигнала.

Стандартизация аналоговых сигналов позволяет изготавливать всего один тип универсального модуля сбора данных (МСД) для всех датчиков измерения разнородных переменных. Конечно, для получения стандартного сигнала в каждый датчик приходится встраивать нормирующий преобразователь, что увеличивает их стоимость. Для снижения стоимости для таких датчиков, как термодпары, термопреобразователи сопротивления, тензорезисторы из-за их широкого распространения часто нормирующие преобразователи встраивают в МСД. То есть помимо универсальных МСД получили распространение специализированные МСД сигналов от этих датчиков. К таким МСД термодпары, термопреобразователи сопротивления и тензорезисторы подключаются непосредственно.

Аналоговые сигналы передачи информации имеют принципиальный недостаток – всякое преобразование этих сигналов и их передача связаны с погрешностями. Другой недостаток: для каждого сигнала нужна своя пара проводов. Цифровые сигналы от нескольких датчиков, в отличие от аналоговых, могут передаваться по одной линии.

Итак: Основными недостатками применения аналоговых выходных сигналов является, первое то, что их передача, преобразование и документирование связаны с дополнительными погрешностями, второе – высокая стоимость передачи сигналов. Тем не менее, несмотря на свои недостатки, а также по традиции, аналоговые сигналы достаточно широко используются. Основное их применение – выходные сигналы от датчиков и управляющие сигналы исполнительных устройств.

Для дискретных сигналов нет стандарта. Наибольшее применение имеют следующие сигналы:

1) «сухой контакт», когда нулю соответствует разомкнутое состояние контактов (реле, переключателя, конечного выключателя, транзистора с открытым коллектором и т.д.), единице – замкнутое состояние этих контактов. Ясно, для ввода такого сигнала нужно со стороны приемника сигнала на сухой контакт подать напряжение или ток;

2) постоянное напряжение, причем нулю соответствует отсутствие напряжения (часто принимается, что нулю соответствует напряжение от 0 до 2-х вольт), единице – наличие напряжения определенной величины. Наиболее используемые напряжения единицы – 5, 12 и 24 вольта.

3) переменное напряжение 220 В. Нулю соответствует отсутствие напряжения, единице – наличие напряжения 220 В.

Теперь рассмотрим цифровые сигналы. На выходе цифрового измерительного преобразователя измеряемая величина представлена в виде цифрового кода.

Преимуществами цифровых измерительных преобразователей является отсутствие погрешностей при использовании цифровых сигналов, невысокая стоимость при выполнении операций с ними.

Однако нет единого стандарта для цифровых сигналов, сейчас применяется около пятидесяти разных цифровых систем (Fieldbus-систем). Ясно, что это затрудняет применение этих систем.

Итак: Основной недостаток цифровых измерительных преобразователей – отсутствие для них единого протокола связи для преобразователей разных фирм-изготовителей. Однако это, скажем, временный недостаток, который со временем устранился. Выпуск и применение цифровых преобразователей все более расширяется. Применение цифровых технологий открывает новые возможности в измерении данных. Датчики становятся "интеллектуальными" устройствами. По сети можно настраивать датчики.

Измерительные преобразователи играют большую роль в управлении. Это датчики температуры, давления, уровня, расхода, веса, скорости, плотности, состава и других переменных. Часто появление нового датчика открывает новые возможности при создании систем управления. Основные принципы построения таких датчиков (измерительных преобразователей) известны давно. Тем не менее, применение новых технологий придает новое качество известным принципам, в результате могут быть созданы надежные, чувствительные и стабильные приборы. Это, в свою очередь, позволяет создать новые системы автоматизации, недоступные для создания в прошлом и повысить качество управления существующим системам. Примером этому могут служить датчики давления.

Напомним некоторые понятия по давлению. Давление – отношение силы, равномерно распределенной по площади, к этой площади.

Давление разделяется на абсолютное и избыточное. Абсолютное давление – это полное давление жидкости или газа на стенки аппарата. Разность между абсолютным и атмосферным давлением называется избыточным давлением

$$P_{изб} = P_{абс} - P_{атм} .$$

Если абсолютное давление меньше атмосферного, то есть избыточное давление отрицательное, то такое давление называется разрежением.

В международной системе единиц (СИ) единицей давления является паскаль (Па). Это давление в один ньютон на квадратный метр. Это очень малое давление. Также все еще используются следующие единицы: кгс/см²; бар; мм вод. ст.; мм рт. ст. ($1 \text{ кгс/см}^2 = 9,8 \cdot 10^4 \text{ Па} = 0,098 \text{ МПа} \approx 0,1 \text{ МПа}$; $1 \text{ бар} = 0,1 \text{ МПа}$; $1 \text{ мм вод. ст.} = 9,8 \text{ Па}$; $1 \text{ мм рт. ст.} = 133,3 \text{ Па}$).

Для измерения давления используют манометры, а разности двух давлений – дифференциальные манометры (дифманометры).

По принципу действия приборы для измерения давлений делят на жидкостные и деформационные, или пружинные манометры.

В жидкостных манометрах измеряемое давление уравнивается гидростатическим давлением столба рабочей жидкости (ртуть, вода, спирт и т. д.). Существует несколько конструкций таких манометров: U – образный, поплавковый, колокольный манометры.

В деформационных, или пружинных манометрах измеряемое давление уравнивается силами упругого противодействия различных чувствительных элементов, деформация которых посредством рычагов передается на стрелку или передающий преобразователь..

Ранее датчики давления имели достаточно большой корпус, который крепился с помощью специальных конструкций и подключался к объекту с помощью отдельных импульсных трубок (можно пояснить рисунком и более подробно – устройство прибора). Сигнал от этого датчика подавался на вторичный прибор – это блок внушительных размеров, и только с этого прибора получался выходной сигнал давления. На блок нужно было подавать напряжение питания 220 В, датчик давления соединялся с блоком как минимум, тремя (пятью) проводами. Сам датчик и прибор нужно было настраивать на специальном стенде. Теперь это, как правило, маленький приборчик цилиндрической формы размером 40 на 100 мм, который вкручивается своей резьбой М 20Х1,5 в штуцер, привариваемый к трубопроводу, где нужно измерить давление. К нему подводятся два провода, по которым подается питание от 12 до 36 В, и с этих же проводов снимается измерительная информация в виде токового сигнала 4...20 мА и наложенного на него цифрового сигнала по HART-протоколу. По этому же цифровому каналу можно дистанционно настраивать ноль, изменять диапазон измерения и выполнять другие действия.

Другой пример: создание чувствительных датчиков радиоактивного и рентгеновского излучения позволило использовать весьма слабые источники исходного излучения и обезопасить такие приборы для человека. Это обеспечило широкое распространение подобных приборов и позволило создать системы управления составом, плотности и других полезных переменных.

Следующий пример – вихревой расходомер для газов и жидкостей без сужающего устройства.

Напомним, что *расходом жидкости или сыпучего материала называется его количество, проходящее через данное сечение канала в единицу времени. В зависимости от единиц измерения различают объемный и массовый расходы. Основной единицей измерения объемного расхода является м³/с, массового – кг/с. Расход вещества измеряется расходомерами. Количество вещества за определенное время есть интеграл от его расхода за это время. Иногда интегрирование (суммирование) производится в самом первичном преобразователе, тогда такой преобразователь называется счетчиком.*

Расходомеры разделяются на расходомеры переменного перепада давления, постоянного перепада давления, переменного уровня, электромагнитные, ультразвуковые и вихревые и некоторые другие.

Например, принцип действия вихревого расходомера заключается в следующем. В измерительный трубопровод помещены тело обтекания и датчик давления. Когда жидкость обтекает тело обтекания, на каждой из его граней поочередно формируются и срываются вихри. Частота появления этих вихрей пропорциональна скорости потока и, следовательно, пропорциональна объемному расходу. Срываясь с тела обтекания, каждый из вихрей создает локальную область низкого давления. Эти колебания давления воспринимаются (детектируются) емкостным датчиком (сенсором) и передается на электронику расходомера. Для этого прибора нужен очень чувствительный датчик давления, который стало возможным сделать только в последнее время.

И, наконец последний пример. Это датчики рН-метров типа CPS491D немецкой фирмы Endress+Hauser (Эндресс+Хаузер).

рН – метры применяются для определения свойств растворов по количеству свободных водородных ионов. Молекула воды распадается при диссоциации на один ион водорода и один ион гидроксила; концентрация диссоциированных ионов чистой воды составляет $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$. Ионное произведение чистой воды K считается величиной постоянной и при температуре $22^\circ C$ равно

$$K = [H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14} .$$

Растворы с равной концентрацией ионов $[H^+]$ и $[OH^-]$ называются нейтральными. Концентрация водородных ионов характеризуется отрицательным десятичным логарифмом и обозначается символом рН. Величина рН кислых сред составляет $10^{-2} - 10^{-7}$, щелочных $10^{-16} - 10^{-7}$. Свойства раствора определяются величиной рН, характеризующей активные концентрации ионов.

Для автоматического измерения величины рН используется электрический метод. Он основан на том, что при погружении в раствор определенных типов электродов возникает электрический потенциал на границе электрод – раствор, величина которого зависит от концентрации водородных ионов в растворе и температуры последнего. Измерение величины рН производится косвенным методом – измерением ЭДС между измерительным и сравнительным электродами. Потенциал сравнительного электрода постоянный.

Особенностью большинства рН-метров является очень большое их сопротивление (несколько сотен мегаом), что делает эти приборы «капризными» в работе и требует частого обслуживания.

Фирма Endress+Hauser разработала датчики, лишенные этих недостатков. Эти датчики небольших размеров используют, во-первых, полевой транзистор для измерения электрического потенциала границе: раствор – электрод, электродом служит затвор полевого транзистора. Это позволило значительно повысить точность измерения. Во-вторых, в датчик вмонтирована микропроцессорная система, которая обрабатывает сигнал от полевого транзистора и передает его в цифровой форме на внешние приборы. Система также запоминает в своей памяти историю работы датчика. Это облегчило обслуживание системы измерения рН. Ранее каждый датчик перед применением нужно было индивидуально калибровать. Сейчас же достаточно просто заменить датчик, и измерительная система готова к работе. В третьих, этот датчик совершенно гальванически изолирован от внешних цепей. Это достигнуто благодаря индуктивной передачи энергии питания и цифровой передачи информации опять же через индуктивную связь. Это сильно повысило надежность прибора. Кто работал с рН-метрами, знает, что в обычном исполнении это – очень высокоомные и поэтому капризные приборы, сопротивление изоляции в них должно составлять десятки и сотни гигаом. Данный же датчик можно полностью поместить в воду, и он будет нормально работать. Подобный ряд примеров можно продолжить.

Создание таких замечательных приборов стало возможным благодаря развитию электроники. Электроника вносит существенный вклад в развитие приборостроения. В

современном датчике многие промежуточные преобразования производятся в цифровом виде. Это позволило выполнять в датчике сложные вычисления, производить дистанционную настройку таких датчиков и наделить их свойствами самодиагностики и самоприспособления к условиям работы. Такие датчики называются интеллектуальными, или "умными" приборами.

Итак: Применение микроэлектроники и современных технологий позволило создать компактные, высоконадежные и удобные для применения измерительные преобразователи (датчики) технологических переменных.

Казалось бы, зачем потребителю разбираться с принципом работы измерительных преобразователей? Выбирай их из каталога, заказывай и используй. Однако это не так. Понимание принципа действия датчиков и их устройства крайне важно для их правильного выбора и корректного применения.

Например, для измерения уровня жидкости в технологической емкости можно использовать более пяти разных видов датчиков, сильно отличающихся по принципу действия и по стоимости. Какой выбрать? Но из принципа действия более дешевого ультразвукового датчика уровня следует, что при наличии значительного слоя пены на поверхности жидкости такой датчик может не обнаружить уровень из-за затухания звуковых колебаний на пене. Для применения более подходящего, но и более дорогого радарного датчика нужно знать диэлектрическую проницаемость пены. В зависимости от этого мы будем мерить или уровень пены, или уровень жидкости под пеной.

Для термопары нужно знать, что у нее существует «холодный» и «горячий» спай, а температура измеряется, как разность температур этих спаев. Из этого следуют особенности подключения термопар к МСД. Кроме того, нужно знать, что напряжение на выходе термопары очень малое (около 50 мкВ на градус), что предъявляет требования к защите от помех (экранирование и заземление).