Лабораторная работа №16 приборы и средства автоматизации

**Цель работы:** изучить элементы систем управления такие, как датчики, коммутационные устройства, исполнительные устройства, клапаны.

**Порядок работы:** в отчёте указать назначение приборов, принцип их работы с иллюстрациями рисунков устройства.

**Приборы для измерения температуры**

Температура - это значение теплового состояния гомогенного вещества, т.е. величина средней кинетической энергии его молекул.

Тесный температурный контакт необходим между двумя телами для того, чтобы они приняли одинаковую температуру (выравнивание температуры). Измеряемое тело должно находится в максимально тесном контакте, который возможен, с термометром.

Известнейшие методы измерения температуры базируются на свойствах веществ и тел, изменяющихся в зависимости от температуры.

Для измерения температуры применяют термометры расширения, сопротивления, термопары и манометрические термометры.

**Термометры расширения** служат для контроля температуры помещения, наружного воздуха и т. п. Чувствительный элемент представляет собой баллон с жидкостью, при нагревании которого жидкость расширяется и ее столбик поднимается в отсчетном устройстве. Положение конца столбика относительно шкалы термометра соответствует температуре среды, в которой находится баллон.

**Термометры сопротивления (ТС)** применяют в системах, где требуется дистанционная передача показаний. Принцип работы таких термометров основан на свойстве металлов изменять удельное сопротивление при изменении температуры.

Чувствительные элементы термометров сопротивления выполняют из медной (термометры сопротивления медные – ТСМ) или платиновой (ТСП) проволоки, намотанной на каркас.

Каркас с чувствительным элементом 1 (рисунок 1) помещен в корпус защитной арматуры, выполняемый, как правило, из нержавеющей стали. Провода проходят в изолирующих керамических бусах *3*и подсоединяются к клеммам *5*головки термометра. К линии связи термометр подсоединяют через сальниковое уплотнение *4.*На технологическом оборудовании термометр вставляют в гнездо и укрепляют штуцером *6.*

|  |
| --- |
| https://studfile.net/html/2706/605/html_Yca4QQYxCw.MapN/img-TCY2kd.png  1– чувствительный элемент; 2– корпус; 3– бусы;  4– уплотнение; 5– клеммы; 6– штуцер.  Рисунок 1 – Термометр сопротивления |

Термометры сопротивления предназначены для измерения температур от –200 до +650° С, монтажная длина их до 2 м. Применение термометров сопротивления ограничено сравнительно низким диапазоном измерения и большими размерами каркаса чувствительного элемента (до 100 мм), не позволяющими измерять температуру в точке.

**Термопары** применяют для измерения температур в пределах до 1800° С. Действие термопары основано на следующем принципе. Если спаять два стержня из различных металлов, а затем спаянный (горячий) и свободные (холодные) концы поместить в среды с различными температурами, то между свободными концами стержней появляется разность потенциалов. Свободные концы стержней соединяют с приемником тока и получают электрическую цепь, в которой находится источник э. д. с.

|  |
| --- |
| https://studfile.net/html/2706/605/html_Yca4QQYxCw.MapN/img-SRmm1w.png  1 – корпус; 2 – фланец;  3 – головка с уплотнением  Рисунок 2–Термопара ХК |

Величина термоэлектродвижущей силы (т.э.д.с.)в цепи зависит от разности температур, в которые помещены свободные и спаянный концы термопары, и от свойств металлов или сплавов, из которых изготовлены стержни.

В промышленности применяют термопары из сплавов: хромель-копель (ХК), хромель-алюмель (ХА), платинородий-платина (ПП), платинородий (ПР).

Термопара устроена аналогично термометру сопротивления (рисунок 2). Чувствительный элемент, помещенный в корпус 1, представляет собой спай термоэлектродов, изготовленных из указанных выше металлов или сплавов, припаянный к серебряному диску (горячий конец). Термоэлектроды выведены через каналы изолирующих бус на клеммы головки *3*термопары. К корпусам аппаратов или трубопроводов термопару крепят штуцерами или фланцами.

**Биметаллические термометры**Полоска из двух свальцованных друг с другом пластин из металлов с различными коэффициентами расширения (биметалл), искривляется при изменении температуры (рисунок 3). Искривление находится в приблизительной пропорции с температурой.

|  |
| --- |
| https://studfile.net/html/2706/605/html_Yca4QQYxCw.MapN/img-jRHwat.png  Рисунок 3 – Схема биметаллического термометра |

Биметаллическая пластина легла в основу двух различных измерительных элементов:

- винтовая пружина

- спиральная пружина

В результате механической деформации биметаллических пластин при изменении температуры в указанных элементах возникает вращательное движение. Если внешний конец биметаллической измерительной системы жестко закреплен, то другой конец без промежуточного элемента проворачивает вал указательной стрелки. Диапазоны показаний лежат между -70 °C и + 600 °C при измерениях с классом точности 1 и 2.

**Манометрические термометры**применяют для измерения температуры в зоне аппарата. Принцип действия манометрических термометров основан на зависимости между температурой и давлением жидкости или газа при постоянном объеме. Измерительная система состоит из погружаемого элемента (рисунок 4), капиллярного провода и трубчатой пружины в корпусе.

|  |
| --- |
| https://studfile.net/html/2706/605/html_Yca4QQYxCw.MapN/img-0s5kh0.png  Рисунок 4 – Схема манометрического термометра |

Данные элементы соединены в единое устройство, которое под давлением заполнено инертным газом. Изменение температуры влечёт изменение объема или внутреннего давления в погружаемом устройстве. Давление деформирует измерительную пружину, отклонение которой передается с помощью стрелочного механизма на стрелку. Колебания температуры окружающей среды не принимаются во внимание, так как для компенсации между стрелочным механизмом и измерительной пружиной встроен биметаллический элемент. Диапазоны показаний лежат в пределах между -200 °C и + 700 °C

**Приборы для измерения давления**

**Манометры с упругим чувствительным элементом**

Манометры с упругим чувствительным элементом широко распространены благодаря своей прочности и простоте обращения. Они содержат чувствительные элементы, которые упруго меняют свою форму под воздействием давления. Как правило, чувствительные элементы исполняются из медных сплавов, легированных сталей или из специальных материалов, если речь идет о специфических измерительных задачах.

Давление измеряется по отношению к исходному давлению (эталонное давление). В качестве исходного давления служит, как правило, атмосферное давление. Это означает, что манометр указывает насколько измеренное давление ниже или выше атмосферного давления, присутствующего в момент измерений (манометр избыточного давления). Манометры с гидрозаполнением используются для измерения давления в услових сильных пульсаций или вибраций. Функцию сигнализации можно обеспечить путем комбинирования манометра с электроконтактами. Для автоматизации производственных процессов манометры комбинируются с датчиком выходного электрического сигнала, например 4-20 мА.

По форме пружины и принципам они разделяются на:

**Манометры с трубчатой пружиной**

|  |
| --- |
| https://studfile.net/html/2706/605/html_Yca4QQYxCw.MapN/img-8wwwzi.png  Рисунок 5 – Манометр с трубкой  Бурдона |

Трубчатые пружины представляют собой кругообразно согнутые трубки с овальным поперечным сечением. Давление измеряемой среды воздействует на внутреннюю сторону этой трубки, в результате чего овальное поперечное сечение принимает почти круглую форму. В результате искривления пружинной трубки возникают напряжения в кольцах трубки, которые разгибают пружину. Не зажатый конец пружины выполняет движение, пропорциональное величине давления. Движение передаётся посредством стрелочного механизма на шкалу. Для измерений давления до 40 или 60 бар применяются, как правило, согнутые с углом витка около 2700, кругообразные пружины. Для измерений давления с более высокими значениями используются пружины с несколькими лежащими друг над другом витками и одинаковым витковым диаметром (винтовая пружина) или со спиралеобразными витками, лежащими в одной плоскости (плоская спиральная пружина). Трубчатые пружины обладают сравнительно низким перестановочным усилием. Поэтому их защита от перегрузки может проводиться только с ограничениями.

**Манометры с пластинчатой пружиной.**

|  |
| --- |
| https://studfile.net/html/2706/605/html_Yca4QQYxCw.MapN/img-YmMwts.png  Рисунок 6 – Манометр  с пластинчатой пружиной |

Пластинчатые пружины представляют собой тонкие гофрированные мембраны кругообразной формы, которые зажимаются или привариваются по краю между двумя фланцами и вступают в соприкосновение с измеряемой средой только с одной стороны. Вызванный в результате такого соприкосновения прогиб пропорционален величине давления. Движение передаётся посредством стрелочного механизма на шкалу. Пластинчатые пружины обладают сравнительно высоким перестановочным усилием. В результате кольцеобразного крепления пластинчатые пружины менее восприимчивы к вибрациям по сравнению с трубчатыми пружинами, однако погрешность показаний при изменениях температуры у них больше. Благодаря опорам для мембран достигается повышенная стойкость к перегрузкам. Покрытия или фольга, наносимые на поверхность пластинчатых пружин обеспечивают защиту от коррозийных измеряемых сред. Широкие соединительные отверстия или открытые соединительные фланцы, а также возможности по промывке делают пластинчатые пружины, особенно пригодными при работе с высоковязкими, загрязненными или кристаллизирующимися веществами. Диапазоны показаний лежат в пределах 0 ... 16 мбар и 0...40 бар с классом точности 1,6 и 2,5. Более высокий класс точности обеспечивают манометры с плоскими пружинами в специальном исполнении.

**Манометры с коробчатой пружиной**

|  |
| --- |
| https://studfile.net/html/2706/605/html_Yca4QQYxCw.MapN/img-9o3QA6.png  Рисунок 7 – Манометр  с коробчатой пружиной |

Давление измеряемой среды воздействует на внутреннюю сторону коробки, состоящей из двух кругообразных, гофрированных, герметично прилегающих друг к другу мембран. Возникающее под давлением поступательное движение пропорционально величине давления. Движение передается на шкалу с помощью стрелочного механизма. Манометры с коробчатой пружиной особенно пригодны для измерений давления газообразных сред. Защита от перегрузки возможна только в определенных границах. Для повышения чувствительности в манометре может устанавливаться ряд коробчатых пружин (“пакет” коробчатых пружин).

**Манометры абсолютного давления**

|  |
| --- |
| https://studfile.net/html/2706/605/html_Yca4QQYxCw.MapN/img-U54jIE.png  Рисунок 8 – Манометр  абсолютного давления |

Данные приборы используются для измерений давления независимо от колебаний атмосферного давления окружающей среды. В соответствии с различными сферами применения и диапазонами показаний, манометры для измерений абсолютного давления изготавливают согласно принципам измерений и формам чувствительных элементов, которые применяются в манометрах для измерений относительного давления. Давление измеряемой среды определяется по отношению к базовому давлению, которое равняется абсолютному давлению с величиной 0 (= абсолютный вакуум). Это означает, что на стороне измерительного элемента, не соприкасающейся с измеряемой средой, должно присутствовать базовое давление. Присутствие базового давления при использовании соответствующей формы пружин достигается посредством вакуумирования и герметизации соответствующей измерительной камеры или облегающего корпуса. Передача движения измерительного элемента и индикация давления осуществляются аналогично выше описанным манометрам относительного давления.

**Манометры дифференциального давления**

|  |
| --- |
| https://studfile.net/html/2706/605/html_Yca4QQYxCw.MapN/img-jIKzHm.png  Рисунок 9 – Манометр  дифференциального давления |

Приборы дифференциального давления применяются для измерений разницы между двумя отдельными давлениями. Базовым давлением является то, которое присутствует на стороне, взятой за эталонную. В качестве чувствительных элементов используются пружины тех же форм, что и в манометрах относительного давления. Как правило, чувствительные элементы подвергаются воздействию давления с обеих сторон. Установленная таким образом разность давлений передается с помощью стрелочного механизма непосредственно на шкалу. Если измеряемые давления одинаковы, измеряемый элемент остается неподвижным и показания прибора отсутствуют. Измерение низких разностных давлений возможно даже при высоком статическом давлении. Защита от высоких перегрузок обеспечивается с помощью пластинчатых чувствительных элементов. При выборе манометра следует учитывать допустимое статическое (рабочее) давление, а также максимально допустимую перегрузку. Для преобразования деформации чувствительного элемента в показания стрелки используются принципы, аналогичные принципам действия манометров избыточного давления.

**Приборы для измерения расхода жидкостей**

Для измерения расходов жидкостей и газов используют в основном два вида расходомеров – расходомеры переменного перепада и постоянного.

**Расходомер переменного перепада**. В основу принципа действия положено измерение перепада давления на сопротивлении, введенном в поток жидкости или газа.

Любая движущаяся система характеризуется соотношением ее кинетической и потенциальной энергий. Для жидкостей или газов, протекающих в трубопроводе, кинетическая энергия будет определяться скоростью движения среды через поперечное сечение трубопровода, а потенциальная – давлением в трубопроводе. При увеличении скорости протекания среды давление падает, и наоборот, т. е. происходит превращение одного вида энергии в другой.

|  |
| --- |
| https://studfile.net/html/2706/605/html_Yca4QQYxCw.MapN/img-1uVWnO.png  Рисунок 10 – Расходомер  переменного перепада |

В трубопровод, в котором необходимо измерить расход, вводят сопротивление, уменьшающее площадь поперечного сечения трубы.

В месте установки сопротивления скорость жидкости резко возрастает. Если измерять давление до сопротивления и непосредственно за ним, то разность давлений (перепад) будет зависеть от скорости потока, а следовательно, и от расхода. Такие сопротивления, устанавливаемые в трубопроводах, называются сужающими устройствами. В качестве сужающихустройств в системах контроля расхода применяют нормальные диафрагмы.

|  |
| --- |
| https://studfile.net/html/2706/605/html_Yca4QQYxCw.MapN/img-gcsJ2A.png  Рисунок 11 – Чувствительный элемент расходомера постоянного перепада |

Комплект диафрагмы состоит из диска 5 (рисунок 10) с отверстием, кромка которого с плоскостью диска составляет угол 45о. Диск *5*помещается между корпусами кольцевых камер 6 и 7. Между фланцами *10*и камерами 6 и 7 установлены уплотняющие прокладки *8.*Отборы давления *9*до и после диафрагмы берут из кольцевых камер.

Применение сужающих устройств ограничено диаметрами трубопроводов *(d*> 50 мм) и, следовательно, величиной измеряемого расхода (не ниже 25 м3/ч).

**Расходомеры постоянного перепада** применяют для измерения расходов до 20 м3/ч. Преобразователь постоянного перепада устроен следующим образом. Внутри расширяющегося патрубка или трубы с диафрагмой *2*(рисунок 11) помещают поплавок *3*конической формы, свободно перемещающийся в трубе. При восходящем потоке жидкости или газа на диафрагме *2*создается перепад давлений, который уравновешивается массой поплавка *3.*При увеличении расхода перепад увеличивается и поплавок *3*перемещается вверх до тех пор, пока площадь кольцевого зазора между поплавком *3*и диафрагмой 2 не увеличится до значения, при котором сила, вызванная увеличением перепада давления на поплавке, снова не уравновесится его массой. Перемещение поплавка *3*передается на стрелку показывающего прибора через шток *1,*магнит *4*и магнитную муфту 5.

**Приборы для измерения уровня**

Для измерения уровня жидкости с постоянной плотностью применяют гидростатические, поплавковые и буйковые уровнемеры.

**Принцип действия гидростатических уровнемеров** основан на измерении давления внутри жидкости, определяемого массой столба жидкости, расположенного между точкой измерения и поверхностью жидкости в емкости.

|  |
| --- |
| https://studfile.net/html/2706/605/html_Yca4QQYxCw.MapN/img-tJUEKJ.png  Рисунок 12 – Принципиальная схема гидростатического измерения уровня |

Если емкость открыта и жидкость, уровень которой измеряют, неагрессивна, то в качестве измерительного прибора применяют манометры (при высоте емкости не ниже 4 м) или напоромеры (при высоте емкости менее 4 м), устанавливаемые вблизи днища резервуара. Давление, показываемое прибором, при постоянной плотности жидкости будет пропорционально уровню жидкости.

Для измерения уровня агрессивных жидкостей, контакт которых с чувствительным элементом недопустим, отделяют чувствительный элемент прибора от агрессивной жидкости потоком сжатого воздуха или газа, который подают в соединительную линию.

В этом случае чувствительный элемент манометра не будет контактировать с жидкостью, уровень которой измеряют. Гидростатический уровнемер, построенный по такому принципу, представляет собой трубку 1 (рисунок 12), в которую от редукционного пневмоклапана 2 через вентиль 3и стакан 4подают сжатый воздух. При небольшом расходе воздуха, который регулируют вентилем по числу пузырьков воздуха в стакане 4за единицу времени, давление, измеренное манометром 5, будет равно гидростатическому давлению столба жидкости между концом трубки и поверхностью жидкости. При постоянной плотности жидкости показания манометра будут пропорциональны уровню жидкости.

Уровень в емкости, которая находится под давлением измеряют дифманометром. Перепад давлений равен гидростатическому давлению жидкости.

**Поплавковые уровнемеры** (рисунок 13) используют для измерения уровня по месту и дистанционной передачи показаний. Пустотелый поплавок 4связан тросом 3 с барабаном 2. Трос 3в один слой наматывают на барабан, длина окружности которого равна целой или дольной единице длины, например метру. Через вал 5 и шестерню 6вращение барабана передается на устройство 1дистанционной передачи показаний и на местное отсчетное устройство 7, которое фиксирует число оборотов барабана. Система приводится в действие противовесом 8*.*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| https://studfile.net/html/2706/605/html_Yca4QQYxCw.MapN/img-OMJwsk.png  1 – устройство дистанционной передачи показаний; 2, 10 – барабан; 3, 9 – трос; 4 – поплавок; 5 – вал; 6 – шестерни; 7 – отсчетное устройство; 8 – противовес.  Рисунок 13 – Поплавковый уровнемер |  | https://studfile.net/html/2706/605/html_Yca4QQYxCw.MapN/img-VuzIMi.png  1 – сосуд; 2 – тяга; 3 – буек;  4 – камера  Рисунок 14 – Буйковый  уровнемер |

**Буйковые уровнемеры** применяют для точного измерения уровня жидкости в сосудах, находящихся под давлением. Они бывают камерные и бескамерные. В камерных уровнемерах (рисунок 14) камера 4 патрубками с запорными вентилями подсоединяется к сосуду 1. Так как камера 4и сосуд 1 сообщаются, уровень жидкости в них будет одинаковым. В камере на тяге 2 подвешен буек 3*.*По закону Архимеда при погружении буйка в жидкость на него действует выталкивающая сила, равная массе жидкости, вытесненной погруженной частью буйка. При отсутствии жидкости в камере на тягу 2будет передаваться максимальное усилие, при заполнении камеры и полном погружении поплавка – минимальное. Передаваемое усилие преобразуется в пропорциональное перемещение стрелки или изменение сигнала дистанционной передачи на выходе передающего преобразователя. Диапазон измерения уровня определяется длиной поплавка и высотой установки камеры на емкости.

В бескамерных уровнемерах поплавок помещен непосредственно в сосуд, в котором измеряют уровень.

**Вибрационный датчик предельного уровня для жидкостей**

Применяются практически для любых жидкостей, даже в условиях турбулентности, в случае присутствия твердых взвешенных частиц или газовых пузырьков, пенообразования, внешней вибрации, независимо от физических и электропроводных свойств жидкости. Основные выполняемые функции - определение максимального и минимального уровня жидкости в емкости, защита от перелива, предохранение работы насосов при откачке и контроль наличия жидкости в трубопроводе.

Конструктивно датчик выполнен в форме камертона (вилки), одна из половин которого служит источником колебаний, генерируемых пьезокристаллом, а вторая - приемником на резонансной частоте.

|  |
| --- |
| https://studfile.net/html/2706/605/html_Yca4QQYxCw.MapN/img-RFuBQ5.png  Рисунок 15 – Вибрационный датчик предельного уровня для жидкостей |

Принцип работы основан на срабатывании датчика в момент изменения частоты колебаний от источника в результате изменения свойств среды, в которой распространяется сигнал (появление жидкости между пластинами). Сигнал, генерируемый в момент срабатывания, преобразуется в управляющий сигнал.

Прибор может обеспечивать высокую точность срабатывания (в пределах ±1мм) независимо от типа жидкости и типа емкости. Благодаря специально разработанной улучшенной электронике датчик не чувствителен к внешней вибрации, имеет функцию самодиагностики (степень коррозии, отключение датчика, обрыв сигнального кабеля), также имеет иммунитет против налипания продукта на рабочей поверхности или изменения размеров в результате коррозионных потерь материала, а также в результате воздействия ударной нагрузки, приводящей к деформации. Прибор может быть смонтирован на верхней или боковой поверхности емкости. Предел измерения от -40 до +150оС, при давлении среды от -1 до +40 Бар.

**Анализаторы свойств жидкостей и газов**

**Психрометры** применяют для автоматического измерения влажности газов. Два термометра, один из которых обернут влажной материей, будут иметь разные показания. Это явление объясняется тем, что при испарении влаги затрачивается энергия, и температура влажного предмета становится ниже. Кроме того, испарение идет тем интенсивнее, чем ниже влажность окружающей среды (больше ее влагопоглощающая способность). Следовательно, разница в показаниях сухого и мокрого термометров будет тем больше, чем ниже влажность в измеряемой точке.

|  |
| --- |
| https://studfile.net/html/2706/605/html_Yca4QQYxCw.MapN/img-jodC7L.png  Рисунок 16 – Принципиальная схема автоматического психрометра |

Упрощенная схема психрометра (рисунок 16) представляет собой два моста. В одно из плечей каждого моста включены термометры сопротивления Rtc и Rtм. Чехол термометра Rtм обернут матерчатым фитилем, конец которого погружен в сосуд с водой. При изменении влажности окружающего газа изменится соотношение сопротивлений термометров Rtc и Rtм и на вход усилителя поступит напряжение.

**Буйковый плотномер**. Принцип действия основан на законе Архимеда. Конструкция чувствительных элементов таких плотномеров аналогична конструкции буйковых уровнемеров, буек которых полностью погружен в жидкость (затоплен). В этом случае на тягу со стороны буйка будет действовать сила *F,*равная

*F*= *G*п*– Fв*= *G*п*– V*пγж,

где *G*п – масса поплавка;

*Fв*– выталкивающая сила;

*V*п– объем поплавка;

γж– плотность жидкости.

Измеряя изменение силы *F,*измеряют пропорциональное изменение плотности жидкости.

**Концентратомер.** Принцип действия основан на измерении электропроводности растворов. Концентратомер представляет собой мост (рисунок 17, *а),*плечи которого постоянные сопротивления *R1, R2,*а *Rх*и *Rэ*– измерительная и эталонная электродные системы, остальные сопротивления служат для настройки схемы.

|  |
| --- |
| https://studfile.net/html/2706/605/html_Yca4QQYxCw.MapN/img-7cE7o5.pnghttps://studfile.net/html/2706/605/html_Yca4QQYxCw.MapN/img-T0n3CU.png  Рисунок 17 – Принципиальная схема (а)  и преобразователь концентрации (б) |

Измерительная система *Rx*представляет собой два электрода, погружаемые в измерительный раствор. При колебаниях концентрации электропроводность раствора меняется и электронный усилитель *ЭУ*уравновешивает мостовую схему. Электропроводность растворов зависит от температуры. Чтобы уменьшить температурную погрешность измерения концентрации, эталонную электродную систему *Rэ*, которая помещена в эталонный сосуд с раствором известной концентрации, равной обычно верхнему или нижнему пределу измерений, погружают вместе с измерительными электродами в измеряемую среду.

В корпус 1 (рисунок 17, *б)*преобразователя для измерения концентрации помещен стакан 5с отверстиями, в верхнюю стенку которого вмонтированы два измерительных электрода 2и эталонный сосуд 4*.*Расход продукта через преобразователь регулируют вентилем 3.

|  |
| --- |
| https://studfile.net/html/2706/605/html_Yca4QQYxCw.MapN/img-2NrCOi.png  Рисунок 18 – Ротационный вискозиметр |

**Ротационный вискозиметр** (рисунок 18) представляет собой ведущий 2и измерительный 1 диски. Между дисками находится слой жидкости, вязкость которой измеряют. Диск 2приводится во вращение электродвигателем 3*.*Скорость вращения диска 2поддерживают постоянной. Через слой жидкости диску 1 передается крутящий момент, пропорциональный вязкости жидкости, под действием которого он будет поворачиваться на некоторый угол. Равновесие системы наступят тогда, когда крутящий момент будет уравновешен усилием пружины 4*.*Укрепленная на подвеске стрелка перемещается по шкале пропорционально вязкости жидкости.