

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИСКРОБЕЗОПАСНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

ООО «ЛенПромАвтоматика»

Рассмотрены преимущества четырехпроводной схемы подключения термодатчиков на базе шунт-диодных барьеров серии БИ. Представлена новая серия барьеров искрозащиты с гальванической развязкой серии ЛПА-151.

Ключевые слова: барьеры искрозащиты, термосопротивление, схема подключения, термопреобразователи.

В промышленных системах контроля и управления в качестве датчиков температуры часто используют термосопротивления (ТС) — резисторы, зависимость сопротивления которых от температуры известна. При подаче стабилизированного тока на датчике возникает падение напряжения, пропорциональное сопротивлению и таким образом измеряемой температуре. Поскольку напряжение на входе вторичного измерительного преобразователя (ВИП) в общем случае зависит не только от сопротивления датчика, но и от сопротивления линий связи (ЛС) между датчиком и ВИП, то должны быть приняты меры по устранению влияния линий связи на результаты измерения температуры. Эффективность мер определяется методом исключения влияния линии связи и способом подключения к вторичным измерительным преобразователям.

Схемы подключения ТС

Типовых схем подключения ТС три: двухпроводная, трехпроводная и четырехпроводная [1].

В простейшей двухпроводной схеме подключения резистивных датчиков сопротивление ЛС входит в погрешность измерения. Это не обеспечивает удовлетворительных метрологических характеристик измерительного канала, если сопротивлением проводов нельзя пренебречь.

В трехпроводной схеме влияние сопротивления ЛС устраняется путем компенсации, предполагая, что падения напряжения на проводах одинаковы. Это верно при равенстве сопротивлений проводов ЛС. Погрешностью, вносимой отсутствием точного равенства, обычно можно пренебречь. Однако для прецизионных измерений лучше использовать четырехпроводную схему подключения ТС.

При четырехпроводной схеме подключения разность сопротивлений плеч ЛС не значима. Это вызывает уверенность в незначимости и параметров ЛС. При этом встречаются ситуации, когда теоретический расчет для измерительной системы на практике совершенно не оправдывается либо когда внесение изменений в ЛС, не влияющее на разность сопротивлений плеч, тем не менее, приводит к искажению данных вплоть до метрологического отказа преобразователя.

Дело в том, что наряду с разбалансом плеч есть еще такой параметр, как активное сопротивление ЛС. Хотя этот параметр является составляющей погрешности только для двухпроводного подключения, но некоторым образом он приобретает значение для трех- и четырехпроводного подключения.

Причина состоит в следующем: ВИП содержит источник тока для опроса ТС. Идеальный источник тока не имеет ограничений по сопротивлению нагрузки. Для реального источника тока всегда есть предельная величина сопротивления нагрузки, при которой он выдает заданный ток опроса. При превышении этого порогового значения источник начинает занижать ток опроса, что приводит к резкому увеличению погрешности. Особенно сильно эффект проявляется вблизи верхней границы диапазона измерений.

К сожалению, изготовители ВИП не нормируют максимальное сопротивление ЛС, на которое работают их изделия. Как показали проведенные ООО «Ленпромавтоматика» эксперименты с продукцией ведущих мировых производителей ВИП для ТС, значимая погрешность появляется при увеличении сопротивления одной ЛС свыше величины порядка 30 Ом. Эта величина обоснована: если ЛС — это медные провода и клеммы, нет причин предполагать, что 30 Ом будет недостаточно, ведь при сечении 1 мм^2 это сопротивление соответствует 1714 м медного провода. Поэтому параметр не нормируется. Но он сразу становится значимым, когда между ВИП и датчиком появляется барьер искробезопасности.

Барьеры искробезопасности

Если датчик находится во взрывоопасной зоне (например, предприятия химической и нефтегазовой промышленности), требуется обеспечить взрывозащиту. Одним из видов взрывозащиты является искробезопасная электрическая цепь (ГОСТ Р 51330.10-99). Барьеры искрозащиты обеспечивают безопасность цепи подключения ТС как в штатных, так и аварийных ситуациях. В измерительных цепях ТС барьеры включаются в сигнальные цепи между ВИП и датчиками, поэтому при применении такого устройства требуется учитывать величину вносимого им сопротивления.

Изготовители ВИП не всегда указывают максимальное сопротивление ЛС (поэтому теоретическая оценка погрешности измерений при работе с конкретным ВИП затруднительна). А производители барьеров, нормируя величину проходного сопротивления, не учитывают, какое влияние оно окажет.

Пример расчета сопротивления [2] $R = \rho \frac{l}{S}$ проводов для типовых значений длины $l = 100 \text{ м}$, площади поперечного сечения $S = 1 \text{ мм}^2$ и удельного сопротивления меди $\rho = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$ дает 1,75 Ом для одного провода.

В результате экспериментальных исследований барьеров ведущих производителей на предмет величины проходного сопротивления было выявлено, что у большинства проходное сопротивление в разы больше критической величины порядка 30 Ом.

Таким образом, если проходное сопротивление барьера не учесть, сумма сопротивлений ЛС и барьера может превысить критическую величину. Четырехпроводная схема потеряет свои преимущества.

Описание решения на базе шунт-диодных барьеров серии БИ

На основании полученных данных специалисты ООО «Ленпромавтоматика» разработали изделия с таким показателем проходного сопротивления, при котором обеспечивается стабильная работа известных ВИП. Модели БИ-003 и БИ-004 (рис. 1) отличаются друг от друга проходными сопротивлениями плеч и напряжениями холостого хода.

Для БИ-003 проходное сопротивление составляет ≤ 19 Ом, напряжение холостого хода ≤ 1 В, для БИ-004—27 Ом и 3 В соответственно. Для подавляющего большинства применений предпочтительным является использование БИ-003. Проходное сопротивление у БИ-003 меньше, чем у БИ-004, а напряжения с датчика выше 1 В встречаются редко, и терморезисторы при этом разогреваются током опроса (на типовом резистивном датчике номиналом 100 Ом при напряжении 1 В рассеивается 10 мВт).

Для ряда систем с опросом датчика импульсным током, систем с высокоомными датчиками, а также для терморезисторов, включенных как термоанемометры, используются большие токи опроса. В этих случаях следует применять БИ-004.

Для барьеров ООО «Ленпромавтоматика» разработаны и свободно распространяются детальные методики расчета погрешности, что позволяет произвести оценку до того, как канал будет собран.

Проходное сопротивление у барьеров БИ-003 и БИ-004 ООО «Ленпромавтоматика» меньше критической величины порядка 30 Ом. Следовательно, применение этих барьеров в четырехпроводной схеме подключения ТС вполне допустимо. Погрешность, вносимая барьером БИ-004 в типичную измерительную цепь, составляет 0,03 %.

Новые барьеры искрозащиты с гальванической развязкой ЛПА-151

Барьеры ЛПА-151 (рис. 2) обеспечивают прием и преобразова-

ние сигнала от термопреобразователей сопротивления и термопар в выходной сигнал постоянного тока, гальваническое разделение входных цепей, выходных цепей и цепей питания, а также гальваническое разделение между каналами. Барьеры поддерживают четырехпроводную и трехпроводную схемы подключения ТС. Двухпроводная схема подключения ТС поддерживается без сохранения метрологических характеристик.

Ключевые особенности барьера ЛПА-151

- Обеспечение приема, преобразования и линеаризации сигнала от термопреобразователей сопротивления (ТС) и термопар в любом сочетании в выходной унифицированный сигнал постоянного тока 4...20 мА.
- Самодиагностика целостности ПО, наличия питания, работоспособности микроконтроллера, неисправностей во входных цепях.
- Обеспечение фильтрации входного сигнала.
- Широкие возможности при конфигурировании: установка параметров и алгоритмов фильтрации входного сигнала, выбор НСХ преобразования, установка минимального и максимального значения границ диапазона измерений.

• Возможность проводить оперативный визуальный контроль состояния объекта за счет светодиодной индикации.

- Полное гальваническое разделение.
- Конфигурирование по интерфейсу USB 2.0 без применения специальных адаптеров или переходников.
- Широкие, полностью независимые для каждого канала возможности при конфигурировании: выбор НСХ первичного преобразователя и других его параметров; выбор частоты опроса датчика; выбор границ диапазона измерений; выбор алгоритма и параметров фильтрации сигнала.

- Наличие светодиодной индикации.

Программное конфигурирование ЛПА-151 осуществляется с помощью бесплатного ПО (конфигуратора). Кроме того, конфигуратор позволяет ознакомиться с базовым функционалом в автономном режиме, без подключения устройства.

Универсальность и, как следствие, легкость применения и согласования с любыми контроллерами обеспечивается за счет полной гальванической развязки по всем сечениям. Полностью независимая работа каналов барьера позволяет подключать к нему датчики в любом сочетании вне зависимости от их типа и НСХ.

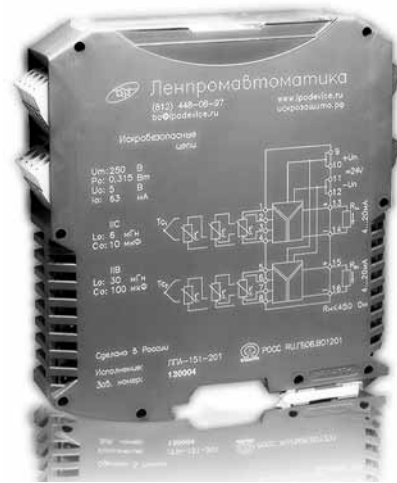


Рис. 1



Рис. 2

Высокая точность измерений и высокая надежность обеспечиваются использованием компонентов от мирового лидера Analog Devices, оригинальными схмотехническими решениями, а также калибровкой и тестированием каждого экземпляра продукции при производстве.

Основные технические характеристики

Напряжение питания, В.....	24 (18...36)
Максимальный ток потребления, мА.....	90
Тип выходного сигнала.....	унифицированный сигнал
..... постоянного тока 4...20 мА	
Максимальное напряжение на выходе, В.....	≤17 В
..... при отсутствии нагрузки	
Диапазон рабочих температур, °С.....	-40...70
Габаритные размеры, мм.....	113x100x23
Крепление.....	DIN-рейка шириной 35 мм
Маркировка взрывозащиты.....	[Ex ia] IIC/IIIB

Барьеры искрозащиты с гальванической развязкой объединяют в одном компактном корпусе преобразователь сигнала и барьер искрозащиты. Преимущества применения этого типа барьеров искробезопасности во многом обусловлены наличием гальванической развязки, которая сама по себе является фактором, увеличивающим «выживаемость» системы. Каналы, защищенные такими барьерами, обладают более высокой помехоустойчивостью. В этом случае проще организовать искрозащиту, так как не требуется заземление.

Полезные сведения по искрозащите

В заключение приведем некоторую справочную информацию, которая может быть полезна специалистам по промышленной автоматизации.

1. В настоящее время действуют три различных классификации взрывоопасных зон по: нормам пожарной безопасности (НПБ); правилам устройства электроустановок (ПУЭ); ГОСТ Р 51330.9-99.

ГОСТ Р 51330.9-99 разработан на основе международного стандарта МЭК 60079-10-95 для приведения классификации взрывоопасных зон к требованиям международных стандартов. Это обеспечивает единый

подход и к выбору уровня взрывозащиты электрооборудования. До введения ГОСТ Р 51330.9-99 основным документом для классификации взрывоопасных зон являлась гл.7.3 ПУЭ. В настоящее время предпочтение лучше отдавать ГОСТ Р 51330.9-99.

2. *Далеко не любую цепь можно выполнить искробезопасной*

Данный вид взрывозащиты применим только к цепям, параметры сигнала в которых заведомо удовлетворяют требованиям данного вида искрозащиты. Это в основном сигналы различных измерительных датчиков (например, термопары, датчики с унифицированным выходным сигналом 4...20 мА).

Невозможно выполнить искробезопасной, например, цепь питания трехфазного электродвигателя.

3. *Кроме Exi и Exd существуют и другие виды взрывозащиты*

Существуют виды взрывозащиты и кроме искробезопасной цепи (*i*) и взрывонепроницаемой оболочки (*d*):

- заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением защитным газом (*p*);
- кварцевое заполнение оболочки с токоведущими частями (*q*);
- масляное заполнение оболочки с токоведущими частями (*o*);
- специальный вид взрывозащиты, определяемый особенностями объекта (*s*);
- взрывозащита вида (*n*);
- любой иной вид защиты (*e*).

Применение того или иного вида взрывозащиты диктуется многими факторами: принципиальными, конструктивными, экономическими возможностями, возможностью регламентного обслуживания и др.

Список литературы

1. *Анисимов Д. В., Балабанов А. В., Кусакин Г. О.* Преимущества четырехпроводной схемы подключения термодатчиков и ее искрозащита // Информационный портал KIPiA.su. http://kipia.su/files/stayiy/podkl_dat_4.pdf.
2. *Бессонов Л.А.* Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. 9-е изд., перераб. и доп. М.: «Высшая школа». 1996.

Контактный телефон (495) 215-09-47.

[Http://www.lpadevice.ru](http://www.lpadevice.ru)

Решение по использованию реле упростит обеспечение безопасности производства

Компания Rockwell Automation представляет предохранительные реле Guardmaster 440C-CR30, разработанные компанией Allen-Bradley. Программа для работы реле может задаваться через программный продукт Connected Components Workbench, разработанный Rockwell Automation. Данный программный продукт позволяет пользователям создавать, регулировать и отслеживать работу системы безопасности, используя то же ПО, что и для стандарта качества, чем сокращает период программирования и способствует увеличению продуктивности. Предохранительное реле Guardmaster 440C-CR30 удовлетворяет техническим требованиям PLe, SIL 3 в соответствии с EN ISO 13849-1 и IEC 62061. Оно идеально подходит для приложений, требующих 4...9 схем безопасности и регулирования более пяти зон.

Яркий графический пользовательский интерфейс и возможность перемещать элементы направляют пользователей во время выбора функциональных блоков, обеспечивающих безопасность работы предохранительного реле. Запрограммированный интерфейс встроенного коммуникационно-

го протокола Modbus позволяет передавать диагностические сведения контроллерам Micro800 и CompactLogix, а также на графические терминалы PanelView (Allen-Bradley). Совместное использование встроенных средств сообщения и ПО помогает пользователям легко отслеживать работу устройства, выявлять неполадки, а также быстро редактировать приложения, в том числе использовать режим минимального или требуемого энергопотребления по мере необходимости. Пять светодиодов состояния и 16 светодиодов конфигурируемых пользователем, расположенных на панели предохранительного реле обеспечивают локальную диагностику для дальнейшей работы по составлению отчетов о состоянии устройства и выявлению неполадок.

Предохранительное реле Guardmaster 440C-CR30 оснащено 22 двумя каналами ввода/вывода, включая шесть конфигурируемых. При отсутствии увеличения зон обслуживания предохранительное реле также может быть дополнено двумя стандартными сменными модулями Micro800, которые способны обеспечить поддержку 16 дополнительными стандартными каналами ввода/вывода и сохранить их предохранительные приспособления.

[Http://www.rockwellautomation.com](http://www.rockwellautomation.com)