1. Метрологические характеристики

Расчёт класса точности

Класс точности является обобщённой метрологической характеристикой средств измерений (СИ) и определяется пределами допускаемых погрешностей, а также другими свойствами СИ, влияющими на точность измерений. Класс точности указывается в сопроводительной документации на СИ или на шкале отсчётного устройства в виде обозначения, соответствующего форме выражения пределов допускаемой основной погрешности по ГОСТ 8.401-80.

Исходные данные:

- верхний предел измерений.

Предпочтительное значение измеряемой величины x должно соответствовать примерно 0.75 от верхнего предела измерений:

Предел допустимых основных погрешностей пьезоэлектрических преобразователей возьмем из таблицы (ГОСТ 3044-74)

Где слагаемое является аддитивной составляющей, а слагаемое - мультипликативной.

b=

Расчёт численного значения класса точности сводится к определению постоянных c и d с учётом, что 2<c/d<20, с и d найдем по формулам:

;

,

где c и d – положительные числа.

Значение с для приборов переменного тока должно находиться в пределах 0.01<c<0.1.

Полученное значение с=0.04 входит в заданные пределы.

Класс точности:

Пределы допускаемой относительной основной погрешности устанавливают по формуле:

Абсолютная погрешность

Определение выходного кода и его параметров

Выходной код и его параметры выбираются по ГОСТ 26.014-81 «ЕССП. Средства измерений и автоматизации. Сигналы электрические кодированные входные и выходные».

 На вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП) с выхода аналогового канала поступает сигнал S с некоторой погрешностью; АЦП за счёт квантования аналогового сигнала вносит дополнительную погрешность. В результате величина Z на выходе АЦП будет иметь некоторую погрешность. При аддитивном характере составляющих погрешности и результирующая погрешность будет определяться как:

Суммарное среднее квадратическое отклонение (с.к.о.) погрешности преобразования:

, (1)

где: - с.к.о. погрешности аналогового сигнала;

- с.к.о. погрешности АЦП за счёт квантования;

∆S - шаг квантования, которому соответствует погрешность

Здесь, т.к.для входного сигнала принят закон равномерного распределения.

Влияние составляющей, распределённой равномерно, приводит в их композиции к уменьшению доверительных интервалов при заданной доверительной вероятности по сравнению с нормальным законом. Если отношение 0.5∆S/δs=0.1…1.0, то доверительный интервал ±1.7δz имеет доверительную вероятность P=0.98. При отношении 0.5∆S/δs<0.1 при Р=0.99 доверительный интервал будет равен ±2δz.

При отсутствии систематических погрешностей и принятии допущения о том, что случайная погрешность распределена нормально, можно установить зависимость между приведённой допускаемой погрешностью γ и с.к.о. этой погрешности.

При этих условиях 95% значений случайной погрешности находится в пределах от -2δs до +2δs.

Примем

,

откуда

Если с.к.о. погрешности от квантования принять равным δs,то

суммарное с.к.о. в результате квантования согласно (1) увеличивается на 41% по сравнению c δs.

Если принять ∆S=δs, суммарное с.к.о. увеличивается только на 4%,т.е. в этом случае квантование почти не изменит с.к.о. суммарной погрешности. Этому соотношению примерно соответствует минимально допустимое отношение с/d=2, установленное ГОСТ 14014-82 и соответствующее равенству аддитивной и мультипликативной составляющих погрешностей.

Шаг квантования (цена единицы младшего разряда кода)

где;

;

Номинальное число ступеней квантования (разрешающая способность)

Число разрядов кода

Вид кода: двоичный нормальный

Функция преобразования (статическая функция преобразования) - функциональная зависимость между информативными параметрами выходного и входного сигналов.

При определении функции преобразования учитываем, что аналоговый канал представляет собой линейную цепь прямого преобразования последовательного типа.

Номинальная функция преобразования:

где , К1,К2, КЗ,К4 - коэффициенты преобразования отдельных звеньев цепи

Таким образом, номинальная функция преобразования имеет вид:

U=k\*k\*k (T),

где U- напряжение;

k1 – коэффициент преобразования термопары;

k2 – коэффициент преобразования усилителя;

k3 – коэффициент преобразования фильтра;

Т – температура.

Чувствительность СИ – приращение информативного параметра выходного сигнала ∆y СИ к вызвавшему его приращению информативного параметра входного сигнала ∆x:

При линейной статической характеристике преобразования чувствительность постоянна и равна:

где

где мВ- термоЭДС термоэлектрических термометров типа ТХА стандартной градуировки ХА при температуре свободных концов 0ºС ГОСТ 3044-74

Фильтруемый усиленный сигнал не изменяется по частоте.

Порог чувствительности – наименьшее изменение входной величины, обнаруживаемое с помощью данного СИ. Значение порога чувствительности аналогового канала, предвключённого к цифровому СИ не должно быть меньше цены деления младшего разряда выходного кода, поэтому принимаем его равным 0.01 кг.

2 Динамические характеристики

Динамические характеристики - характеристики инерционных свойств СИ, определяющие зависимость выходного сигнала от меняющихся во времени величин: параметров входного сигнала, внешних влияющих величин, нагрузки.

Общая передаточная функция имеет вид:

К (р)общ= k(р)\*k(р)\*k(р).

где;

k1(р)– передаточная функция термопары;

k2(р)– передаточная функция усилителя;

k3(р)– передаточная функция фильтра

р – оператор Лапласа.

Коэффициент демпфирования β для исключения возможности резонансных явлений не должен превышать 0.8

Переходная характеристика для аналогового канала, по своим динамическим свойствамимеет вид:

 (2)

где τ –постоянная времени датчика;

ω0 – собственная частота звена;

Значение выходного сигнала h(t) выбираем из условия, что оно должно отличаться от установившегося значения не больше, чем на установленное ТЗ значение δдоп=0.04.

Время установления показаний определяем по временной характеристике h(t), решая уравнение (2) относительно t:

Исходные данные

h(t)=0.04 – временная переходная характеристика;

τ=

Кобщ=0.00625

Подставляя числовые данные в уравнение (2), решаем его относительно

времени установления показаний

3. Эксплуатационные характеристики

Эксплуатационные характеристики: климатические и механические воздействия, устанавливаются для нормальных или рабочих условий применения и предельных условий транспортирования (ГОСТ 14014-82).

Нормальные условия применения характеризуются совокупностью значений или областей значений влияющих величин, принимаемых за нормальные. Устанавливаются по ГОСТ 22261 – 82 и ГОСТ 8.395 – 80.

Рабочие условия применения – совокупность значений влияющей величины, которые не выходят за пределы рабочей области значений, нормирующих дополнительную погрешность или изменение показаний СИ. Устанавливаются по ГОСТ 22261 – 82.

4. Показатели надёжности

Показателями надёжности для разрабатываемого цифрового устройства являются безотказность, долговечность, ремонтопригодность.

В качестве характеристики безотказности установлена наработку на отказ, равная 1500 часов.

В качестве характеристики долговечности принят средний срок службы до списания, который должен быть не менее 8 лет.

Ремонтопригодность характеризуется средним временем восстановления, которое выбираем не менее 2 часов.

5. Требования безопасности

Требования по электробезопасности по ГОСТ 12.2.097-83.

Требования к основным элементам конструкции, органам управления, средствам защиты, безопасности ремонта, монтажа, хранения по ГОСТ 12.2.003-74, ГОСТ 14014-82, ГОСТ 22251-76.

6. Показатели помехозащищённости

Показатели помехозащищённости, средства и методы поверки: установлены по ГОСТ 1014-82.

1. Основная схема типичной контрольно-измерительной системы

В терминах электроники измерительный преобразователь определяется обычно как прибор, преобразующий неэлектрическую физическую величину (называемую измеряемой физической величиной) в электрический сигнал, или наоборот. Имеются, конечно, и исключения из этого правила.

Отсюда следует, что измерительные преобразователи используются в электронных системах, т. е. в технических устройствах с электрическим сигналом, отображающим результат измерений или наблюдений. С другой стороны, измерительный преобразователь может быть использован на выходе системы, чтобы, скажем, генерировать механическое движение в зависимости от электрического управляющего сигнала. Примером реализации преобразователей является справочная система, в которой микрофон (входной преобразователь) превращает звук (измеряемую физическую величину) в электрический сигнал. Последний усиливается, а затем поступает на громкоговоритель (выходной преобразователь), вос­производящий звук существенно более громкий, нежели тот, который воспринимается микрофоном.

Довольно часто измеряемая величина согласно ее определению просто измеряется электронной системой, а полученный результат только отображается или запоминается. Однако в некоторых случаях измерения образуют входной сигнал управляющей схемы, которая служит либо для регулирования измеряемой величины относительно некоторого заранее установленного уровня, либо для управления переменной величиной в соответствии с измеряемой. Несмотря на очевидное частичное дублирование измерительных преобразователей в этих двух примерах, принято различать эти области использования преобразователей, называя их соответственно контрольно-измерительное оборудование и управляющее.

На рис. 1.1, а представлены основные составляющие типичной контрольно-измерительной системы. Безусловно, не все они должны иметь место в каждом конкретном случае применения этих систем. На рис. 1.1.б изображена в упрощенном виде типовая система управления. В сущности, часть системы управления является контрольно-измерительной системой. Таким образом, в интересах настоящего доклада измерительные преобразователи и схемы сопряжения их с другим оборудованием систем (интерфейсы) следует рассматривать с общих позиций, хотя в дальнейшем будут сделаны ссылки на конкретные области их использования.

Рассматривая рис. 1.1, следует остановиться на следующих главных моментах.

Измеряемая величина — это подлежащая измерению физическая величина, например: ускорение, перемещение, сила, расход, уровень, положение, давление, механическое напряжение, температура, скорость и т. п. В некоторых случаях измеряемой может быть и электрическая, величина, такая, как ток, напряжение или частота, которая преобразуется в электрический сигнал, пригодный для использования в других частях системы. При, этом измерительный преобразователь является электрическим преобразующим элементом.

Входной преобразователь, преобразующий измеряемую величину в электрический сигнал, — это прибор, пригодный для использования в других частях системы. Правда, хотя входные преобразователи генерируют электрический выход, существуют, однако, среди них и такие, которые имеют другую природу выходного сигнала, например давление воздуха, но таких преобразователей немного и они здесь не рассматриваются. Преобразователи с неэлектрическим выходом применяются в качестве чувствительных элементов измерительных преобразователей или служат для превращения неэлектрического сигнала в электрический. Все функции преобразователей являются аналоговыми, поэтому в общем случае (за некоторыми исключениями) их сигналы также аналоговые.

Линии связи — это линии между входным преобразователем и другой частью системы. Таких линий в строгом смысле может иногда и не быть, если, скажем, входной преобразователь размещается в нескольких сантиметрах от другой части системы. Если же он располагается на другом расстоянии от системы, то должны быть предприняты шаги к тому, чтобы линии связи не влияли либо слабо влияли на эффективность работы системы.

Там, где в системе имеются существенные линии связи, требуется один или 6oлee каскадов сопряжения сигналов, чтобы малый выходной сигнал входного преобразователя усилить, подвергнуть аналого-цифровому преобразованию, фильтрации, модуляции и т. п. Это необходимо для того, чтобы информация, выдаваемая первичным преобразователем, не терялась при передаче ее к другим частям системы. Такие каскады могут включать в себя и схемы обработки сигнала, в которых содержащиеся в сигнале входного преобразователя данные подвергаются цифровой обработке, а результирующий сигнал или результаты вычислений могут быть отображены на дисплее, запомнены или использованы в целях управления. Сопряжение сигналов может осуществляться в нескольких точках системы.

В некоторых случаях довольно сложно сделать заключение о том, где в системе аналоговые сигналы преобразователей становятся данными. Поэтому часто невозможно различать каскады формирования аналогового сигнала и обработки данных. К. счастью, это различие является довольно значительным.

Отображающие или запоминающие приборы — это приборы, которые индицируют текущее значение измеряемой величины для удобства работы оператора системы или запоминают соответствующую информацию для ее последующего использования.

В случае управляющей системы (рис. 1.1, б) применяются некоторые виды компарирующих приборов, предназначенных для сравнения обрабатываемых данных с некоторыми опорными значениями и получения разностного сигнала.

Работающий по разностному сигналу выходной преобразователь используется для управления измеряемой величиной.

Безусловно, приведенные на рис. 1.1 примеры систем содержат не все типы каскадов формирования и обработки сигналов и не отражают всех режимов работы контрольно-измерительных и управляющих систем.

Вообще говоря, принципы работы входных и выходных преобразователей довольно просты. Конечно, режимы их работы существенно отличаются друг от друга -входные преобразователи обычно используются для преобразования изменений измеряемой величины в слабый электрический сигнал, а выходные преобразователи преобразуют мощный сигнал в сильное перемещение. По этой причине следует рассматривать два различных типа приборов. В докладе речь идет о входных преобразователях, которые являются воспринимающими элементами электронных систем.

Структурная схема любого преобразователя

Любой преобразователь можно рассматривать как устройство, структурная схема которого представлена на рис. 1.4. Здесь чувствительный элемент воспринимает змеряемое свойство объекта и преобразует его в другую физическую величину. Затем преобразующий элемент преобразует эту физическую величину в электрический сигнал, значение которого отражает уровень измеряемого свойства объекта. Другими возможными частями измерительного преобразователя являются схемы формирования сигнала и питания.

Рис. 1.4. Структурная схема измерительного преобразователя, включающая в себя элементы, общие для всех типов преобразователей. Показанные в пунктирных линиях элементы могут в некоторых преобразователях отсутствовать

Чувствительный элемент преобразует измеряемую часть физической величины в такую физическую величину, которая может быть воспринята и измерена преобразующим элементом. С этой точки зрения и сам чувствительный элемент можно рассматривать, строго говоря, как преобразователь.

Пьезоэлектрические преобразователи

Прямой пьезоэлектрический эффект.

В кристаллических диэлектриках различно заряженные ионы располагаются в определенном порядке, образуя кристаллическую решетку. Поскольку разноименно заряженные ионы чередуются и расположены так, что их заряды взаимно компенсируются, в целом кристалл электрически нейтрален. Электрическая структура кристалла, симметричного относительно оси или плоскости, схематически показана на рисунке 2.1.

Рисунок 2.1 - Электрическая структура кристалла диэлектрика, симметричного относительно оси (плоскости)

В направлении оси X ионы различных знаков чередуются и взаимно компенсируют свои заряды. При действии на кристалл силы Fх в направлении X кристаллическая решетка деформируется, расстояния между положительными и отрицательными ионами изменяются, и кристалл электризуется в этом направлении. На его гранях, перпендикулярных оси X, появляется заряд:

q=d11Fx (2.1)

пропорциональный силе Fx. Коэффициент d11, зависящий от вещества и его состояния, называется пьезоэлектрическим модулем. Индексы при коэффициенте d определяются ориентацией силы и грани, на которой появляется заряд, относительно кристаллических осей. При изменении ориентации пьезоэлектрический модуль изменяется. Электризация кристалла под действием внешних сил называется прямым пьезоэффектом. Вещества, обладающие пьезоэффектом, называются пьезоэлектриками. Для изготовления измерительных преобразователей наибольшее применение нашли естественные кристаллы кварца и искусственные пьезоэлектрические материалы - пьезокерамики.

Кварц (SiO2). Призматическая часть кристалла кварца и расположение кристаллических осей показаны на рисунке 2.2.

Х- электрическая ось; V- механическая ось; 2- оптическая ось

Рисунок 2.2 - Кристалл кварт

Ось X - электрическая, ось Y - механическая, ось Z - оптическая. Для использования в измерительных преобразователях из кристалла вырезается пластинка. При действии на пластинку сил вдоль осей X или Y происходит поляризация кристалла. На гранях, перпендикулярных оси X, появляются заряды:

q = d11 Fx или q = d11(Qx- Qy)Fy (2.2)

где Fx и Fy - соответствующие силы; Qx и Qy площади граней, перпендикулярных осям X и Y; d11=d12=2,31\*10-12 К/Н - пьезоэлектрические модули.Возникновение заряда под действием силы Fx называется продольным пьезоэффектом, возникновение заряда под действием Fy -поперечным пьезоэффектом. Действие силы Fz вдоль оси Z не вызывает никаких электрических зарядов.

Е пьезо-ЭДС на электродах пьезоэлемента; С- собственная емкость пьезоэлемента; С1- суммарная емкость кабеля я входа усилителя; R- входное сопротивление усилителя

Рисунок 2.3 - Упрощенная эквивалентная схема пьезоэлектрического преобразователя, соединенного с вольтметром

Кварцевая пластинка имеет высокую прочность. Допустимые напряжения могут доходить до (0,7- 1) 108 Н/м2, что позволяет прикладывать к ней большие измеряемые силы. Она имеет большой модуль упругости, что обусловливает ее высокую жесткость и очень малое собственное внутреннее трение. Последнее обстоятельство определяет высокую добротность изготовленных из кварца пластинок. Кварцевые пластинки используются для изготовления преобразователей, измеряющих давление и силу.

Кварц - материал с высокой твердостью, он трудно обрабатывается и может применяться для изготовления пластинок лишь простой формы.

Пьезоэлектрический модуль d практически постоянен до температуры 200 °С, а затем с увеличением температуры немного уменьшается. Предельная рабочая температура составляет 600° С. При температуре 573° С (температура Кюри) кварц теряет пьезоэлектрические свойства. Относительная диэлектрическая проницаемость равна 4,5 и несколько увеличивается с увеличением температуры. Удельное объемное сопротивление кварца превышает 1012 Ом.

Электрические и механические свойства кварца имеют высокую стабильность. За 10 лет изменение характеристик не превосходит 0.05%.

Пьезоэлектрическая керамика. Пьезокерамика имеет доменное строение, причем домены поляризованы. При отсутствии внешнего электрического поля поляризация отдельных доменов имеет хаотическое направление, и на поверхности наготовленного из пьезокерамики тела электрический заряд отсутствует. В электрическом поле домены ориентируются в направлении этого поля, вещество поляризуется и на поверхности тела появляются заряды. При снятии поля домены сохраняют свою ориентацию, вещество остается поляризованным, но поверхностный заряд с течением времени стекает. Если к телу, изготовленному из пьезокерамики, после обработки его в электрическом поле приложить механическую нагрузку, то под ее действием домены изменяют свою ориентацию и изменяется поляризация вещества. Изменение поляризации вызывает появление заряда на поверхности тела. Тело, изготовленное из поляризованной керамики, при воздействии механической силы электризуется так же, как и естественные пьезоэлектрические монокристаллы.

Типичной пьезоэлектрической керамикой является титанат бария ВаTiO3. Его пьезоэлектрический модуль лежит в пределах d31=(4,35-8,35)10-11 К/Н; диэлектрическая проницаемость - в пределах εr - 1100 - 1800; тангенс угла диэлектрических потерь, характеризующий внутреннее удельное сопротивление, - в пределах tgα- 0,3 - 3 %. Зависимость возникающего заряда от приложенной силы имеет некоторые нелинейность и гистерезиc. Свойства пьезокерамики зависят также от их технологии и поляризующего напряжения.

Большинство пьезокерамик обладает достаточной температурной стабильностью. Пьезоэлектрические свойства сохраняются вплоть до температуры Кюри. Для титаната бария она равна 115°С. С течением времени параметры пьезокерамики самопроизвольно изменяются. Старение обусловливается изменением ориентации доменов.

Изготовление преобразователей из пьезокерамики значительно проще, чем из монокристаллов. Керамические изделия делаются по технологии, обычной для радиокерамических изделий (путем прессования или литья под давлением), на керамику наносятся электроды, к электродам привариваются выводные провода. Отличие заключается в электрической обработке. Для поляризации изделие помещается в электрическое поле напряженностью 105 - 106 В/м.

Принцип действия пьезоэлектрического преобразователя

Действие пьезоэлектрического преобразователя основано на прямом пьезоэффекте. Обычно он представляет собой пластинку, наготовленную из пьезоэлектрического материала, на которой имеются два изолированных друг от друга электрода.

В зависимости от вещества формы преобразователя и ориентации кристаллических осей входной величиной могут быть как силы, производящие деформацию сжатия-растяжения, так и силы, производящие деформацию сдвига. Последний вид деформации может использоваться в преобразователях, имеющих в качестве входной величины момент силы.

Выходной величиной преобразователя является напряжение на электродах: E = q / C (2.3)

где q - пьезоэлектрический заряд; С - емкость, образованная электродами.

Подставляя формулу для вычисления заряда в данную формулу, получим функцию преобразования пьезоэлектрического преобразователя:

E=d F / C (2.4)

Если преобразователь имеет форму плоской пластины, то функция преобразования:

E = d δ F(εr ε0 Q) (2.5)

где εr - относительная диэлектрическая проницаемость пьезоэлектрического вещества; Q - площадь электродов; δ - расстояние между электродами (толщина пластины).

ЭДС, возникающая на электродах преобразователя, довольно значительна - единицы вольт. Однако если сила постоянна, то измерить ЭДС трудно, поскольку заряд мал и быстро стекает через входное сопротивление вольтметра. Если же сила переменна, то образуется переменная ЭДС, измерить которую значительно проще. Если при этом период изменения силы много меньше постоянной времени, определяемой емкостью преобразователя и сопротивлением утечки заряда, то процесс утечки не влияет на выходное напряжение преобразователя. При синусоидальном законе изменения силы ЭДС изменяется также синусоидально и измерение переменной силы сводится к измерению временной ЭДС или напряжения.

Схема включения.

Пьезоэлектрический преобразователь является генераторным преобразователем, вырабатывающим ЭДС, Для преобразования её в приборе имеется вторичный преобразователь, в качестве которого может служить вольтметр переменного тока, проградуированный в единицах измеряемой величины. Поскольку вольтметр должен иметь большое входное сопротивление, используются электронные вольтметры.

Упрощенная эквивалентная схема пьезоэлектрического преобразователя, соединенного кабелем с вольтметром, представлена на рисунке 2.3а. На этой схеме С - собственная емкость преобразователя; С1 - суммарная емкость соединительного кабеля, входной емкости усилителя и других емкостей, шунтирующих вход усилителя; R -входное сопротивление усилителя. Сопротивления утечки пьезоэлемента и сопротивление утечки кабеля могут рассматриваться на эквивалентной схеме как составляющие сопротивления R.

Входным напряжением усилителя является падение напряжения на сопротивлении R. Если на преобразователь действует синусоидальная сила, то, используя символический метод, можно определить комплексную чувствительность или комплексный коэффициент передачи:

К(jw)=U/E= (C/(C+C1))(jwτ/(1+jwτ)) (2.6)

где τ=R(C+C1) - постоянная времени.

Модуль чувствительности; или просто чувствительность, схемы:

S(w)==[C/(C+C1)][wτ(1+w2τ2)-1/2] (2.7)

Это выражение показывает зависимость чувствительности от частоты и является частотной характеристикой преобразователя, подключенного к усилителю. График частотной характеристики показан на рисунке 2.3 б. Частотная характеристика может быть представлена в виде двух сомножителей:

S (w) = S() Sн (w) (2.8)

Первый из них представляет собой чувствительность при очень больших частотах и не зависит от частоты, т.к. при w:

S(w) C/(C+C1) (2.9)

Второй сомножитель Sн(w)= wτ(1+w2τ2)-1/2 определяет нормированную характеристику. Он показывает чувствительности при изменении частоты.

Из формулы для модуля чувствительности видно, что S=0, при w=0, т.е. пьезоэлектрические преобразователи неприменимы для измерения статических напряжений.

Полученные выражения справедливы на средних и низких частотах, т.е. в тех случаях, когда внутреннее сопротивление пьезоэлемента можно заменить эквивалентной емкостью.

Пьезоэлемент обладает некоторой упругостью и массой и является колебательной системой. Резонансные свойства этой системы проявляются на высоких частотах. Резонанс приводит к повышению чувствительности на высоких частотах. При еще большем увеличении частоты чувствительность падает.

Погрешность пьезоэлектрического преобразователя. Рабочей областью частот является область, в которой чувствительность остается постоянной. Сверху эта область ограничена резонансом пьезоэлемента. Снизу она определяется постоянной времени τ.

Для улучшения частотных свойств в области нижних частот нужно увеличивать τ=R(C+C1). Для усиления выходного напряжения пьезоэлектрического преобразователя применяют усилители с максимально возможным входным сопротивлением (не менее 1011 Ом).

Дальнейшее увеличение постоянной времени может происходить при увеличении Сl; для этого вход усилителя шунтируется дополнительным конденсатором. Однако включение этого конденсатора уменьшает чувствительность при больших частотах и требует увеличения коэффициента усиления усилителя. В схеме, рассмотренной выше, постоянная времени обычно не превышает 1 с. Использование операционных усилителей с обратными связями позволяет создавать приборы, у которых постоянная времени достигает значений 10-100 с.

Верхняя частота рабочего диапазона определяется увеличением чувствительности вследствие механического резонанса. Она довольно высока. Имеются преобразователи с верхней частотой рабочего диапазона 80 кГц.

В измерительной цепи внешними электромагнитными полями может наводиться паразитная ЭДС. Эта переменная ЭДС создает погрешность. Для защиты от полей измерительная цепь экранируется и датчик соединяется с вторичным преобразователем с помощью экранированного кабеля. Однако нестабильность параметров кабеля, например изменение его емкости, обусловленное изгибом, вызывает изменение чувствительности в соответствии с формулой (2.9) и вносит погрешность.

При изгибах кабеля он может расслаиваться. На расслоенных поверхностях вследствие трения образуются электрические заряды. Перемещение заряженных поверхностей под действием вибрации кафеля приводит к появлению некоторой переменной ЭДС. Погрешность, обусловленная вибрацией кабеля, может быть значительно уменьшена применением специальных антивибрационных кабелей.

Нестабильность измерительной цепи может быть вызвана повышением влажности воздуха или резким изменением его температуры. При этом происходит увлажнение изоляции, что приводит к уменьшению сопротивления R в эквивалентной схеме рисунка 2.3а. Изменение R вызывает изменение чувствительности и дополнительную частотную погрешность.

Изменение температуры пьезоэлемента вызывает также изменение его пьезоэлектрического модуля и чувствительности. Наиболее стабильным пьезоэлектрическим материалом является кварц.

Погрешность преобразователя может быть вызвана также несовершенством пьезоэлектрических материалов: гистерезисом характеристики и ее нелинейностью.

Если в преобразователе действуют силы, перпендикулярные оси чувствительности пьезоэлемента, то возможна погрешность, обусловленная поперечным пьезоэффектом.

Принцип работы устройства Преобразователь ПСА-02 представляет собой электромеханический преобразователь, в котором в качестве чувствительного элемента применен диск из пьезокерамического материала ЦТС-19. Колебания стенки артерии воспринимаются пелотом и преобразуются в изменения давления воздуха в полости преобразователя, которые в свою очередь преобразуются с помощью пьезоэлемента в электрический сигнал. Согласование чувствительного элемента с вторичным прибором по сопротивлению выполняется с помощью согласующего усилителя.

Электрическая принципиальная схема преобразователя представлена на рисунке 2.4.

Рисунок 2.4 – Схема электрическая принципиальная преобразователя ПСА-02.

Микросхема D1 служит для предварительного усиления сигнала чувствительного элемента В1 и согласования его выходного сопротивления и вторичного прибора. Величина входного сопротивления согласующего усилителя задается значением сопротивления R1.

Переменное сопротивление R3 определяет коэффициент передачи усилителя. Розетка X1 служит для соединения преобразователя с вторичным прибором. Переменное сопротивление R4 служит для балансировки схемы усилителя.