

МЕТОДИКА

По расчету погрешности вносимой барьером в измерительный канал ИСКРА-АТ/ТС/ТП.03

1 Общие сведения

В данном документе приводятся расчеты погрешности вносимой барьером искробезопасности в измерительный канал.

2 Реализация технических требований

Принятые сокращения:

ТС - «Термосопротивление»

ТП - «Термопара»

АТ - «Унифицированный сигнал тока»

НСХ – Номинальная статическая характеристика

ТЭДС – термо ЭДС

3 Применение расчетов погрешности барьера:

3.1 Барьер искробезопасности ИСКРА-ТС.03.

3.1.1 Максимальная приведенная погрешность, вносимая барьером в канал измерения температуры

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

Где:

$\delta_{\text{рп}}$ – максимальная приведенная погрешность от разбаланса плеч барьера;

$\delta_{\text{ту}}$ – максимальная приведенная погрешность от токов утечки защитных диодов;

$\delta_{\text{пс}}$ – максимальная приведенная погрешность от проходного сопротивления плеч барьера.

3.1.2 Максимальная приведенная погрешность от разбаланса плеч $\delta_{\text{рп}}$

Погрешность от разбаланса плеч рассчитывается по следующей формуле:

$$\delta_{\text{рп}} = \frac{R_{\text{рп}}}{R_{\text{max}} - R_{\text{min}}} \times 100\% \quad (2)$$

Где:

$R_{\text{рп}}$ – сопротивление разбаланса плеч барьера;

R_{max} – максимальное сопротивление терморезистора;

R_{\min} – минимальное сопротивление терморезистора.

Для барьеров ИСКРА-ТС.03 обеспечивается разбаланс плеч $R_{\text{рп}}$ не более 0.05 Ом. Для стандартных термопреобразователей сопротивления градуировочные таблицы приведены в ГОСТ 6651 – 2009.

ПРИМЕР РАСЧЕТА $\delta_{\text{рп}}$.

Исходные данные:

1. Термометр сопротивления: Cu50 ($W_{100} = 1,4260$, $\alpha = 0,00426 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)
2. Сопротивление разбаланса плеч $R_{\text{рп}} = 0.05$ Ом.
3. $R_{\text{max}} = 92.6$ Ом, $R_{\text{min}} = 39.35$ Ом (см. градуировочную таблицу НСХ ГОСТ 6651 – 2009). Диапазон температур: $-50 \text{ } ^\circ\text{C} \div +200 \text{ } ^\circ\text{C}$

Решение:

Подставим исходные данные в формулу (2). Полученный результат вычислений $\delta_{\text{рп}}$ приведен ниже:

$$\delta_{\text{рп}} = \frac{0.05}{92.6 - 39.35} \times 100\% = 0.09\%$$

3.1.3 Максимальная приведенная погрешность от токов утечки $\delta_{\text{ту}}$

Погрешность от токов утечки рассчитывается по следующей формуле:

$$\delta_{\text{ту}} = \frac{I_{\text{ут}}}{I_0} \times 100\% \quad (3)$$

где, $I_{\text{ут}}$ – ток утечки защитных диодов; I_0 – ток опроса измерительного преобразователя.

ПРИМЕР РАСЧЕТА $\delta_{\text{ту}}$.

Исходные данные:

1. Рабочее напряжение: 3 В.
2. Ток утечки $I_{\text{ут}}$ защитных диодов при рабочем напряжении: 1 мкА.
3. Ток опроса I_0 измерительного преобразователя прибора ТРМ1: 420 мкА.

Решение:

Подставим исходные данные в формулу (3). Полученный результат вычислений $\delta_{\text{ту}}$ приведен ниже:

$$\delta_{\text{ту}} = \frac{1}{420} \times 100\% = 0.23\%$$

3.1.4 Максимальная приведенная погрешность от проходного сопротивления плеч барьера $\delta_{\text{пс}}$

Погрешность от проходного сопротивления плеч рассчитывается по следующей формуле:

$$\delta_{\text{пс}} = \frac{R_{\text{пб}}}{R_{\text{пб}} + R_{\text{вх.иу}}} \times 100\% \quad (4)$$

где, $R_{\text{пб}}$ – проходное сопротивление плеч барьера; $R_{\text{вх.иу}}$ – входное сопротивление измерительного устройства.

ПРИМЕР РАСЧЕТА $\delta_{\text{пс}}$.

Исходные данные:

1. Количество плеч барьера $N_{\text{плеч}} = 3$.
2. Проходное сопротивление плеча барьера $R_{\text{пб плеча}} = 76 \text{ Ом}$.
Проходное сопротивление плеч барьера
 $R_{\text{пб}} = N_{\text{плеч}} \times R_{\text{пб плеча}} = 3 \times 76 \text{ Ом} = 228 \text{ Ом}$.
3. Входной ток аналогового входа измерительного устройства: преобразователя AD7792 прибора TPM1 $I_{AI} = 1 \text{ нА}$ (Average Input Current см. Datasheet AD7792/AD7793 Analog Devices).
4. Входное напряжение измерительного устройства $U_{\text{вх}} = 1 \text{ В}$.
5. Входное сопротивление измерительного устройства рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{вх.иу}} = \frac{U_{\text{вх}}}{I_{AI}} = \frac{1 \text{ В}}{1 \times 10^{-9}} = 1 \text{ ГОм}$$

Решение:

Подставим исходные данные в формулу (4). Полученный результат вычислений $\delta_{\text{пс}}$ приведен ниже:

$$\delta_{\text{пс}} = \frac{228}{228 + 1 \times 10^9} \times 100\% = 2.27 \times 10^{-5} \%$$

3.1.5 Подставим исходные данные в формулу (1) для вычисления максимальной приведенной погрешности вносимой барьером δ в канал измерения температуры

$$\delta = \delta_{\text{рп}} + \delta_{\text{ту}} + \delta_{\text{пс}} = 0.09 + 0.23 + 2.27 \times 10^{-5} = 0.32 \%$$
 или

Для термосопротивления Cu50:

$$0.0032 \times 250 \text{ }^\circ\text{C} = 0.8 \text{ }^\circ\text{C}$$

3.2 Барьер искробезопасности ИСКРА-ТП.03.

3.2.1 Максимальная приведенная погрешность, вносимая барьером в канал измерения температуры

$$\delta = \delta_{\text{ту}} + \delta_{\text{пс}} \quad (5)$$

Где:

$\delta_{\text{ту}}$ – максимальная приведенная погрешность от токов утечки защитных диодов;

$\delta_{\text{пс}}$ – максимальная приведенная погрешность от проходного сопротивления плеч барьера.

3.2.2 Максимальная приведенная погрешность при измерении температуры от токов утечки $\delta_{\text{ту}}$

Погрешность от токов утечки рассчитывается по следующей формуле:

$$\delta_{\text{ту}} = \frac{U_{\text{ут}}}{U_{\text{max}}} \times 100\% \quad (6)$$

где, $U_{\text{ут}}$ – падение напряжения на токоограничительном резисторе плеча барьера при токе утечки $I_{\text{ут}}$ защитных диодов; U_{max} – максимальное выходное напряжение термопары. Для стандартных термопар градуировочные таблицы приведены в ГОСТ Р 8.585 – 2001.

ПРИМЕР РАСЧЕТА $\delta_{\text{ту}}$.

Исходные данные:

1. Рабочее напряжение: 1 В.
2. Ток утечки защитных диодов при рабочем напряжении: 1 мкА.
3. Токоограничительное сопротивление плеча барьера $R_{\text{огранич}} = 62 \text{ Ом}$.
4. Тип термопары ТХК (L).
5. Максимальное выходное напряжение термопары $U_{\text{max}} = 66.466 \text{ мВ}$ (см. градуировочную таблицу ТЭДС ГОСТ Р 8.585 - 2001)

Решение:

1. Ток утечки $I_{\text{ут}}$ защитных диодов на максимальном выходном напряжении U_{max} термопары составляет 0.05 мкА.

2. Определим падение напряжения $U_{ут}$ на токоограничительном резисторе плеча барьера $R_{огранич}$ по формуле:

$$U_{ут} = I_{ут} \times R_{огранич} = 0.05 \times 10^{-6} \times 62 = 3.1 \times 10^{-6} \text{ В} = 3.1 \text{ мкВ}$$

3. Подставим исходные данные в формулу (6). Полученный результат вычислений $\delta_{ту}$ приведен ниже:

$$\delta_{ту} = \frac{3.1 \times 10^{-6}}{66.466 \times 10^{-3}} \times 100\% = 0.00466 \%$$

3.2.3 Максимальная приведенная погрешность от проходного сопротивления плеч барьера $\delta_{пс}$

Погрешность от проходного сопротивления плеч барьера рассчитывается по формуле (4).

ПРИМЕР РАСЧЕТА $\delta_{пс}$.

Исходные данные:

1. Количество плеч барьера $N_{плеч} = 2$.
2. Проходное сопротивление плеча барьера $R_{пб\ плеча} = 82 \text{ Ом}$.
Проходное сопротивление плеч барьера
 $R_{пб} = N_{плеч} \times R_{пб\ плеча} = 2 \times 82 \text{ Ом} = 164 \text{ Ом}$
3. Входное сопротивление измерительного устройства $R_{вх.иу}$ (см. п. 3.1.4 ПРИМЕР РАСЧЕТА $\delta_{пс}$).

Решение:

Подставим исходные данные в формулу (4). Полученный результат вычислений $\delta_{пс}$ приведен ниже:

$$\delta_{пс} = \frac{164}{164 + 1 \times 10^9} \times 100\% = 1.63 \times 10^{-5} \%$$

3.2.4 Подставим исходные данные в формулу (5) для вычисления максимальной приведенной погрешности вносимой барьером δ в канал измерения температуры

$$\delta = \delta_{ту} + \delta_{пс} = 0.00466 + 1.63 \times 10^{-5} = 0.00467 \%$$

Или для термопары ТХК(L):

$$0.0000467 \times 1000 \text{ }^\circ\text{C} = 0.0467 \text{ }^\circ\text{C}$$

3.3 Барьер искробезопасности ИСКРА-АТ.03.

3.3.1 Максимальная приведенная погрешность, вносимая барьером в канал измерения унифицированного сигнала тока $0 \div 20$ мА

$$\delta = \delta_{\text{ту}} \quad (7)$$

Где:

$\delta_{\text{ту}}$ – максимальная приведенная погрешность от токов утечки защитных диодов;

3.3.2 Максимальная приведенная погрешность от токов утечки $\delta_{\text{ту}}$

Погрешность от токов утечки рассчитывается по следующей формуле:

$$\delta_{\text{ту}} = \frac{I_{\text{ут}}}{I_{\text{диап}}} \times 100\% \quad (8)$$

где, $I_{\text{ут}}$ – ток утечки защитных диодов; $I_{\text{диап}}$ – диапазон измерения унифицированного сигнала тока.

ПРИМЕР РАСЧЕТА $\delta_{\text{ту}}$.

Исходные данные:

1. Рабочее напряжение: 22.8 В.
2. Ток утечки защитных диодов $I_{\text{ут}}$ при рабочем напряжении: 10 мкА.
3. Диапазон измерения унифицированного сигнала тока $I_{\text{диап}} = 0 \div 20$ мА.

Решение:

Подставим исходные данные в формулу (8). Полученный результат вычислений $\delta_{\text{ту}}$ приведен ниже:

$$\delta_{\text{ту}} = \frac{10}{20000} \times 100\% = 0.05 \%$$