

УДК 621.316.825

О.Б. Кошелева¹, И.С. Зубрецкая², С.С. Федин²¹ НТВЦ «УкрТЕСТ», Киев² Киевский национальный университет технологий и дизайна, Киев

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СБОРА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ГРАДУИРОВКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТЕРМОРЕЗИСТИВНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

Разработана методика сбора и накопления измерительной информации для построения градуировочных характеристик NTC-термисторов в рабочем диапазоне температур и представлены результаты ее практического использования на примере термисторов T10 K Agilent.

Ключевые слова: методика, градуировочная характеристика, электрическое сопротивление, температура, NTC-термистор.

Введение

Полупроводниковые терморезистивные преобразователи температуры (термисторы), характеризуются отрицательным температурным коэффициентом (Negative Temperature Coefficient – NTC) и уменьшением электрического сопротивления R с повышением температуры T при нелинейной зависимости между величинами R и T [1]. Существующие методы прецизионных измерений с использованием NTC-термисторов требуют непрерывного контроля сопротивления R при заданной температуре T , поскольку допуски на номинальные значения серийно выпускаемых термисторов при температуре 25°C составляют порядка $\pm 20\%$. Это приводит к значительному повышению стоимости таких измерений и обуславливает целесообразность индивидуальной градуировки NTC-термисторов в широком температурном диапазоне [2].

В основу большинства методик построения градуировочной характеристики (ГХ) положено измерение сопротивления термистора, который размещается в среде с известным «эталонным» значением температуры, например, в камере, заполненной дистиллированной водой, минеральным маслом или специальным составом [2]. Так в работе [3] приведена методика градуировки NTC-термистора с номинальным сопротивлением 10 кОм при температуре 21°C в водной среде с использованием цифрового термометра типа CDN ProAccurate Quick-Read DTQ450X с рабочим диапазоном температур (-40...230)°C и последующей аппроксимацией R/T-характеристики по формуле Стейнхарта-Харта. Градуировка терморезистивных преобразователей температуры может также осуществляться в жидкостных термостабах с предварительной герметизацией термисторов в стеклянных пробирках и последующим сравнением результатов измерения сопротивления R с использованием «эталон-

ного» термометра в температурном диапазоне (0...100)°C с дискретностью измерений 20°C [4]. Процедуру градуировки NTC-термисторов необходимо осуществлять в различных узловых точках температурного диапазона, в том числе, при высоких отрицательных значениях температуры воздушной окружающей среды. При этом точность построения ГХ в значительной степени зависит от достоверности измерительной информации, что требует разработки эффективной методики её сбора и накопления.

Целью исследования является разработка методики сбора и накопления измерительной информации для построения ГХ NTC-термисторов.

Проведение экспериментальных исследований

Объектом исследования является процесс измерения электрического сопротивления NTC-термисторов и температуры воздуха окружающей среды.

На первом этапе исследований осуществляли выбор средств измерительной техники и испытательного оборудования, позволяющего моделировать рабочий диапазон температуры для термисторов T10 K Agilent (табл. 1).

Таблица 1

Основные технические характеристики термисторов T10 K Agilent

Диапазон рабочих температур окружающей среды, °C	-70...+70
Номинальное сопротивление при температуре +25 °C, кОм	10

Для установления значений температуры окружающей среды использовали климатическую камеру КРК 400 (рис. 1) с рабочим диапазоном температуры (-75...+180) °C, что позволило провести физический эксперимент для всего рабочего диапазона температуры термисторов T10 K.

Для контроля температуры воздуха внутри климатической камеры использовали «эталонное» термосопротивление Pt 100, погрешность которого составляет $\pm 0,02$ °С.



Рис. 1. Внешний вид климатической камеры KPK 400

Процесс измерения сопротивления и температуры терморезистивных преобразователей T10 К выполняли с использованием системы сбора данных (ССД) Agilent 34970A (рис. 2). Основными элементами ССД Agilent 34970A являются базовый блок с тремя гнездами для модулей и встроенный 6½-разрядный цифровой мультиметр с автоматическим переключением пределов, обеспечивающий измерение силы и напряжения постоянного и переменного тока, электрического сопротивления и температуры.



Рис. 2. Внешний вид системы сбора данных Agilent 34970A

Задача второго этапа исследований заключалась в разработке схемы проведения эксперимента и методики сбора измерительной информации о сопротивлении NTC-термисторов T10 К при изменении температуры воздуха внутри климатической камеры с использованием выбранного оборудования.

В соответствии с разработанной схемой проведения эксперимента в точке измерения И климатической камеры KPK 400 размещаются два термистора T1 и T2 и датчик температуры Д (термосопротивление Pt 100), подключённый по четырехпроводной схеме измерения к ССД Agilent 34970A (рис. 3).

Интерфейсы Ethernet (LAN) и USB 2.0, входящие в стандартную конфигурацию ССД Agilent 34970A, обеспечивают её подключение к компьютеру К (рис. 3)

по локальной сети, что позволяет проводить измерения в автоматизированном режиме. Способ размещения термисторов T10 К и термосопротивления Pt 100 в климатической камере и их подключения к ССД Agilent 34970A представлен на рис. 4 и 5.

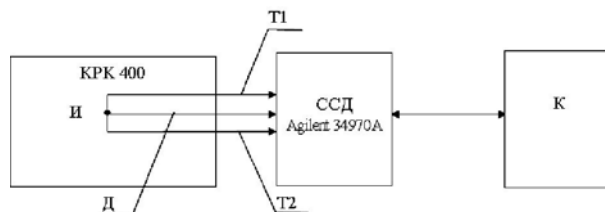


Рис. 3. Схема проведения экспериментальных исследований



Рис. 4. Размещение термисторов T10 К и термосопротивления Pt 100 в климатической камере KPK 400



Рис. 5. Подключение датчиков температуры из климатической камеры KPK 400 к системе сбора данных Agilent 34970A

После подключения датчиков температуры осуществляли настройку ССД Agilent 34970A для сбора, накопления и обработки измерительной информации о значениях R и T в режиме реального времени с использованием лицензионной версии программного обеспечения BenchLink Data Logger 3.

Настройка включала три этапа:

- автоматическая идентификация инструментов, подключённых к ССД Agilent 34970A (рис. 6);
- определение конфигурации измерительных каналов, к которым подключали датчики и проводили измерения (рис. 7);
- установка интервала сканирования датчиков, равного 30 с (рис. 8).

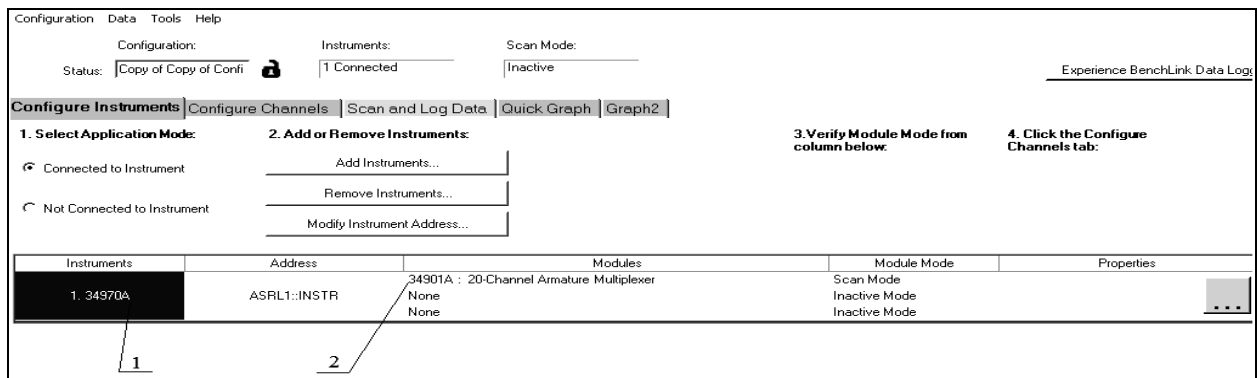


Рис. 6. Идентификация инструментов, подключенных к ССД Agilent 34970A:
1 – модуль 34901A; 2 – 20-ти канальный мультиплексор

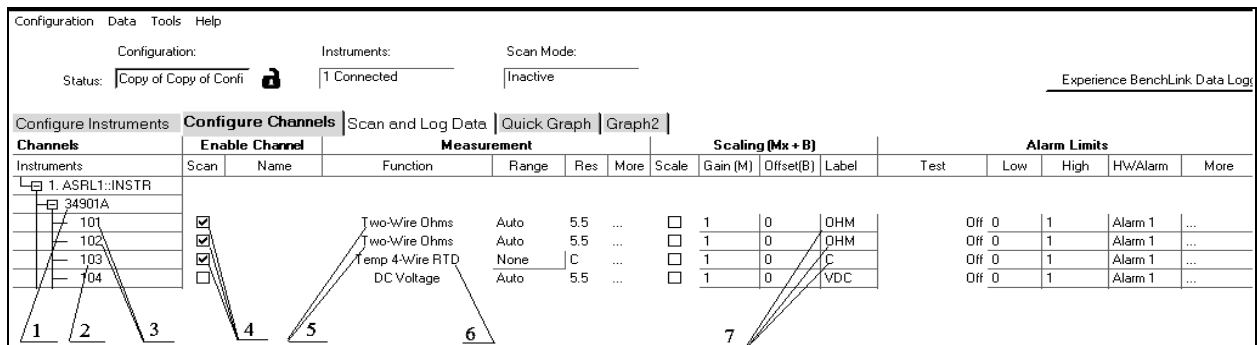


Рис. 7. Конфигурация датчиков, подключенных к модулю 34901A, в интерфейсе программного обеспечения BenchLink Data Logger 3:

- 1 – модуль 34901A, к которому подключены датчики температуры;
- 2 – 103 – канал подключения термосопротивления Pt 100;
- 3 – 101 и 102 – каналы подключения термисторов T10 K;
- 4 – выбор каналов сканирования (101, 102 и 103);
- 5 – схема подключения термисторов T10 K;
- 6 – схема подключения термосопротивления Pt 100;
- 7 – единицы измерений для термисторов (Ом) и термосопротивления (°C)

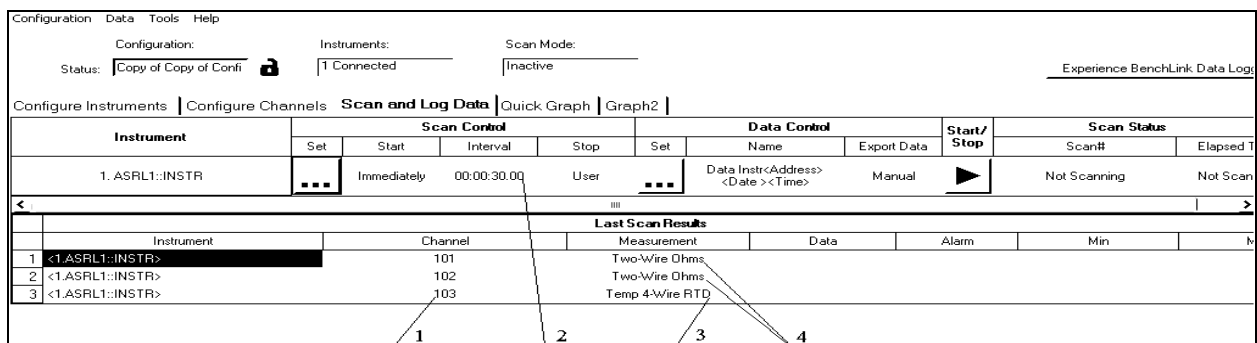


Рис. 8. Установка интервала сканирования: 1 – перечень каналов сканирования; 2 – интервал сканирования;
3 – четырехпроводная схема измерения температуры для термосопротивления Pt 100;
4 – двухпроводная схема измерения сопротивления для термисторов T10 K

С учетом технических характеристик термисторов T10 K (табл. 1) запрограммирован следующий режим работы климатической камеры (Окно программы – на рис. 9):

- диапазон изменения температуры: (-70...+70)°C;
- шаг изменения температуры: 5 °C;
- время изменения температуры: 15 минут;
- время выдержки установленной температуры: 30 минут.

TERMISTOR 1.clm3				1 x	22:15
Temp [°C]	Time hh:mm	R.H [%]	Time hh:mm	Markers 2	Start End
09 -35.0	00:15	***	:		00:30
10 -30.0	00:15	***	:		00:30
11 -25.0	00:15	***	:		00:30
12 -20.0	00:15	***	:		00:30
13 -15.0	00:15	***	:		00:30
14 -10.0	00:15	***	:		00:30
15 -5.0	00:15	***	:		00:30
16 0.0	00:15	***	:		00:30

Рис. 9. Окно программирования рабочего режима климатической камеры КРК 400

За одну минуту в автоматическом режиме осуществлялось измерение двух значений температуры воздуха и сопротивления, а общее время проведения экспериментальных исследований составило 22 час.15 мин. Полученная база данных измерительной информации включает 2670 значений сопротивления для каждого NTC-термистора и температуры воздуха для датчика Pt 100 (табл. 2).

Таблица 2

Фрагмент базы данных измерительной информации

№ измерения	R (T1), Ом	R (T2), Ом	T, °C
1	11428,929	11422,901	21,643
...
145	1684526,200	1659549,100	-70,005
...
370	608159,020	601546,160	-55,060
...
1220	47326,996	47088,423	-9,957
...
2050	6705,599	6706,200	35,176
...
2670	2011,974	2015,556	70,001

Таким образом, на основе предложенной схемы экспериментальных исследований разработана методика сбора измерительной информации о электрическом сопротивлении NTC-термистора и температуре воздуха.

Методика включает следующие этапы:

1. Выбор средств измерительной техники и испытательного оборудования, позволяющего моделировать рабочий диапазон температуры для NTC-термисторов;
2. Составление схемы проведения эксперимента, программирование рабочих режимов климатической камеры и настройка системы сбора данных Agilent 34970A;
3. Установка значений температуры воздуха в климатической камере;
4. Выдержка термосопротивления Pt 100 и NTC-термисторов в течение 30 минут при заданной температуре для достижения установившегося температурного режима климатической камеры;

5. Измерение в установившемся режиме температуры воздуха и сопротивления термисторов;
6. Изменение установленного значения температуры воздуха в климатической камере на 5 °C;
7. Переход через 15 мин на следующее установленное значение температуры воздуха;
8. Повторение этапов 3 – 7 для всего диапазона рабочих температур исследуемых NTC-термисторов;
9. Создание базы данных накопленной измерительной информации о значениях сопротивления NTC-термисторов и температуре воздуха в климатической камере для аппроксимации градуировочной R/T-характеристики в рабочем диапазоне температуры.

Выводы

Показано, что сбор и накопление измерительной информации о значениях электрического сопротивления полупроводниковых терморезистивных преобразователей и температуры воздуха необходимо осуществлять в установившемся температурном режиме на основе разработанной методики, позволяющей создать базу данных для индивидуальной градуировки NTC-термисторов, что реализовано на практике на примере термисторов T10 K Agilent.

Список литературы

1. Мэглин Э.Д. Терморезисторы / Э.Д. Мэглин / Под общ. ред. К.И. Мартюшова. Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1983. – 208 с.
2. Датчики и сенсоры онлайн журнал. Практика использования, теоретические основы и современные тенденции. Термисторы: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://datchikisensor.narod.ru/0129.html>.
3. Recktenwald G. Thermistor Calibration: $T = F(R)$ / G. Recktenwald // EAS 199B, 2010. – P. 1 – 8.
4. Термисторы: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://temperatures.ru/pages/termistory>.

Поступила в редколлегию 5.08.2015

Рецензент: д-р. техн. наук, проф. Н.Н. Защепкина, Национальный технический университет Украины «КПИ», Киев.

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИКИ ЗБОРУ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ГРАДУЮВАННЯ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ТЕРМОРЕЗИСТИВНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ТЕМПЕРАТУРИ

О.Б. Кошелева, І.С. Зубрецька, С.С. Федін

Розроблено методику збору та накопичення вимірювальної інформації для побудови градуювальних характеристик NTC-термісторів в робочому діапазоні температур і представлені результати її практичного застосування на прикладі термісторів T10 K Agilent.

Ключові слова: методика, градуювальна характеристика, електричний опір, температура, NTC-термістор.

DEVELOPMENT OF THE METHOD OF COLLECTING MEASUREMENT DATA FOR THE CALIBRATION OF TEMPERATURE TRANSMITTERS SEMICONDUCTOR THERMORESISTIVE

O.B. Koshelieva, I.S. Zubretskya, S.S. Fedin

A method for collecting and gathering information for the construction of the measuring calibration characteristics of NTC-thermistor in the operating temperature range is elaborated. The results of its practical use for Agilent T10 K thermistors is presented.

Keywords: methods, calibration characteristics, electrical resistance, temperature, NTC-thermistor.