

2 ДАТЧИКИ

2.1 Общие сведения

Для непрерывного контроля за режимом работы различных машин и агрегатов, протеканием технологических процессов необходимо иметь устройства, измеряющие значения величин, характеризующих эти процессы. В автоматике эти устройства называются датчиками.

Следует отметить, что термин «датчик» не имеет четкого толкования. В одних случаях за датчик принимают элемент, который выполняет функции измерения управляемых величин, в других - измерительный элемент и Дополнительный преобразователь, включаемый с целью преобразования сигнала измерительного элемента в сигнал другой величины.

В дальнейшем под датчиком будем понимать устройство, измеряющее параметры процесса, режима работы машин и агрегатов и преобразующее измеренные физические величины в сигнал, удобный для дальнейшей обработки и передачи на расстояние или в цепь управляющего устройства.

В большинстве случаев на выходе датчика будет либо механическая величина (перемещение, сила), либо электрическая величина (напряжение, ток, электрическое сопротивление, емкость, индуктивность, сдвиг фаз и др.).

Наиболее легко измерению поддаются электрические величины, поэтому во многих случаях при измерении неэлектрических величин совместно с измерительным органом предусматривается специальное устройство - преобразователь, в котором неэлектрическая величина на его входе преобразуется в электрическую величину на его выходе. Любая величина независимо от ее физической природы может быть преобразована в электрическое напряжение или ток, поэтому при автоматизации производственных процессов наиболее широкое распространение получили электрические датчики - измерительные устройства с преобразованием неэлектрической величины в электрическую.

Необходимо отметить, что одна из самых трудных и ответственных проблем при автоматизации любого производства и особенно сельскохозяйственного – это разработка соответствующих датчиков, способных отображать и контролировать автоматизируемые процессы. Очень часто требуется в одно и то же время измерять несколько управляемых величин (например, в животноводческих помещениях влажность, температуру и газовый состав среды), поэтому нужны различные датчики.

Свойства, которыми должен обладать каждый датчик, чтобы соответствовать своему назначению в автоматической системе, разнообразны поэтому можно выделить основные требования, предъявляемые к ним: однозначность зависимости между входной и выходной величинами, когда конкретному значению входной величины соответствует строго определенное значение выходной; линейная (там, где это возможно) самая простая и наглядная зависимость между выходной и входной величинами; высокая чувствительность к измеряемой величине; достаточная мощность выходного сигнала, обеспечивающая по возможности дальнейшее управление элементами системы без усилителей; стабильность характеристик во времени, то есть в течение определенного периода эксплуатации; отсутствие влияния нагрузки выходной цепи на измеряемую электрическую величину и на технологический процесс в целом; малая инерционность, то есть минимальная задержка в передаче сигнала через датчик; наименьшее влияние посторонних факторов на характеристики датчика; устойчивость к воздействиям окружающей среды; надежная и долговечная работа; невысокая стоимость; технологичность изготовления; удобство эксплуатации; достаточная степень унификации отдельных частей. Датчики, используемые в современных системах автоматики, классифицируют по различным признакам: физической природе входных и выходных величин, принципу действия и конструктивному исполнению.

В зависимости от физической природы входной величины датчики делятся на датчики электрических величин (тока, напряжения, мощности, частоты) и датчики неэлектрических величин (температуры, давления, скорости,

уровня и т. п.). По виду энергии выходной величины датчики делятся на электрические и неэлектрические. Электрические датчики по принципу действия делятся на параметрические, в которых входные величины (обычно неэлектрические) преобразуются в выходные параметры электрических цепей (R - сопротивления, L- индуктивные, C- емкостные и М- трансформаторные) и генераторные, в которых энергия входной величины преобразуется в энергию электрического выходного сигнала ЭДС.

Неэлектрические датчики подразделяются на механические, пневматические и др. По характеру изменения выходного сигнала во времени различают датчики непрерывного действия, которые выдают сигнал непрерывно, и дискретного действия, у которых значение выходного сигнала в определенные промежутки времени равно нулю.

Основными параметрами, характеризующими датчик, являются чувствительность и инерционность. Чувствительность датчика представляет собой отношение изменения Δy его выходной величины к изменению Δx входной.

$$S = \Delta y / \Delta x \quad \text{или} \quad S = dy/dx.$$

Таким образом, чувствительность является первой производной функции, выражающей зависимость выходной величины от входной. В дальнейшем при изучении динамики автоматических систем управления отношение для установившегося режима будем называть коэффициентом усиления датчика. Инерционность датчика отражает некоторое запаздывание в измерении значения управляемой величины, которое может быть обусловлено массой деталей, тепловыми свойствами, индуктивностью, емкостью и другими параметрами самого датчика.

2.2 Датчики сопротивления

В системах автоматики для измерения усилий, моментов сил, линейных и

угловых перемещений и иных величин широкое применение находят датчики электрического (активного) сопротивления (контактные, реостатные, тензометрические и др.).

В контактных датчиках в результате различных воздействий происходит замыкание и размыкание контактов, включенных в какую-либо электрическую цепь. Контактные датчики бывают одностороннего действия (рис.2.1 а) с одним неподвижным и одним подвижным контактами и Двухстороннего (рис. 2.1 б) с одним подвижным и двумя неподвижными контактами, а также многопредельными, то есть с несколькими последовательно замыкающимися друг за другом контактами (рис.2.1в).

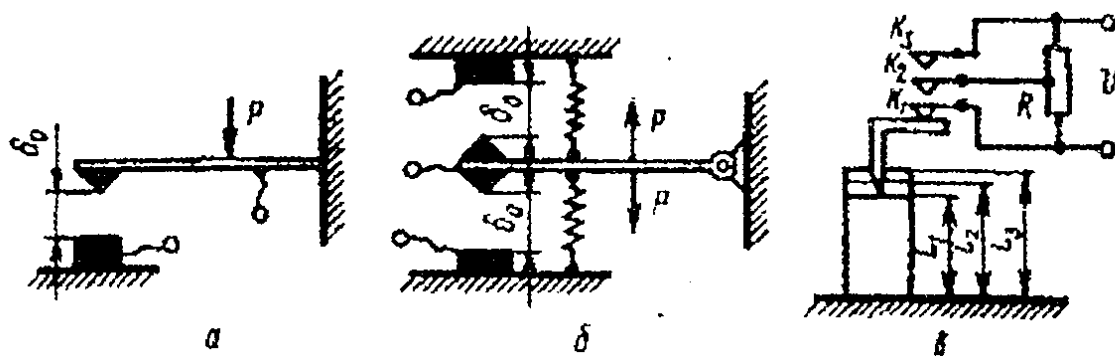


Рис. 2.1- Контактные датчики:

а - одностороннего действия; б - двухстороннего действия; в - многопредельный.

Несмотря на простоту, контактные датчики могут контролировать линейные размеры с высокой точностью. Все дело в самих контактах и в том, в какую цепь они включены. Чем меньше ток цепи, в которую введен контактный датчик, тем выше его точность. Весьма точные результаты можно получить, включая датчик в сеточную цепь электронной лампы, поскольку эта цепь потребляет очень небольшой ток.

Нечувствительность контактных датчиков определяется начальным зазором δ_0 между контактами. Выходная величина датчика будет равна нулю до тех пор, пока подвижная часть контактов под действием измеряемой величины P не преодолеет зазор δ_0 .

Основной недостаток рассматриваемых датчиков - ограниченный срок службы контактов, которые подвергаются действию электрической дуги, обгорают, изменяют свои свойства и размеры.

Потенциометрические датчики за счет изменения своего электрического сопротивления преобразуют угловое или линейное перемещение измерительного органа в постоянный или переменный ток. Различают датчики с угловым (рис.2.2,а) и линейным (рис.2.2,б) перемещением подвижного контакта, соединенного с подвижной частью объекта, изменение положения которой измеряется. Для датчика каждого вида можно установить зависимость выходной величины от входной.

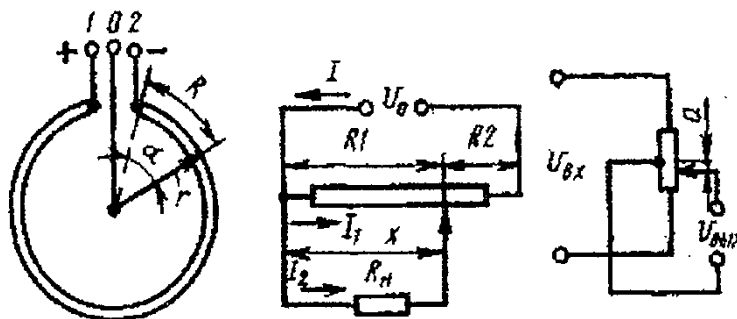


Рисунок 2.2 - Потенциометрические датчики:

а – с угловым перемещением контакта; б - с линейным перемещением контакта;

в - с отводом от средней точки.

Если для датчика с угловым перемещением контакта обозначить сопротивление, приходящееся на единицу длины окружности при равномерной намотке как $R1$ радиус датчика - как r , то зависимость сопротивления R на выходе между клеммами 0 и 2 от угла α поворота ползунка

$$R = \alpha r R1$$

Чувствительность такого датчика

$$S = Dr/da$$

то есть она тем выше, чем больше радиус ползунка и чем больше сопротивление, приходящееся на единицу длины окружности (последнее зависит от удельного сопротивления материала и сечения наматываемой проволоки).

Для потенциометрического датчика с линейным перемещением контакта (рис. 2.2.б) входной величиной является x — положение подвижного контакта, выходной — напряжение U_n при постоянном сопротивлении R_n , которое представляет собой сопротивление устройства, воспроизводящего изменение положения ползунка.

Значит, выходная величина U_n пропорциональна величине x . Заметим, что если у потенциометрического датчика сделать отвод от середины обмотки (рис. 2.2, в), то такой датчик будет характеризовать не только значение, но и направление перемещения движка. Для намотки датчиков применяют проволоку из константана, нихрома, манганина, никелина, реотана, фехраля и др.

К недостаткам потенциометрических датчиков можно отнести наличие скользящего контакта и то, что характеристика «выход» от «входа» не всегда получается линейной. Однако простота конструкции и возможность обойтись без усилителей зачастую компенсируют отмеченные недостатки.

Угольные датчики преобразуют действующее на них усилие в электрическое сопротивление или силу тока. Входной величиной здесь будет измеряемое усилие, а выходной сопротивление датчика или сила тока в нем. Различают датчики этого типа в виде столбиков и так называемые тензолиты, состоящие из порошка, угля, графита или сажи, смешанного с бакелитовым или другим изолирующим лаком.

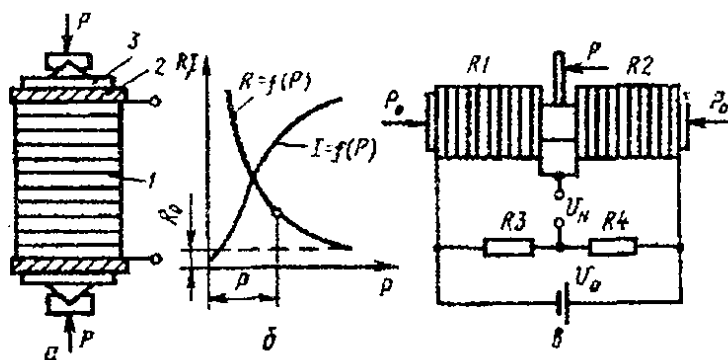


Рисунок 2.3 - Угольные датчики:

а - простой; б - характеристики угольного датчика; в - дифференциальный.

Простейший датчик в виде столбика, набранного из 10...15 угольных шайб 1 диаметром 5... 10 мм и толщиной 1...2 мм, показан на рисунке 2.4, а. На концах столбика монтируются контактные диски 2 и упорные конструкции 3, через которые передается усилие P на диски. Электрическое сопротивление такого столбика складывается из переходных контактных сопротивлений между угольными дисками и собственных сопротивлений дисков.

Тензометрические датчики, или так называемые тензосопротивления, предназначены главным образом для измерения деформаций и механических напряжений, обусловленных этими деформациями. Они представляют собой тонкую (диаметром 0,02... 0,04 мм) зигзагообразно уложенную и обклеенную с двух сторон тонкой папиросной бумагой проволоку, изготовленную из материала высокого удельного сопротивления. Тензосопротивление приклеивают прочным клеем к поверхности испытуемой детали так, чтобы направление ожидаемой деформации совпадало с длинной стороной петель проволоки. Размеры тензодатчиков невелики: длина 2,5...150 мм, ширина 3...60 мм. Сопротивление тензодатчиков обычно 100...200 Ом. Деформации детали передаются на проволоку, в результате чего изменяется ее длина, диаметр и как следствие электрическое сопротивление R .

2.3 Индуктивные датчики

Принцип действия датчиков основан на изменении индуктивного сопротивления катушки при перемещении в ней ферромагнитного сердечника или при изменении зазора в сердечнике с помещенной на нем катушкой. Вследствие простоты и надежности конструкции, большой мощности на выходе и отсутствия подвижных контактов находят широкое применение при измерении давления, расхода различных жидкостей и газов, линейных и угловых перемещений. Эти датчики работают от сети переменного тока на частотах от 50 Гц до нескольких килогерц.

Индуктивные датчики с подвижным якорем (с изменяющимся зазором) используют для измерения и контроля очень малых (до 2 мм) перемещений. Когда подвижный якорь 1 (рис.2.4,а) под действием механического усилия P меняет положение по отношению к неподвижному магнитопроводу 2, изменяется воздушный зазор δ , который является входной величиной датчика, что вызывает изменение индуктивного сопротивления катушки, а следовательно, и выходной величины - тока I

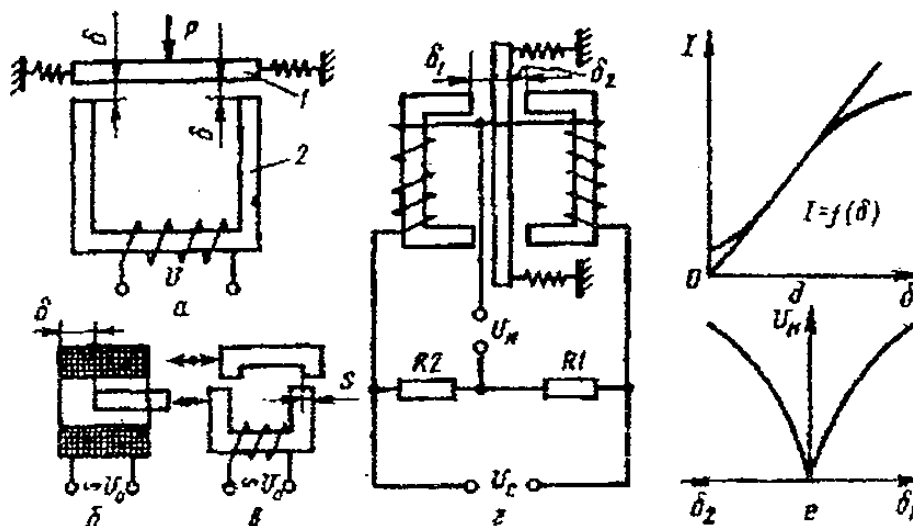


Рисунок 2.4 - Индуктивные датчики и их характеристики:

а - с подвижным якорем; б - с перемещающимся сердечником; в - с изменяющейся площадью зазора; г - дифференциальный; д - характеристика датчиков (о, б, а); е - характеристика дифференциального датчика.

2.4 Трансформаторные датчики

Принцип действия датчиков основан на изменении взаимной индуктивности между двумя системами обмоток. Взаимная индуктивность M может изменяться как от изменения полного магнитного сопротивления цепи, так и от взаимного перемещения обмоток.

Трансформаторные датчики, применяемые для измерения угловых перемещений, имеют вторичную обмотку, выполненную в виде рамки, которая по-

вращивается в кольцевом якоре (рис.2.5,а), и ее ЭДС может меняться в зависимости от угла φ и ЭДС E .

Широко применяются трансформаторные датчики, выполненные в виде электрических машин, конструктивно похожие на синхронные машины с первичной обмоткой, расположенной на статоре, а вторичной - на роторе. Они подразделяются на вращающиеся трансформаторы (ВТ) и сельсины.

У ВТ на статоре и роторе, как правило, расположено по две взаимно перпендикулярные обмотки. Работают ВТ либо в режиме синусно-косинусного вращающегося трансформатора (СКВТ) (рис.2.5,б), либо в режиме линейного вращающегося трансформатора (ЛВТ) (рис. 2.5,в).

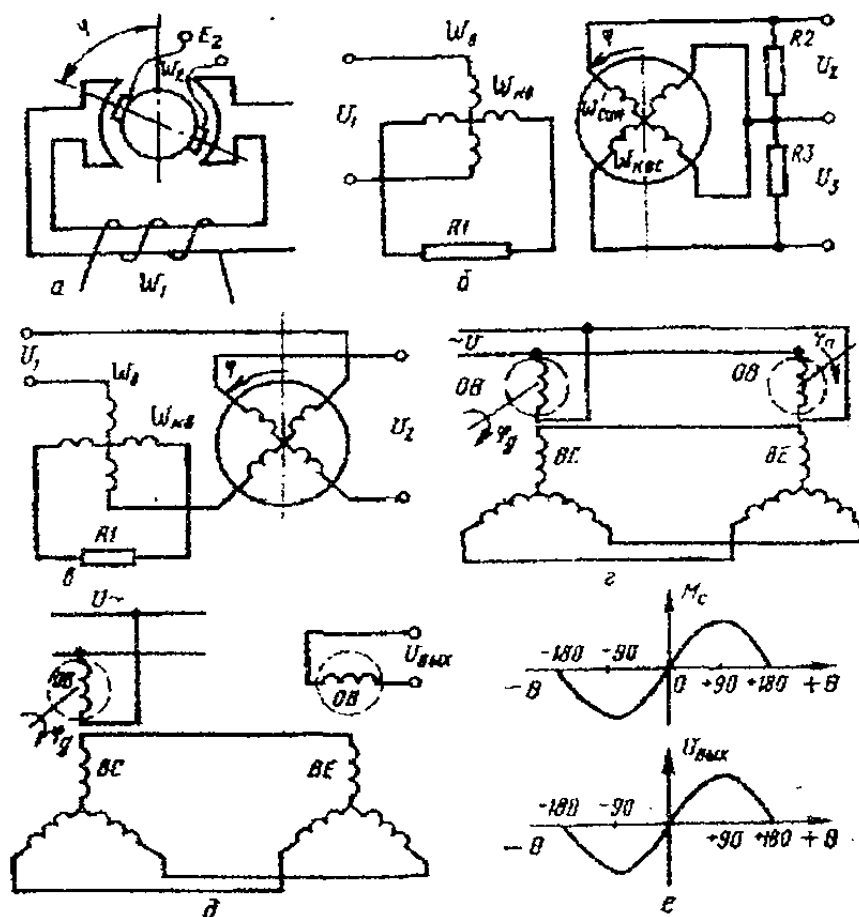


Рисунок 2.5 - Трансформаторные датчики:

а - угловых перемещений, б - вращающийся трансформатор в синусно - косинусном режиме; в - вращающийся в режиме дистанционной передачи угла; г - схема включения сельсинов в линейном режиме; д - схема включения сельсинов в трансформаторном режиме; е - статические.

Трансформаторным датчикам присущи недостатки и Достоинства индуктивных датчиков, кроме того, у них отсутствует гальваническая связь между цепями входа и выхода.

2.5 Емкостные датчики

Емкостный датчик представляет собой конденсатор, емкость которого зависит от площади пластин, расстояния между ними и диэлектрической проницаемости среды между обкладками. Различают три типа емкостных датчиков: с изменяемой площадью пластин, с изменяемым расстоянием между пластинами и с изменяемой диэлектрической проницаемостью между пластинами. Все названные параметры емкостных датчиков являются входной величиной, а выходной величиной будет емкость. Наибольшее распространение получили датчики, выполненные в виде плоского или цилиндрического конденсатора. Различные примеры емкостных датчиков схематично изображены на рисунке 2.6

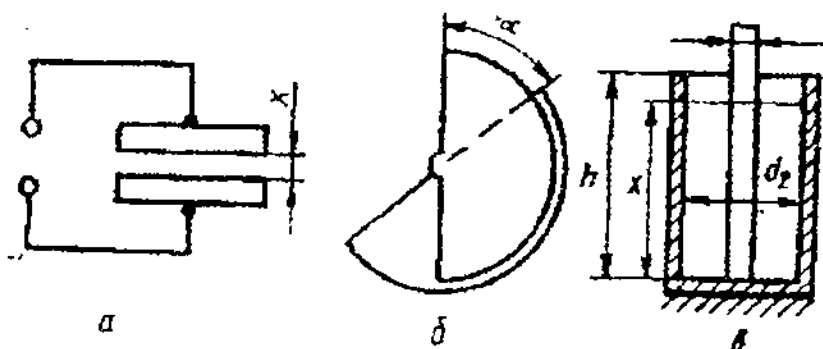


Рисунок 2.6 - Емкостные датчики:

а - плоский; б - с угловым перемещением; в - цилиндрический

Датчики, работа которых основана на емкостном принципе, применяют для измерения различных параметров: влажности почвы, зерна и численного состава, расхода, давлений, толщины различных материалов и т. п. Все более широкое распространение получают емкостные датчики для измерения уровней

различных веществ с цифровым отсчетом результатов, которые можно передавать на большие расстояния.

Емкостным датчикам присущ ряд недостатков: 1) мощность выходного сигнала невелика, поэтому необходимо применять усилители; 2) при промышленной частоте не удастся получить значительную мощность датчиков, в связи с этим обычно они получают питание от источников повышенной частоты (10 кГц и более); 3) сильное влияние оказывают паразитные емкости (особенно емкости соединительных проводов относительно земли), что вынуждает использовать экранирующие элементы для проводов и датчика.

2.6 Фотоэлектрические датчики

Эти датчики получили широкое распространение в автоматических системах контроля и управления различными технологическими процессами. Принцип действия их основан на использовании фотоэлектрического эффекта. Датчики представляют собой фотоэлементы, реагирующие на изменение светового потока. Известно, что световая энергия, действуя на некоторые материалы, сообщает их электронам дополнительную энергию, достаточную для того, чтобы часть электронов оказалась свободной.

В зависимости от поведения высвобождающихся под действием светового потока электронов различают три типа фотоэлементов: с внешним фотоэффектом (вакуумные или газонаполненные), с запирающим слоем (вентильные) и с внутренним фотоэффектом (фотосопротивления).

Фотоэлементы с внешним фотоэффектом (рис.2.7,а) представляют собой вакуумную или газонаполненную лампу, анод которой выполнен в виде кольца или пластинки, а катод 2 образован светочувствительным слоем (цезий или сплав сурьмы с цезием), нанесенным на внутреннюю поверхность колбы.

Электрический ток возникает как поток электронов, выбитых под действием световой энергии с поверхности вещества (внешний фотоэффект). У фотоэлементов с внутренним фотоэффектом свободные электроны, изменяя

под действием светового потока свое энергетическое состояние, остаются в веществе. Наиболее распространены селеновые и медно-закисные фотоэлементы.

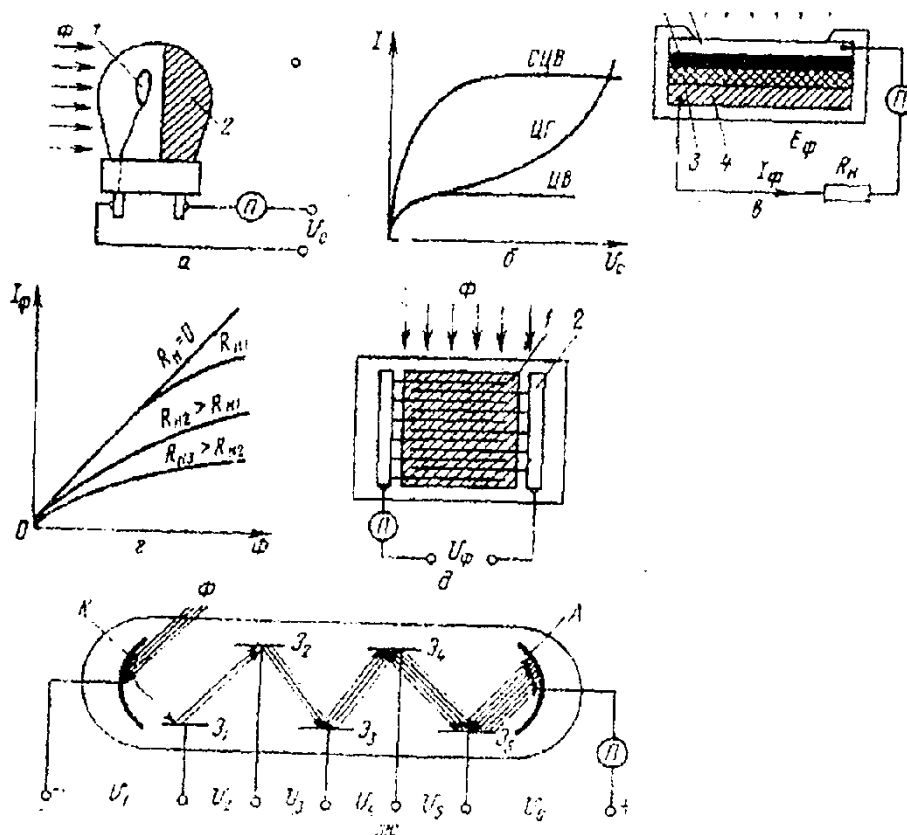


Рисунок 2.7 - Фотоэлементы и их характеристики:

- А - с внешним фотоэффектом;
- Б - характеристика фотоэлементов с внешним фотоэффектом;
- В - с внутренним фотоэффектом;
- Г - характеристики фотоэлементов с внутренним фотоэффектом;
- Д - фотосопротивление;
- Е - характеристика фотосопротивления;
- Ж – фотоумножитель.

На рисунке 2.7 показаны устройство и схема включения селенового фотоэлемента. Элемент состоит из тонкой пленки золота 1, запирающего слоя 2, селенового слоя 3 и стальной подкладки 4. Запирающий слой на границе селена с золотом, обладая детекторными свойствами, не позволяет электронам, выбитым световым потоком, возвращаться обратно. Световой поток проходит через

пленку золота и создает вентильный фотоэффект, при котором электроны из освещенного слоя переходят в неосвещенный, отделенный изоляционным запирающим слоем. Вследствие этого возникает разность потенциалов E_f и протекает ток I_f в нагрузочном сопротивлении R . Чем больше R тем менее линейна световая характеристика (рис.2.7,г).

У фотосопротивлений (рис.2.7,д) на стеклянную пластинку 1 нанесен тонкий слой селена или сернистых соединений металлов (таллия, висмута, кадмия, свинца). К пластинке прикрепляют электроды 2, контактирующие с полупроводниковым слоем. При подаче к электродам напряжения через полупроводник потечет ток, сила которого зависит от освещенности светочувствительной поверхности фотосопротивления.

Фотоэлементы и фотосопротивления просты по устройству, невелики по габаритам, высокочувствительны и достаточно надежны в работе. Находят широкое применение в системах автоматики сельскохозяйственного производства: для автоматического управления уличным освещением, как датчики освещенности в теплицах, для измерения температуры нагретых тел (фотоэлектрический пирометр), определения прозрачности жидкости или газов, подсчета изделий, проходящих по конвейеру, для оценки состояния поверхности объекта, для контроля пламени в топках и т. д.

Фотодатчики с электрическим током на выходе часто используются в составе фотоэлектрических реле, для чего их соединяют с контактными или бесконтактными электрическими реле. Особенно подходят для этой цели тиратроны, выполняющие функции одновременно и усилителя и реле. Фотоэлектрические реле очень удобны, а в ряде случаев и незаменимы как аппараты для автоматической сигнализации, браковки, сортировки, счета, защиты, управления и т. д. В целом же возможности фотоэлектрических реле в автоматике чрезвычайно велики.

Широкое применение в автоматике находят фототриоды и фотоумножители

2.7 Датчики температуры

Датчики для измерения температуры различных тел или сред используют в своей работе разнообразные свойства веществ или материалов, изменяющиеся в зависимости от температуры. Это может быть изменение линейных размеров или объема, коэффициента температурного сопротивления, термоэлектродвижущей силы, электропроводности и т. п.

Широкое применение в системах автоматики находят контактные термометры, биметаллические датчики, термометры сопротивления, полупроводников термосопротивления, термопары, позисторы. Контактные термометры относятся к датчикам, основанным на принципе теплового расширения жидкостей и газов.

Жидкостный (ртутный) датчик представляет собой стеклянную трубку, внутри которой размещена стеклянная ампула с капилляром, где находится ртуть. В ампулу (рис.2.8,а) введены два контакта: один впаян снизу и соединен со столбиком ртути, а второй (подвижный) расположен сверху и может перемещаться в капилляре при помощи магнитной головки (на рисунке не показана). Поскольку высота столба ртути зависит от температуры измеряемой среды, то каждому положению подвижного контакта будет соответствовать определенное значение температуры срабатывания датчика.

Таким образом, контактный термометр датчик двухпозиционного действия, входной величиной которого является температура, а выходной - высота столба жидкости в капилляре. Пределы регулирования температуры от - 30 до +100 °С (и выше). В схемах автоматики такие термометры применяются с промежуточным реле, потому что разрывная мощность контактов не превышает 2 Вт при токе 0,2 А.

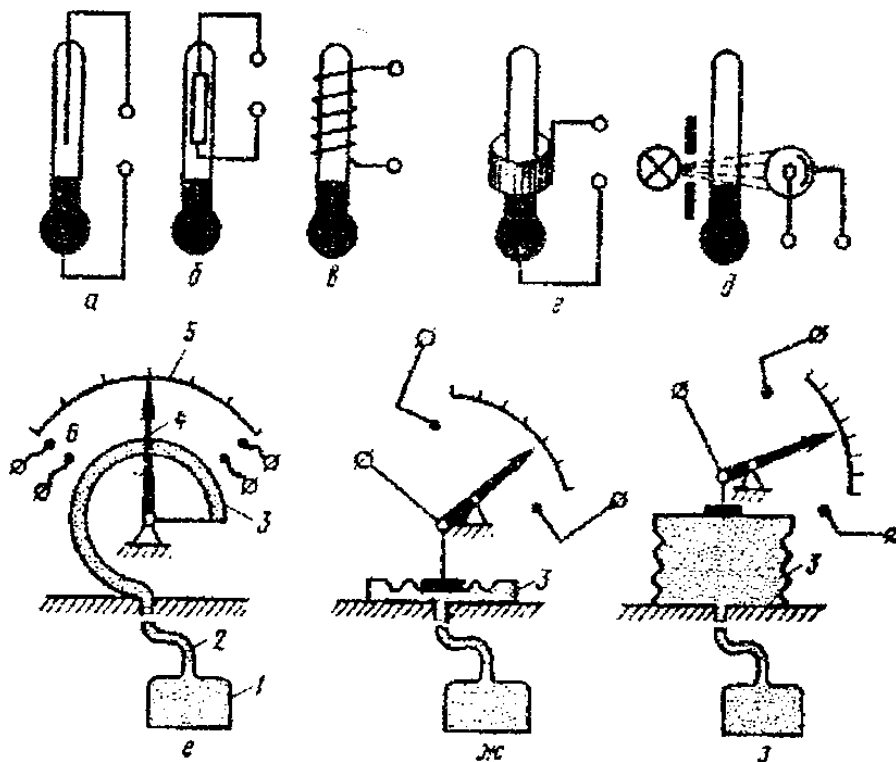


Рисунок 2.8 - Датчики температуры:

а, б, в, г и д — жидкостные; е, ж и з — манометрические.

Помимо рассмотренной конструкции, применяют термометры, где вариации столба жидкости используют для изменения сопротивления резистора, впаянного в капилляр (рис.2.8,б), индуктивности катушки (рис.2.8,в), емкости (рис.2.8,г), интенсивности светового потока (рис.2.8,д).

Манометрические датчики используют зависимость давления, находящегося в замкнутой системе газа или насыщенного пара низкокипящей жидкости, от температуры. Замкнутая система (рис.2.8, е,ж,з) состоит из баллона 1, погружаемого в измеряемую среду, соединительного капилляра 2 и манометра 3, связанного через систему рычагов со стрелкой 4 измерительной шкалы 5. Изменение температуры в этих датчиках происходит за счет перемещения манометрических пружин (е), мембран (ж), сильфонов (з). При достижении предельных значений температуры стрелка вызывает срабатывание контактной системы 6, в результате чего возникает управляющий сигнал. Датчики манометрического типа позволяют вести визуальный контроль температуры, причем

шкала датчика может быть удалена на значительное расстояние от контролируемого объекта (длина капилляра до 40 м). Жидкостные манометрические датчики заполняются ртутью, ацетоном, эфиром, спиртом и их соединениями, а газовые - азотом и инертными газами.

Погрешность измерения манометрических датчиков составляет 1... 2,5 %, пределы измерения ограничиваются температурами качественного изменения физических свойств рабочего тела (например, температуры замерзания и кипения рабочей жидкости). Недостатки таких датчиков в том, что значительная инерционность и повышенная чувствительность к вибрации и толчкам могут вызвать срабатывание контактов. В схемах автоматики манометрические датчики применяют без промежуточных реле, поскольку мощность их контактов доступна для управления магнитными пускателями исполнительных механизмов.

В биметаллических датчиках измерительным органом служит спай двух полосок металлов с различными температурными коэффициентами расширения. При изменении температуры измерительный эффект деформируется (изгибается), причем степень деформации пропорциональна температуре. Спаянные пластинки изгибаются в сторону металла с меньшим температурным коэффициентом расширения. На рисунке 2.9, а показан датчик, у которого деформация биметаллической пластинки 1 используется для освобождения пружины 2, которая обеспечивает резкое и четкое срабатывание контактов 3.

Для резкого срабатывания контактов в датчиках температуры типа ДТКМ (с пределами регулирования от - 30 до +50 °С и разрывной мощностью контактов 50 Вт) применяют постоянные магниты, которые притягивают пластинку сразу после того, как при определенной температуре она достигнет заданной степени деформации.

Диапазон рабочих температур биметаллических датчиков весьма велик: от - 60 до +350°С. Чувствительность их обычно составляет 1 °С, но может быть и выше.

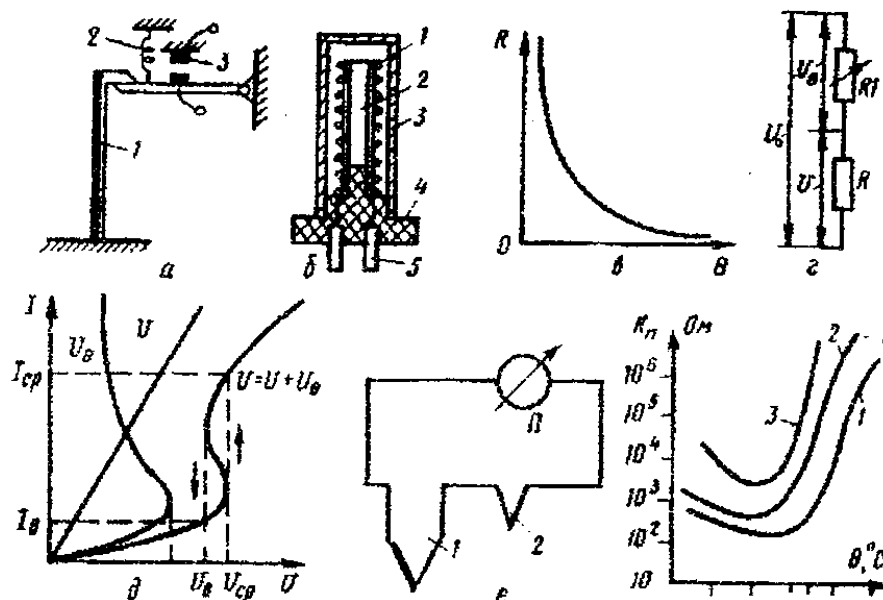


Рисунок 2.9 - Датчики температуры:

а - биметаллический; б - термометр сопротивления; в - характеристика термистора; г - схема включения термистора; д - вольтамперные характеристики термистора, е - схема включения термопары; ж - температурные характеристики позисторов при одном напряжении: позистора СТ6-1А; 2-СТ6-1Б; 3-СТ6-3Б.

В термометрах сопротивления используют свойство металлических проводников изменять свое электрическое сопротивление при изменении температуры.

В этих термометрах на рисунке 2.9,б проволока 1, изготовленная из меди или платины, намотана на изоляционный каркас 2 и закрыта кожухом 3. Выводы 5 закреплены в изоляционной колодке 4.

Токовые нагрузки термометров сопротивления очень малы, с тем чтобы тепло, выделяемое током в проволоке термометра, было возможно меньшим по сравнению с получаемым от среды, где измеряется температура. Поскольку интенсивность расхода тепла зависит от многих факторов (геометрических размеров и формы проводника и арматуры, к которой крепится проводник, состава, плотности, теплопроводности окружающей среды, скорости перемещения и т. п.), термометры сопротивления могут применяться и для измерения

других величин - скорости, плотности и состава газовой или жидкой среды.

Полупроводниковые термосопротивления (ПТР) или термисторы, температурный коэффициент которых в 8... 10 раз больше, чем у металлов, получили широкое распространение в автоматических системах управления температурой. В зависимости от материала термисторы делятся на медно - марганцевые (ММТ) и кобальто - марганцевые (КМТ). Диапазон измеряемых и контролируемых ими температур составляет от - 70 до 1480°C. Конструктивно они представляют собой шарик, трубку или диск из этих полупроводниковых материалов с металлическими выводами.

Характерной особенностью термисторов является возможность получения релейного эффекта в цепи (рис.2.9,г), куда они включены. Если через термисторы пропускать ток, то по мере его увеличения напряжение U_0 на термисторе R_1 растет сначала пропорционально току, а затем начинает падать из-за уменьшения сопротивления, вызванного нагревом термистора током. Дальнейшее повышение напряжения в цепи термистора, не ограниченной другим проводниковым сопротивлением до значения U_m , сопровождается скачкообразным неограниченным увеличением тока и вызывает разрушение термистора. Чтобы ограничить ток, в цепь термистора включают сопротивление R_1 с прямолинейной низкой стабильностью параметров. Выпускаемые промышленностью термисторы имеют разброс по сопротивлению до +20 % от номинала, что затрудняет их взаимозаменяемость.

Позисторы обладают большим положительным температурным коэффициентом сопротивления, достигающим 80 % на 1°C в узком диапазоне температур. Их изготавливают из титаната бария со специально подобранными примесями, придающими им свойства полупроводника, у которого сопротивление сильно зависит от температуры. Температурный коэффициент позисторов в 3...4 раза больше, чем у термистора. Позисторы встраиваются в обмотки двигателей для измерения их температуры.

В термоэлектрических датчиках (термопары) используют термоэлектрический эффект. Если спаять два разных специально подобранных проводника и

спаянный конец 1 (рис. 2.9, д) нагреть, то на свободных (холодных) концах проводников появится термо-ЭДС. Это происходит потому, что энергия свободных электронов в различных металлах увеличивается с ростом температуры неодинаково. Наличие перепада температур вдоль проводника приводит к тому, что энергии и скорости электронов на конце проводника с более высокой температурой будут больше и электроны начнут двигаться от горячего конца к холодному. Значение термо - ЭДС E пропорционально разности температур нагретого и свободных концов и зависит от металла проволок. При измерении температуры свободным концам обеспечивают постоянную температуру, для чего их достаточно удаляют от спаев или удлиняют путем подбора проводов 2, обладающих теми же термо-ЭДС и названных поэтому, термоидентичными или компенсационными. На практике применяются термопары: хромель-копелевые (ХК) с пределами измерения температуры до 600 °С, медь - константановые (М) до 350 °С, железо-константановые (Ж) до 600 °С и др.

2.8 Датчики уровня

Датчики уровня - это устройства для измерения уровней веществ относительно какой-либо отметки, принятой за начало отсчета. В автоматических системах управления находят применение мембранные, электродные, поплавковые и другие датчики уровня.

На рисунке 2.10,а показаны мембранные датчики, используемые как указатели предельного (верхнего и нижнего) уровня сыпучих тел в емкостях. В таких датчиках применяют микропереключатели, которые срабатывают при заданном усилии, соответствующем определенному уровню сыпучего материала над датчиком.

На рисунке 2.10.б, изображен мембранный уровнемер, в котором на основе измерения давления, передаваемого на мембрану весом столба жидкости, контролируется ее уровень. Вес жидкости, пропорциональный ее уровню H , вызывает определённый изгиб мембраны 1, механически связанной с угольным

датчиком 2. Давление, соответствующее уровню материала, передается к угольному датчику, на выходе которого возникает электрический сигнал, измеряемый прибором П или используемый для управления.

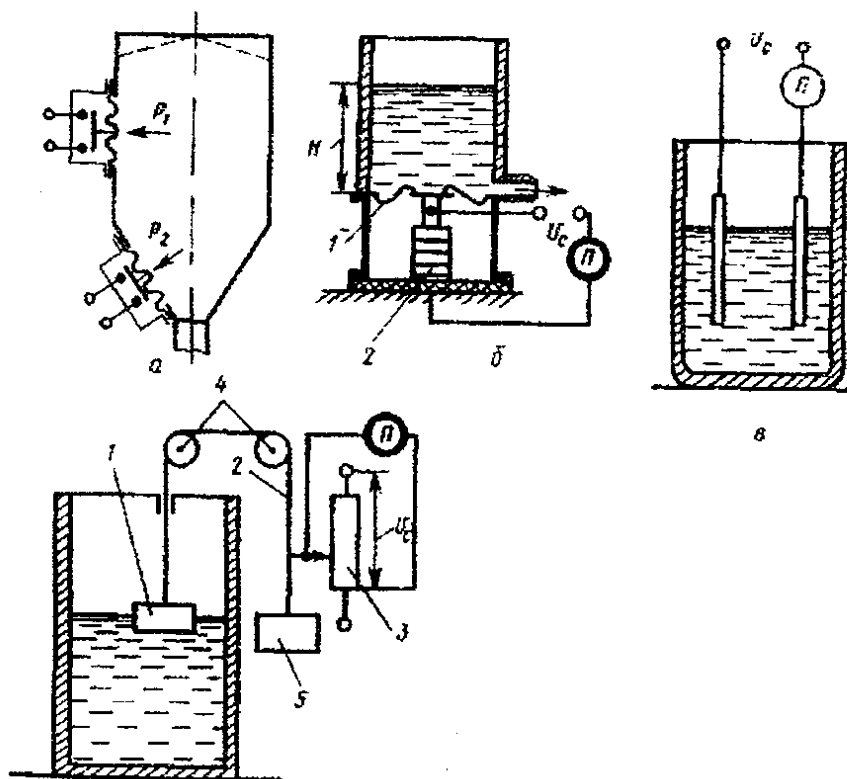


Рисунок 2.10 - Датчики уровня: а и б - мембранные; в- электродный; г- поплавковый.

Шкала прибора проградуирована в единицах уровня. Заметим, что измерение давления столба жидкости происходит в сосуде, сообщаемом с тем резервуаром, где контролируется уровень.

Электродные датчики позволяют измерять уровни жидкостей и некоторых сыпучих тел по соответствующему изменению активной или емкостной проводимости межэлектродного пространства датчика, (рис. 2.10.в).

Электродные датчики просты, точны, недороги и делают возможным дистанционное измерение уровней в различных емкостях.

В поплавковых датчиках изменения уровня жидкости, воспринимаемые поплавком 1 (рис.2.10.г), передаются механической связью (трос 2, блоки 4, противовес 5) элементу, который обычно преобразует эти изменения в электри-

ческий сигнал при помощи потенциометрического 3 или индуктивного преобразователя. К выходу датчика подключен измерительный прибор П, регистрирующий отклонения уровня. Сигнал с выхода может быть подан в автоматическую систему управления. Такие датчики позволяют контролировать уровень в широких пределах, Их основным недостатком является наличие подвижных частей.

Кроме рассмотренных датчиков, для измерения уровней жидкостей применяют различные уровнемеры - дифманометры, реагирующие на перепад давлений, созданных жидкостью в напорном бачке на постоянной высоте, и жидкостью, уровень которой измеряется.

Среди датчиков для измерения уровней сыпучих материалов можно назвать, например, крыльчатки, которые свободно вращаются в воздухе и останавливаются, замыкая свои контакты при соприкосновении с сыпучим материалом.

2.9. Датчики угловой скорости

Для измерения угловых скоростей широкое применение находят центробежные тахометры и тахометрические преобразователи (тахогенераторы).

Схема простейшего центробежного тахометрического датчика показана на рисунке 2.11. Ось 3, на которой при помощи шарниров и четырех рычагов 2 закреплены два груза 1, воспринимает вращательное движение от объекта, чья угловая скоростью измеряется. Пружина 4 надета на ось 3 в слегка сжатом состоянии, поэтому ползунки (нижний подвижный, верхний неподвижный), когда ось не вращается, удалены друг от друга на максимально возможное расстояние. При вращении оси с некоторой угловой скоростью грузы 1 под действием центробежной силы симметрично расходятся, пружина сжимается и нижний ползунок поднимается до тех пор, пока сила пружины не уравновесит инерционные силы двух масс.

Вращение оси через зубчатое колесо передается на счетный механизм 5, который регистрирует угловую скорость на шкале, проградуированной в единицах угловой скорости, или на специальное устройство 6, фиксирующее перемещение нижнего ползунка.

Таким устройством может быть якорь индуктивного датчика, подвижный электрод емкостного датчика, подвижный ползунок потенциометрического датчика и т. п. Тахогенераторы могут быть постоянного тока (рис.2.11.б) с постоянными магнитами или с обмоткой возбуждения переменного тока (рис.2.11.в).

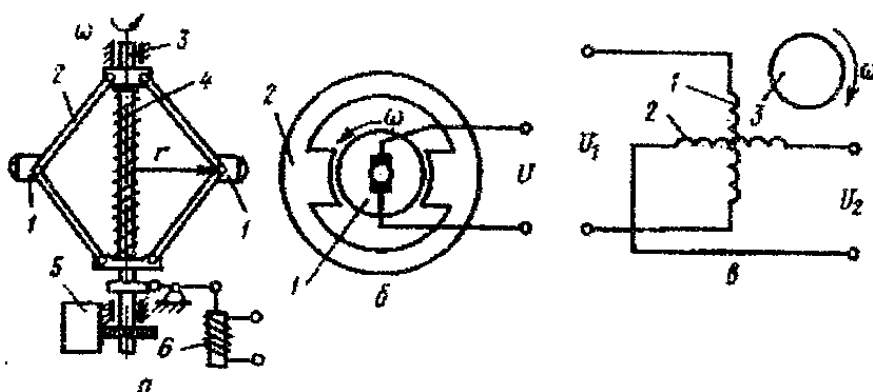


Рисунок 2.11 - Датчики скорости:

А - тахометрический центробежный; б - тахогенератор постоянного тока;
в - тахогенератор переменного тока.

У тахогенератора постоянного тока с постоянными магнитами якорь 1 вращается в магнитном поле постоянного магнита 2.

В тахогенераторах постоянного тока обмотка возбуждения получает питание от независимого источника, поэтому магнитный поток остается неизменным, а выходное напряжение прямо пропорционально угловой скорости вала (при этом переходными процессами в якоре пренебрегают).

Такие тахогенераторы имеют следующие недостатки: наличие щеток в коллекторе приводит к снижению надежности работы, температура влияет на сопротивление обмоток, а следовательно, на выходную величину и др.

Асинхронные тахогенераторы переменного тока не имеют подвижных контактов. На статоре размещено две обмотки (рис.2.11.б), расположенные под углом 90^0 . Обмотка возбуждения 1 получает питание U_1 , от источника переменного тока, с обмотки 2 снимается выходное напряжение U_2 . Ротор 3 представляет собой алюминиевый стакан, вращающийся между статором и неподвижным цилиндрическим сердечником. Когда ротор не вращается, выходное напряжение U_2 равно нулю, так как оси обмоток взаимно перпендикулярны. В роторе, вращающемся в магнитном поле обмотки возбуждения, индуцируется ток, который создает магнитный поток, пересекающий нитки выходной обмотки 2, и наводит в ней переменную ЭДС.

Существуют и некоторые другие датчики измерения угловой скорости. Так, находят применение центробежные (гидравлические или пневматические) импеллеры. Для измерения частоты вращения используют цифровые автоматические тахометры с индикацией результата измерений на световом табло в десятичной системе. Такие тахометры (например, цифровой автоматический тахометр ЦАТ-ЭМ) включают в себя датчик частоты вращения и частотомер.

2.10 Датчики давления

Из всего разнообразия датчиков давления, отличающихся принципом действия и устройством, будут рассмотрены лишь некоторые, получившие наиболее широкое распространение в практике сельскохозяйственного производства.

В датчике с манометрической тонкостенной упругой трубкой 1 (рис. 2.12.а), изогнутой по дуге и имеющей овальное сечение, при изменении давления контролируемой среды меняется давление внутри трубки. Свободный конец трубки перемещается и через систему рычагов 2 приводит в движение указательную стрелку 3 относительно измерительной шкалы 4. Стрелка связана с контактной системой, включенной в электрическую цепь управления. Движение свободного конца трубки можно преобразовать в перемещение контакта потенциометрического датчика и т. п.

У сифонных датчиков давления газов (рис.2.12.б) и жидкостей (рис.2.12.в) гофрированная трубка 1 соединена через рейку 2 с зубчатым колесом 3, которое связано с подвижной частью устройства, преобразующего перемещение рейки 2 под действием изменяющего давления P в электрический сигнал. Напряжение $U_{\text{вых}}$ на выходе потенциометрического преобразователя пропорционально (коэффициент K) измеряемому давлению.

$$U_{\text{вых}} = kP$$

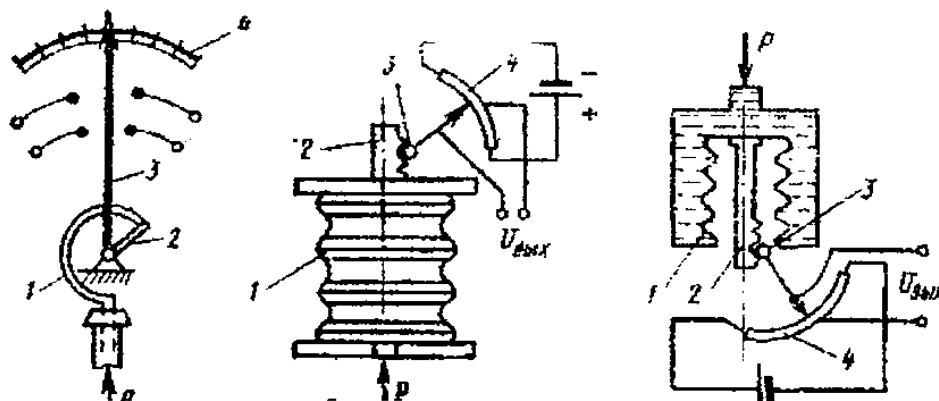


Рисунок 2.12 - Датчики давления:

а - с манометрической трубкой; б и в - сифонные.

Под действием давления P сифон растягивается или сжимается и перемещает рейку, а вместе с ней, как показано на рисунке, и ползунок потенциометра 4.

Пьезоэлектрические датчики применяются для измерения давлений и особенно там, где процесс изменения давлений происходит быстро, например изменение давления газов в двигателях внутреннего сгорания, давления звуковых колебаний и т. п. Широко применяются пьезоэлектрические адаптеры (звукосниматели граммофонных пластинок), манометры, вибраторы (для измерения вибрации машин), акселерометры (измерителя ускорений) и многие другие приборы. Принцип действия их основан на использовании прямого пьезоэлектрического эффекта, то есть появления электрических зарядов на гранях некоторых диэлектриков при их деформации. Наибольшее применение из материа-

лов, обладающих пьезоэлектрическим эффектом, получили кварц, сегнетова соль, титанат бария и др. Малые габариты, простота устройства, широкий частотный диапазон измеряемых величин - достоинства пьезоэлектрических датчиков; невысокая чувствительность и непригодность к измерению статических величин - недостатки.

2.11 Датчики расхода

Для измерения расхода жидкостей и газов применяются различные датчики. Наибольшее распространение получил метод измерения расхода по перепаду, давления в дроссельных устройствах, которыми могут служить диафрагмы, сопла, различные трубки.

В датчике с дросселем-диафрагмой 2 (рис.2.13.а), помещенной в трубопровод 1, за счет того, что сечение отверстия диафрагмы намного меньше сечения трубопровода, создается перепад давлений. Этот перепад улавливается при помощи отводных трубок 3, в одну из которых вставлено омическое сопротивление R , которое с измерительным прибором П подключено к источнику тока и в процессе работы шунтируется жидкостью.

По показанию прибора, шкала которого проградуирована в единицах измерения расхода, судят о количестве жидкости, проходящей по трубопроводу в единицу времени.

Датчики с вертикальной и спиральной вертушками находят широкое применение для измерения расхода воды, жидкого топлива, газа и других веществ.

В датчике с вертикальной вертушкой 1 (рис.2.13.б), помещенной в корпус 2, жидкость, протекая через датчик, приводит во вращение вертушку, угловая скорость ω (рад/с) которой пропорциональна (коэффициент c) скорости потока. Вертушка соединена со счетным механизмом прибора, измеряющего расход.

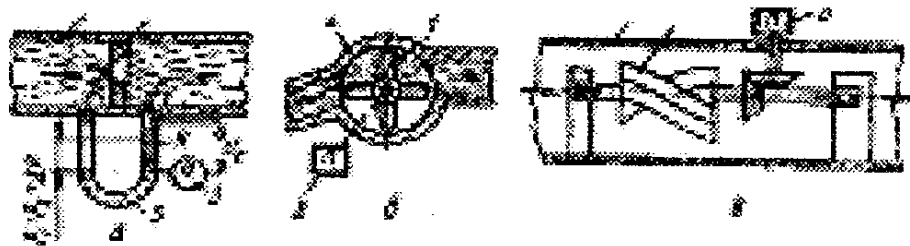


Рисунок 2.13 - Датчики расхода:

а - с дросселем-диафрагмой; б - с вертикальной вертушкой; в - со спиральной вертушкой

У датчика со спиральной вертушкой 2 (рис.2.13.в), размещенной в трубопроводе, вращение вертушки передается на измерительный прибор 3, шкала которого проградуирована в единицах расхода.

Кроме рассмотренных датчиков расхода, находят применение объемные счетчики, работающие по принципу измерения числа отмеренных объемов жидкости, протекающей по трубопроводу: расходомеры постоянного перепада давлений, в которых перепады гидродинамических давлений восходящего потока уравниваются весом поршня или поплавка; расходомеры обтекания, у которых рабочий элемент (крыло, диск, шарик и т. п.) воспринимает динамическое давление обтекающего его потока и перемещается в зависимости от значения расхода; расходомеры щелевого типа, тепловые, чашечные анемометры и многие другие.

2.12. Датчики влажности

Существующие методы измерения влажности твердых и сыпучих тел, газов и других сред разделяют на прямые и косвенные. При прямых методах измерения влажности измеряемое вещество разделяют на сухое вещество и влагу.

В практике метод высушивания используют как эталонный, но реализовать его для измерения влажности в виде датчика автоматики практически сложно. Поэтому используют косвенные методы измерения, здесь о влажности материала судят по какой-либо физической величине, связанной с его влажно-

стью. Широкое распространение получили электрические методы, которые менее точны, чем прямые, но они наиболее просто и быстро позволяют осуществить измерение влажности и полученный сигнал использовать для целей контроля и управления.

К электрическим методам относят кондуктометрический, при котором о величине влажности судят по результатам измерения электрической проводимости измеряемого материала; диэлькометрический, здесь о влажности судят по значению диэлектрической проницаемости или тангенса угла диэлектрических потерь и гигрометрический, при котором о влажности среды судят по изменениям электрических или механических характеристик гигроскопического вещества, помещаемого в измеряемую среду.

По конструкции кондуктометрические и диэлькометрические датчики состоят из цилиндрического или плоского конденсатора, между электродами которого размещают материал, влажность которого подлежит измерению. Наибольшее распространение получили датчики с диэлькометрическим методом измерения влажности.

Гигрометрические датчики применяются для измерения влажности воздуха и газов. Воспринимающим элементом служит человеческий обезжиренный волос или пленка толщиной 5... 30 мк, изготовленная из оболочки кишок крупного рогатого скота. Волос удлиняется на 2... 2,5 %, а животная пленка - на 4... 5 % при изменении относительной влажности воздуха от 0 до 100 %. Удлинение передается через рычажной механизм на стрелку прибора, которая отклоняется пропорционально влажности. Для измерения влажности газов и воздуха нашли применение полупроводниковые гигристоры. Они представляют собой тонкую пленку из полупроводникового материала, сопротивление которого резко падает при увеличении влажности. Большая инерционность, наличие гистерезиса и влияние температуры окружающей среды на точность измерения не позволяют гигристорам найти широкое применение.

Конструкция датчиков влажности, в основе которых лежит один из названных выше методов, очень разнообразна. Подробные сведения о кон-

струкции датчиков, влажности и их характеристиках приводятся в специальной литературе.

2.13. Электронные и ионизационные датчики

Электронные датчики представляют собой электронные и ионные лампы, у которых можно менять взаимное расположение электродов: анода, катода и сетки. Перемещение одного из электродов приведет к изменению вольтамперной характеристики лампы. Для практических целей применяют вдвоенные диоды с мостовой измерительной схемой (рис. 2.14). Подлежащее измерению перемещение осуществляют поворотным измерительным стержнем 1, закрепленным в мембране 2, который смещает вдвоенные аноды 3 относительно неподвижного катода 4. Такие датчики имеют высокую чувствительность по току.

Электронные датчики, или, как их называют, механотроны, характеризуются малым внутренним сопротивлением и значительным током при невысоком анодном напряжении и чувствительности по току до 100 мА/мм.

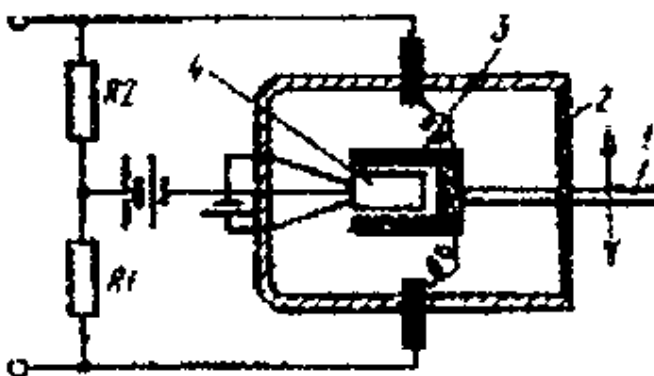


Рисунок 2.14 - Схема электронного датчика со встроенным диодом.

Датчики ионизирующего излучения применяются для измерения мощности радиоактивного излучения, загрязненности веществ радиоактивными препаратами, для измерения числа и местонахождения специально «меченых» атомов, а также для измерения неэлектрических величин, функционально связанных с радиоактивным излучением, попадающим в приемник. Обязательные

элементы любого датчика ионизирующего излучения: источник и приемник излучения. Источниками излучений служат естественные и искусственные радиоактивные изотопы и рентгеновские трубки. Используются различные виды ионизирующих излучений (α -, β - или γ - излучение, нейтронное и рентгеновское излучение). Основные величины, характеризующие ионизирующие излучения, активность источника, интенсивность и доза излучения, α -, β -излучения представляют собой потоки радиоактивных частиц, γ -излучение и рентгеновское коротковолновое электромагнитное излучение, рассматриваемое часто по аналогии с α - и β -частицами как поток γ -квантов. Принцип действия приемников излучения, преобразующих энергию ионизирующего излучения в электрическую энергию основан на явлении ионизации газов при прохождении через них излучения или на люминесценции некоторых веществ под действием излучения. В качестве приемников используют: ионизационные камеры, пропорциональные счетчики, газоразрядные счетчики (явление ионизации) и сцинтилляционные счетчики (явление люминесценции).