

УДК 621.04.05

А.О. Беляев**ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК
NTC ТЕРМОРЕЗИСТОРОВ**

В настоящей статье описаны предпосылки к созданию лабораторного стенда позволяющего автоматизировать процесс измерения температурных характеристик NTC терморезисторов. Разработана его структурная схема и алгоритм функционирования.

Измерения; автоматизация измерений; терморезисторы; NTC; лабораторный стенд; характеристики; температура.

A.O. Belyaev**LABORATORY FACILITY FOR MEASURING THE CHARACTERISTICS
OF NTC THERMISTORS**

This article describes the background of the establishment of the laboratory facility which allows to automate the process of measuring the temperature characteristics of NTC thermistors. Block diagram and algorithm of operation has been designed.

Measurements; measurements automation; thermistors; NTC; laboratory facility; characteristics; temperature.

Использование NTC терморезисторов в качестве первичных термопреобразователей в измерительном оборудовании наряду с их преимуществами, такими как высокая чувствительность, устойчивость к механическим воздействиям и широкая номенклатура исполнения [6,7], имеет и ряд существенных недостатков [5,6] усложняющих их применение:

- ◆ нелинейность выходной характеристики (экспоненциальная зависимость сопротивления от температуры);
- ◆ разброс параметров (как внутри одной партии, так и от партии к партии).

Кроме того, при проектировании измерительных схем на основе NTC терморезисторов необходимо учитывать широкий динамический диапазон изменения сопротивления и, как следствие, ограничения на величину измерительного тока, для предотвращения влияния саморазогрева на результаты измерения.

Если параметры измерительных цепей могут быть определены исходя из расчетов или моделирования, поскольку являются общими для всех терморезисторов какой-либо серии с заданными параметрами (сопротивления, коэффициент рассеяния, ТКС), то компенсация разброса параметров и линеаризация выходной характеристики могут быть осуществлены только на основании экспериментальных данных в процессе калибровки конкретного термистора. Конечно, необходимость калибровки и критерии ее выполнения (количество калибруемых параметров, количество опорных точек и методы аппроксимации) зависят от максимального значения требуемой погрешности измерения, но если считать целевой прибор измерительным, с рабочим интервалом температур от 50 °С и максимально допустимой погрешности измерения $\pm 0,1$ °С, то практически в любом случае понадобится калибровка чувствительного элемента.

Таким образом, существует необходимость использования средств, позволяющих производить калибровку NTC терморезисторов (съем характеристик при различных детерминированных воздействиях, с последующей обработкой результатов). Важным критерием выбора этих средств является возможность автоматизации процесса измерения характеристик NTC терморезисторов, учитывая дли-

тельность температурных испытаний и необходимость измерения характеристик сразу нескольких образцов.

Подобная автоматизированная система, включающая в себя набор измерительных приборов и ПК, позволяющая производить измерение температурных характеристик NTC терморезисторов может быть построена на базе специализированных систем автоматизации эксперимента и исследований [8], или на базе дискретных приборов.

Одной из первых попыток создать комплексное решение, позволяющее объединить измерительные приборы и ЭВМ с целью автоматизации измерений и управления процессами, стала разработка системы САМАС (Computer Automated Measurement And Control), начавшаяся в 1966 г. в Европе. В конечном итоге это привело к созданию набора стандартов, описывающих конструктив и характеристики оборудования входящего в состав системы, а также параметры цифровых и аналоговых сигналов при взаимодействии составных частей оборудования.

На рис. 1. представлена структурная схема измерительной системы на базе аппаратуры САМАС.

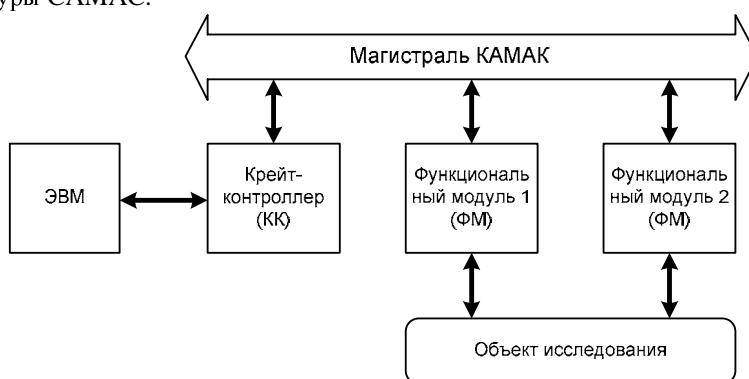


Рис. 1. Структура системы стандарта САМАС

Система построена по магистрально-модульному принципу, наименьшая конструктивная единица – функциональный модуль, представляющий собой вставную кассету. Кассеты вставляются в каркас-крейт. Для связи функциональных модулей с ЭВМ используется крейт-контроллер.

На данный момент система САМАС уже не развивается, ей на смену пришли другие магистрально модульные системы, построенные на базе платформ PXI (National Instruments) и шин VMEbus (Motorola), Multibus (Intel) и VXI (расширенные шины VME).

Однако несмотря на то, что построенные на базе указанных выше платформ измерительные комплексы (например, LabView фирмы National Instruments на платформе PXI) могут удовлетворить потребности в автоматизации практически любого эксперимента (при соответствующей конфигурации оборудования), такие комплексы являются дорогостоящими. Также стоит отметить, что применение комплекса оправдано только в том случае, когда необходим набор приборов (больше двух) и тесное взаимодействие между ними, например, мультиметр, генератор, осциллограф и генератор слов. В том случае, когда необходим всего один или два прибора, и нет необходимости в их тесном взаимодействии, использование таких комплексов является неэффективным в силу того, что стоимость крейта и крейт-контроллера (которые в современных измерительных ММС представляют собой страиваемые ПК) будет выше стоимости непосредственно функциональных модулей (измерительных приборов).

В таком случае измерительный комплекс может быть собран на базе дискретных измерительных приборов и сопутствующего оборудования.

Исходя из конкретной задачи, а именно: необходимости измерения температурных характеристик терморезисторов и термосопротивлений можно сформулировать требования к составу измерительного комплекса:

- ◆ цифровой мультиметр с совместимым с ПК интерфейсом;
- ◆ кассета терморезисторов или термосопротивлений;
- ◆ аналоговый мультиплексор;
- ◆ ПК или портативный ПК;
- ◆ камера тепла/холода.

В настоящее время на рынке представлено большое количество измерительных приборов с цифровыми последовательными интерфейсами (RS-232, USB), которые позволяют при использовании микро-ЭВМ автоматизировать процесс измерения. В данном случае автоматизация позволяет систематизировать процесс съема показаний об исследуемом объекте (сопротивлении терморезисторов), каталогизировать результаты измерений и производить статистическую оценку зафиксированных результатов без участия оператора. Такой подход позволяет:

- ◆ исключить влияние человеческого фактора на процесс и результат измерений;
- ◆ сократить время единичного цикла измерения и всего процесса в целом.

Особенно важными эти преимущества становятся при измерении характеристик объектов с медленно меняющимися параметрами, как например, съем температурных характеристик терморезисторов и термометров сопротивления.

Согласно стандартам ГОСТ 21342.15-78 («Резисторы. Метод определения температурной зависимости сопротивления»), ГОСТ 21342.8-76 («Терморезисторы. Метод измерения температурного коэффициента сопротивления»), ГОСТ 21342.7-76 («Терморезисторы. Метод измерения сопротивления»), при измерении температурных параметров терморезисторов и термометров сопротивления необходимо выдерживать испытываемые образцы при заданной температуре длительное время. Таким образом, процесс съема характеристик является длительным и кропотливым (установка температурного режима, ожидание выхода на рабочий режим и фиксация показаний измерительных приборов). При проведении статистических испытаний процесс затягивается ещё больше ввиду того, что необходимо измерять характеристики большого количества образцов.

Использование автоматизированной системы измерения и фиксации результатов измерения позволило бы минимизировать деятельность оператора в процессе измерения, и соответственно сэкономить время, предоставив возможность выполнять другую работу, иными словами автоматизация процесса измерений позволяет оптимизировать деятельность исследователя и процесс исследования в целом.

Однако при проведении статистических испытаний компонентов, ввиду того, что измерительные приборы (например, мультиметры) имеют не более 1-го или 2-х каналов измерения, необходимо производить последовательное подключение к измерительному прибору каждого из испытываемых образцов. Выполняемые оператором, эти действия могут привести к ошибкам (подключение не того канала измерения, фиксация неверных показаний), что может негативно сказаться на результатах исследования. Таким образом, необходимо использовать коммутатор, позволяющий переключать в автоматическом режиме или по командам управления от микро-ЭВМ каналы измерения. При этом параметры коммутатора не должны вносить погрешность в измерения (либо составляющая погрешности измерения, обусловленная использованием коммутатора должна быть мала по сравнению с остальными ее составляющими).

Исходя из сказанного выше, для поставленной задачи (измерение температурных характеристик терморезисторов и термосопротивлений) можно составить модель измерительного комплекса, как показано на рис. 2.

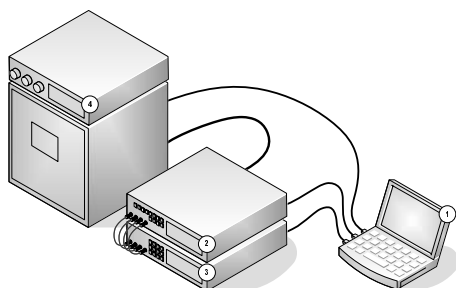


Рис. 2. Модель измерительного комплекса для съема характеристик терморезисторов и термометров сопротивления: 1 – портативный ПК, 2 – цифровой мультиметр, 3 – аналоговый мультиплексор, 4 – камера тепла/холода

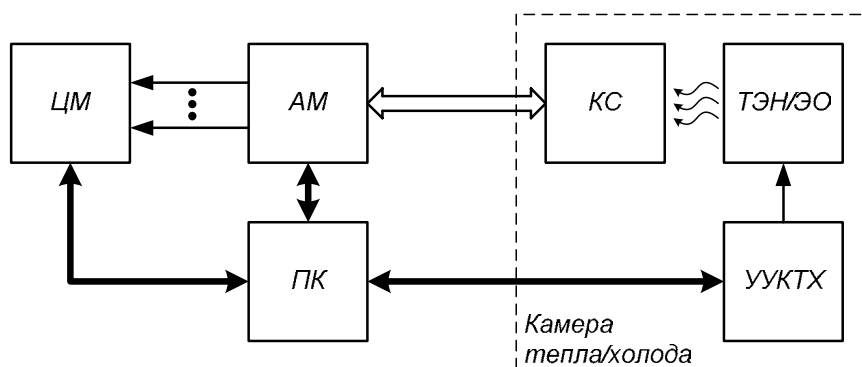
Все компоненты модели кроме аналогового мультиплексора (3) присутствуют на рынке измерительного и лабораторного оборудования и представлены в различных вариантах и с различными характеристиками. Аналоговый мультиплексор, в особенности с электромеханическими ключами, очень сложно найти в виде дискретных приборов, в силу того, что сложно предугадать требования к каналам мультиплексора: к их количеству, конфигурации и сопротивлению открытого канала и изоляции.

На рис. 3 представлена структурная схема комплекса, в составе которого должен функционировать проектируемый аналоговый мультиплексор.

Работой всего измерительного комплекса в автоматическом режиме управляет персональный или портативный компьютер посредством специализированного ПО через стандартные последовательные интерфейсы (RS232, USB). На структурной схеме отображены три основных канала управления:

- ◆ канал управления камерой тепла/холода – обеспечивает контроль функционирования работой камерой тепла/холода: установку рабочей температуры, режимы работы нагревателей/охладителей;
- ◆ канал управления аналоговым мультиплексором – осуществляет переключение измерительных каналов (физическое подключение какого-либо терморезистора из кассеты сопротивлений к измерительным входам цифрового мультиметра);
- ◆ канал управления/данных цифрового мультиметра – управление диапазоном и режимом измерений, также по этому каналу осуществляется передача в ПК результатов измерений.

Граф схема алгоритма функционирования лабораторного стенда для измерения характеристик NTC терморезисторов показана на рис. 4. Каждый цикл измерений включает в себя измерения характеристик всех испытуемых образцов при заданной температуре. Количество циклов устанавливается в зависимости от количества снимаемых опорных точек (значений температуры) и необходимости статистических испытаний, испытаний на гистерезис и т.п. Таким образом, процесс измерения состоит из последовательности циклов (см. рис. 4), результаты которых каталогизируются и после окончания процесса измерения проходят необходимую обработку (статистическая оценка, усреднение и т.д.).



ЦМ - цифровой мультиметр (омметр)

АМ - Аналоговый мультиплексор

КС - кассета сопротивлений

ТЭН/ЭО - терм-оэлектр нагреватель / электрический охладитель

УУКТХ - Устройство управления камерой тепла/холода

Рис. 3. Структурная схема измерительного комплекса

В конечном итоге, на основании полученных экспериментальных данных и результатов моделирования измерительных схем для каждого терморезистора, можно определить значения составляющих погрешности измерения (инструментальной и методической) для заданных методов аппроксимации температурной характеристики и вариантов измерительных цепей и их параметров.

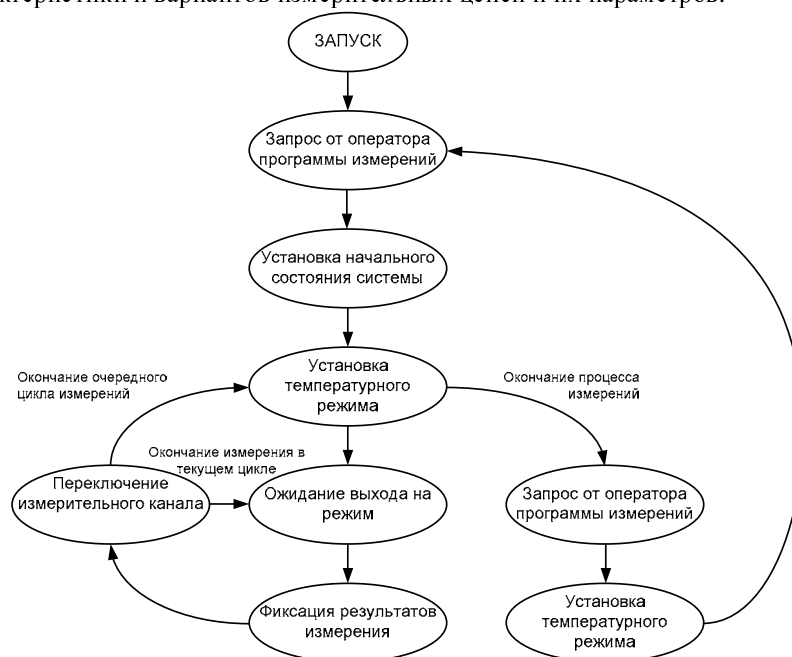


Рис. 4. Граф схема алгоритма функционирования лабораторного стенда для измерения характеристик NTC терморезисторов

Подобный лабораторный стенд представляет интерес как в образовательном процессе, в качестве лабораторного комплекса для измерения характеристик терморезисторов и проверки на практике результатов моделирования, так и метрологического оборудования, используемого при разработке измерительных устройств на базе NTC терморезисторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 21342.15-78 Резисторы. Метод определения температурной зависимости сопротивления.
2. ГОСТ 21342.8-76 Терморезисторы. Метод измерения температурного коэффициента сопротивления.
3. ГОСТ 21342.7-76 Терморезисторы. Метод измерения сопротивления.
4. www.ni.com – официальный сайт фирмы National Instruments.
5. *Шашков А.Г.* Терморезисторы и их применение. – М., 1967.
6. *Меклин Э.Д.* Терморезисторы: Пер. с англ. / Под общей ред. Мартюшова К.И. – М.: Радио и связь, 1983. – 208 с.
7. NTC Termostors. Bowthorpe Thermometrics, Thermometrics Inc., Keystone Thermometrics Corporation.
8. *Романов В.Н.* Теория измерений. Методы обработки результатов измерений. – СПб.: СЗТУ, 2006. – 127 с.

Беляев Алексей Олегович

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: alexys@pisem.net.

347900, г. Таганрог, ул. Петровская, 81.

Тел.: 88634328025.

Belyaev Aleksey Olegovich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: alexys@pisem.net.

81, Petrovskay street, Taganrog, 347900, Russia.

Phone: +7863428025.

УДК 621.396

Ю.М. Туляков, Д.Е. Шакаров, А.А. Калашников

ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕТОДОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ПОДВИЖНОЙ НАЗЕМНОЙ РАДИОСВЯЗИ ДЛЯ ОПОВЕЩЕНИЯ В КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЯХ

Предлагается для оповещения населения о ЧС использовать современные подвижные наземные системы связи – сотовой и пейджинговой. Дается анализ характеристикам этих систем связи для этих целей. Определяются способы внедрения широкоэвещательной рассылки сообщений для оповещения.

Сотовые и пейджинговые системы связи; оповещение о чрезвычайных ситуациях; трафик передачи данных; широкоэвещательная рассылка.