

Преимущества четырехпроводной схемы подключения термосопротивлений и её искрозащита

Дмитрий Анисимов, Александр Балабанов, Глеб Кусакин.

Введение

Барьеры искробезопасности необходимы для построения систем управления на предприятиях химической и нефтегазовой промышленности, на некоторых предприятиях пищевой промышленности, т. е. везде, где применяются потенциально взрывоопасные установки. Барьеры включаются в сигнальные цепи между вторичными измерительными преобразователями (ВИП), к которым можно отнести контроллеры, устройства ввода/вывода, и первичными преобразователями (датчиками). Принцип работы барьера искробезопасности состоит в снижении электрической мощности сигналов до уровня, при котором неисправность цепи не вызывает искру, достаточную для воспламенения и взрыва горючих газов. Так же некоторые барьеры искрозащиты могут обеспечивать гальваническую изоляцию.

Постановка задачи

Номенклатура барьеров включает в себя устройства для всех распространенных промышленных сигналов: 1...5 В, 4...20 мА, сигналов от тензомостов, термопар и термосопротивлений (ТС). Обычно при измерении температуры с помощью ТС на него подают стабилизированный ток возбуждения. В результате на датчике возникает разность потенциалов, пропорциональная сопротивлению с известной температурной зависимостью. Поскольку датчики имеют малое номинальное сопротивление, сравнимое с сопротивлением подводных проводов (единицы Ом), то должны быть приняты меры по устранению влияния проводников на измерение температуры. Эффективность мер определяется методом измерения и способом подключения датчика к ВИП. Тема выбора схемы подключения представляет значительный практический интерес и затрагивалась в ряде публикаций. Типовых же схем подключения три: двухпроводная, трехпроводная и четырехпроводная.

Обзор схем подключения термосопротивлений

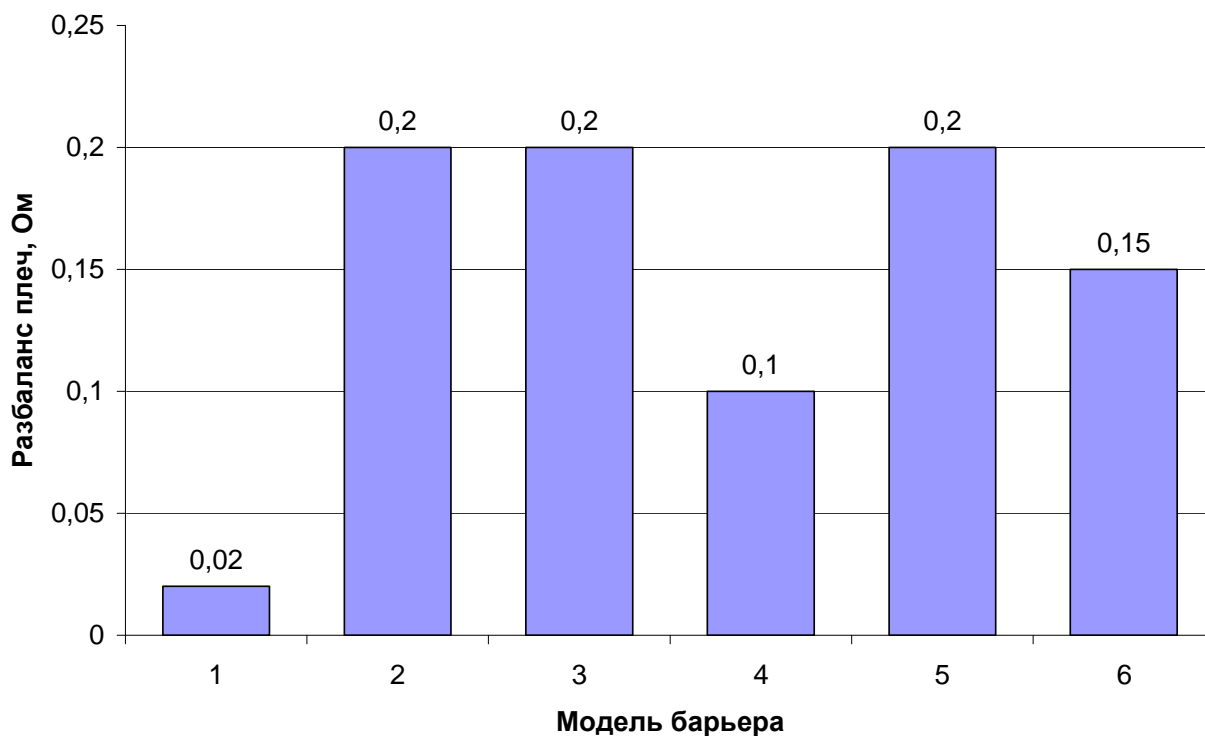
1. Двухпроводная

В простейшей двухпроводной схеме подключения резистивных датчиков сопротивление линии связи входит в аддитивную погрешность измерения. Это не обеспечивает удовлетворительных метрологических характеристик измерительного канала, если только сопротивлением проводов нельзя пренебречь. Поэтому современные системы управления используют трехпроводные и четырехпроводные схемы.

2. Трехпроводная

Применение трехпроводной схемы уместно в случае значительного удаления датчика от системы. Критерием оправданности выбора трехпроводной схемы служит намерение сократить расход кабеля при некотором пожертвовании обеспечения точности измерений.

Влияние сопротивления линии связи в трехпроводной схеме устраняется путем компенсации. Компенсацию осуществляют, предполагая, что падения напряжения на проводах одинаковы. Точная балансировка плеч барьера посредством равенства сопротивлений соединительных проводов и их температурных зависимостей является основным условием применимости трехпроводной схемы. На Рис. 1 приведены величины сопротивлений балансировки плеч барьеров для некоторых производителей барьеров.



1 – БИ-001; 2 – 2000БТ; 3 – БИЗ_ПЗРТ; 4 – 9002/22-032-300-111; 5 – MZ670; 6 – MTL7056ac

Рис. 1. Величина сопротивлений балансировки плеч барьеров для некоторых производителей

Существует широкая гамма ВИП, ориентированных на применение трехпроводной схемы подключения (например, серия 7В фирмы Analog Devices, серия Dataforth SCM7В фирмы Burr-Brown, Серия 73L фирмы Grayhill и им подобные). Ориентация барьера на трехпроводное подключение не исключает использование других схем подключения. Например, можно использовать четыре пассивных барьера на три канала с четырехпроводной схемой.

3. Четырехпроводная

Четырехпроводная схема является самой точной, не критичной к разбалансу плеч линии связи и проходному сопротивлению в том случае, если производится учет вносимой барьером погрешности. На практике величина проходного сопротивления крайне важна с точки зрения корректной работы ВИП.

Данная характеристика нормируется далеко не всеми производителями барьеров искробезопасности. Тем не менее, проведенные нами исследования показали принципиальную значимость этого параметра. Хотя большинство изготовителей ВИП не

указывает максимального сопротивления линии связи (поэтому предварительная оценка погрешности при работе с конкретным ВИП невозможна), фактически при увеличении этого сопротивления выше некоторого уровня происходит метрологический отказ преобразователя. Причина состоит в следующем: ВИП содержит в себе 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 котором 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. Как показали наши эксперименты с продукцией ведущих мировых производителей ВИП для термосопротивлений, значимая погрешность появляется при увеличении сопротивления одной линии связи свыше 30-40 Ом. Это в равной степени относится и к трехпроводной схеме.

Нами были проведены экспериментальные исследования по ряду преобразователей, результаты которых представлены на Рис. 2. На основе полученных данных мы нормировали для своих изделий такое проходное сопротивление, при котором обеспечивается стабильная работа известных нам ВИП на типовых линиях связи.

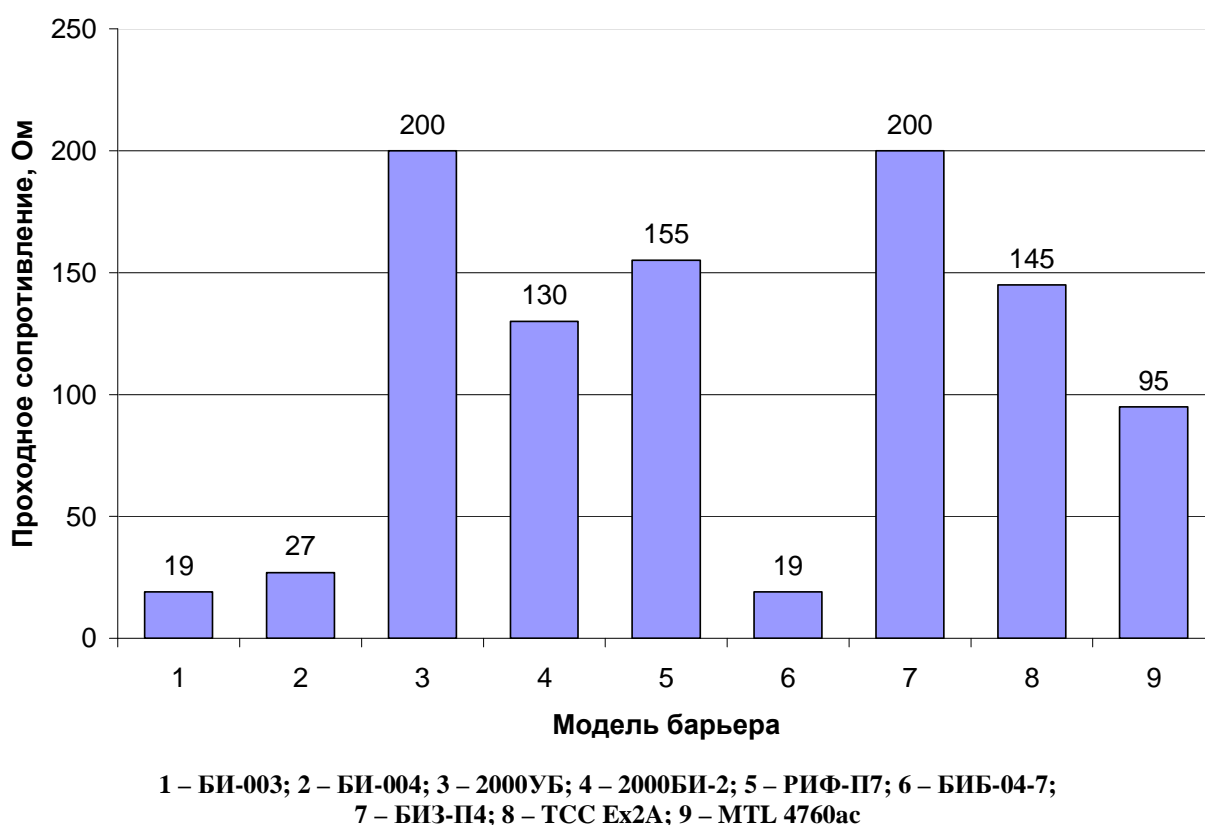


Рис. 2. Проходное сопротивление для моделей четырехпроводных барьеров различных производителей

Как видно, применение барьеров БИ-003 и БИ-004 от ООО «Ленпромавтоматика» в четырехпроводной схеме (в т. ч. при подключении термопары) позволяет использовать кабель, содержащий «обычный» провод со средним удельным сопротивлением, и отказаться

от дорогих низкоомных образцов при сохранении надлежащей точности измерений. Такой подход представляется более выгодным, чем применение трехпроводных схем с низкоомными кабелями, поэтому здесь имеет смысл рассказать о барьерах БИ-003 и БИ-004 несколько более подробно.

Описание решения ООО «Ленпромавтоматика»

Модели БИ-003 и БИ-004 отличаются друг от друга проходным сопротивлением плеч и напряжением холостого хода. Для БИ-003 проходное сопротивление не более 19 Ом, напряжение холостого хода не более 1 В, для БИ-004 27 Ом и 3 В соответственно. Для подавляющего большинства применений предпочтительным является использование БИ-003. Например, такие барьеры активно используются НПФ «КонтрАвт» в АСУТП камеры сушки лакокрасочных покрытий. Проходное сопротивление у БИ-003 меньше, а напряжения с датчика выше 1 В встречаются редко, так как ТП такого напряжения не выдают никогда, а терморезисторы при этом разогреваются собственным током (на типовом стоомном резистивном датчике при напряжении 1 В рассеивается 10 мВт). Но 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 этих барьеров существуют детальные методики расчета погрешности, что позволяет произвести её оценку до того, как канал будет собран.

Методика расчета базируется на соотношении:

$$\delta_{my} = \frac{I_{ym} \cdot R_{max}}{I_0 \cdot (R_{max} - R_{min})} \cdot 100\%$$

где δ_{my} – погрешность измерения; I_{ym} , I_0 – токи утечки диодов (стабилитронов), опроса соответственно; R_{max} , R_{min} – максимальное и минимальное сопротивление ТС соответственно.

Заключение

Четырехпроводная схема подключения барьера с низким проходным сопротивлением это не все, что потребуется для гарантированно устойчивой работы системы. Для комплексного решения реализации надежной искрозащиты можно порекомендовать обратить внимание на следующие факторы, которые нашли отражение в конструкции барьеров производства ООО «Ленпромавтоматика».

Например, благодаря такому способу ограничения тока в искробезопасной цепи, как триггерная защита, удалось отказаться от элементов, на которых выделяется большое количество тепла. Это позволило существенно расширить рабочий температурный диапазон прибора. Кроме того, такое решение снимает бесполезную нагрузку с блока питания датчика, что позволяет избежать перегрузки. В результате, при питании нескольких датчиков от одного источника возрастает надежность всей подсистемы аналогового ввода, так как короткое замыкание в одном из каналов не влияет на работоспособность остальных. Нормирование падения напряжения для наших барьеров есть необходимое условие для грамотного расчета измерительной цепи в целом. Мы столкнулись с тем, что для некоторых сочетаний датчик – барьер – линия связи – ВИП – источник питания возникает метрологический отказ из-за неспособности источника питания обеспечить всех

последовательно включенных потребителей. Так как увеличить напряжение питания зачастую нельзя (это может противоречить требованиям взрывобезопасности), следует ограничивать падение напряжения на барьере. С другой стороны, зная падение напряжения на измерительном преобразователе, минимальное напряжение питания датчика и падение напряжения на барьере, можно легко определить необходимое напряжение, выдаваемое источником питания. А зная напряжение источника питания и тип взрывоопасной среды, можно выбрать тип применяемого барьера.

ООО «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА»
Анисимов Д. В. – ведущий инженер
Балабанов А. В. – менеджер проектов
Кусакин Г. О. – руководитель группы
технических средств