

Датчики температуры и их практическое применение

Демидович О. А., инж.

ОАО НПП “Эталон”, Омск

Рассмотрены различные конструкции термоэлектрических преобразователей и термопреобразователей сопротивления, выпускаемых ОАО НПП “Эталон”, для измерения температуры объектов в разных отраслях промышленности.

Ключевые слова: температура, эталонные средства измерений, термопреобразователь сопротивления, термоэлектрический преобразователь.

Внедрение современных технологий в различных отраслях промышленности обуславливает необходимость контроля множества производственных процессов, в том числе связанных с изменением температуры. На современном уровне развития промышленности измерения температуры составляют значительную часть общего объема измерений — около 40 %. В связи с этим возникает потребность в постоянной разработке новых средств измерений с улучшенными точностными характеристиками и повышенной стабильностью, а также оборудования для проверки данных изделий.

ОАО НПП “Эталон” специализируется на разработке и изготовлении первичных средств измерения температуры, средств регулирования температуры, а также метрологического оборудования. К первичным средствам измерения температуры относятся датчики температуры, т. е. термопреобразователи сопротивления (ТС) и термоэлектрические преобразователи (термопары).

Принцип действия ТС основан на зависимости сопротивления чувствительного элемента термопреобразователя от температуры. Выпускаемые нашим предприятием ТС делятся на медную и платиновую группы: медные (ТСМ) предназначены для измерения температуры в диапазоне от -50 до 180 °С, платиновые (ТСП) имеют более широкий диапазон — от -200 до 600 °С.

Термопары являются генераторами термоЭДС, причем значение ее зависит от разности температур между рабочим (“горячим”) спаем и свободными (“холодными”) концами. Номинальные статические характеристики (НСХ) термопар и общие технические требования нормированы ГОСТ 6616–94. Основные типы термопар производства ОАО НПП “Эталон”:

хромель-копелевые ТХК(L) — от -40 до 600 °С;

хромель-алюмелевые ТХА(K) — от -40 до 1050 °С;

платинородий-платиновые ТПП(S) — от 0 до 1300 °С;

платинородиевые ТПР(B) — от 300 до 1600 °С.

При измерениях необходимо учитывать температуру свободных концов термопары: применять их термостатирование или использовать устройства компенсации температуры свободных концов либо измерять температуру свободных концов и вводить соответствующую поправку.

Цепи, соединяющие термопару с вторичным прибором, должны быть выполнены компенсационными проводами. В противном случае возникает погрешность, значение которой зависит от температуры в точке контакта термопары с инородными проводниками.

Для аттестации рабочих средств измерения на предприятии разработаны и производятся следующие эталонные средства измерения температуры:

платинородий-платиновые термоэлектрические преобразователи (ППО), диапазон измеряемых температур — от 300 до 1200 °С;

платинородиевые термоэлектрические преобразователи (ПРО), диапазон измеряемых температур — от 600 до 1800 °С;

эталонные термометры сопротивления ЭТС-100, диапазон температур — от -196 до 0 °С или от 0 до 660 °С.

При температурах до 800 °С защитная арматура датчиков выполняется из стали 12X18H10T, при температурах до 1050 °С — из стали 15X25T, сплава ХН78Т, при температурах до 1200 – 1300 °С — из сплава ХН45Ю. При более высоких температурах, а также для защиты от агрессивной среды применяются керамические защитные чехлы из корунда или карбида кремния.

При температуре до 200 °С для защиты арматуры от агрессивной среды (щелочной или кислотной) используется фторопластовая термоусаживающаяся трубка, как, например, в ТХА (ТХК) 9709Ф. Также для измерения температуры агрессивных сред предназначены ТС в стеклянном корпусе — ТСП 0505. Они



Рис. 1. Термоэлектрический преобразователь ТХА 0011

обладают меньшей инерционностью по сравнению с датчиками во фторопластовой трубке.

Для оперативных замеров температуры расплавов цветных металлов применяются термопары с защитным чехлом из нитрида кремния — ТХА 0011 (рис. 1). Одним из преимуществ этих термопар является то, что защитный чехол устанавливается в цанговый зажим, а это позволяет оперативно проводить замену чехла в случае его механического повреждения. Температуру расплавов меди, алюминия и других расплавов, не разрушающих материал защитной арматуры, а также сред, содержащих оксиды цинка и других цветных металлов, можно измерить с помощью ТХА 0203 с наконечником из боросилицированного графита. Еще одним из вариантов защитной арматуры при изготовлении термопар для измерения температуры в ваннах с расплавами металлов и солей является чугун марки СЧ25 (ТХА 0206). Перечисленные термопары могут быть изготовлены в прямом либо в Г-образном исполнении.

Специально для керамических и кирпичных заводов разработана термопара ТХА 0109, в которой термоэлемент, защищенный кремнеземной нитью, помещается в керамический чехол, а керамика — в защитную арматуру из стали 15Х25Т.

Для измерения температуры круглых и цилиндрических поверхностей создана серия термопар ТХА 0603-01 и ТХА 0927 (рис. 2) различных модификаций. Магнитное крепление позволяет оперативно устанавливать датчики на месте контроля температуры. Для измерения температуры плоских поверхностей с креплением винтом применяются датчики ТСП 0311, ТХА (ТХК) 0001. Для измерения температуры жидкостей на глубине до 30 м был разработан ТСМ 0101. Датчики ТСМ 0503 совместно с измерителями или регуляторами температуры типа РТ2М заменяют манометрические термометры. При этом ТСМ 0503 имеет три разных конструктивных



Рис. 2. Термоэлектрические преобразователи с магнитным креплением

исполнения: с жестким, с гибким креплением разъема и с передвижным штуцером.

Для объектов теплоэнергетики с целью измерения в газотурбинных и паротурбинных установках температуры продуктов сгорания жидкого или газообразного топлива до 900 °С в потоке скоростью до 170 м/с и давлением до 3 МПа, перегретого до 585 °С пара в потоке скоростью до 60 м/с и давлением до 25,5 МПа разработаны термопары ТХА 9425. Благодаря разборной конструкции (термопара состоит из защитной арматуры и термоэлектрической вставки) в случае неисправности можно оперативно заменить как саму вставку, так и арматуру.

Для измерения температуры твердых тел, корпусов и головок червячных прессов, а также для измерения температуры при переработке пластмасс и резиновых смесей были созданы термопары ТХА (ТХК) 9311. Для измерения температуры малогабаритных подшипников и твердых тел применяются ТХА (ТХК, ТЖК) 9204 или ТСП (ТСМ) 9204 (рис. 3). Исполнения ТСП 9204-47, ТСП 9204-48 используются для аттестации климатических камер в диапазоне температур от –60 до 200 °С.

С целью измерения температуры в сухих и влажных средах, а также пищевых, промышленных и сельскохозяйственных продуктов, в том числе колбас, предназначены датчики ТСП (ТСМ) 9423 (см. рис. 3), ТХК 9206. Для измерения температуры в камере смешения резиносмесителя служат ТХК 9421 с фланцевым креплением.

Для измерения температуры обмоток электрических машин применяются датчики ТСП (ТСМ) 9502 (см. рис. 3), корпус которых выдерживает пробивное напряжение от 1,5 до 3 кВ. На протяжении 15 лет приходят положительные отзывы о работе этих ТС. Их устанавливают в пазах статора и заливают лаком. В настоящее время из-за невозможности демонтажа ТСП (ТСМ) 9502 проходят только



Рис. 3. Термопреобразователи сопротивления ТСП (ТСМ) 9204, ТСП (ТСМ) 9423, ТСП (ТСМ) 9502



Рис. 4. Кабельные термопары

первичную поверку при выпуске из производства (в дальнейшем периодической поверке не подвергаются). Для измерения температуры жидкостей и газов (воды, масла, воздуха) в дизеле тепловоза предназначены датчики ТСМ 9620.

С целью измерения температуры воздушной среды при атмосферном давлении в глубоких шахтах, карманах, колодцах, в частности в автоклавах по выращиванию кристаллов, используются кабельные термопреобразователи сопротивления ТСП 9801. Их изготавливают на основе гибкого кабеля с медными жилами и минеральной изоляцией. Такие датчики удобны при установке на технологическом оборудовании сложной геометрии и в труднодоступных местах, так как кабель термопреобразователя выдерживает один цикл изгиба на угол 180° вокруг цилиндра диаметром, равным пятикратному диаметру кабеля. Аналогичными достоинствами обладают кабельные термопары ТХА (ТХК) 0006, ТХА (ТХК) 0007, ТХА (ТХК) 0306, ТХА (ТХК) 0308, ТХА (ТХК) 9608, ТХА (ТХК) 9624 (рис. 4), ТХА (ТХК) 9310, а также кабельные линзовые термопары ТХК 9901, ТХК 9902.

Среди вторичных средств измерений, разработанных и выпускаемых в ОАО НПП “Эталон”, есть универсальные датчики, применение которых возможно в самых различных отраслях промышленности. К ним отно-



Рис. 5. Наиболее распространенные и часто применяемые датчики температуры



Рис. 6. Взрывозащищенные датчики температуры

сятся ТХА (ТХК) 9310, ТХА (ТХК) 9312, ТХА (ТХК) 9419, ТСП (ТСМ) 1107, ТСП (ТСМ) 9201, ТСП (ТСМ) 9203 (рис. 5) и др.

Для использования во взрывоопасных зонах выпускаются термопреобразователи сопротивления ТСП (ТСМ) 9418 и термоэлектрические преобразователи ТХА (ТХК) 9416 (рис. 6) с видом взрывозащиты “взрывонепроницаемая оболочка d”.

Повышенные эксплуатационные требования предъявляются к термопреобразователям сопротивления, используемым при учете тепловой энергии. Поставка подобных термопреобразователей осуществляется в виде комплекта датчиков типа КТСПР 9514, в котором значения сопротивлений двух входящих в комплект термопреобразователей при 0 °С (R_0) различаются не более чем на 0,01 %, а значения W_{100} — не более чем на 0,0001.

Кроме изделий, представляемых в каталоге, ОАО НПП “Эталон” выполняет индивидуальные заказы потребителей. В ряде случаев такие разработки приводят к появлению новых серийных типов изделий.