

ДАТЧИКИ МЭМС ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Формулируется некоторые предложения, связанные с датчиками микроэлектромеханических систем, которые позволяют использовать их при диагностировании автомобилей. Цифровая обработка необходимой информации обеспечивает оптимизацию процессов сгорания (топливную эффективность), безопасность при движении автомобиля.

Ключевые слова: микроэлектромеханические системы, датчики.

Техническая оснащенность автомобилей электронными системами возрастает с каждым годом. Электронные системы автомобилей включают в себя: системы управления автомобилем и двигателем, специализированные бортовые системы и локальные вычислительные сети. Каждая из перечисленных систем решает множество задач. Например, электронные системы управления двигателем обеспечивают впрыск, зажигание и пуск двигателя, его надежную работу и высокий КПД [1]. Кратко перечислим типы датчиков, которые используются в основных системах автомобиля.

1. Антиблокировочная тормозная система (ABS) препятствует блокировке колес автомобиля при торможении. Автомобильное колесо в процессе торможения движется относительно дорожного полотна с проскальзыванием. Степень проскальзывания определяется отношением разности скорости автомобиля и окружной скорости вращения колеса к скорости автомобиля. В состав ABS входят датчики скорости колес и блоки вычислений, управления и контроля исправности.

2. Противобуксовочная система автомобиля (система управления силой тяги) предотвращает потери тяги посредством контроля за пробуксовкой ведущих колес, а также поддерживает курсовую устойчивость автомобиля. В состав системы включены датчики: положения дроссельной заслонки, положения педали акселерометра и угловой скорости колес. Датчики угловых скоростей колес позволяют обнаружить пробуксовку ведущих колес.

3. Система управления курсовой скоростью автомобиля (VDC) позволяет сохранить курсовую устойчивость при движении автомобиля. Система VDC управляет скоростью вокруг вертикальной оси и курсовым углом. В состав системы входят следующие датчики: скорости вращения колес, давления в тормозной системе, положения рулевого колеса, угловой скорости относительно вертикальной оси, поперечного ускорения.

4. Система автоматического управления трансмиссией автомобиля реализуется благодаря появлению автоматических коробок перемены передач (АКПП) и обеспечивает бесступенчатое регулирование крутящего момента. В состав системы входят следующие датчики: скорости, частоты вращения двигателя, расхода воздуха, положения дроссельной заслонки, нагрузки двигателя.

5. Система автоматического управления подвеской автомобиля обеспечивает горизонтальное положение кузова при движении по неровным дорогам. В состав системы входят следующие датчики: скорости, ускорения, угловой скорости относительно вертикальной оси, положения кузова автомобиля.

6. Система бортовой самодиагностики автомобиля предназначена для контроля за исправностью следующих систем автомобиля: топливной, зажигания, рециркуляции отработавших газов, улавливания паров бензина, катализаторов и др. На вход процессора самодиагностики поступают сигналы со множества датчиков, установленных в автомобиле.

7. Система климат-контроля обеспечивает автоматическое управление климатом в салоне автомобиля. Основным элементом системы является блок отопителя-кондиционера, который получает информацию от различных датчиков.

8. Система управления скоростью автомобиля (круиз-контроль) поддерживает заданную водителем скорость независимо от погодных и дорожных условий. С помощью встроенного радара обеспечивается безопасная дистанция до впереди идущего автомобиля.

Датчики автомобильных электронных систем по принципу действия подразделяются на электроконтактные, потенциометрические, оптические, оптоэлектронные, электромагнитные, индуктивные, магниторезистивные, пьезоэлектрические и др.

Широкое распространение получили датчики на основе микроэлектромеханических систем (МЭМС). Их популярность вызвана простотой использования, низкой ценой, высокой надежностью, стабильностью показаний и малыми габаритами. Обычно МЭМС-датчики оснащены схемой цифровой обработки, обеспечивающей предварительную обработку информации. Рассмотрим конструкцию и технические характеристики датчиков, построенных по МЭМС-технологии. Среди них: датчики давления, МЭМС-акселерометры (датчики для измерения ускорения) и МЭМС-гироскопы (приборы для измерения угловой скорости).

Датчики давления. По виду измеряемого давления различают абсолютные (для измерения абсолютного давления), дифференциальные (для измерения разности давлений), относительные (для измерения избыточного над атмосферным давлением) и вакуумные (для измерения степени разрежения) датчики

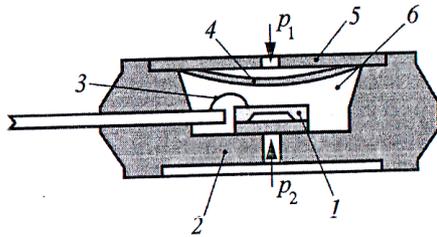


Рис. 1. Датчик давления

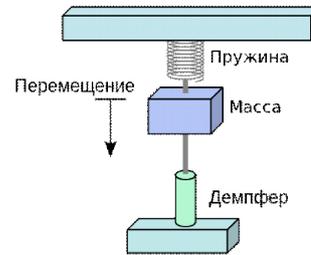


Рис. 2. Акселерометр

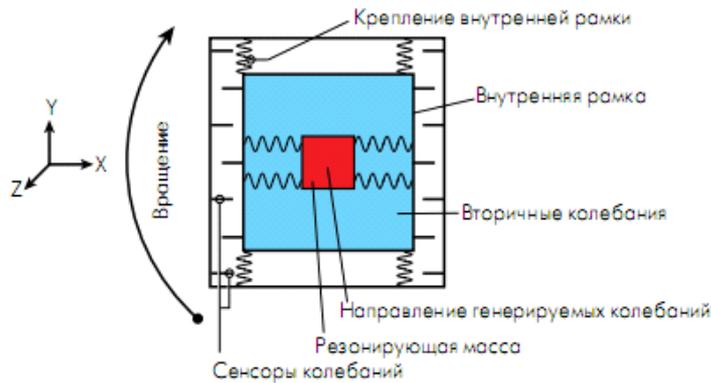


Рис. 3. Гироскоп

давления. Абсолютные датчики работают в диапазоне давлений 100...700 кПа, а дифференциальные — в диапазоне 4... 1000 кПа. К важнейшим техническим характеристикам микродатчиков давления (МДД) относятся рабочий диапазон измерения, чувствительность к измеряемому давлению, выходное напряжение.

Датчики давления [2] (рис. 1) конструктивно состоят из чувствительного элемента (1) (мембраны), воспринимающего давление, и преобразователей (перемещений, деформации, силы), собранных в корпусе 2, соединительного провода 3, кремниевой пластины 4, стальной пластины 5 и гелия 6. Чувствительным элементом датчиков давления является тонкая, чаще кремниевая пластинка, которую условно можно назвать мембраной, как правило прямоугольная или круглая в плане.

Основой чувствительного элемента тензорезистивного датчика избыточного давления [2] типа ДДЭ-060 является круглый плоский кремниевый кристалл, содержащий как интегральные тензорезисторы мостовой схемы, так и не воспринимающий давление терморезистор схемы компенсации ухода чувствительности. Кристалл сформирован по планарной технологии и закреплен в металлическом корпусе с помощью ситаллоцемента. На основе аналогичного решения созданы датчики для измерения давления до 300 МПа, когда толщина кремниевого кристалла составляет 700 мкм.

В основе конструкции тензорезистивных датчиков абсолютного давления [3] лежат чувствительные элементы, представляющие собой профилированный кристалл, соединенный со стеклянным основанием. При этом образуется герметичная вакуумированная полость опорного давления. В России созданы по технологии МЭМС датчики абсолютного давления типа ЧЭ Э-024.001, диапазон измерений — 0,05 – 1 МПа, габариты 5×5 мм.

Акселерометр — прибор, измеряющий проекцию кажущегося ускорения (разности между истин-

ным ускорением объекта и гравитационным ускорением). Как правило, акселерометр представляет собой чувствительную массу, закреплённую в упругом подвесе. Отклонение массы от её первоначального положения при наличии кажущегося ускорения несёт информацию о величине этого ускорения. Схема простейшего акселерометра приведена на рис. 2 [4].

Первые образцы полностью интегрированных однокристалльных датчиков ускорения (акселерометров) iMEMS были выпущены в 1991 году специально для систем безопасности автомобилей, где они применялись для детектирования столкновений и активации подушек безопасности [5].

Гироскопы играют все увеличивающуюся роль в автомобильных применениях и используются для измерения скорости вращения автомобиля. Основные технологии, реализуемые в гироскопах, включают: камертонные гироскопы, вибрирующее колесо, лазерные гироскопы и др. [6]. Компания Analog-Devices создала технологию iMEMS и на ее основе производит гироскопы серий ADXRS и ADIS. Основной элемент гироскопа серии ADXRS — закреплённая на гибких подвесках рамка, внутри которой совершает поступательные колебательные движения некая масса (рис. 3). Причем направления колебаний, как первичных, так и вызванных ускорением Кориолиса, лежат в плоскости подложки.

Компания AnalogDevices анонсировала трехосевой гироскоп ADIS16350, в состав которого, помимо трехосевого гироскопа (± 320 °C), входит и трехосевой датчик линейных ускорений (акселерометр) с диапазоном измерений ± 10 g. Сигналы обоих датчиков оцифровываются АЦП с разрешением 14 разрядов. Модуль оснащен вспомогательными 12-разрядными ЦАП и АЦП. Обмен данными возможен через SPI-интерфейс. Размер модуля (22,7×23,2×22,9 мм).

В России, в Зеленоградском нанотехнологическом центре, разработан ряд датчиков системы учета потребления и регулирования энергоресурсов на основе

МЭМС-сенсоров. Среди них — датчики расхода газа, жидкости, температуры, давления, ускорения, углового положения, оборотов для спидометров. Автомобильные датчики построены на основе наноразмерных магниторезистивных структур. Кратко перечислим сферы их применения: навигация, контроль движения автотранспорта, измерение электрического тока с полной гальванической развязкой цепей, измерение линейного и углового положения, определение скорости вращения, положения дроссельной заслонки.

Таким образом, в системах управления и диагностирования автомобиля все большее распространение получают датчики, построенные по МЭМС-технологиям и связанные с процессорами автомобиля цифровыми шинами. Цифровая обработка информации обеспечивает: оптимизацию процессов сгорания (топливную эффективность), минимизацию эмиссии, обеспечение безопасности при движении автомобиля, комфортабельность в салоне автомобиля для водителя и пассажиров.

Библиографический список

1. Коваленко, О. Л. Электронные системы автомобилей : учеб. пособие / О. Л. Коваленко. — Архангельск : ИПЦ САФУ, 2013. — 80 с.
2. Сысоева, С. Ключевые сегменты рынка МЭМС-компонентов. Акселерометры / С. Сысоева // Компоненты и технологии. — 2010. — № 3. — С. 20–26.

3. Козин, С. Микроэлектронные датчики физических величин на основе МЭМС-технологий / С. Козин, А. Федулов, В. Пауткин // Компоненты и технологии. — 2010. — № 3. — С. 24–27.

4. Акселерометры [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BA%D1%81%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80> (дата обращения: 03.04.2014).

5. Власенко, А. AnalogDevices: обзор датчиков iMEMS с цифровым выходом [Электронный ресурс] / А. Власенко. — Режим доступа : http://www.kit-e.ru/assets/files/pdf/2008_01_36.pdf (дата обращения: 18.03.2015).

6. Сысоева, С. Автомобильные гироскопы [Электронный ресурс] / С. Сысоева. — Режим доступа : http://www.kit-e.ru/articles/sensor/2007_1_40.php (дата обращения: 18.03.2015).

ОДИНЕЦ Александр Ильич, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры радиотехнических устройств и систем диагностики.

ФЕДОРОВА Людмила Дмитриевна, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры электрической техники, секция промышленной электроники.

Адрес для переписки: dm.90@bk.ru

Статья поступила в редакцию 31.03.2015 г.

© А. И. Одинец, Л. Д. Федорова

УДК 621.317.39:536.53

Д. Б. МАРТЕМЬЯНОВ
В. В. ПШЕНИЧНИКОВА
С. К. КРУТЬКО

Омский государственный
технический университет

НЕДОСТАТКИ МЕТОДИКИ ПОВЕРКИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Для современной промышленности все большее значение приобретает точность измерений, от которых зависит успех всего производственного процесса. Температурные показатели играют важную роль в таких сферах как нефтегазовая промышленность, атомная энергетика, жилищно-коммунальное хозяйство и многие другие. Сегодня этот параметр можно довольно точно измерить с помощью термоэлектрических преобразователей температуры. Однако со временем точность термопар может снизиться. Для предотвращения этого время от времени приборы должны проходить своевременную поверку.

Ключевые слова: термоэлектрический преобразователь, термопара, поверка.

В современной промышленности все более строгие требования предъявляются к точности измерения параметров технологических процессов, и в частности температуры (от 40 до 60 %). Значительная часть всех температурных измерений в промышленности и научных исследованиях приходится на долю термоэлектрических преобразователей, чувствительными элементами которых являются термопары. Ши-

рокому применению термопары обязаны в первую очередь своей простоте, удобству монтажа, возможности измерения локальной температуры. Они гораздо более линейны, чем многие другие датчики. К числу достоинств термопар относятся также малая инерционность, возможность измерения малых разностей температур. Это и объясняет повышение интереса к проблеме калибровки данных устройств [1].

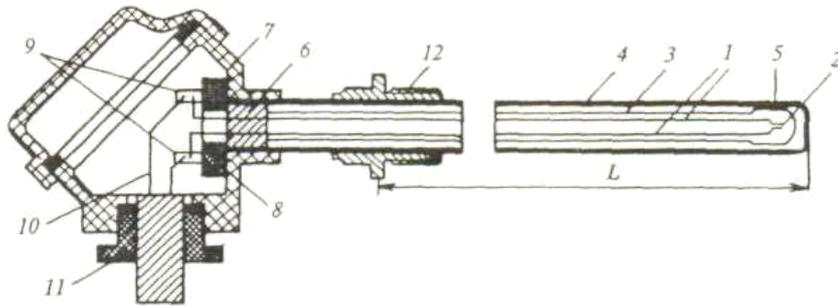


Рис. 1. Конструкция термоэлектрического преобразователя общепромышленного назначения:
1 — электроды; 2 — рабочий спай; 3 — грубка; 4 — защитная арматура; 5 — керамический наконечник;
6 — заливка; 7 — головка; 8 — сборка; 9 — зажимы; 10 — удлиняющие провода;
11 — герметизированный ввод; 12 — элементы крепления термоэлектрического преобразователя

В условиях лаборатории поверка термоэлектрического преобразователя включает внешний осмотр, определение соответствия статической характеристики преобразователя относительно стандартной номинальной статической характеристики.

При проведении поверки соблюдают следующие условия: температура окружающего воздуха, °С — (20 ± 5) ; относительная влажность окружающего воздуха, % — 30...80; атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) — 84,0...106,7 (630...800); напряжение питания, В — $220 \pm 4,4$; частота питающей сети, Гц — $(50 \pm 0,5)$.

Внешний осмотр выполняется для обнаружения неисправностей защитной арматуры, головки, зажимов и чувствительного элемента термоэлектрического преобразователя. На основании внешнего осмотра устанавливают возможности дальнейшей эксплуатации прибора, определяют характеристики, указанные на головке термоэлектрического преобразователя (рис. 1).

При внешнем осмотре поверяемых термопар типов хромель-копелевые, хромель-константановые, хромель-алюмелевые, железо-константановые неразборной конструкции должно быть установлено соответствие следующим требованиям:

- защитная арматура не должна иметь повреждений поверхности, должны отсутствовать нарушения крепления арматуры и головки, целостности головки, должно быть соблюдено соответствие подключения термоэлектродов маркировке;

- на каждом поверяемом термоэлектрическом преобразователе должно быть проверено наличие маркировки с указанием его номера, типа номинальной статической характеристики, года выпуска, рабочего диапазона измерений и класса допуска.

Далее методика поверки заключается в прямом или по электродном сличении рабочих термопар с образцовой термопарой в печи и оценке отклонения ее характеристики от номинальной статической характеристики. Серьезным недостатком методики является то, что при периодической поверке термопары не учитывается возможность возникновения термоэлектрической неоднородности (рис. 2). Если глубина погружения термопары в сличительную печь отличается от рабочей глубины погружения, то участок наибольшего температурного перепада, в котором возникла неоднородность попадает при поверке в зону равномерной температуры и реальная погрешность термопары не определяется. Такая периодическая поверка может привести к ложным результатам, причем разница термоэлектродвижущей силы в рабочих условиях и при поверке термопар типа

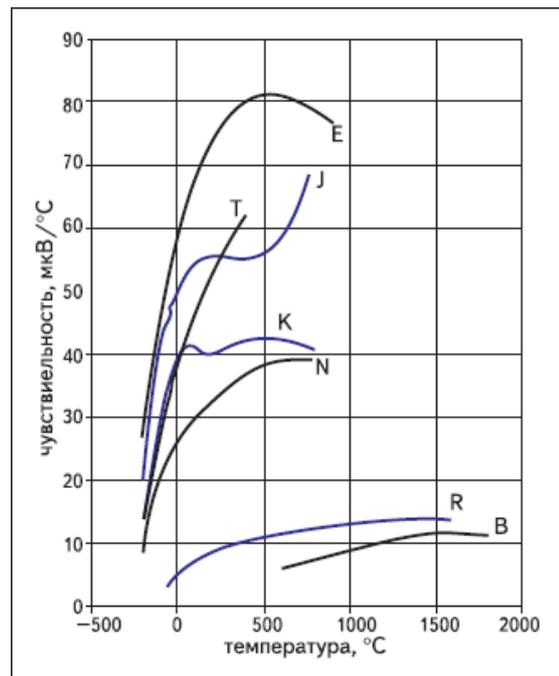


Рис. 2. Зависимость чувствительности термопары от температуры:

Е — хромель-константановые,
J — железо-константановые, Т — медь-константановые,
K — хромель-алюмелевые, N — никросил-нисилловые,
R — платинородий-платиновые,
B — платинородий-платинородиевые
типы преобразователей

хромель-алюмелевые может достигать 5–10 °С. Необходимо переработать стандарт, указав на данную проблему, и ввести в стандарт проверку термоэлектрической неоднородности.

Но основной сложностью, связанной с проведением поверки термоэлектрических преобразователей, является необходимость демонтажа термопары, которая может входить в конструкцию другого прибора или автоматизированную систему [2].

Известен способ бездемонтажной оценки достоверности показаний термоэлектрических преобразователей в процессе его эксплуатации. Способ заключается в периодическом определении величины дифференциальной термоэлектродвижущей силы при заданных значениях температуры, сравнении полученных данных с первоначальной величиной дифференциальной термоэлектродвижущей силы, измеренной до начала эксплуатации термоэлектри-

ческого преобразователя. При этом дополнительно через его электроды пропускают электрический ток в прямом и обратном направлении с одинаковыми силой и длительностью импульса и измеряют дополнительную составляющую термоэлектродвижущей силы при прямом прохождении электрического тока (ΔE_{np} , рис. 3) и дополнительную составляющую термоэлектродвижущей силы при обратном прохождении электрического тока ($\Delta E_{обр}$, рис. 4). О достоверности показаний термопары судят по величине изменения дифференциальной термоэлектродвижущей силы δS , определяемой по зависимости

$$\delta S = \sqrt{\frac{(\Delta E'_{np} - \Delta E'_{обр})}{(\Delta E_{np} - \Delta E_{обр})}} \times 100 \%,$$

где $\Delta E'_{np}$ — дополнительная составляющая термоэлектродвижущей силы при прямом прохождении электрического тока, измеренная до начала эксплуатации термоэлектрического преобразователя, $\Delta E'_{обр}$ — дополнительная составляющая термоэлектродвижущей силы при обратном прохождении электрического тока, измеренная до начала эксплуатации термопары.

К недостаткам данного способа можно отнести необходимость специального аппаратного обеспечения, а также то, что он определяет изменение термоэлектродвижущей силы по сравнению с первоначальной величиной на участках термоэлектродов в зоне рабочего спая, а не в целом по их длине. Следовательно, о необходимости проведения очередной поверки или калибровки термоэлектрического преобразователя можно лишь предполагать. Кроме того, этот способ требует затрат времени на проведение и приостановку регистрации температуры на период проведения измерений.

Для решения данной проблемы, а также для достижения технического результата предлагается использовать преобразователь термоэлектрический, содержащий узел коммутации, защитный чехол, узел крепления термопар, выполненный со сквозным отверстием, предназначенным для размещения контрольного или эталонного средства измерения внутри защитного чехла, два чувствительных элемента в виде термопар с одной и той же номинальной статической характеристикой. Причем термопары отличаются по типу материалов, изолирующих термоэлектроды, или по сечению термоэлектродов, или по концентрации легирующих элементов в термоэлектродах, или по виду их предварительной термической обработки, или по количеству элементов механической защиты термоэлектродов, ее геометрическим параметрам [3].

Дополнительно предлагается в качестве первого чувствительного элемента использовать кабельную термопару стандартной компоновки в оболочке из жаростойкой стали или сплава с минеральной изоляцией, например, из окиси магния или окиси алюминия. Под кабельной термопарой стандартной компоновки подразумевается преобразователь термоэлектрический кабельный (кабельная термопара), изготовленный в соответствии с требованиями ГОСТ 23847-79 «Преобразователи термоэлектрические кабельные. Технические условия». А в качестве второго чувствительного элемента применить термопару с термоэлектродами, изолированными друг от друга, от основного чувствительного элемента и защитного чехла одно- или многоканальной керамической соломкой, или стеклонитью, или кремнеземной нитью [4].

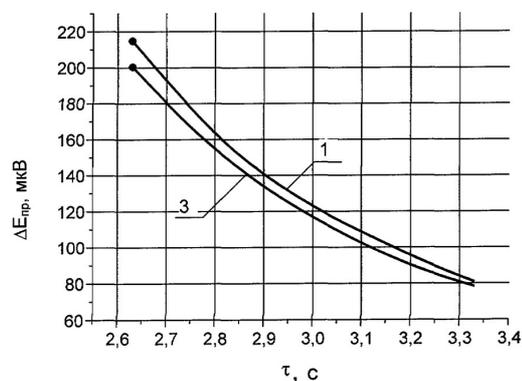


Рис. 3. Изменения термоэлектродвижущей силы при пропускании тока в прямом направлении: 1 и 3 — кривые изменения термоэлектродвижущей силы для нового термоэлектрического преобразователя

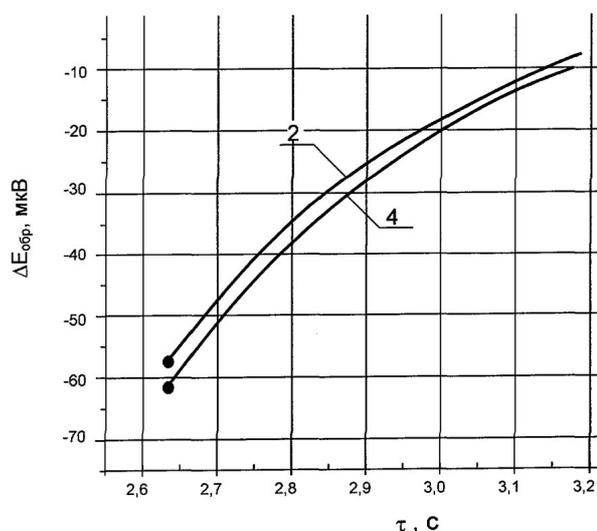


Рис. 4. Изменения термоэлектродвижущей силы при пропускании тока в обратном направлении: 2 и 4 — кривые изменения термоэлектродвижущей силы для термоэлектрического преобразователя после трехмесячной эксплуатации

Также предлагается первый чувствительный элемент изготовить в виде кабельной термопары стандартной компоновки с наружным диаметром от 4 до 8 мм, а второй чувствительный элемент выполнить в виде кабельной термопары стандартной компоновки с наружным диаметром от 1 до 3 мм.

Таким образом, метрологическая стабильность термоэлектрических преобразователей зависит от типа материалов, изолирующих термоэлектроды, от сечения термоэлектродов, от концентрации легирующих элементов в термоэлектродах, от вида их предварительной термической обработки, от количества элементов механической защиты термоэлектродов и ее геометрических параметров.

Библиографический список

1. Каржавин, В. А. Влияние термоэлектрической неоднородности на точность измерения температуры термопарами / В. А. Каржавин. — Обнинск, 2010. — С. 37.
2. ГОСТ 6616-94. Преобразователи термоэлектрические. Общие технические условия. — Введ. 1999-01-01. — М.: Изд-во стандартов, 1998. — 14 с.
3. ГОСТ 8.338-2002. Преобразователи термоэлектрические. Методика поверки. — Введ. 2002.11.06. — М.: Изд-во стандартов, 2002. — 10 с.

4. Рогельберг, И. Л. Сплавы для термопар: справ. / И. Л. Рогельберг, В. М. Бейлин. — М. : Металлургия, 1983. — С. 84.

МАРТЕМЬЯНОВ Денис Борисович, доцент кафедры «Метрология и приборостроение».

Адрес для переписки: mips@omgtu.ru

ПШЕНИЧНИКОВА Вера Владимировна, доцент кафедры «Метрология и приборостроение».

Адрес для переписки: mips@omgtu.ru

КРУТЬКО Светлана Константиновна, студентка гр. ПР-312 машиностроительного института.

Адрес для переписки: helen-1994@mail.ru

Статья поступила в редакцию 16.03.2015 г.

© Д. Б. Мартемьянов, В. В. Пшеничникова, С. К. Крутько

УДК 536.531

**Д. Б. МАРТЕМЬЯНОВ
В. В. ПШЕНИЧНИКОВА
Д. А. ШАБАНОВ**

Омский государственный
технический университет

РАЗРАБОТКА И АТТЕСТАЦИЯ МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ УТВЕРЖДЕНИЯ ТИПА ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Сегодня во всем мире для измерений температуры в трубопроводах теплоснабжения используются платиновые термометры сопротивления классов А и В, обладающие более стабильными характеристиками, чем применявшиеся ранее медные и никелевые. Платиновые термометры имеют меньшую погрешность по сравнению с медными и никелевыми (от 0,25 до 0,8 °С) и более широкий рабочий диапазон температур. Экспериментальным исследованиям подвергается вновь разработанный образец термопреобразователя сопротивления ТСП 9201. Основными достижениями в области исследования созданной модели является занесение в Государственный реестр средств измерений (регистрационный № 13587-01).

Ключевые слова: температура, термометр сопротивления, испытания.

В настоящее время всё больше и больше электронные средства вычисления и датчики снятия показаний «врываються» в жизнь современного общества. В данном техническом прогрессе не остались без внимания и отрасли машиностроения, вычисления, робототехники и, конечно, строительства. Измерение температуры с помощью термопреобразователя сопротивления (ТС) основано на температурной зависимости электрического сопротивления металлов, из которого сделан чувствительный элемент ТС, который, как правило, изготавливается из меди, платины и полупроводников [1]. Конструктивно выполняется в виде проволочной катушки или пленочного покрытия. Выходным параметром устройства является электрическая величина, которая может быть измерена с весьма высокой точностью, передана на большие расстояния и непосредственно использована в системах автоматического контроля и регулирования.

Термометр сопротивления (ТС) — это средство измерений температуры, состоящее из одного или нескольких термочувствительных элементов сопротивления и внутренних соединительных проводов, помещенных в герметичный защитный корпус [2], внешних клемм или выводов, предназначенных для подключения к измерительному прибору. В состав

ТС могут входить конструктивно связанные с ним монтажные и коммутационные средства.

Чувствительным элементом ТС является резистор, выполненный из металлической проволоки или пленки с выводами для крепления соединительных проводов, имеющих известную зависимость электрического сопротивления от температуры и предназначенный для использования в ТС.

Защитный корпус — конструктивный элемент ТС, обеспечивающий его механическую прочность и устойчивость к воздействию внешней среды, как правило представляющий собой заваренную с одной стороны металлическую трубку с приспособлениями для монтажа ТС или без них.

Термопреобразователи сопротивления предназначены для измерения температуры в окислительных и нейтральных газовых средах, не содержащих веществ, вступающих во взаимодействие с материалом корпуса термопреобразователей.

Основа термопреобразователя — чувствительный элемент, выполненный в виде катушки сопротивления. К выводам элемента подпаиваются удлинительные провода необходимой длины, образуя узел чувствительного элемента.

Стандартные элементы изготавливаются из меди (медные элементы) и платины (платиновые элементы)

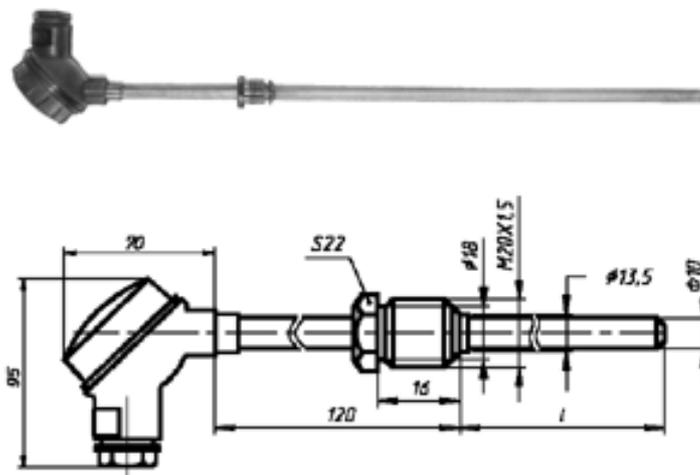


Рис. 1. Термопреобразователь ТПС 9201

Таблица 1

Основные характеристики ТПС 9201

1	Диапазон измеряемых температур	– 200... + 600
2	Номинальная статическая характеристика	50 П, 100 П
3	Класс допуска	А, В
4	Показатель тепловой инерции, с	20, 40
5	Защищенность от пыли и воды	IP 55
6	Устойчивость к вибрации	группа исп. № 3
7	Материал защитной арматуры	ст.12Ч18Н10Т, ст.Ч23Ю5
8	Вид климатического исполнения	ТВ 1, ТВ 2, У3
9	Номинальное значение W	1,3910
10	Диапазон условных давлений	0,4

в соответствии с ГОСТ Р 50353 с номинальными статическими характеристиками 50М, 100М ($W = 1,428$), 50П, 100П ($W = 1,391$).

Термопреобразователи сопротивления предназначены для контроля и измерения температуры жидких, твердых, газообразных и сыпучих, неагрессивных к материалу корпуса.

Термопреобразователи сопротивления могут быть использованы в теплоэнергетике, химической, металлургической и других отраслях промышленности, а также на объектах атомных электростанций.

Они используются в системах отопления, вентиляции и кондиционирования, для определения температуры отопительных приборов, эффективности теплоизоляции, температурного баланса в помещении, для диагностики систем отопления.

Термометры сопротивления, установленные в системах теплоснабжения, служат не только для учета количества тепловой энергии, но и для контроля одного из параметров ее качества — температуры теплоносителя.

При проведении испытаний для целей утверждения типа средства измерений, кроме диапазона измерений и допустимой погрешности [3], исследуется степень воздействия на показания прибора вибрации, давления, температуры окружающего воздуха, проводятся испытания на электромагнитную совместимость и электробезопасность.

Программы и срок испытаний согласовываются с заказчиком. При успешном завершении испытаний

[4] выдается сертификат утверждения типа, и прибор вносят в Госреестр средств измерений, разрешенных для применения в России.

Для проведения этих видов работ используются современные эталонные базы, в том числе эталонные единицы температуры и комплексы эталонов «черное тело» для поверки пирометров. Наличие постоянно пополняемого фонда нормативной документации и квалифицированный персонал обеспечивают высокий уровень испытаний и поверку любых средств измерений, применяемых для контроля температурных режимов в разных отраслях промышленности.

Принцип работы термопреобразователей сопротивления ТСМ, ТСП, Pt100, основан на зависимости электрического сопротивления металлов от температуры. Термопреобразователи выполняют в виде катушки из тонкой медной или платиновой проволоки на каркасе из изоляционного материала, заключенной в защитную гильзу.

Термопреобразователи сопротивления характеризуются параметром

$$W_{100} = \frac{R_{100}}{R_0},$$

где R_{100} — сопротивление при 100 °С;
 R_0 — сопротивление при 0 °С.

Для подключения термопреобразователей сопротивления к приборам используется трехпроводная

схема, которая позволяет уменьшить погрешность измерения, возникающую при изменении сопротивления проводов (например, при изменении их температуры). К одному из выводов терморезистора R_t подсоединяются два провода, а третий подключается к другому выводу R_t . При этом необходимо соблюдать условие равенства сопротивлений всех трех проводов.

Термопреобразователи сопротивления могут подключаться к прибору с использованием двухпроводной линии, но при этом отсутствует компенсация сопротивления соединительных проводов и поэтому будет наблюдаться зависимость показаний прибора от колебаний температуры проводов.

Объектом для проведения испытаний является термопреобразователь сопротивления ТСП 9201 (рис. 1) с характеристиками (табл. 1). Термопреобразователи сопротивления ТСП 9201 предназначены для измерения температуры жидких и газообразных сред в различных отраслях промышленности.

Разработка и аттестация методики испытаний для целей утверждения типа направлена на подтверждение соответствия методик измерений установленным метрологическим требованиям к измерениям.

В результате проведенных испытаний установлено [5], что термопреобразователи сопротивления ТСП 9201 соответствуют утвержденному типу, ГОСТ Р 8.625-2006, ТУ 50-92. Результаты испытаний на соответствие утвержденному типу признаны положительными.

Вывод. В результате проведенных испытаний установлено, что термопреобразователи сопротивления ТСП 9201 соответствуют утвержденному типу, ГОСТ Р 8.625-2006, ТУ 50-92.

Результаты испытаний на соответствие утвержденному типу признаны положительными.

Книжная полка

Якушенко, Ю. Г. Основы оптико-электронного приборостроения : учеб. / Ю. Г. Якушенко. – Изд. 2-е перераб. и доп. – М. : Логос, 2013. – 374 с.

В учебнике рассмотрены физические принципы работы оптико-электронных приборов (ОЭП), описаны их типовые узлы, приведены методы приёма оптических сигналов, представлены способы выделения сигналов от объектов на фоне помех. Изложены законы оптического излучения, перечислены основные типы излучателей, используемых в оптико-электронном приборостроении, показаны обобщённые методики энергетического и точностного расчётов основных параметров и характеристик ОЭП. Даны сведения об основных конструктивных параметрах оптико-электронных приборов.

Сергеев, В. А. Расчет и конструирование станков : учеб. электрон. изд. локального распространения : конспект лекций / В. А. Сергеев. – Омск: ОмГТУ, 2014. – 1 о=эл. опт. диск (CD-ROM).

Рассматриваются вопросы ремонта обрабатывающего оборудования машиностроительных предприятий, технические и технологические задачи ремонтной службы, а также различные системы планово-предупредительного ремонта. Издание предназначено для студентов, обучающихся по специальности 151002 всех форм обучения.

Гарибян, Г. С. Проектирование литейных цехов [Электронный ресурс] : учеб. электрон. изд. локального распространения : конспект лекций / Г. С. Гарибян. – Омск : ОмГТУ, 2014. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

В конспекте лекций представлено типовое содержание строительного раздела курса «Проектирование литейных предприятий и цехов». Даны представления о генеральном и ситуационном планах, классификации производственных заданий и сооружений, их объемно-планировочных и конструктивных решений. Приведены основные элементы конструкций производственных зданий, рекомендации по разработке строительного раздела дипломного проекта. Предназначен для студентов направления подготовки 150400.62 «Технологические машины и оборудование».

После проведения всех испытаний на утверждение типа изобретенный термопреобразователь сопротивления типа ТПС 9201 вносится в Государственный реестр средств измерений.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 8.625-2006. Государственная система обеспечения единства измерений. Термометры сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытания. – Введ. 2008–01–01. – М. : Стандартинформ, 2007. – 16 с.

2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1985. – 438 с.

3. ГОСТ 6651-94. Термопреобразователи сопротивления. Общие технические требования и методы испытаний. – Введ. 1999–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1998. – 8 с.

4. ГОСТ 8.558-2009. Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры. – Введ. 2012–07–01. – М. : Стандартинформ, 2012. – 6 с.

5. ГОСТ 8.461-82. Государственная система обеспечения единства измерений. Термопреобразователи сопротивления. Методы и средства поверки. – Введ. 1983–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1982. – 6 с.

МАРТЕМЬЯНОВ Денис Борисович, доцент кафедры «Метрология и приборостроение».

ПШЕНИЧНИКОВА Вера Владимировна, доцент кафедры «Метрология и приборостроение».

ШАБАНОВ Данил Андреевич, студент гр. ПР-312 машиностроительного института.

Адрес для переписки : dan.shab@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 17.03.2015 г.

© Д. Б. Мартемьянов, В. В. Пшеничникова, Д. А. Шабанов