

Провода и кабели завода СЕНТЕК

для термоэлектрических преобразователей и термометров сопротивления



Точность измерения температуры зависит не только от термопар и вторичных приборов, но и от проводов. В статье рассказано, каким образом можно минимизировать погрешность, вносимую проводами.

Кабельный завод СЕНТЕК, г. Екатеринбург

Кабельный завод СЕНТЕК – ведущий производитель специализированных проводов и кабелей для подключения к термопарам и термометрам сопротивления. Точность измерения температуры зависит не только от класса точности термопары и измерительного преобразователя, но и от проводов, соединяющих их. В свою очередь, на погрешность, вносимую проводами, влияют такие факторы, как материал проводников, класс точности проволоки, сечение проводников, наличие электромагнитных помех. Разберем каждый фактор в отдельности.

Провода можно условно разделить на термоэлектродные и компенсационные. В первых используется проволока из тех же сплавов, что и сама термопара, во вторых – более дешевые металлы и сплавы. Скажем, в термоэлектродных проводах для термопар типа ХА (международное обозначение по IЕС 584-3 – тип КХ) применяются сплавы хромель-алюмель. В компенсационных проводах для термопар того же типа применяются: железо и константан (кабель типа КСА), медь и константан (кабель типа КСВ), а также НМ-МТ (сплавы с наименьшим сопротивлением). При этом константан для КСА отличается от константана для КСВ, а также от константанов для типов Т, J и Е, то есть все пять константанов не взаимозаменяемы, несмотря на название. Компенсационные про-

вода имеют только второй класс точности и ограниченный диапазон применения: КСА – до 150 °С, КСВ – до 100 °С, а при более высокой температуре такие провода использовать нельзя из-за быстро увеличивающейся погрешности. Термоэлектродные провода имеют более широкий диапазон и до третьего класса точности. Стоит отметить, что для термопар типа R, S (ПП), В(ПР), ВР (А-1, А-2, А-3) существуют только компенсационные провода, для термопар типа ХК(Л), ХКн(Е), ЖК(J), МКн(Т), МК(М) – только термоэлектродные провода, а для типов ХА(К) и НН(Н) – и термоэлектродные, и компенсационные провода.

Согласно ГОСТ 8.585-2001, для термопар типа ХА, МКн, НН, ХКн, МКн есть три класса точности. Третий класс точности используется только для минусовых температур. Для термопар типов ПР, ХК, ВР есть только второй и третий класс точности. В целях минимизации вносимой погрешности кабельный завод СЕНТЕК по умолчанию использует проволоку первого класса точности для термоэлектродных проводов и второго – для компенсационных.

Еще одним фактором, от которого зависит точность, является сечение и структура проводников. Проведя на базе своей лаборатории ряд экспериментов, отражающих влияние сечения термоэлектродного провода на вноси-

мую им погрешность при разной длине линии, специалисты завода пришли к выводу, что чем больше сечение проводника, тем меньшую погрешность он вносит в измерения. Таким образом, чем длиннее измерительная линия, тем большее сечение провода необходимо использовать.

Не стоит забывать и о термоэлектрической неоднородности термоэлектродных материалов, которая, как правило, появляется в процессе производства термоэлектродной проволоки и вызывается следующими факторами:

- ▶ химической и физической неоднородностью;
- ▶ посторонними включениями;
- ▶ местным наклепом из-за неравномерной деформации термоэлектродного материала;
- ▶ остаточными внутренними напряжениями;
- ▶ местными дефектами (расслоениями, оксидными пленками, пленами, трещинами, раковинами и т.д.).

Термоэлектродные материалы могут претерпевать деформации в процессе изготовления термоэлектродных проводов при перематке проволоки, наложении изоляционных материалов на токопроводящую жилу, при скрутке на крутильных машинах и других процессах кабельного производства. Это также может привести к появлению погрешности при измерении

температуры. Таким образом, для высокоточного измерительного тракта необходимо избегать использования многопроволочных проводов (гибких кабелей) и стараться применять монопроволочные провода максимального допустимого сечения.

Как показали исследования, термоЭДС (ТЭДС) термоэлектродной проволоки в процессе пластической деформации изменяется, причем весьма заметно. Наиболее чувствительным к деформациям оказался хромель. Даже небольшая (около 10 %) деформация хромеля может стать причиной погрешности в несколько градусов при измерении температуры выше 400 °С. Изменение ТЭДС алюминия при деформации значительно меньше и колеблется от -40 до +100 мкВ. При малой деформации абсолютное значение отрицательной ТЭДС алюминия становится больше, с увеличением степени деформации (свыше 40 %) оно уменьшается. ТЭДС копеля тоже существенно меняется под влиянием деформации, причем отклонения достигают максимума при деформации, равной 40 %. При дальнейшем увеличении степени деформации ТЭДС становится меньше.

Для устранения ошибок в процессе измерения термоэлектродную проволоку подвергают стабилизирующему температурному отжигу и проверяют ее однородность (на предприятиях-изготовителях). Термоэлектродные материалы термопарных кабелей в стальной оболочке марки КТМС подвергают высокотемпературному отжигу в процессе изготовления кабеля. Высокотемпературный отжиг заметно выравнивает структуру материала (улучшается распределение составляющих и уменьшается разнородность), освобождает проволоку от внутренних напряжений и местного наклепа. Дефекты проволоки, такие как трещины, плены, расслоения и другие, устраня-

ют путем ее отбраковки. При работе с термопарными проводами и кабелями (особенно в условиях длительного воздействия больших градиентов температуры) необходимо избегать их значительных деформаций, например сильных изгибов.

На практике при измерении температуры на промышленном объекте нередко приходится применять термопары в пространстве с мощным переменным электрическим полем, например, в электродуговых печах. Наиболее существенные помехи в этих условиях возникают при использовании в качестве измерительного прибора электронного потенциометра. Наличие переменного тока в цепи термопары и удлинительных проводов вызывает снижение чувствительности усилителя, а это, в свою очередь, приводит к сильному уменьшению чувствительности электронного потенциометра. Прибор перестает реагировать на изменение температуры, и его показания не соответствуют температуре рабочего конца термопары. Наиболее эффективной защитой от воздействия внешнего переменного электрического поля при измерениях температур является экранирование как самого измерительного прибора, так и удлинительных проводов, термопары и ее рабочего спая. Для этой цели выпускаются термопарные и удлинительные термоэлектродные провода с экранами, выполненными в виде сплошной металлической оболочки, оплетки из стальных либо луженых медных проводов, либо из алюмофлекса.

Стоит также отметить влияние изоляционных материалов и защитных покровов. Плохая защита термоэлектродов ведет к их деградации, изменению исходного состава, а следовательно, и ТЭДС. Поэтому защитные и изоляционные покровы проводов должны длительно сохранять (кроме термопар разового действия) свои изолирую-

щие и защитные свойства. При выходе из строя (повреждении) защитных оболочек или изоляции появляется систематическая погрешность, возрастающая с течением времени. Это явление может быть результатом прямого воздействия внешней среды на термоэлектроды. Так, в окислительной среде ТЭДС хромель-алюмелевых термопар при температуре 1000 °С относительно быстро увеличивается по сравнению с первоначальной (до 80–120 мкВ). Если из строя выходит изоляция, при высокой температуре возможно значительное снижение ее сопротивления, что приводит к резкому увеличению токов утечки между термоэлектродными проводниками. Возможно и прямое замыкание термоэлектродов в точке, удаленной от места горячего спая термопары. Как в первом, так и во втором случае показания термопар будут занижены. Поэтому, выбирая термопарный провод или кабель для изготовления термопары, необходимо учитывать условия его эксплуатации, а именно: температуру, наличие электромагнитных помех, повышенной влажности, химически агрессивных сред, расстояние до измерительного прибора.

Уникальный опыт, накопленный коллективом кабельного завода СЕНТЕК более чем за 15 лет работы с ведущими металлургическими и нефтехимическими производствами, позволяет изготавливать провода и кабели с характеристиками, подходящими под условия и задачи любого предприятия.

Литература

1. Рыбаков И. Ф., Шепелев И. М. Термоэлектродные провода и кабели. М., 1980.

К. А. Черепанов, заместитель директора,
кабельный завод СЕНТЕК, г. Екатеринбург,
тел.: +7 (343) 361-1553,
e-mail: info@sentek.ru,
сайт: www.sentek.ru



vk.com/journal_isup
ВКонтакте



<https://t.me/isupmagaz>
Телеграм



<https://dzen.ru/isup>
Дзен

Все новости и статьи в свободном доступе