

Кое-что о взрывозащите вида Exi с точки зрения ЛПА



В статье описаны некоторые решения в области обеспечения взрывозащиты вида Exi, разработанные компанией «ЛенПромАвтоматика».

ООО «ЛенПромАвтоматика», г. Санкт-Петербург

О разработке барьеров искробезопасности

Разработчик барьеров искробезопасности, подобно Гегелю и Канту, постоянно решает задачу диалектического противоречия. Назначение барьера искробезопасности — ограничить мощность электрического сигнала для предотвращения воспламенения взрывоопасной смеси вследствие искрения или нагрева. С точки зрения разработчика, лучший способ решения этой проблемы — оборвать ведущий во взрывоопасную зону кабель. Для клиента же барьер искробезопасности — это дополнительное «лишнее» оборудование между датчиком (или исполнительным устройством) и контроллером, которое вносит искажения в информационный сигнал.

Для разрешения вышеописанной проблемы мы разрабатываем барьеры под конкретный тип сигнала. Существующая линейка шунт-диодных барьеров искробезопасности содержит различные изделия для дискретных датчиков, токовых датчиков, термопар и термосопротивлений.

Простой пример: для точного измерения термосопротивления при трехпроводной схеме подключения важно иметь минимальный разбаланс сопротивлений плеч линии связи (рис. 1). Так как шунт-диодный барьер фактически включается в разрыв линии связи, то это правило распространяется и на него. Для барьера БИ-001 разбаланс сопротивлений плеч составляет не более 0,02 Ом.

$$\Delta = \frac{R_1 - R_3}{R_{Tmax} - R_{Tmin}} \cdot 100,$$

где Δ — приведенная погрешность от разбаланса сопротивлений плеч барьера.

Возьмем платиновый термометр сопротивления с номинальным сопротивлением 100 Ом и зададим температурный диапазон $-150...+150$ °С. Для БИ-001 приведенная погрешность от разбаланса сопротивлений плеч составит 0,017%, для БИ-003 (предназначенного только для четырехпроводной схемы подключения) — 0,26%, а для «универсального» шунт-диодного барьера другого производителя — от 1%.

Подобный подход к разработке позволяет гарантировать работоспособность барьера с 95% представленными на рынке датчиков и значительно упрощает подбор барьера заказчиком.

О клиентах и сервисе

«Заходят как-то в бар закупщик, проектировщик и КИПовец...» — телефонные звонки от потенциальных клиентов зачастую имеют анекдотичное продолжение. Неудивительно, ведь у взрывозащиты довольно высокий порог вхождения: существует 9 видов и 8 уровней взрывозащиты, 3 группы электрооборудования по месторасположению, 3 подгруппы по характеристике взрывоопасной среды и специальные обозначения для особых условий применения. Каждый из видов взрывозащиты

описан в объемном разделе ГОСТа, а стандарт на искробезопасное оборудование за последние 6 лет помещался 3 раза.

Более того, мало кто знает, что для вида взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь i» необходимо правильно согласовать максимальные значения искробезопасных электрических цепей U_o , I_o , P_o , C_o , L_o барьера с U_i , I_i , P_i , C_i , L_i датчика и не забыть учесть индуктивность и емкость соединяющего кабеля.

Для упрощения подбора барьеров искробезопасности на сайте компании «ЛенПромАвтоматика»¹ запущен специальный сервис (рис. 2). Всего несколько раз кликнув мышкой, можно сократить список из 30 изделий до 3, а затем визуально определить их ключевые отличия благодаря набору пиктограмм.

Еще один способ подобрать барьер — воспользоваться формой подбора по отечественным и зарубежным аналогам на том же сайте². Выбрав знакомый вам барьер другого производителя из списка, вы сразу получите функциональные аналоги наших изделий.

На сайте представлены все лицензии и сертификаты, полная техническая документация на каждое изделие и актуальные цены на всю линейку барьеров.

С недавнего времени на сайте функционирует интернет-магазин, в котором можно заказать выбран-

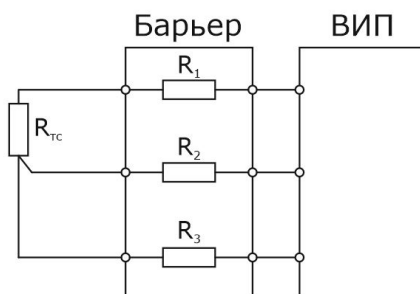


Рис. 1. Влияние внутреннего сопротивления барьера на точность измерения при трехпроводной схеме подключения

¹ Подбор барьеров искрозащиты по параметрам // ООО «ЛенПромАвтоматика»: [сайт]. URL: http://lpadevice.ru/select/?select_type=settings (дата обращения: 26.01.2017).

² Подбор барьеров искрозащиты по аналогам // ООО «ЛенПромАвтоматика»: [сайт]. URL: http://lpadevice.ru/select/?select_type=analog (дата обращения: 26.01.2017).

Подбор барьеров искрозащиты

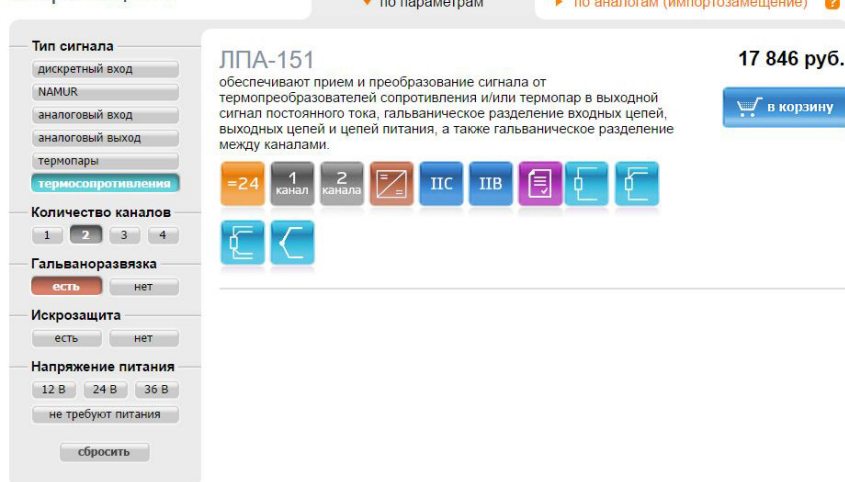


Рис. 2. Реализация контроля цепи для дискретного датчика типа «сухой контакт»

ные барьеры. Указанные в личном кабинете реквизиты будут автоматически сохранены для следующих заказов.

О взрывозащите датчиков с NAMUR

Активное развитие рынка дискретных бесконтактных датчиков объема и положения с выходным сигналом по протоколу NAMUR привело к появлению линейки барьеров искробезопасности ЛПА-14х. Все устройства в линейке поддерживают любые дискретные датчики: «сухой контакт», открытый коллектор, NAMUR.

Спрос на контроль цепи неуклонно растет, а преимуществом использования датчиков NAMUR является то, что в стандарте заложены параметры для контроля цепи на обрыв и короткое замыкание. Барьеры серии ЛПА-14х имеют встроенный преобразователь протокола NAMUR и выдают на контроллер сигналы типа «сухой контакт» или открытый коллектор. Таким образом, можно избежать расходов на покупку дополнительных преобразователей протокола NAMUR. Каждый канал барьера имеет 2 дискретных выхода: «работа» и «ошибка». По совокупности состо-

яний дискретных выходов можно однозначно определить одно из четырех состояний датчика: открыт, закрыт, КЗ, обрыв (рис. 3).

Поддержка стандарта NAMUR позволяет интегрировать контроль цепи с любым дискретным датчиком. Для этого в непосредственной близости от датчика необходимо добавить всего два резистора (рис. 4). Диапазон возможных номиналов резисторов и схема их подключения указаны в руководстве по эксплуатации.

Для дискретных датчиков, работающих в сложной помеховой обстановке, разработан барьер ЛПА-140. Кроме гальванической развязки по питанию и между входом и выходом, этот барьер имеет 2 гальванически развязанных канала. Таким образом, исключается взаимовлияние сигналов от дискретных устройств друг на друга и уменьшается вероятность ложного срабатывания.

Как известно, дискретные сигналы составляют львиную долю сигналов на объектах автоматизации. Для минимизации затрат на оборудование при большом количестве дискретных датчиков можно применять барьер ЛПА-141. К нему можно подключать

Датчик

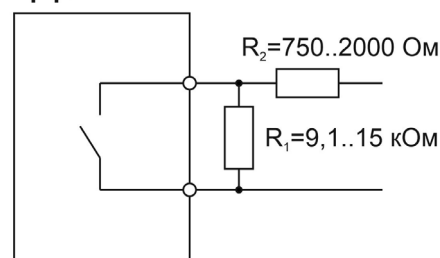


Рис. 4. Схема контроля цепи для датчика с поддержкой NAMUR

до 4 дискретных датчиков одновременно, при этом цена взрывозащиты канала — одна из самых низких на рынке. Каналы барьера ЛПА-141 гальванически связаны по входу и выходу. Для экономии усилий при монтаже выходные реле связаны общим проводом, а сами реле униполярные — их можно подключать по схеме как с «общим плюсом», так и с «общим минусом».

Существует класс датчиков NAMUR, способных переключаться с частотой до 2500 раз в секунду. Эти, а также любые дискретные датчики с частотой переключения до 50 кГц поддерживает барьер искробезопасности ЛПА-142.

Барьер ЛПА-142 имеет и другие интересные особенности. С помощью DIP-переключателей можно отключать контроль цепи, выбирать тип выхода («общий плюс» или «общий минус») и инвертировать сигналы «работа» или «ошибка». Таким образом, отпадает необходимость в программном вмешательстве в логику работы контроллера при замене датчика (например, нормально открытого на нормально закрытый).

Линейка барьеров ЛПА-14х включает несколько устройств, направленных на решение следующих задач:

- ▶ максимальное удешевление канала;
- ▶ повышение надежности канала (защита от ложного срабатывания и контроль цепи датчика);
- ▶ поддержка быстродействующих дискретных датчиков.

О нормализаторе ТП и ТС с функцией искрозащиты

Шунт-диодные барьеры не осуществляют преобразования сигнала между датчиком и контроллером.

Состояние датчика	Выходной ток датчика I, мА	Цвет светодиода	Оптореле «работа», Out[N]	Оптореле «ошибка», Error[N]
Работа	включен	2,1 < I < 5,8	зеленый	замкнуто
	выключен	0,4 < I < 1,2	не горит	разомкнуто
Ошибка	КЗ	I > 6,0	оранжевый	замкнуто
	обрыв	I < 0,4	красный	разомкнуто

Рис. 3. Таблица состояний индикации и выходных реле барьера ЛПА-14х

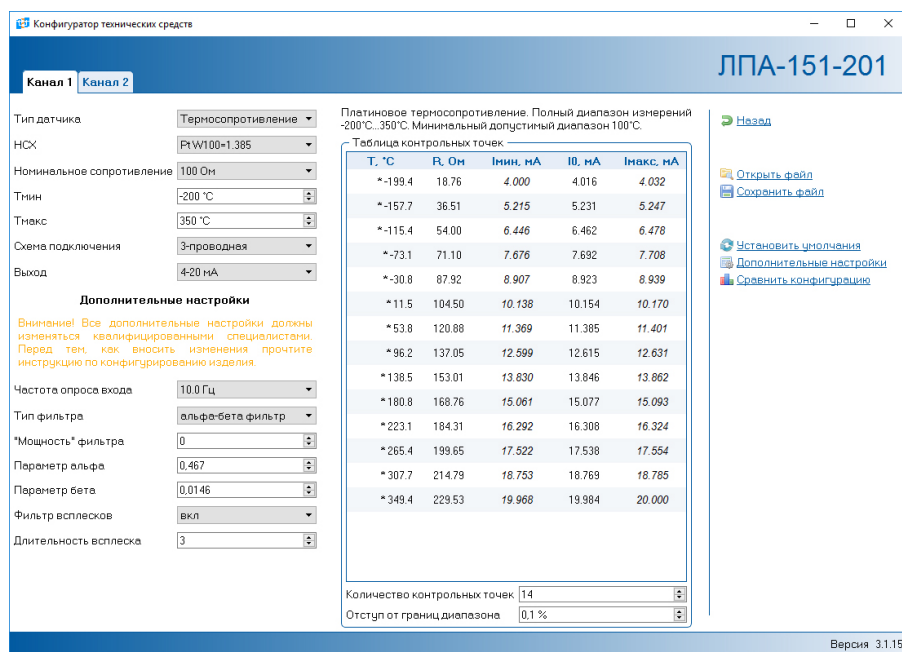


Рис. 5. Программное конфигурирование барьера ЛПА-151

Поскольку заранее, при разработке, неизвестны точные параметры сигнала возбуждения датчика, то для минимизации его искажения шунт-диодные барьеры производства ООО «ЛенПромАвтоматика» разделены по типу сигнала.

Барьеры с гальванической развязкой сами опрашивают датчик и осуществляют преобразование, поэтому электрические параметры сигналов точно известны. За счет этого можно подключать к одному барьеру несколько различных сигналов, расширяя тем самым диапазон поддерживаемых датчиков. Для определения характеристик подключаемого датчика необходимо каким-либо образом конфигурировать изделие.

Для защиты цепей подключения термосопротивлений клиентам долгое время предлагался барьер с гальваническим разделением БИА-103. Он поддерживал только трехпроводную схему подключения и имел 288 заказных модификаций.

На замену ему был разработан современный программно конфигурируемый барьер ЛПА-151. Этот барьер поддерживает широкий спектр термопар и термосопротивлений с двух-, трех- и четырехпроводной схемой подключения.

Барьер поддерживает термопреобразователи сопротивления с номинальным сопротивлением 50 и 100 Ом с любой НСХ (номинальная статическая характеристика) преобразова-

ния по ГОСТ 6651-2009 и термопары типов R, S, B, J, T, E, R, N, A-1, A-2, A-3, L и M с НСХ по ГОСТ Р 8.585-2001.

Для конфигурирования барьера на сайте компании можно скачать бесплатное ПО собственной разработки³. Прошивка осуществляется с помощью кабеля USB A — mini-USB, тип B. В отличие от нормирующих преобразователей зарубежного производства, продукция ООО «ЛенПромАвтоматика» избавляет от необходимости покупать специальный адаптер для конфигурирования барьера.

Для сокращения временных и логистических расходов данный барьер можно закупать уже на стадии проектирования, не требуется заказывать новый барьер при изменении типа датчика в канале измерения температуры. Универсальность позволяет существенно экономить на ЗИП. Больше не приходится хранить множество барьеров по количеству наименований датчиков.

Время реакции барьера на изменение входного сигнала чрезвычайно мало — всего 10 мс при отсутствии фильтрации, что позволяет системе быстро реагировать на критические изменения температуры.

Также в барьере заложен продвинутый математический алгоритм для программной фильтрации входного сигнала. Остановимся на нем подробнее.

При решении задачи приема и обработки сигнала в цифровой технике зачастую встает проблема его очистки от различного рода шумов. Современные точные приборы для работы с термопарами и термосопротивлениями позволяют оцифровывать, обрабатывать и выдавать сигнал, пропорциональный температуре датчика, с частотой до 123 раз в секунду. Температура — довольно инерционный параметр, поэтому оцифрованный сигнал можно и нужно отфильтровать от сторонних искажений. Для этого применяются различные фильтры: скользящее среднее, медианный фильтр, альфа-бета, фильтр Калмана и пр.

Фильтр «скользящее среднее» наиболее прост с точки зрения реализации и наиболее часто используется для программной фильтрации. Он работает следующим образом: нужно взять N последних отсчетов и найти по ним среднее арифметическое значение. При появлении нового измерения самое старое отбрасывается, новое добавляется в набор и снова происходит расчет среднего значения.

Фильтр «альфа-бета» устроен несколько сложнее. У него есть состояние, определяемое как x и dx . Упрощенно можно считать, что x — текущее предположение об истинном значении сигнала (как если бы не было шумов), а dx — текущее предположение об истинной скорости изменения этого сигнала (то есть его производной по времени). При появлении нового измерения y осуществляется следующая процедура:

- рассчитывается предположение о том, чему должен быть равен сигнал в момент измерения: $x_i = x + dx$;
- рассчитывается ошибка предположения: $r = y - x_i$;
- по полученной ошибке предсказание корректируется по формулам:

$$x_i = x_i + \alpha \cdot r, \\ dx_i = dx_i + \beta \cdot r.$$

Новое предположение x , выдается для дальнейшей обработки как результат фильтрации.

На величины α и β накладывается следующее ограничение:

³ Программное обеспечение и прошивки изделий // ООО «ЛенПромАвтоматика»: [сайт]. URL: <http://www.lpadevice.ru/downloads/> (дата обращения: 26.01.2017).



Рис. 6. Барьеры искробезопасности ЛПА

$$0 < \alpha < 1, 0 < \beta < 1;$$

$$4 - 2 \cdot \alpha - \beta > 0.$$

Только при этих ограничениях фильтр подавляет шумы. В общем случае коэффициенты α и β подбираются эмпирически.

Как видно из описания, для работы фильтра «скользящее среднее» нужно держать и постоянно обновлять массив из N чисел, разрядность которых должна соответствовать примененному АЦП. Для 16-разрядного АЦП, применяемого в изделиях ЛПА-151, потребуется хранить N 16-битных чисел. В микроконтроллере под давлением ограничений по памяти и быстродействию необходимо сильно уменьшать число N , так как при N более 10 приходится держать относительно большой буфер в памяти. Как следствие, время обработки сигнала начинает превышать время опроса АЦП, и работа на высоких скоростях теряет смысл. Наряду с этим, для работы фильтра «альфа-бета» необходимо хранить только два числа с плавающей точкой, поэтому время работы алгоритма и количество требуемой

памяти не зависит от глубины фильтрации. Он свободен от ограничений обычного скользящего среднего и при этом предоставляет более гибкие возможности настройки. А одинаковое время исполнения позволяет строить фильтр с эффективной глубиной 100 отсчетов на любой частоте вплоть до 123 Гц.

В барьере ЛПА-151 реализован как обычный фильтр «скользящее среднее», так и фильтр «альфа-бета». Благодаря последнему можно решать сложные задачи, такие как работа в помеховой обстановке с высокой частотой опроса датчика и малым временем реакции на входное воздействие.

Барьер ЛПА-151 — универсальное решение для подключения широкого ряда термодатчиков и термосопротивлений для высокоточных ответственных приложений.

О блоке питания ЛПА-200

Часто встает вопрос о питании четырехпроводных токовых датчиков во взрывоопасной зоне. Два провода, по которым передается информационный сигнал, защищены

барьером, для других двух требуется искробезопасный источник питания. Это сложное и редко встречающееся изделие, поэтому клиенты часто вынуждены запитывать датчики с помощью шунт-диодных барьеров искробезопасности. Однако шунт-диодный барьер имеет ряд недостатков: он требует обязательного заземления и при штатном срабатывании у него перегорает предохранитель. Так как шунт-диодный барьер — неремонтопригодное изделие, он подлежит замене на предприятии-изготовителе.

В феврале 2017 года запущен в серию искробезопасный блок питания ЛПА-200. Он может одновременно запитать до 4 датчиков, при этом каждый из датчиков будет гальванически отведен от других. Барьер способен выдать до 0,72 Вт при выходном напряжении 24 В. Это оптимальные параметры для согласования максимальных значений искробезопасных электрических цепей блока питания, кабеля и датчика. Таким образом, гарантируется совместимость широкого спектра датчиков.

В дальнейшем планируется создание линейки общепромышленных блоков питания.

Вместо заключения

Мы попытались создать у вас представление о некоторых решениях в области обеспечения взрывозащиты вида Exi (рис. 6). Наша компания, «ЛенПромАвтоматика» (ЛПА), — крупный игрок на российском рынке барьеров искробезопасности. Наши изделия работают на объектах таких компаний, как ПАО «Газпром», ПАО «ЛУКОЙЛ», ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Транснефть», ФГУП «ЦЭНКИ» КЦ «Южный» («Байконур») и т. д.

Специалисты компании — эксперты в области искробезопасности, они помогут вам подобрать качественное и надежное изделие для оптимального решения вашей задачи.

А.В. Куваев, инженер-разработчик РЭА,
ООО «ЛенПромАвтоматика», г. Санкт-Петербург,
тел.: +7 (812) 448-0897, +7 (495) 215-0947,
e-mail: ba@lpadevice.ru,
www.lpadevice.ru