Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы»
(ФГУП «ВНИИМС»)
Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

РЕКОМЕНДАЦИЯ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Методика поверки

с помощью калибраторов температуры серии ATC-R и цифрового прецизионного термометра DTI-1000 фирмы AMETEK Denmark A/S, Дания

МИ 2653 - 2005

Москва 2005

gost.e-ecolog.ru

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы»
(ФГУП «ВНИИМС»)
Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

РЕКОМЕНДАЦИЯ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Методика поверки

с помощью калибраторов температуры серии ATC-R и цифрового прецизионного термометра DTI-1000 фирмы AMETEK Denmark A/S, Дания

МИ 2653 - 2005

Москва 2005

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1 РАЗРАБОТАНА: Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы» (ФГУП «ВНИИМС»)

ИСПОЛНИТЕЛИ: Васильев Е.В., Игнатов А.А.

2 УТВЕРЖДЕНА ВНИИМС « 23 » декабря 2005 г.

3 ЗАРЕГИСТРИРОВАНА ВНИИМС « 28 » декабря 2005 г.

4 ВЗАМЕН МИ 2653-2001

Настоящая рекомендация не может быть полностью или частично воспроизведена, тиражирована и (или) распространена без разрешения ФГУП «ВНИИМС»

СОДЕРЖАНИЕ

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Операции поверки 1
4 Средства поверки 2
5 Требования безопасности и требования к квалификации поверителей 3
6 Условия поверки 4
7 Подготовка к поверке 4
8 Проведение поверки 5
8.1 Внешний осмотр 5
8.2 Проверка электрического сопротивления изоляции 5
8.3 Определение отклонения сопротивления ТС в температурном эквиваленте от НСХ. 5
9 Обработка результатов измерений 8
10 Оформление результатов поверки 8

Государственная система
обеспечения единства измерений

Термопреобразователи сопротивления. Методика поверки с помощью калибраторов температуры серии ATC-R и цифрового прецизионного термометра DTI-1000 фирмы AMETEK Denmark A/S, Дания

РЕКОМЕНДАЦИЯ
МИ 2653- 2005

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящая рекомендация распространяется на термопреобразователи сопротивления стержневого типа (далее - ТС) платиновые, медные, никелевые с номинальными статическими характеристиками преобразования (НСХ) по ГОСТ 6651 и МЭК 751 с номинальным значением сопротивления при 0 ^{o}C (R_0), равным 10, 50, 100, 500, 1000 Ом, с наружным диаметром защитной арматуры не более 10 мм с длиной погружаемой части не менее 100 мм, а также на термометрические вставки и чувствительные элементы, и устанавливает методику их периодической поверки в диапазоне температур от минус 50 до 650 ^{o}C.

Межповерочный интервал - согласно эксплуатационной документации на ТС конкретных типов, но не более двух лет.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

ГОСТ 6651-94 Термопреобразователи сопротивления. Общие технические требования и методы испытаний.

ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.

МЭК 751 Промышленные датчики платиновых термометров сопротивления.

ПР 50.2.006-94 Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок проведения поверки средств измерений.

3 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

При проведении поверки выполняют следующие операции:

- внешний осмотр (8.1);
- проверка электрического сопротивления изоляции (8.2);
- определение отклонения сопротивления ТС в температурном эквиваленте от НСХ (8.3).

4 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

4.1 При поверке ТС применяют следующие средства поверки:

- калибратор температуры модели АТС-140А (В) (с внутренним резервуаром для жидкого теплоносителя и сменными металлическими блоками сравнения 160 х Ø64): диапазон (-23 ... +140) °С; погрешность установления заданной температуры по внутреннему термометру: ± 0,2 °С (при работе с металлическими блоками), ± 0,2 (± 0,3) °С (при работе с жидким теплоносителем); погрешность канала измерений температуры со штатным ТС: ± 0,04 °С; нестабильность поддержания температуры ± 0,02 °С; диапазон измерений сопротивления (0 ... 350) Ом, погрешность канала измерений сопротивления: ± (0,005% от показания + 0,0175 Ом) Ом;

- калибратор температуры модели АТС-156А (В) (со сменными металлическими блоками сравнения 150 х Ø30): диапазон (-27 ... +155) °С; погрешность установления заданной температуры по внутреннему термометру: ± 0,19 °С; погрешность канала измерений температуры со штатным ТС: ± 0,04 °С; нестабильность поддержания температуры ± 0,02 °С; нестабильность поддержания температуры ± 0,02 °С; диапазон измерений сопротивления (0 ... 350) Ом, погрешность канала измерений сопротивления: ± (0,005% от показания + 0,0175 Ом) Ом;

- калибратор температуры модели АТС-157А (В) (со сменными металлическими блоками сравнения 150 х Ø20): диапазон (-48 ... +155) °С; погрешность установления заданной температуры по внутреннему термометру: ± 0,19 °С; погрешность канала измерений температуры со штатным ТС: ± 0,04 °С; нестабильность поддержания температуры ± 0,02 °С; нестабильность поддержания температуры ± 0,02 °С; диапазон измерений сопротивления (0 ... 350) Ом, погрешность канала измерений сопротивления: ± (0,005% от показания + 0,0175 Ом) Ом;

- калибратор температуры модели АТС-250А (В) (с внутренним резервуаром для жидкого теплоносителя и сменными металлическими блоками сравнения 160 х Ø64): диапазон (+25 ... +250) °С; погрешность установления заданной температуры по внутреннему термометру: ± 0,3 °С (при работе с металлическими блоками), ± 0,3 (± 0,5) °С (при работе с жидким теплоносителем); погрешность канала измерений температуры со штатным ТС: ± 0,07 °С; нестабильность поддержания температуры ± 0,02 °С; нестабильность поддержания температуры ± 0,02 °С; диапазон измерений сопротивления (0 ... 350) Ом, погрешность канала измерений сопротивления: ± (0,005% от показания + 0,0175 Ом) Ом;

калибратор температуры модели АТС-320А (В) (со сменными металлическими блоками сравнения 160 х Ø30): диапазон (+30 ... +320) °С; погрешность установления заданной температуры по внутреннему термометру: ± 0,26 °С; погрешность канала измерений температуры со

штатным ТС: ± 0,07 °С; нестабильность поддержания температуры ± 0,02 °С; нестабильность поддержания температуры ± 0,02 °С; диапазон измерений сопротивления (0 ... 350) Ом, погрешность канала измерений сопротивления: ± (0,005% от показания + 0,0175 Ом) Ом;

- калибратор температуры модели АТС-650А (В) (со сменными металлическими блоками сравнения 160 х Ø30): диапазон (+30 ... +650) °С; погрешность установления заданной температуры по внутреннему термометру: ± 0,39 °С; погрешность канала измерений температуры со штатным ТС: ± 0,11 °С; нестабильность поддержания температуры ± 0,03 °С; нестабильность поддержания температуры ± 0,02 °С; диапазон измерений сопротивления (0 ... 350) Ом, погрешность канала измерений сопротивления: ± (0,005% от показания + 0,0175 Ом) Ом;

- термометр цифровой прецизионный DTI-1000A (В) в комплекте с платиновым термопреобразователем сопротивления типа STS-100 A/B; диапазон измеряемых температур (-50 ... +650) °С; предел допускаемой основной абсолютной погрешности: ± (0,03 ± ед.мл.р.) °С (в диапазоне от минус 50 до 400 °С); ± (0,06 ± ед.мл.р.) °С (в диапазоне от минус 50 до 650 °С).

- мегомметр Ф4101 с диапазоном измерений 0,005 – 500 МОм, напряжение 100 В;

- персональный компьютер с ПО «JOFRACAL».

4.2 Допускается применять при поверке другие типы эталонных термометров и прецизионные измерители температуры утвержденных типов, по своим характеристикам не уступающие указанным в п.4.1.

4.3 Средства поверки следует выбирать исходя из следующего соотношения:

$$\sqrt{\Delta t^2 + \Delta R^2} \le \frac{1}{3}\gamma \quad (1),$$

где: Δt - погрешность канала измерений температуры калибратора в комплекте со штатным ТС углового типа (или эталонного термометра с измерителем), °С;

ΔR - погрешность канала измерений сопротивления в температурном эквиваленте при R_{max}, °С;

γ - предел допускаемого отклонения сопротивления от НСХ (в температурном эквиваленте) поверяемого ТС, °С.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

5.1 При проведении поверки соблюдают "Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей" и "Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей", утвержденные Госэнергонадзором, и требования, установленные ГОСТ 12.2.007.0.

5.2 При поверке выполняют требования техники безопасности, изложенные в эксплуатационной документации на применяемые средства поверки.

5.3 К поверке допускают лиц, имеющих необходимую квалификацию, обученных правилам техники безопасности и изучивших настоящую рекомендацию.

5.4 Не допускается прикасаться к соединительным проводам и токоведущим элементам поверяемого ТС в процессе измерений его электрического сопротивления изоляции.

5.5 При использовании при поверке калибраторов моделей АТС-140А (В), АТС-250А (В), применяемых в качестве жидкостных термостатов, запрещается использовать теплоноситель с температурой вспышки менее 260 °С.

5.6 Не допускается извлечение из калибратора эталонного термометра сопротивления, нагретого до температуры выше 500 °С, без предварительного медленного охлаждения со скоростью 100 °С/час до 400 °С.

5.7 Во избежание возможных ожогов необходимо соблюдать осторожность при извлечении из калибраторов ТС, нагретых до высоких температур.

5.8 Запрещается класть нагретые до высоких температур ТС на легковоспламеняющиеся поверхности.

5.9 После окончания работы перед выключением калибраторы температуры необходимо охладить до температуры не более 50 °С.

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С — 20 ± 5;
- относительная влажность окружающего воздуха, % — 30 - 80;
- атмосферное давление, кПа — 84,0 - 106,7;
- напряжение питания, В — 220^{+10}_{-15};
- частота питающей сети, Гц — 50 ± 1.

6.2 Средства поверки и поверяемые ТС должны быть защищены от вибраций и ударов.

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

7.1 Средства поверки подготавливают к работе в соответствии с эксплуатационной документацией.

7.2 В случае использования при поверке калибраторов моделей АТС-156А (В), АТС-157А (В), АТС-320А (В), АТС-650А (В), а также моделей АТС-140А (В), АТС-250А (В) в качестве сухоблочных термостатов, выбирают или изготавливают металлический блок с двумя симметрично расположенными по диаметру каналами, обеспечивающими кольцевой зазор между эталонным термометром и поверяемым датчиком и внутренними стенками канала не более 0,1 мм.

Допускается использование блока с кольцевым зазором (для поверяемого ТС) не более 0,5 мм, но при этом, для улучшения теплопередачи, необходимо засыпать кольцевой зазор сухим мелкодисперсным порошком окиси алюминия (Al_2O_3).

Для ТС с защитной арматурой переменного диаметра также используют окись алюминия для заполнения кольцевого зазора между стенками канала и утонченной частью поверяемого ТС.

7.3 В случае использования при поверке калибраторов моделей АТС-140А (В), АТС-250А (В) в качестве жидкостных термостатов изготовляют теплоизолирующие крышки с двумя отверстиями, которые необходимы при работе с жидким теплоносителем.

7.4 При поверке в сухоблочных термостатах при температуре более 200 ^{o}С во избежании перегрева клеммной головки ТС необходимо использовать теплозащитные экраны.

7.5 В случае использования при поверке программного обеспечения «JOFRACAL» (только для калибраторов исполнения «В» и DTI-1000) подключают калибратор или DTI-1000 к персональному компьютеру при помощи интерфейсного кабеля.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При внешнем осмотре проверяют отсутствие видимых механических повреждений штуцеров, клемм или выводных проводов ТС, а также отсутствие загрязнений.

8.1.2 Проверяют соответствие маркировки ТС требованиям соответствующих нормативных документов.

8.2 Проверка электрического сопротивления изоляции

8.2.1 Подключают один из зажимов мегомметра к предварительно соединенным между собой выводам ТС, а другой - к металлической защитной арматуре ТС. Измеряют сопротивление изоляции не менее двух раз при испытательном напряжении 100 В.

8.2.2 Сопротивление электрической изоляции ТС с двумя чувствительными элементами измеряют, подключив зажимы мегомметра к предварительно закороченным клеммам (выводам) каждого чувствительного элемента.

8.2.3 Значение электрического сопротивления изоляции ТС с одним или несколькими чувствительными элементами должно быть не менее значений, приведенных в ГОСТ 6651.

8.3 Определение отклонения сопротивления ТС в температурном эквиваленте от НСХ

Определение отклонения сопротивления ТС от НСХ проводят методом сличения с эталонным термометром не менее, чем:

- в 3-х температурных точках при поверке медных и никелевых ТС с диапазонами измеряемых температур соответственно (0 ... 200) ^{o}C и (0 ... 180) ^{o}C;

- в 4-х температурных точках при поверке медных и никелевых ТС с диапазонами измеряемых температур соответственно (-50 ... 200) ^{o}C и (-50 ... 180) ^{o}C, а также платиновых ТС с диапазоном измеряемых температур (0 ... 650 ^{o}C);

- в 5-ти температурных точках при поверке платиновых ТС с диапазоном измеряемых температур (-50 ... 650 ^{o}C).

При проведении поверки:

- в калибраторах температуры серии АТС-R исполнения «А» в качестве эталонного термометра применяют цифровые прецизионные термометры DTI-1000 с первичным термопреобразователем сопротивления типа STS-100 A/B с длиной монтажной части 165, 250, 350 или 500 мм, и диаметром погружаемой части 4 или 6,35 мм;

- в калибраторах температуры серии АТС-R исполнения «В» в качестве эталонного термометра применяют штатный термопреобразователь сопротивления повышенной точности углового типа (STS-100 A901).

8.3.1 Определение отклонения сопротивления ТС от НСХ в сухоблочных термостатах

8.3.1.1 Помещают эталонный термометр и поверяемый ТС в двухканальный металлический блок сравнения калибратора температуры, обеспечивающий кольцевой зазор между внутренними стенками каналов и погружаемой частью эталонного термометра и ТС не более 0,1 мм, при этом эталонный термометр и поверяемый ТС помещают на полную глубину канала блока сравнения.

8.3.1.2 При поверке в калибраторах исполнения «В» поверяемый ТС подключают в соответствии со схемой соединения внутренних проводников с чувствительным элементом (2-х, 3-х или 4-х проводной схемой) к соответствующим разъемам на передней панели калибратора при помощи фирменных контрольных проводов, входящих в комплект поставки калибратора. Эталонный термометр подключают к каналу TRUE при помощи кабеля с разъемами LEMO.

8.3.1.2.1 В соответствии с инструкцией по эксплуатации устанавливают на калибраторе для поверяемого ТС (SENSOR) режим измерений сопротивления с преобразованием в температуру в соответствии с типом номинальной статической характеристикой преобразования поверяемого ТС.

Примечание - При определении отклонения сопротивления от НСХ для никелевых ТС измеряют или сопротивление в Омах в калибраторах, или же сопротивление в температурном эквиваленте при помощи DTI-1000.

8 3 1 2 2 Устанавливают температуру в калибраторе, соответствующую первой поверяемой температурной точке После десяти минутной выдержки при установившемся режиме стабилизации (по эталонному термометру) снимают поочередно не менее 5 показаний (в течение 5 минут) эталонного (TRUE) термометра и поверяемого ТС (SENSOR)

8 3 1 2 3 Повторяют операции по п 8 3 1 2 2 при остальных значениях температуры

8 3 1 2 4 При использовании ПО «JOFRACAL» процесс поверки можно полностью автоматизировать

В соответствии с инструкцией по эксплуатации ПО «JORFACAL» задают необходимые параметры процедуры измерений и запускают режим автоматической поверки ТС После завершения поверки ТС по запросу программы подтверждают сохранение результатов поверки, а также распечатку их в виде протокола

8 3 1 3 При поверке в калибраторах исполнения «А» эталонный термометр и поверяемый ТС подключают соответственно к 1-му и 2-му каналам измерительного блока двухканального цифрового прецизионного термометра DTI-1000

8 3 1 3 1 При помощи ПО «JOFRACAL» вводят на первый канал в DTI-1000 коэффициенты индивидуальной статической характеристики преобразования для эталонного термометра и коэффициенты НСХ, соответствующие поверяемому ТС, и устанавливают режимы измерений температуры на обоих каналах

8 3 1 3 2 Устанавливают температуру в калибраторе, соответствующую первой поверяемой температурной точке После десяти минутной выдержки при установившемся режиме стабилизации (по эталонному термометру) снимают поочередно не менее 5 показаний (в течение 5 минут) эталонного термометра и поверяемого ТС

8 3 1 3 3 Повторяют операции по п 8 3 1 3 2 при остальных значениях температуры

8.3.2 Определение отклонения сопротивления ТС от НСХ в калибраторах моделей АТС-140В, АТС-250В, используемых в качестве жидкостных термостатов

8 3 2 1 Эталонный термометр и поверяемый ТС помещают через отверстия теплоизолирующей крышки в резервуар с жидким теплоносителем

Поверяемый ТС погружают в резервуар не менее, чем на глубину, установленную в технической документации на ТС конкретного типа, но не менее 100 мм

При этом необходимо обеспечить одинаковую глубину погружения эталонного термометра и поверяемого ТС, но не менее, чем на 100 мм

(для ∅4 мм) и 110 мм (для ∅6,35 мм) для штатных эталонных термометров калибратора или DTI-1000.

В соответствии с инструкцией по эксплуатации на калибраторы, уровень заполнения резервуара теплоносителем определяется верхним пределом диапазона измерений поверяемых ТС.

8.4.2.2 Далее проводят операции в зависимости от исполнения калибратора по п.8.3.1.2 или по п.8.3.1.3.

9 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 В каждой поверяемой температурной точке рассчитывают отклонение сопротивления ТС от НСХ в температурном эквиваленте Δ_i по формуле:

$$\Delta_i = \pm \left| \overline{t_{xi}} - \overline{t_{эi}} \right|,$$

где $\overline{t_{xi}}$ - среднее арифметическое значение температуры (или сопротивления в температурном эквиваленте в соответствии с НСХ для никелевых ТС) поверяемого ТС в i-ой температурной точке, ^{o}C;

$\overline{t_{эi}}$ - среднее арифметическое значение температуры эталонного термометра в i-ой температурной точке, ^{o}C.

9.2 Обработка результатов в процессе автоматической поверки с помощью ПО «JOFRACAL» включает в себя расчет отклонений сопротивления от НСХ в температурном эквиваленте поверяемого ТС.

9.3 Значения полученных отклонений сопротивления от НСХ во всех поверяемых температурных точках не должны превышать пределов допускаемых отклонений от НСХ, установленных в ГОСТ 6651, МЭК 751 для соответствующих классов допуска ТС.

10 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

10.1 Результаты измерений, выполняемых при определении отклонения сопротивления от НСХ заносят в протокол поверки в случае поверки ТС без использования ПО «JOFRACAL».

10.2 При положительных результатах поверки на ТС выдают свидетельство о поверке в соответствии с ПР 50.2.006.

10.3 При отрицательных результатах поверки ТС к применению не допускают, свидетельство о поверке аннулируют и выдают извещение о непригодности с указанием причин в соответствии с ПР 50.2.006.

gost.e-ecolog.ru