

УДК 621.317.7.083.92:004.4

Худоногова Людмила Игоревна, аспирант кафедры компьютерных измерительных систем и метрологии Института кибернетики ТПУ.
E-mail: likhud@tpu.ru
Сфера научных интересов: информационно-измерительные комплексы, системы дистанционных измерений, метрологическое обеспечение средств измерений.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОЙ КАЛИБРОВКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ LABVIEW

Л.И. Худоногова

Томский политехнический университет

E-mail: likhud@tpu.ru

Представлена система дистанционной калибровки средств измерений, разработанная на основе технологии виртуальных приборов LabVIEW. Дано описание системы, основные характеристики и возможности программы для дистанционной калибровки мультиметра NI PXI-4072, построенной на основе клиент-серверной архитектуры. Показаны преимущества использования разработанной системы при ее применении для калибровки средств измерений в организациях. Затронуты проблемы, которые могут возникнуть при внедрении системы дистанционной калибровки.

Представлена система дистанционной калибровки средств измерений, разработанная на основе технологии виртуальных приборов LabVIEW. Дано описание системы, основные характеристики и возможности программы для дистанционной калибровки мультиметра NI PXI-4072, построенной на основе клиент-серверной архитектуры. Показаны преимущества использования разработанной системы при ее применении для калибровки средств измерений в организациях. Затронуты проблемы, которые могут возникнуть при внедрении системы дистанционной калибровки.

Ключевые слова:

Дистанционная калибровка, средство измерений, клиент-серверная архитектура, виртуальный прибор.

Введение

Перспективным направлением в автоматизации метрологических исследований является дистанционная калибровка средств измерений. Современный уровень развития информационных технологий позволяет создавать автоматизированные комплексы, основанные на взаимодействии измерительных приборов и компьютерной техники, с помощью которых становится возможным проведение процедуры калибровки средств измерений в дистанционном режиме.

Дистанционная технология применима при калибровке средств измерений, территориально удаленных от эталона. Дистанционная калибровка предоставляет следующие функциональные возможности:

- удаленное управление измерительным оборудованием и его мониторинг;
- проведение измерений на стороне клиента, управление которыми происходит дистанционно с помощью специального калибровочного оборудования;
- передача данных (результатов калибровки, условий окружающей среды, времени и продолжительности калибровки) клиенту при необходимости;
- доступ к истории измерений и калибровочным данным [1].

Сравнивая дистанционную калибровку с традиционной, можно выделить несколько немаловажных преимуществ:

- значительная экономия времени за счет отсутствия процедур доставки средства измерений в метрологическую лабораторию и необходимости принимать во внимание график калибровки лаборатории;
- экономия финансов благодаря существенно меньшей стоимости процедуры калибровки, особенно в случаях, когда стоимость калибровки какого-то средства измерений гораздо больше, чем цена самого калибруемого прибора;
- возможность проведения калибровки средств измерений, находящихся в эксплуатации в жестких или экстремальных условиях окружающей среды и, таким образом, недоступных для людей;

- минимизация участия персонала в метрологическом обеспечении средств измерений и, как следствие, устранение влияния субъективной погрешности на результаты калибровки;
- автоматизация сбора и обработки результатов калибровки.

Оценив эти достоинства, огромное количество предприятий за рубежом разрабатывает и внедряет системы дистанционной калибровки тех или иных средств измерений. Некоторые из таких систем описаны в [2], [3] и [4]. Главным их недостатком является то, что они предназначены для применения лишь в конкретных организациях для калибровки конкретного оборудования, а адаптация программного обеспечения таких систем к другим приборам невозможна либо затруднительна.

В России данная технология пока не получила достаточного распространения [5]. Отдельные исследователи проявляют интерес к данной теме, например в [6] рассмотрены вопросы проведения дистанционной калибровки средств измерений через Интернет в аккредитованных лабораториях, а [7] посвящена дистанционной калибровке автоматических анализаторов цепей. Однако такие работы единичны, т. к. внедрение системы дистанционной калибровки требует решения множества проблем, связанных с обеспечением соответствия требованиям к компетентности калибровочных лабораторий.

В данной статье представлена система дистанционной калибровки средств измерений, реализованная с помощью технологии виртуальных приборов LabVIEW.

Описание системы дистанционной калибровки

В настоящее время на кафедре компьютерных измерительных систем и метрологии (КИСМ) ТПУ реализована система, позволяющая проводить дистанционную калибровку средств измерений электрических величин.

Основными компонентами системы являются: калибруемое средство измерений – цифровой мультиметр NI PXI-4072, рабочий эталон – универсальный калибратор Fluke 5520A, персональный компьютер (ПК) со специализированным программным обеспечением (ПО) – программой, разработанной на кафедре КИСМ для проведения дистанционной калибровки. Взаимодействие между калибровочным оборудованием и ПК осуществляется через GPIB-интерфейс.

Система выполнена в архитектуре «клиент-сервер», позволяющей организовать проведение независимых измерений на удаленных измерителях с одного компьютера и обмен калибровочной информацией. Рабочее место клиента включает в себя только ПК с клиентской частью программы. На стороне сервера находятся измерительное оборудование и ПК с серверной частью программы. Внешний вид системы дистанционной калибровки мультиметра NI PXI-4072, работающего в режиме измерения переменного напряжения, представлен на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид системы дистанционной калибровки мультиметра NI PXI-4072 по переменному напряжению

Программа для системы дистанционной калибровки написана в среде разработки LabVIEW [8]. Программа включает в себя два так называемых виртуальных прибора (ВП): «Сервер-ВП», запускаемого на ПК, непосредственно соединенном с измерительным оборудованием, и «Клиент-ВП», который запускается на рабочем месте клиента.

Для корректной работы «Сервер-ВП» серверный ПК требует установки программной среды LabVIEW с набором специальных драйверов для конкретного оборудования, участвующего в процессе калибровки. Драйвера находятся в открытом доступе и могут быть найдены на сайте компании National Instruments (NI) [9].

«Клиент-ВП» может быть открыт и запущен на любом компьютере, имеющем выход в Интернет. Немаловажным достоинством системы является то, что клиентский ПК не требует дополнительной установки какого-либо ПО или драйверов. Таким образом, оператор, проводящий калибровку, не привязан к конкретному ПК и может работать в любой точке мира. Кроме того, данное свойство не налагает дополнительных требований на квалификацию персонала – оператору нет необходимости осваивать управление сложным ПО.

Логика взаимодействия серверной и клиентской части программы описывается следующим образом. «Сервер-ВП» получает команды от «Клиент-ВП» и передает их калибровочному оборудованию по выбранному интерфейсу. Затем «Сервер-ВП» считывает измерительную информацию с приборов и передает ее на клиентский ПК через Интернет. Передача данных между клиентом и сервером происходит по TCP/IP-протоколу.

Лицевая панель программы «Клиент-ВП» для калибровки цифрового мультиметра NI PXI-4072 по переменному напряжению, позволяющая наиболее полно продемонстрировать возможности системы, приведена на рис. 2.



Рис. 2. Лицевая панель программы «Клиент-ВП» для калибровки цифрового мультиметра NI PXI-4072 по переменному напряжению

После запуска «Клиент-ВП» пользователю необходимо в соответствующих полях задать IP-адреса и номера портов для локального и удаленного ПК для установления соединения между компьютерами. После этого в поле «Выходная величина» выбирается вид выходной величины, генерируемой калибратором (например, калибровка мультиметра в режиме измерения переменного напряжения), и в полях «Напряжение» и «Частота» вводятся желаемые значения выходных величин, на основании которых определяются калибровочные точки – сочетания величин, которые в последующем измеряются мультиметром. Функция «Режим работы» позволяет

управлять выбором состояния калибратора: «Ожидание» (пассивное состояние) и «Работа» (активное состояние). Помимо элементов управления процессом, лицевая панель «Клиент-ВП» также содержит поля «Путь к файлу» и «Имя файла», с помощью которых осуществляется выбор расположения и названия файла с результатами калибровки. Процесс калибровки запускается и останавливается кнопками «Калибровка» и «Стоп» соответственно.

Формирование калибровочных точек происходит автоматически, в соответствии с требованиями регламентирующей документации на конкретное средство измерений. Например, набор калибровочных точек для мультиметра NI PXI-4072 формируется согласно следующим правилам:

- для основного диапазона измерений – на каждом десятичном диапазоне по 6 точек;
- для других диапазонов измерений – на каждом десятичном диапазоне по 5 точек.

Система дистанционной калибровки работает в автоматическом режиме. Участие пользователя требуется лишь в части выбора параметров входных значений, которые будут подаваться с эталона на калибруемое средство измерений. После ввода этих значений и нажатия кнопки «Калибровка» на лицевой панели виртуального прибора «Клиент-ВП» на экране ПК клиента появляется надпись «Идет калибровка. Пожалуйста, подождите», которая исчезает по завершению процесса калибровки. По нажатию кнопки «Калибровка» происходит формирование калибровочных точек, их передача на «Сервер-ВП», который отправляет полученные значения на калибратор, тем самым запуская процесс калибровки.

Калибратор последовательно генерирует значения напряжения, заданные пользователем, а мультиметр измеряет напряжение эталонных сигналов, поступающих с калибратора. «Сервер-ВП» в режиме реального времени отображает информацию о проводимых измерениях: задаваемое и измеренное значение напряжения, предел измерений, абсолютную и относительную погрешность измерений.

Результаты калибровки по TCP/IP протоколу передаются ПК клиента и отображаются на лицевой панели «Клиент-ВП» в виде протокола калибровки. Протокол калибровки представляет собой таблицу, состоящую из ячеек с числовыми данными и светодиодами. Протокол содержит следующую информацию:

- заданное значение физической величины;
- измеренное значение физической величины;
- предел измерений;
- абсолютную погрешность измерений величины;
- относительную погрешность измерений величины;
- допускаемую погрешности измерений величины.

Одним из наиболее важных вопросов при создании системы являлся вопрос оценки допускаемой погрешности средства измерений. Возможность расчета допускаемой погрешности различных средств измерений учитывалась как один из главных факторов при выборе среды программирования. Библиотека функциональных блоков LabVIEW позволяет создать такую часть программы, которая может быть быстро и легко адаптирована для различных способов задания допускаемой погрешности, приводимых в документации на самые разные приборы. В данном случае погрешность рассчитывается в соответствии с документацией на калибруемое средство измерений на основании заданных значений предела измерений и напряжения. Так, выражение для погрешности измерений переменного напряжения мультиметром NI PXI-4072 (с межкалибровочным интервалом 2 года) имеет вид

$$\pm (\% \text{ измеренного значения} + \% \text{ диапазона измерений})$$

для рабочего диапазона температур $(23 \pm 10)^\circ\text{C}$. Основываясь на данной спецификации, может быть рассчитана погрешность измерений. Например, для значения переменного напряжения 3,000 В с частотой 100 Гц, измеренного на пределе 5 В, погрешность находится следующим образом: $\Delta = \pm(3,000 \times 0,0005 + 5,0000 \times 0,0002) \text{ В} = \pm 0,0025 \text{ В}$ (или 0,083 %) [10].

Для проверки того, выходит ли значение погрешности за пределы нормы, программа сравнивает рассчитанную на основании проведенных измерений погрешность со значением допускаемой погрешности для конкретного средства измерений, регламентированным в пас-

порте. Если значение абсолютной погрешности по модулю превышает допустимое, светодиод напротив этого значения загорается красным.

Протокол калибровки также записывается в файл на клиентском ПК, и измерительная информация при необходимости может быть извлечена оттуда для дальнейшей обработки.

Заключение

Система дистанционной калибровки средств измерений обеспечивает удаленное выполнение процедуры калибровки, автоматизированный сбор данных и быструю обработку результатов. Использование разработанной системы дистанционной калибровки в метрологической практике обеспечит значительное снижение финансовых затрат при сокращении времени, расходуемого на проведение всех операций калибровки средств измерений, и минимизирует долю участия персонала в процессе калибровочных работ.

Внедрение системы дистанционной калибровки весьма актуально для крупных организаций, имеющих большое количество территориально распределенных филиалов, для обеспечения интенсивного графика калибровки оборудования.

Однако существуют задачи, возникающие при внедрении дистанционной калибровки и требующие решения. Помимо измерительных процедур должен проводиться контроль условий окружающей среды, внешний осмотр и проверка функционирования калибруемого средства измерений, а также учтены требования к защищенности и достоверности передаваемой информации. Фиксирование условий окружающей среды может быть реализовано с помощью средств LabVIEW и датчиков с цифровым выходом и возможностью сопряжения с компьютером, а визуальный контроль может осуществляться посредством веб-камеры. Что касается вопросов защиты информации, они нуждаются в дальнейшей детальной проработке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Khudonogova L.I. Remote calibration using LabVIEW virtual instrument technology // Сб. науч. тр. XIX Международной конференции студентов и молодых ученых «Современные техника и технологии». – Томск, Изд-во ТПУ, 2013. – С. 225–226.
2. Jurčević M., Hegeduš H., Golub M. Generic System for Remote Testing and Calibration of Measuring Instruments: Security Architecture // Measurement science review. – 2010. – V. 10, № 2. – P. 50–55.
3. Albu M.M., Ferrero A., Mihai F., Salicone S. Remote Calibration Using Mobile, Multiagent Technology // IEEE Transactions on instrumentation and measurement. – 2005. – V. 54, № 1. – P. 24–30.
4. Iwama T., Kurihara N., Imae M., Suzuyama T., Kotake N., Otsuka A. Frequency Standards Calibration System and Remote Calibration System // National Institute of Information and Communications Technology. – 2003. – V. 54, № 1–2. – P. 195–204.
5. Панько С.П., Мишуров А.В. Технология метрологической аттестации в дистанционном режиме // Законодательная и прикладная метрология. – 2010. – № 3 (109). – С. 48–49.
6. Толочко Т.К., Гусинский А.В., Кострикин А.М. Дистанционная калибровка средств измерений // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. – 2008. – № 1 (30). – С. 38–43.
7. Гусинский А.В. Система дистанционной калибровки автоматических анализаторов цепей / Гусинский А.В., Дерябина М.Ю., Гусынина Ю.А. и др. // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии: сб. науч. тр. Международной Крымской конференции. – Крым, 2006. – С. 807–808.
8. NI LabVIEW – Improving the Productivity of Engineers and Scientists. URL: <http://sine.ni.com/np/app/main/p/docid/nav-104/lang/ru>.
9. National Instruments: Test, Measurement, and Embedded Systems. URL: <http://ni.com>.
10. Muravyov S.V. Measurement information systems. – Tomsk: Tomsk Polytechnic University Press, 2005. – 110 p.

Поступила 08.11.2013 г.