

Барьеры искробезопасности БИ-003 и БИ-004

Методика расчета погрешности, вносимой в измерительный канал

1. Четырехпроводная схема подключения

Погрешность, вносимая барьерами БИ-003 и БИ-004 в измерительный канал, состоит из двух основных составляющих:

- $\delta_{\text{ту}}$ - погрешность от токов утечки;
- $\delta_{\text{пс}}$ - погрешность от проходного сопротивления плеч барьера.

Приведенная погрешность δ , вносимая барьером, вычисляется по следующей формуле:

$$\delta = \delta_{\text{ту}} + \delta_{\text{пс}} \quad (1)$$

Ниже рассмотрим каждую составляющую в отдельности.

1.1. Погрешность от токов утечки

Для ограничения напряжения искробезопасными величинами в схему БИ-003 (БИ-004) входят диоды (стабилитроны) между сигнальными линиями и контуром заземления. Хотя в рабочем режиме эти диоды закрыты, имеет место ток утечки через них. Чем этот ток больше, тем меньше ток через датчик и тем меньше, соответственно, напряжение на входе вторичного измерительного преобразователя. Ток утечки, в свою очередь, тем больше, чем больше напряжение на шунтирующих элементах. Таким образом, данная составляющая погрешности зависит от измерительного тока, генерируемого вторичным измерительным преобразователем, и от сопротивления терморезистора. Данная погрешность достигает максимума на верхней границе диапазона измерения. Приведенная погрешность от токов утечки, выраженная в процентах, вычисляется следующим образом:

$$\delta_{\text{ту}} = \frac{R_{\text{max}} \times I_{\text{ym}}}{I_0 \times (R_{\text{max}} - R_{\text{min}})} \times 100\% \quad (2)$$

Где R_{max} и R_{min} – максимальное и минимальное сопротивление терморезистора;

I_0 – ток опроса; I_{ym} – ток утечки диодов (стабилитронов).

Ток I_0 опроса термопреобразователя определяется паспортными характеристиками вторичного измерительного преобразователя.

Значение R_{max} и R_{min} определяют, исходя из диапазона измерения температуры и градуировочных характеристик термопреобразователя сопротивления. Для стандартных термопреобразователей градуировочные таблицы приведены в ГОСТ 6651-94.

Ток утечки диодов (I_{ym}), как было указано выше, есть функция от падения напряжения на терморезисторе (U_x). Поэтому сначала необходимо определить U_x по следующей формуле:

$$U_x = R_{\text{max}} \times I_0 \quad (3)$$

Далее, по значению U_x вычисляют ток утечки по формуле 4 для БИ-003 и по формуле 5 для БИ-004:

$$I_{ym} = e^{(-4,8 \times U_x^2 + 17,1 \times U_x - 13,58)} \quad (4)$$

$$I_{ym} = e^{(-1,2 \times U_x^2 + 8,15 \times U_x - 12,22)} \quad (5)$$

Полученные данные подставляют в формулу 2.

ВНИМАНИЕ:

- В формулы 4 и 5 значение U_x необходимо подставлять в вольтах, а полученный результат будет выражен в миллиамперах.
- Значение U_x должно лежать в пределах 0...1 В для БИ-003 и 0...3 В для БИ-004.

1.2. Погрешность от проходного сопротивления плеч

Теоретически измерительный сигнал в четырехпроводной схеме включения не зависит от абсолютного значения 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 датчика выше значения, предусмотренного разработчиком преобразователя, погрешность измерения резко возрастает. К сожалению, практически все изготовители вторичных измерительных преобразователей не нормируют сопротивление линии связи, на которое они рассчитывают свои изделия. Как показали наши эксперименты с продукцией ведущих мировых производителей, значимая погрешность появляется при увеличении сопротивления одной линии связи свыше 30-40 Ом. Если не задаваться проблемами искрозащиты, такое сопротивление вполне достаточно, так как сопротивление реальных линий связи составляет единицы Ом. Таким образом, может возникнуть коллизия: барьер сам по себе имеет малую погрешность и измерительный преобразователь сам по себе точный, а включив их вместе, получаем большую погрешность от их взаимодействия.

Поскольку погрешность от проходного сопротивления плеч целиком и полностью зависит от характеристик вторичного измерительного преобразователя, привести методику ее расчета не представляется возможным.

Тем не менее, важно отметить следующий факт: если суммарное сопротивление линии связи и плеча барьера не превышает критического порога для данного конкретного типа вторичных преобразователей, то погрешностью от проходного сопротивления плеча барьера можно пренебречь.

Убедиться в отсутствии значимой погрешности от сопротивления плеча барьера можно экспериментальным путем, включив вместо каждого плеча барьера резистор (19 Ом для БИ-003 или 27 Ом для БИ-004).

1.3. Пример расчета погрешности

1.3.1. Исходные данные

- используемый барьер: БИ-004;
- диапазон измерения температуры: -100 °С ... +100 °С;

- тип датчика: ТСМ 100П ($\alpha=1,391$);
- ток опроса вторичного преобразователя: 1 мА;
- сопротивление линии связи: $\leq 1,5$ Ом.

1.3.2. Вычисление погрешности от токов утечки

Определим по таблицам, приведенным в ГОСТ 6651-94, значения R_{\max} и R_{\min} , исходя из заданного диапазона измерения температуры и типа датчика.

Получаем следующие значения $R_{\min} = 59,64$ Ом; $R_{\max} = 139,11$ Ом.

Далее определим падение напряжения на терморезисторе в точке диапазона измерения с максимальным сопротивлением датчика, т.е. в точке $+100$ °С. Значение сопротивления термопреобразователя в этой точке нам уже известно, это $R_{\max} = 139,11$ Ом. Значение тока опроса – $I_0 = 1$ мА. Подставим эти значения в формулу 3 и получим падение напряжения $U_x = 139,11$ мВ.

Теперь определим ток утечки, используя формулу 5. Подставив в нее необходимые значения, получаем $I_{ут} = 1,5 \times 10^{-5}$ мА.

Теперь определим саму погрешность от тока утечки. Подставив все необходимые значения в формулу 2, получаем $\delta_{ту} = 0,03$ %.

1.3.3. Вычисление погрешности от проходного сопротивления плеч

Для определенности будем считать, что экспериментально подтвержден факт незначимости погрешности от проходного сопротивления плеч барьера. Следовательно, примем значение δ_{pn} равное нулю.

1.3.4. Вычисление суммарной погрешности

Подставим значения всех составляющих погрешности в формулу 1.

Погрешность, вносимая барьером, составляет $\delta = 0,03$ %.