

## Барьеры искробезопасности БИ-003 и БИ-004

### Методические рекомендации по применению

#### 1. Краткое описание

Барьеры искробезопасности БИ-003 и БИ-004 (в дальнейшем - барьеры), предназначены для обеспечения искробезопасности электрических цепей первичных преобразователей, в роли которых, например, могут выступать термоэлектрические преобразователи и термопреобразователи сопротивления.

##### 1.1. Характеристики

Приведем краткие технические характеристики самого барьера:

- максимальное сопротивление канала барьера не превышает 19 Ом для БИ-003 и 27 Ом для БИ-004;
- максимально допустимое входное напряжение барьера, при котором обеспечивается искробезопасность защищаемой цепи - напряжение переменного тока 250 В, 50 Гц;
- габаритные размеры барьера не более 114x99x17,5 мм;
- средний срок службы барьера - 12 лет;
- средняя наработка до отказа барьера не менее 150 000 ч;
- барьер является невосстанавливаемым изделием и ремонту не подлежит (Согласно п.9.2.3 ГОСТ Р 51330.10-99 должна быть исключена возможность ремонта или замены элементов внутреннего монтажа барьеров).

##### 1.2. Обеспечение искробезопасности

Барьеры с искробезопасными электрическими цепями уровня «ib» выполнен в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51330.10-99 (МЭК 60079-11-99), имеет маркировку взрывозащиты «[Exib]ПС» и предназначены для установки вне взрывоопасных зон. Барьер обеспечивает следующие характеристики искробезопасной цепи:

- напряжение холостого хода ( $U_0$ ) не более 1 В для БИ-003 и не более 3 В для БИ-004;
- ток короткого замыкания ( $I_0$ ) не более 200 мА.

Следует учитывать, что заявленная искробезопасность обеспечивается только при следующих параметрах защищаемой цепи:

- емкость ( $C_0$ ) не более 1 мкФ;
- индуктивность ( $L_0$ ) не более 1 мГн.

При попадании высокого напряжения в искробезопасную цепь барьер обеспечивает перегорание встроенного предохранителя и тем самым отключает защищаемую цепь от опасного напряжения. Дальнейшее использование «сработавшего» барьера невозможно.

### 1.3. Основные отличия барьеров

Основными отличиями барьеров являются различные напряжение холостого хода и проходное сопротивление плеч. Их значения для каждого из барьеров приведены в таблице 1.

**Таблица 1. Основные отличия барьеров**

Характеристика	Барьер	
	БИ-003	БИ-004
Напряжение холостого хода ( $U_0$ )	1 В	3 В
Проходное сопротивление плеча	19 Ом	27 Ом

Для подавляющего большинства применений предпочтительным является использование БИ-003: проходное сопротивление у него меньше, а напряжения с датчика выше 1 В встречаются редко, так как термопары 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, включённых как термоанемометры, используются большие токи опроса. В этих случаях следует применять БИ-004.

### 1.4. Конструкция и крепёж

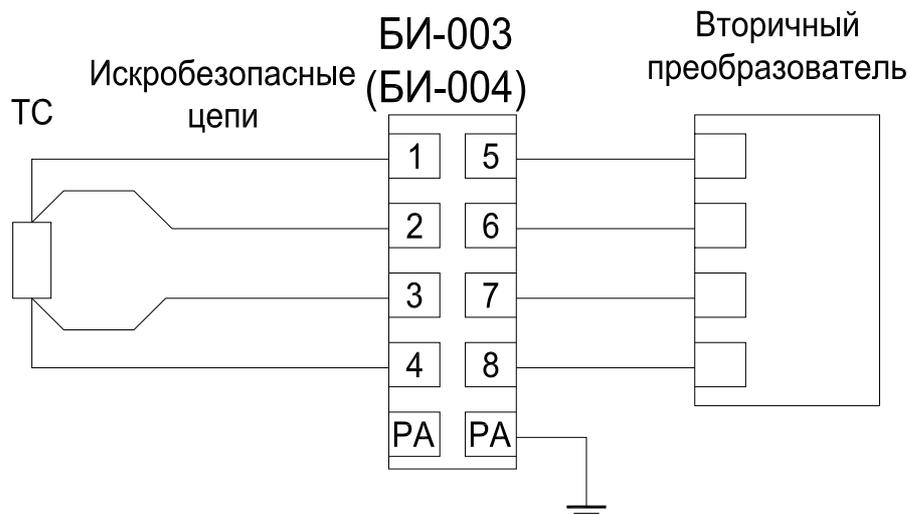
Конструктивно барьер выполнен в пластмассовом неразборном корпусе и предназначен для установки на монтажный рельс шириной 35 миллиметров. Для облегчения монтажа и замены барьера применены съёмные клеммные колодки.

При установке, эксплуатации и замене барьера необходимо учитывать следующее: барьер имеет, помимо винтового зажима, дополнительный контакт заземления через монтажный рельс. Установка барьера на монтажный рельс вызывает электрическое соединение цепи заземления барьера с монтажным рельсом.

## 2. Подключение ТС

Терморезисторы подключаются по двух-, трех- или четырехпроводной схеме. Применение двухпроводной схемы подключения терморезистора через любой пассивный барьер в измерительных цепях практически невозможно. Для трехпроводного подключения рекомендуем использовать барьер БИ-001, который был разработан специально для трехпроводной схемы и учитывает все ее нюансы. Мы не рекомендуем применять барьеры БИ-003 и БИ-004 при трехпроводном подключении, так как разбаланс их плеч не нормирован. Четырехпроводное подключение рассмотрим подробнее.

## 2.1. Четырехпроводная схема



**Рис. 1. Четырехпроводная схема подключения термопреобразователя сопротивления (ТС)**

На Рис. 1 приведена схема подключения термопреобразователя сопротивления по четырехпроводной схеме. Это основная схема использования барьеров БИ-003 и БИ-004.

Отметим, что все плечи барьера полностью равноценны и в том, какая цепь через какое плечо подключена, разницы нет.

## 2.2. Рекомендации по применению

Рассмотрим некоторые вопросы применения барьеров БИ-003 и БИ-004 при защите цепей термопреобразователей сопротивления.

### 2.2.1. «Срабатывание» барьера

Как уже указывалось в пункте 1.2, «срабатывание» барьера является штатной ситуацией обеспечения искробезопасности. Срабатывание барьера вызывается попаданием в искроопасную цепь, подключенную к барьеру, электрического сигнала, по своим параметрам превышающего допустимое напряжение холостого хода (см. п.1.2) и ток перегорания встроенного предохранителя (50 мА).

Как правило, с искроопасной стороны к барьеру подключены вторичные измерительные преобразователи. Параметры электрических сигналов, с которыми работают измерительные преобразователи, практически всегда не превышают значений, необходимых для «срабатывания» барьера. Поэтому, для избежания «срабатывания» барьеров необходимо исключить попадание электрических сигналов из других цепей (например, в результате коротких замыканий).

### 2.2.2. Ток опроса

Все известные нам вторичные измерительные преобразователи работают по следующему принципу: через термопреобразователь сопротивления пропускается тестовый ток заданной величины и измеряется падение напряжения на термопреобразователе. Чем этот ток больше и чем больше сопротивление термопреобразователя, тем больше падение напряжения на датчике. А барьер искрозащиты обязан это напряжение ограничивать. Это может привести к большой погрешности измерительного канала, особенно в «верхней» части диапазона измерения. Для выхода из этой ситуации нами разработаны два барьера с различными напряжениями

холостого хода 1 В – БИ-003 и 3 В – БИ-004. Однако не следует забывать, что проходное сопротивление плеча БИ-004 больше чем у БИ-003 (27 и 19 Ом соответственно).

Следует убедиться, что используемые вторичный преобразователь и терморезистор подходят для работы с выбранным барьером. Сделать это можно, подключив к вторичному преобразователю резистор, номинал которого соответствует значению сопротивления термпреобразователя в верхней точке диапазона измерения (т.е. максимально возможному сопротивлению терморезистора) и измерив на нем падение напряжения. Измеренное значение напряжения должно быть меньше значения напряжения холостого хода барьера.

### 2.2.3. Проходное сопротивление плеча барьера

Четырехпроводная схема подключения термпреобразователей сопротивления является самой точной из известных схем включения. Это связано с тем, что для подачи тока опроса на термпреобразователь и измерения падения напряжения на нем используются отдельные линии связи.

Теоретически, измерительный сигнал в четырехпроводной схеме подключения не зависит от значения и разброса сопротивлений линий связи. Однако для выполнения этого условия требуется наличие идеального источника тока в составе вторичного измерительного преобразователя. Реальный источник тока работает только на ограниченную нагрузку. При увеличении сопротивления цепи, по которой течет ток опроса датчика, выше значения, заложенного разработчиком преобразователя, его погрешность резко возрастает. К сожалению, практически все изготовители вторичных измерительных преобразователей не нормируют сопротивление линии связи, на которое они рассчитывают свои изделия.

Напомним, что БИ-003 и БИ-004 имеют проходное сопротивление плеча – не более 19 и 27 Ом соответственно и подходят для работы с большинством вторичных преобразователей.

Тем не менее, следует убедиться в отсутствии значимой погрешности от сопротивления плеча барьера. Сделать это можно, например, экспериментальным путем, включив вместо каждого плеча барьера резистор (19 Ом для БИ-003 или 27 Ом для БИ-004).

Подробная инструкция по определению погрешности, вносимой барьером в канал измерения, находится в документе «Методика расчета погрешности БИ-003 и БИ-004».

### 2.2.4. Заземление

Согласно ГОСТ Р 51330.10-99 (МЭК 60079-11-99), цепи барьера, обозначенные «РА», необходимо заземлять. Это одно из условий обеспечения искробезопасности защищаемой цепи. Но данная тема имеет еще один аспект. При «висящей в воздухе» цепи «РА» барьера и неблагоприятной помеховой обстановке может сложиться следующая ситуация: энергии наведенной помехи может оказаться достаточно для открытия защитных шунтирующих диодов барьера. В результате измеряемый сигнал непредсказуемым образом искажается. Таким образом, заземление необходимо не только для обеспечения искрозащиты, но и для сохранения метрологических характеристик канала.

### 3. Подключение термопар

Как было указано выше, барьеры БИ-003 и БИ-004 предназначен для обеспечения искробезопасности цепей как терморезисторов, так и термопар. С точки зрения подключения термопар эти барьеры полностью идентичны.

#### 3.1. Схема подключения

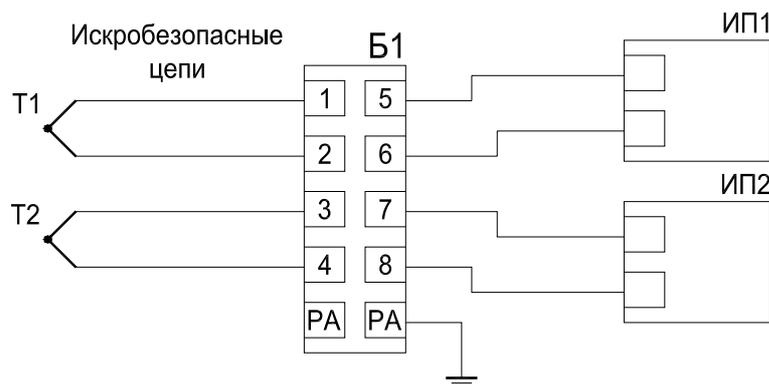


Рис. 2. Подключение термопар

На рисунке использованы следующие сокращения:

Т1, Т2 – термопреобразователи;

Б1 – барьер искрозащиты (БИ-003 или БИ-004);

ИП1, ИП2 – вторичные измерительные преобразователи.

Как и в случае с подключением термопреобразователя сопротивления, все плечи барьера полностью равноценны и в том, какая цепь через какое плечо подключена, разницы нет.

#### 3.2. Рекомендации по применению

Рассмотрим некоторые вопросы применения барьеров БИ-003 и БИ-004 при защите цепей термопар.

##### 3.2.1. «Срабатывание» барьера

Электрические сигналы, вырабатываемые термопарами, крайне слабы и не могут привести к «срабатыванию» барьера, а вторичные измерительные преобразователи, рассчитанные на работу с термопарами, часто имеют пассивный вход.

В результате рекомендации остаются такими же, как и в случае с терморезисторами (см. п. 2.2.1).

##### 3.2.2. Использование компенсационных проводов

При использовании БИ-003 (БИ-004) с термоэлектрическими преобразователями (термопарами) основную трудность представляет компенсация термоЭДС свободных концов (термоЭДС холодного спая). Холодный спай образуется там, где заканчиваются удлинительные термоэлектроды (термокомпенсационные провода). Если барьера нет, то холодный спай образуется на входных клеммах вторичного измерительного

преобразователя. Все доброкачественные преобразователи, рассчитанные на подключение термопар, содержат специальные схемотехнические решения для компенсации термоЭДС холодного спая. Если в состав измерительного канала входит барьер искрозащиты, то объектовые удлинительные термоэлектроды заканчиваются на клеммах барьера. Здесь и образуется холодный спай. Если монтаж от выходных клемм барьера до входных клемм вторичного измерительного преобразователя вести обычными медными проводами, возникает погрешность, обусловленная разностью температур этих клемм. Просто разместить барьер рядом с преобразователем, чтоб уровнять их температуры – плохое решение: оба прибора в процессе работы могут достаточно сильно нагреваться, поэтому погрешность все равно возникнет. Правильный шаг – вести монтаж от барьера до преобразователя термокомпенсационными проводами. В этом случае возникает две встречно включенные термопары на входных и выходных клеммах барьера. Они находятся практически при тождественной температуре, поэтому значимой погрешности в результат измерения не вносят.

### 3.2.3. Заземление

Все рекомендации аналогичны пункту 2.2.4.

### 3.2.4. Погрешность, вносимая в канал измерения

Единственным возможным источником погрешности при использовании барьеров БИ-003 и БИ-004 в цепи термопары является ток утечки защитных диодов барьера. Но значения выходного напряжения термопар весьма низки, следовательно, ток утечки крайне мал, и его влиянием можно пренебречь. Этот теоретический результат устойчиво воспроизводится экспериментально. В настоящее время нам не известны случаи искажения сигналов термопар барьерами БИ-003 и БИ-004.

## 4. Дополнительные сведения

Данный раздел содержит информацию о возможных (ранее замеченных) проблемах применения барьеров и ответы на часто задаваемые вопросы.

### 4.1. БИ-003, БИ-004 и вторичные измерительные преобразователи

Некоторые вторичные преобразователи не обеспечивают гальванического разделения между цепями своего питания и измерительными цепями. Это часто приводит к невозможности их совместного использования с барьерами БИ-003 (БИ-004) и выражается в виде метрологического отказа канала (каналов) измерения. Причина кроется в следующем: под воздействием разности потенциалов открываются защитные диоды барьеров. Разность потенциалов может быть приложена между цепью заземления барьеров и измерительными цепями, между измерительными цепями одного преобразователя, между измерительными цепями двух разных преобразователей. При этом данная ситуация может возникать только при определенных условиях (например при обрыве линий связи с одним из датчиков).

Во избежание проблем настоятельно рекомендуем использовать вторичные измерительные преобразователи, обеспечивающие гальваническое отделение цепей подключения датчика от остальных цепей.

### 4.2. БИ-003 и БИ-004 в дискретных цепях

Барьеры БИ-003 и БИ-004 имеют низкое значение напряжения холостого хода – 1 В и 3 В соответственно. В связи с этим их применение в дискретных цепях практически

невозможно, т.к. напряжение в таких цепях, как правило, в несколько раз превышает указанный порог.

#### **4.3. О сопротивлении плеча барьера**

Значение сопротивления плеча барьера складывается из нескольких составляющих, каждая из которых в той или иной степени зависит от многих факторов:

- допустимого напряжения и связанного с ним тока короткого замыкания в искробезопасной цепи;
- номинального тока срабатывания предохранителя и его разрывной способности;
- предполагаемого максимального напряжения на контактах барьера со стороны искробезопасной цепи.

В свою очередь, некоторые перечисленные факторы также являются зависимыми и ограниченными требованиями ГОСТ Р 51330.10-99 (МЭК 60079-11-99).

При разработке барьеров БИ-003 и БИ-004 были предприняты специальные усилия по минимизации проходного сопротивления. В результате, если большинство конкурентов вовсе не нормирует этот параметр, для всех барьеров ряда БИ-00Х сопротивление нормировано на уровне, обеспечивающем бесперебойную работу с подавляющим большинством вторичных измерительных преобразователей (подробнее – п.2.2.3).

#### **4.4. Возврат барьеров**

Барьеры искробезопасности, вышедшие из строя в результате срабатывания предохранителя, принимается к зачету в размере 30 % стоимости нового барьера искробезопасности того же типа.