



Курс лекций по дисциплине

«Средства автоматизации и управления»



Первичные преобразователи

Первичным преобразователем (ПП) перемещения называется устройство, воспринимающее контролируемое входное перемещение (линейное или угловое) и преобразующее его в выходной сигнал (как правило, электрический), удобный для дальнейшей обработки, преобразования и, если это необходимо, передачи по каналу связи на большие расстояния. Являясь важнейшей составной частью цифровых преобразователей, первичные преобразователи перемещений во многом определяют параметры ЦПП в целом, поскольку именно первый этап преобразования перемещение – электрический параметр в основном определяет такие характеристики ЦПП, как точность, быстродействие, линейность управления и т.д.

Основные требования, которые предъявляются при разработке конструировании к ПП перемещений: высокая точность измерения (или контроля) перемещений, быстродействие, надежность, помехоустойчивость информативного параметра, малые нелинейные искажения, высокая технологичность, небольшая стоимость, малые теплоотдача, габариты, масса и т.д., что достаточно важно в условиях производства.



Классификация первичных преобразователей

- ПП могут классифицироваться по различным признакам, основными из которых являются: характер измеряемых перемещений, физический принцип действия чувствительного элемента, структура построения, вид выходного сигнала.
- По *характеру измеряемых перемещений* различают ПП линейных и угловых перемещений.
- По физическому принципу действия чувствительного элемента ПП можно разделить на:
 - фотоэлектрические (оптоэлектронные), использующие эффект периодического изменения освещенности;
 - электростатические:
 - емкостные (основанные на эффекте периодического изменения емкости);
 - пьезоэлектрические (основанные на эффекте возникновения электрического заряда на поверхности некоторых материалов в момент деформации);
 - электромагнитные (использующие, например, эффект периодического изменения индуктивности или взаимоиндуктивности);
 - электроакустические (основанные, например, на эффекте изменения энергии поверхностной акустической волны);



Классификация первичных преобразователей

□ электромеханические:

- электроконтактные (основанные на эффекте резкого изменения сопротивления парных электроконтактов при их замыкании и размыкании);
- реостатные (использующие эффект линейного изменения сопротивления);
- механотронные (основанные на механическом управлении электронным током электровакуумных приборов путем непосредственного механического перемещения их электродов).
- По структуре построения в зависимости от способа соединения элементов ПП различают три основные структурные схемы: с последовательным преобразованием, дифференциальные и компенсационные.
- По характеру изменения во времени выходного сигнала различают ПП непрерывного и дискретного действия.
- В зависимости от вида параметра выходного сигнала, находящегося в линейной зависимости от измеряемого перемещения, ПП непрерывного действия подразделяются на амплитудные, частотные и фазовые. Соответственно ПП дискретного действия могут быть амплитудно-импульсными, частотно-импульсными, кодоимпульсными и др.



Классификация измерений

- ▣ **Прямое измерение** – измерение, при котором искомое значение величины получают непосредственно. Например, измерение температуры воздуха термометром, давления – манометром.
- ▣ **Косвенное измерение** – измерение, при котором значение физической величины определяют на основании результатов прямых измерений других физических величин, функционально связанных с искомой. Например, нахождение плотности тела по его массе и геометрическим размерам.
- ▣ **Совместные измерения** – одновременные измерения двух или нескольких неоднородных величин для установления зависимости между ними.
- ▣ **Точность результата измерения** – характеристика качества измерения, отражающая близость к нулю погрешности его результата (чем меньше погрешность измерения, тем больше его точность).
- ▣ **Погрешность результата измерения** – отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.



Средства измерений

- ▣ **Средство измерений** – это техническое средство (или комплекс технических средств), предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее или хранящее одну или несколько единиц физических величин, размеры которых принимаются неизменными в течение известного промежутка времени.
- ▣ **Измерительный прибор** – средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой величины в установленном диапазоне. Как правило, измерительный прибор имеет устройства для преобразования измеряемой величины в сигнал измерительной информации и его индикации в форме, наиболее доступной для восприятия.
Различают следующие типы приборов: показывающие, регистрирующие, суммирующие, прямого действия, сравнения.
- ▣ **Класс точности** – обобщенная характеристика СИ, определяемая пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также другими свойствами СИ, влияющими на его точность.
- ▣ **Погрешность средства измерений** – разность между показаниями СИ и истинным (действительным) значением измеряемой величины.



Запорная арматура

- ▣ **Трубопроводная арматура** предназначена для управления потоками нефти, транспортируемыми по трубопроводам. По принципу действия арматура делится на три класса: запорная, регулирующая и предохранительная.
- ▣ **Запорная арматура** (задвижки) служит для полного перекрытия сечения трубопровода, *регулирующая* (регуляторы давления) — для изменения давления или расхода перекачиваемой жидкости, *предохранительная* (обратные и предохранительные клапаны) — для защиты трубопроводов и оборудования при превышении допустимого давления, а также предотвращения обратных токов жидкости.
- ▣ **Задвижками** называются запорные устройства, в которых проходное сечение перекрывается поступательным перемещением затвора в направлении, перпендикулярном направлению движения нефти.



Запорная арматура

- **Регуляторами давления** называются устройства, служащие для автоматического поддержания давления на требуемом уровне. В соответствии с тем, где поддерживается давление - до или после регулятора, различают регуляторы типа «до себя» и «после себя».
- **Предохранительными клапанами** называются устройства, предотвращающие повышение давления в трубопроводе сверх установленной величины. На нефтепроводах применяют мало- и полноподъемные предохранительные клапаны закрытого типа, работающие по принципу сброса части жидкости из места возникновения повышенного давления в специальный сборный коллектор.
- **Обратным клапаном** называется устройство для предотвращения обратного движения среды в трубопроводе. При перекачке нефти применяют клапаны обратные поворотные - с затвором, вращающимся относительно горизонтальной оси.

Арматура магистральных нефтепроводов рассчитана на рабочее давление 6,4 МПа.

Задвижки





Автоматизация производства

Автоматизация производства - процесс в развитии машинного производства, при котором функции управления и контроля, ранее выполнявшиеся человеком, передаются приборам и автоматическим устройствам. Автоматизация производства - основа развития современной промышленности, генеральное направление технического прогресса. Основная ее цель заключается в повышении эффективности труда, улучшении качества выпускаемой продукции, в создании условий для оптимального использования всех ресурсов производства. Различают А. п.: частичную, комплексную и полную.



Методы автоматизации производства

- Во-первых, разрабатывают методы эффективного изучения закономерностей объектов управления, их динамики, устойчивости, зависимости поведения от воздействия внешних факторов. Эти задачи решаются исследователями, конструкторами и технологами-специалистами конкретных областей науки и производства. Сложные процессы и объекты изучают методами физического и математического моделирования, исследования операций с использованием аналоговых и цифровых вычислительных машин.



Методы автоматизации производства

- Во-вторых, определяют экономически целесообразные методы управления, тщательно обосновывают цель и оценочную функцию управления, выбор наиболее эффективной зависимости между измеряемыми и управляющими параметрами процесса. На этой основе устанавливают правила принятия решений по управлению и выбирают стратегию поведения руководителей производства с учётом результатов экономических исследований, направленных на выявление рациональных закономерностей системы управления. Конкретные цели управления зависят от технико-экономических, социальных и других условий. Они состоят в достижении максимальной производительности процесса, стабилизации высокого качества выпускаемой продукции, наибольшего коэффициента использования топлива, сырья и оборудования, максимального объёма реализованной продукции и снижении затрат на единицу изделия и др.



Методы автоматизации производства

- В-третьих, ставится задача создания инженерных методов наиболее простого, надёжного и эффективного воплощения структуры и конструкции средств автоматизации, осуществляющих заданные функции измерения, обработки полученных результатов и управления. При разработке рациональных структур управления и технических средств их осуществления применяют теорию алгоритмов, автоматов, математическую логику и теорию релейных устройств. С помощью вычислительной техники автоматизируют многие процессы расчёта, проектирования и проверки устройств управления. Выбор оптимальных решений по сбору, передаче и обработке данных основывается на методах теории информации. При необходимости многоцелевого использования больших потоков информации применяются централизованные (интегральные) методы её обработки.



Средства автоматизации

Технические средства автоматизации - приборы, устройства и технические системы, предназначенные для автоматизации производства. Т. с. а. обеспечивают автоматическое получение, передачу, преобразование, сравнение и использование информации в целях контроля и управления производственными процессами.

Датчик - первичный преобразователь, элемент измерительного, сигнального, регулирующего или управляющего устройства системы, преобразующий контролируемую величину (давление, температуру, частоту, скорость, перемещение, напряжение, электрический ток и т.п.) в сигнал, удобный для измерения, передачи, преобразования, хранения и регистрации, а также для воздействия им на управляемые процессы.



Методы и приборы измерения температуры

Под температурой понимают степень нагретости вещества.

Физические свойства нефти (плотность, вязкость, количество газа и парафина, растворенных в нефти, и фазовые состояния нефти) в значительной степени зависят от ее температуры.

Технология процесса добычи нефти, промыслового сбора и первичной подготовки ее на промыслах, транспорт нефти и нефтепродуктов в значительной степени зависят от температурных факторов, при которых протекают эти процессы.

Так как температура является активной величиной, то измерять ее можно только косвенным путем, основываясь на зависимости от температуры таких физических свойств тел, которые поддаются непосредственному измерению (термоЭДС, электрическое сопротивление, плотность и т.д.).

Температуру необходимо измерять в трубопроводах с теплоносителем, в водоносных, нефтеносных и компрессорных станциях для контроля состояния подшипников.

Измерения температуры в резервуарах с нефтью и нефтепродуктами являются необходимым элементом количественного учета.

● ● ● | Датчик температуры Метран - 274





Датчик температуры Метран - 274

Датчик состоит из электронного преобразователя с выходным сигналом 4-20 мА и термозондов с различными длинами погружаемой части.

Измеряемый параметр - температура - линейно преобразуется в пропорциональное изменение омического сопротивления терморезистора, размещенного в термозонде.

Электронный преобразователь преобразует напряжение, возникающее на термочувствительном элементе, в токовый выходной сигнал. Термочувствительным элементом датчика является терморезистор с номинальной статической характеристикой преобразования 100М, размещенный в герметической оболочке термозонда.

● ● ● | Датчик температуры ТС 5008





Датчик температуры ТС 5008

Датчик предназначен для непрерывного преобразования температуры жидкостей и газов в унифицированный токовый выходной сигнал в условиях неагрессивных сред в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами. Электронный преобразователь преобразует напряжение, возникающее на термочувствительном элементе, в токовый выходной сигнал.

Датчики температуры ТСМУ 0104, ТСПУ 0104






Датчики температуры ТСМУ 0104, ТСПУ 0104

Термопреобразователи с унифицированным выходным сигналом ТСМУ 0104, ТСПУ 0104 предназначены для измерения и непрерывного преобразования температуры, твердых, жидких, газообразных и сыпучих веществ.

ТСМУ 0104, ТСПУ 0104 предназначены для замены термопреобразователей с унифицированным выходным сигналом серии ТСМУ 205, ТСПУ 205. Отличаются возможностью смены термозонда и выбора нижнего и верхнего пределов диапазона измеряемой температуры с помощью переключателей (свитчи).

В соответствии с ГОСТ 14254 степень защиты от проникновения твердых тел, пыли и воды: IP54, IP65, IP67 в зависимости от исполнения клемной головки и типа присоединения.



Основные технические характеристики датчиков температуры ТС 5008, Метран-274, ТСМУ 0104 (ТСПУ 0104)

Параметры	Наименование прибора		
	ТС 5008	Метран - 274	ТСМУ 0104, ТСПУ 0104
Предел допустимой погрешности, %	±0,5	±0,25	±0,1
Диапазон измеряемых температур, °С	-50 до +350	-50 до +180	-50 до 550
Используемый выходной сигнал, мА	4 - 20	4 - 20	4 - 20
Напряжение питания, В	17 - 42	15 - 42	15 - 42
Защита	-	взрывозащ.	взрывозащ.
Срок службы, лет	5	5	6
Цена, тыс. руб	1,5	1,8	1,08



Классификация приборов для измерения давления и разрежения

Все приборы для измерения давления и разрежения можно разделить на следующие группы:

1. По роду измеряемой величины:

барометры — для измерения атмосферного давления;

манометры — для измерения избыточного давления;

вакуумметры — для измерения разрежения;

мановакуумметры — для измерения давления и разрежения;

дифференциальные манометры — для измерения разности (перепада) давления.



Классификация приборов для измерения давления и разряжения

2. По принципу действия:

жидкостные — измеряемое давление уравнивается столбом жидкости;

поршневые — измеряемое давление, действуя по одну сторону поршня, уравнивается давлением, создаваемым силой, приложенной с противоположной стороны. В качестве уравнивающей силы используют непосредственную нагрузку (грузы);

пружинные — измеряемое давление деформирует различного рода пружины. Деформация, увеличенная при помощи передаточного механизма и преобразованная в перемещение указателя, является мерой измеряемого давления;

электрические, основанные на изменении электрических свойств некоторых материалов при воздействии на них давления;

радиоактивные — измеряемое давление вызывает соответствующее изменение ионизации, производимой излучениями и рекомбинацией ионов.

Жидкостные приборы применяются преимущественно в лабораторных условиях, поршневые манометры — для градуировки приборов.

На промышленных объектах применяются преимущественно пружинные и электрические манометры различных типов.

● ● ● | Датчик давления Сапфир-22-ДИ-Ех





Датчик давления Сапфир–22–ДИ–Ех

Измерительные преобразователи Сапфир–22–ДИ–Ех предназначены для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами и обеспечивают непрерывное преобразование значения измеряемого параметра – избыточного давления в унифицированный токовый выходной сигнал. Преобразователи предназначены для работы со вторичной регистрирующей и показывающей аппаратуры, регуляторами и другими устройствами автоматики, системами управления, работающими от стандартного выходного сигнала $4 \div 20$ мА постоянного тока.

Принцип работы преобразователя Сапфир–22–ДИ–Ех основан на применении тензорезисторов.

Преобразователи Сапфир–22–ДИ–Ех обладают высокой точностью, стабильностью работы, малой инерционностью. Датчики изготавливают в виде многопредельных приборов с возможностью регулировки диапазона измерения.

● ● ● | Датчик давления Метран-43ДИ-Ех





Датчик давления Метран–43ДИ–Ех

Датчики этого типа предназначены для работы в системе автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами и обеспечивают непрерывное преобразование значения измеряемого параметра – давления избыточного в стандартный токовый выходной сигнал дистанционной передачи.

Работа измерительных преобразователей Метран–43ДИ–Ех основано на тензорезисторном эффекте.

Преобразователи данной модели обладают высокой точностью, стабильностью работы, малой инерционностью. Датчики изготавливают в виде многопредельных приборов с возможностью регулировки диапазона измерения: каждый преобразователь может быть перенастроен на любой верхний диапазон измерений. От измеряемой среды чувствительный элемент защищён гофрированными металлическими мембранами, изготовленными из антикоррозийных материалов.

Основными достоинствами является повышенная точность, однако, применение данного датчика в условиях автоматизируемого технологического процесса осложнено большими габаритами и узким диапазоном рабочих температур.

Датчик измерения перепада давления
САПФИР - 22-Ех-М-ДД





Датчик измерения перепада давления САПФИР - 22-Ех-М-ДД

Преобразователи разности давлений могут использоваться для преобразования значений уровня жидкости, расхода жидкости или газа, преобразование гидростатического давления - для преобразования значений уровня жидкости в унифицированный токовый сигнал. Каждый преобразователь имеет регулировку диапазона измерений и может быть настроен на любой верхний предел измерения, указанный для данной модели. Предел допускаемой основной погрешности до 0.5%. Преобразователи «САПФИР - 22-Ех-М-ДД» выполняются с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» с уровнем взрывозащиты «особовзрывобезопасный». Могут работать во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок.

Принцип работы преобразователей основан на свойствах материалов менять свои электрические параметры (емкость, сопротивление) при изменении их геометрии. В качестве чувствительного элемента в преобразователях используется слой тензосопротивлений напыленных методом вакуумной диффузии на пластину из сапфира (так называемая структура КНС - «кремний на сапфире») соединенных с металлической пластиной. При изменении давления, оказываемого на пластину, происходит изменение сопротивления тензорезисторов, включенных в одно из плеч уравнительного моста, в результате чего появляется разбаланс мостовой схемы.

Таким образом, изменение давления или перепада давления преобразуется в выходной токовый сигнал 4-20 мА. Предельно допускаемое рабочее избыточное давление - до 40 МПа.

Основные технические характеристики датчиков давления Сапфир-22-ДИ-Ех, Метран-43ДИ-Ех, Сапфир - 22-Ех-М-ДД

Параметры	Наименование прибора		
	Сапфир-22-ДИ-Ех	Метран-43-ДИ-Ех	Сапфир-22-Ех-М-ДД
Предел допустимой погрешности, %	±0,5	±0,25	±0,5
Предел измерений, МПа	от 0 до 2,5	от 0 до 2,5	от 0 до 2,5
Диапазон измеряемых температур, °С	-50 до +80	-50 до +70	-50 до 550
Используемый выходной сигнал, мА	4 - 20	4 - 20	4 - 20
Напряжение питания, В	15 - 42	15 - 42	15 - 42
Защита	взрывозащ.	взрывозащ.	взрывозащ.
Срок службы, лет	10	8	12
Цена, тыс. руб.	13	8	17

Ультразвуковые уровнемеры



Ультразвуковой акустический уровнемер ЭХО-5



Принцип действия ультразвуковых уровнемеров

Ультразвуковые бесконтактные уровнемеры осуществляют зондирование рабочей зоны волнами ультразвука, т.е. волнами давления с частотой свыше 20 КГц. Они используют свойство ультразвуковых волн отражаться при прохождении границы двух сред с различными физическими свойствами. Поэтому, чувствительный элемент ультразвукового уровнемера состоит из излучателя и приемника колебаний, которые, как правило, конструктивно совмещены и представляют собой кварцевую пластину. При подаче на пластину переменного напряжения возникают деформации пластины, передающие колебания воздушной среде. Подача напряжения производится импульсами и по завершении передачи, пластина превращается в приемник отраженных ультразвуковых колебаний, вызывающих колебания пластины и, как следствие, появление выходного напряжения (обратный пьезоэффект). Расстояние до границы раздела двух сред вычисляется по формуле: $H = V * t / 2$, где V – скорость ультразвуковых волн в данной среде, t – время между началом излучения и приходом отраженного сигнала, определяемое электронным блоком уровнемера.



Принцип действия ультразвуковых уровнемеров

Как правило, наиболее распространен вариант установки ультразвукового датчика в верхней части емкости. При этом сигнал проходит через воздушную среду, отражаясь от границы с твердой (жидкой) средой. Уровеньмер в этом случае называется акустическим. Существует, также, вариант установки датчика в дно емкости. Сигнал в этом случае отражается от границы с менее плотной средой.

Скорость распространения ультразвука зависит от температуры - около 0,18% на 1°C. Для устранения этого влияния в уз уровнемерах применяется термокомпенсация с помощью встроенного термодатчика. Диапазон работы УЗ уровнемеров – до 25 м. при неизмеряемом уровне – около 1 м. Температура рабочей среды: -30..+80(120) °С, давление – до 4 МПа.

Ультразвуковые уровнемеры позволяют достигать погрешности измерения уровня в 1%. Они могут использоваться для агрессивных сред и для сред с самыми различными физическими свойствами, за исключением сильнопарящих, сильнопенящихся жидкостей и мелкодисперсных и пористых гранулированных сыпучих продуктов. Вместе с тем, они существенно дешевле радарных микроволновых уровнемеров. УЗ уровнемеры часто используются для измерения расхода в профилированных каналах. Примерами распространенных ультразвуковых уровнемеров являются: [ЭХО-5](#) [ЭХО-5](#), [ЭХО-АС-01](#), Prosonic M .

Микроволновые радарные уровнемеры





Микроволновые радарные уровнемеры

Микроволновые радарные уровнемеры – наиболее сложные и высокотехнологичные средства измерения уровня. Для зондирования рабочей зоны и определения расстояния до объекта контроля здесь используется электромагнитное излучение СВЧ диапазона.

В настоящее время широко используются два типа микроволновых уровнемеров: импульсные и FMCW (frequency modulated continuous wave).

В уровнемерах FMCW происходит постоянное непрерывное излучение линейно частотно модулированного сигнала и, одновременно, прием отраженного сигнала с помощью одной и той же антенны. В результате на выходе получается смесь сигналов, которая анализируется с применением специального математического и программного обеспечения для выделения и максимально точного определения частоты полезного эхо-сигнала. Для каждого момента времени разность частот прямого и обратного сигналов прямопропорциональна расстоянию до контролируемого объекта.

Импульсные микроволновые уровнемеры излучают сигнал в импульсном режиме, при этом прием отраженного сигнала происходит в промежутках между импульсами исходного излучения. Прибор вычисляет время прохождения прямого и обратного сигналов и определяет значение расстояния до контролируемой поверхности.



Микроволновые радарные уровнемеры

Радарные уровнемеры - наиболее универсальные средства измерения уровня. Не имея непосредственного контакта с контролируемой средой, они могут применяться для агрессивных, вязких, неоднородных жидких и сыпучих материалов. От ультразвуковых бесконтактных уровнемеров их выгодно отличает гораздо меньшая чувствительность к температуре и давлению в рабочей емкости, к их изменениям, а также большая устойчивость к таким явлениям как запыленность, испарения с контролируемой поверхности, пенообразование.

Радарные уровнемеры обеспечивают высокую точность (до +/- 1 мм.), что позволяет использовать их в системах коммерческого учета. Вместе с тем существенным лимитирующим фактором применения радарных уровнемеров остается высокая стоимость данных приборов.

● ● ● | Буйковый метод определения уровня



Буйковый уровнемер Сапфир-22 ДУ



Принцип действия буйковых уровнемеров

Метод определения уровня по выталкивающей силе действующей на погруженный в рабочую жидкость буюк используют буйковые уровнемеры . На тонуций буюк действует в соответствии с законом Архимеда выталкивающая сила, пропорциональная степени погружения и, соответственно, уровню жидкости. Действие этой силы воспринимает тензопреобразователь (уровнемеры типа Сапфир-ДУ)

Метод определения уровня по выталкивающей силе действующей на погруженный в рабочую жидкость буюк используют буйковые уровнемеры . На тонуций буюк действует в соответствии с законом Архимеда выталкивающая сила, пропорциональная степени погружения и, соответственно, уровню жидкости. Действие этой силы воспринимает тензопреобразователь (уровнемеры типа Сапфир-ДУ), либо индуктивный преобразователь (УБ-ЭМ), либо заслонка, перекрывающая сопло (пневматические уровнемеры типа ПИУП).

Буйковые уровнемеры предназначены для измерения уровня в диапазоне – до 10 м. при температурах – 50..+120°С (в диапазоне +60..120°С при наличии теплоотводящего патрубкa, при температурах 120..400°С приборы работают как индикаторы уровня) и давлении до 20 МПа, обеспечивая точность 0,25..1,5%. Плотность контролируемой

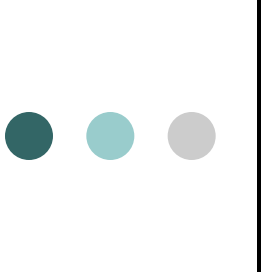
Преобразователь уровня буйковый пневматический ПИУП





Технические характеристики ПИУП

Условное обозначение модификаций преобразователя	Предельно допустимое рабочее избыточное давление, МПа	Верхний предел измерения, м	Диапазон плотности измеряемой жидкости, г/см ³	Диапазон температур измеряемой среды, °С
ПИУП-11	10; 16	0,25 - 16,0	0,5 - 1,2 или 1,0 - 2,0	-50 +100



Преобразователь уровня буйковый пневматический ПИУП

Назначение: прибор предназначен для контроля уровня жидкости или уровня раздела двух несмешивающихся жидкостей в системах автоматического контроля технологических процессов с повышенными требованиями к пожаробезопасности. Приборы используются в химической, нефте- и газодобывающих отраслях промышленности совместно с регистраторами и исполнительными механизмами, работающими от стандартного пневматического сигнала 20-100 КПа.

В состав прибора входят: буюк с тросовой подвеской, комплект ЗИП, флакон с демпферной жидкостью. Для модели ПИУП-13 и ПИУП-15 — комплект монтажных частей с теплоотводящим патрубком.

Гидростатический метод измерения уровня



Гидростатический датчик давления Сапфир-22 ДГ



Гидростатические уровнемеры

Гидростатические уровнемеры измеряют давление столба жидкости и преобразуют его в значение уровня, поскольку гидростатическое давление зависит от величины уровня и плотности жидкости и не зависит от формы и объема резервуара. Они представляют собой дифференциальные датчики давления. На один из входов, подсоединяемый к емкости подается давление среды. Другой вход соединяется с атмосферой - в случае открытой емкости без избыточного давления или соединяется с областью избыточного давления в случае закрытой емкости под давлением.

Конструктивно гидростатические датчики бывают двух типов: мембранные и колокольные (погружные). В первом случае тензорезистивный или емкостной датчик непосредственно соединен с мембраной и весь прибор находится внизу емкости, как правило, сбоку на фланце, при этом расположение ЧЭ (мембраны) соответствует минимальному уровню. ([Сапфир-ДГ](#), Метран-100-ДГ, 3051 L). В случае колокольного датчика чувствительный элемент погружен в рабочую среду и передает давление жидкости на тензорезистивный сенсор через столб воздуха запаянный в подводящей трубке.



Гидростатические уровнемеры

Гидростатические уровнемеры применяются для однородных жидкостей в емкостях без существенного движения рабочей среды. Они позволяют производить измерения в диапазоне до 250 КПа, что соответствует (для воды) 25-и метрам, с точностью до 0,1% при избыточном давлении до 10 МПа и температуре рабочей среды: $-40..+120^{\circ}\text{C}$. Гидростатические уровнемеры могут использоваться для вязких жидкостей и паст. Важным достоинством гидростатических уровнемеров является высокая точность при относительной дешевизне и простоте конструкции.



Интеллектуальные приборы

Термин "интеллектуальные" для первичных устройств был введен для тех первичных устройств, внутри которых содержится микропроцессор. Обычно это добавляет новые функциональные возможности, которых не было в аналогичных устройствах без микропроцессора. Например, интеллектуальный датчик может давать более точные показания благодаря применению числовых вычислений для компенсации нелинейности чувствительного элемента или температурной зависимости. Интеллектуальный датчик имеет возможность работать с большой разновидностью разных типов чувствительных элементов, а также составлять одно или несколько измерений в одно новое измерение (например, объемный расход и температуру в весовой расход). И наконец, интеллектуальный датчик позволяет производить настройку на другой диапазон измерений или полуавтоматическую калибровку, а также осуществлять функции внутренней самодиагностики, что упрощает техническое обслуживание.



Контроллеры

В настоящее время на рынке средств автоматизации представлено огромное количество различных программируемых логических контроллеров. Они производятся многими известными фирмами, занимающимися разработками средств автоматизации. В настоящее время PLC выпускается более 50 производителями: Siemens, Allen-Bradley, Octagon Systems, GE, Koyo, ABB, Advantech и т.д.



Контроллеры

Контроллер (англ. controller - регулятор, управляющее устройство) — электрический прибор, с помощью которого в телемеханике и системах управления измеряют токи, напряжения, температуру и другие физические параметры объекта, передают и принимают данные по каналам связи, передают на объект управляющие воздействия, используют в качестве локального автоматического регулятора.

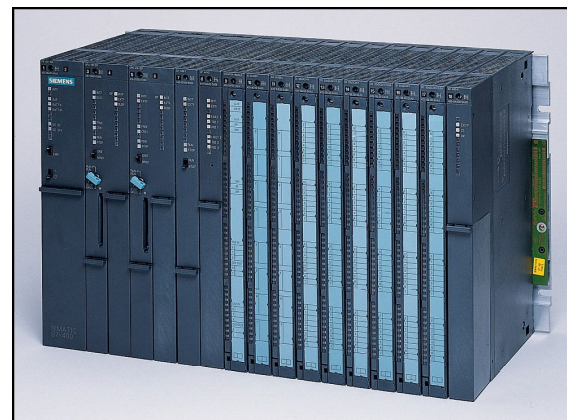
В настоящее время контроллеры — достаточно малогабаритные устройства, поэтому часто встречается название *микроконтроллеры*. Как правило, контроллеры оснащены микропроцессорной начинкой, позволяющей программировать контроллер на решение заданного круга задач, отсюда другие названия: *программируемые контроллеры* и *программируемые логические контроллеры*, которые обычно сокращают до ПЛК в русских описаниях и PLC в английских. Современный контроллер может обладать достаточно мощным процессором, класса Pentium, обычно с небольшим энергопотреблением.

Контроллеры могут быть специализированными, рассчитанными на эффективное решение определённой задачи (например, контроллер релейной защиты) или универсальными, которые могут решать разноплановые задачи в соответствии с установленным набором блоков и вариантом программного обеспечения — например, задачу съёма показаний с приборов учета.

Контроллеры



Контроллер SIMATIC S7- 300
компании SIEMENS



Контроллер SIMATIC S7- 400
компании SIEMENS



Контроллер MicroPC
компании Octagon Systems



Исполнительные механизмы

Исполнительный механизм - сервопривод, устройство, предназначенное для перемещения регулирующего органа (регулирующий орган может быть выполнен в виде вентиля, клапана, задвижки, крана, шиберы, заслонки и др.) в системах автоматического регулирования или дистанционного управления, а также в качестве вспомогательного привода элементов следящих систем, рулевых устройств транспортных машин и т. п.



Классификация исполнительных механизмов

И. м. обычно состоит из двигателя, передачи и элементов управления, а также элементов обратной связи, сигнализации, блокировки, выключения. И. м. для регулирования потока жидкостей и газов представляет собой клапан, задвижку или затвор, перемещаемые гидравлическим, пневматическим или электрическим приводом.

В пневматических исполнительных механизмах перестановочное усилие создается за счет действия сжатого воздуха на мембрану, поршень или сильфон. В соответствии с этим конструктивно И. м. подразделяют на

- мембранные
- поршневые
- сильфонные



Классификация исполнительных механизмов

В гидравлических исполнительных механизмах перестановочное усилие создается за счет действия давления жидкости на мембрану, поршень или лопасть. В соответствии с этим конструктивно И. м. подразделяют на

- мембранные
- поршневые
- лопастные



Классификация исполнительных механизмов

Отдельный подкласс гидравлических И. м. составляют гидравлические И. м. с гидромуфтами. Мембранные и поршневые пневматические и гидравлические И. м. подразделяются на

- пружинные
- беспружинные

В пружинных И. м. перестановочные усилия в одном направлении создаются давлением в рабочей полости И. м., а в обратном направлении силой упругости сжатой пружины. В беспружинных И. м. рабочее давление на поршень или мембрану действует с обеих сторон поршня или мембраны.

Электрические И.м. характеризуются:

- а) разнообразием типов электродвигателей;
- б) простотой питания в промышленных условиях;
- в) легкостью получения больших скоростей.



Классификация исполнительных механизмов

Электрические И.м. по принципу действия подразделяются на

- электродвигательные
- электромагнитные

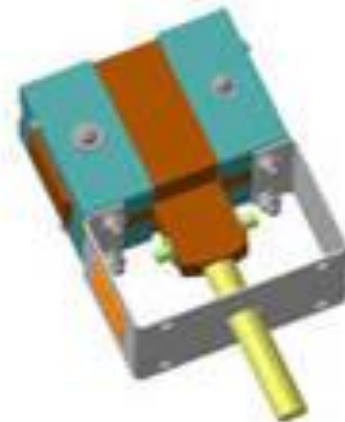
а по характеру движения выходного органа делятся на

- прямоходные (поступательное движение)
- поворотное (вращательное движение)

поворотные в свою очередь делятся на

- однооборотные
- многооборотные

Исполнительные механизмы (МЭО)





HART-протокол

Обмен данными между системой управления и интеллектуальными первичными датчиками легко осуществляется с помощью стандартного коммуникационного протокола HART® (Highway Addressable Remote Transducer - Адресуемый Дистанционный Магистральный Преобразователь).

HART протокол использует принцип частотной модуляции для обмена данными на скорости 1200 Бод.

Для передачи логической "1" HART использует один полный период частоты 1200 Гц, а для передачи логического "0" - два неполных периода 2200 Гц. HART составляющая накладывается на токовую петлю 4-20 мА. Поскольку среднее значение синусоиды за период равно "0", то HART сигнал никак не влияет на аналоговый сигнал 4-20 мА.

HART протокол построен по принципу "главный - подчиненный", то есть полевое устройство отвечает по запросу системы. Протокол допускает наличие двух управляющих устройств (управляющая система и коммутатор).



Архитектура HART

Протокол HART может применяться в двух режимах подключения.

Один представляет собой соединение «точка»-«точка», и применяется в системах с одним ведомым устройством и максимум двумя ведущими. Ведущим устройством может быть устройство связи с объектом или программируемый логический контроллер. В качестве вторичного – HART-терминал или любое другое устройство с HART-модемом. Передача информации может осуществляться в обоих направлениях, причем передача аналоговой информации по этому же каналу не прерывается.

Второй тип подключения – «шина» предполагает соединение друг с другом до 15 ведомых устройств с теми же двумя ведущими устройствами. В этом случае предполагается обмен только данными в цифровой форме. Причем, в цепи контроллеров предусмотрен дополнительный источник тока, обеспечивающий по 4 мА на каждого потребителя.



Команды HART-протокола

Команды протокола подразделяются на три основные группы:

Универсальные – основные команды, поддерживаемые ведомыми устройствами. Используются для считывания стандартных, общих для всех устройств параметров, таких как тип устройства, диапазон измерений, текущее значение и пр.

Стандартные – используемые практически во всех HART-устройствах команды. Настраивают работу устройств. Например, запись/считывание стандартных и приборных параметров.

Специфические – команды настройки специфических, индивидуальных параметров какого-либо устройства, например, *калибровка ультразвукового датчика* или *считывание базовых данных прибора*.



Команды HART-протокола

1. Универсальные

- Прочитать производителя и тип устройства
- Прочитать главную переменную (ГП), единицы измерения
- Прочитать текущее значение и процент от диапазона
- Прочитать до четырех predetermined переменных
- Прочитать/записать 8-символьный идентификатор и 16-символьное описание
- Прочитать/записать 32-символьное сообщение
- Прочитать диапазон значений устройства, ед. измерения и время выборки
- Прочитать серийный номер датчика и ограничения
- Прочитать/записать последний шифр комплекта устройств
- Записать адрес запроса



Команды HART-протокола

2. Стандартные

- Прочитать выборку из максимум четырех динамических переменных
- Записать константу времени выборки
- Записать диапазон значений устройства
- Калибровать (установка нуля, диапазона)
- Установить постоянное значение выходного тока
- Выполнить самотестирование
- Выполнить перезапуск
- Установить ГП в нуль
- Записать единицы измерения ГП
- Установить нулевое значение ЦАП и коэф. усиления
- Записать функцию преобразования (кв. корень и др)
- Записать серийный номер датчика
- Прочитать/записать установки динамических переменных



Сетевая технология Ethernet

Сетевая технология – это согласованный набор стандартных протоколов и реализующих их программно-аппаратных средств (например, сетевых адаптеров, драйверов, кабелей и разъемов), достаточный для построения вычислительной сети. Иногда сетевые технологии называют *базовыми технологиями*, имея в виду то, что на их основе строится базис любой сети.

Стандарт Ethernet был принят в 1980 году. Число сетей, построенных на основе этой технологии, к настоящему моменту оценивается в 5 миллионов, а количество компьютеров, работающих в таких сетях, - в 50 миллионов.

Основной принцип, положенный в основу Ethernet, - *случайный метод доступа* к разделяемой среде передачи данных.



Команды HART-протокола

3. Специфические команды устройств

- Прочитать/записать уровень обрезки малых значений
- Пуск, останов или общий сброс
- Прочитать/записать фактор точности калибровки
- Прочитать/записать информации о материалах и строительстве
- Калибровать сенсор
- Включить ПИД-регулятор
- Установить заданное значение ПИД-регулятора
- Характеристика вентиля
- Заданное значение вентиля
- Границы перемещения
- Единицы измерения пользователя
- Информация локального дисплея



Преимущества Ethernet

- Главным преимуществом сетей Ethernet, благодаря которому они стали такими популярными, является их экономичность.
- Кроме того, в сетях Ethernet реализованы достаточно простые алгоритмы доступа к среде, адресации и передачи данных. Простота логики работы сети ведёт к упрощению и, соответственно, удешевлению сетевых адаптеров и их драйверов. По той же причине адаптеры сети Ethernet обладают высокой надёжностью.
- И наконец, ещё одним замечательным свойством сетей Ethernet является их хорошая расширяемость, то есть лёгкость подключения новых узлов.