

Захарова Алла Геннадьевна, доктор техн. наук, профессор, Григорьев Александр Васильевич¹, кандидат техн. наук, доцент, Лобур Ирина Анатольевна, кандидат техн. наук, доцент, Шаулева Надежда Михайловна, кандидат технических наук, доцент, Магницкий Дмитрий Константинович¹, магистрант, Лебедев Геннадий Михайлович, доктор техн. наук, профессор

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, кафедра электропривода и автоматизации, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

E-mail: loburia@kuzstu.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ И КАЛИБРОВКИ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ



Информация о статье

Поступила:

30 сентября 2021 г.

Рецензирование:

20 октября 2021 г.

Принята к печати:

26 октября 2021 г.

Ключевые слова:

поверка электроизмерительных приборов; цифровые вольтметры; автоматизированная система поверки и калибровки; автоматизация операций поверки; автоматизация операций калибровки

Аннотация.

Предложена автоматизированная система поверки и калибровки (АСПК) цифровых вольтметров, выполненная на базе программного комплекса LabVIEW, не требовательного к ресурсам персонального компьютера и обладающего преимуществами по сравнению с крупными системами поверки, для которых нужны более мощные, а следовательно, более дорогие компьютеры. Также преимуществом LabVIEW является ее многофункциональность, которая заключается в том, что, приобретая АСПК цифровых вольтметров, пользователь получает программный комплекс, на котором при желании можно реализовать другие системы без дополнительных вложений. Использование АСПК цифровых вольтметров актуально в настоящее время и имеет ряд экономических и технических преимуществ перед другими представителями рынка в этой области. Система полностью способна выполнять основные цели, закладываемые при ее создании, которыми являются упрощение проведения процесса поверки и снижение затрат времени на поверку одного средства измерения. Система может работать с оборудованием разных производителей, единственным условием является наличие у калибратора интерфейса RS-232. Определено наиболее подходящее оборудование для создания автоматизированного рабочего места (АРМ) поверки и калибровки цифровых вольтметров, и спроектирована их схема соединений.

Для цитирования: Захарова А.Г., Григорьев А.В., Лобур И.А., Шаулева Н.М., Магницкий Д.К., Лебедев Г.М. Автоматизация операций поверки и калибровки электроизмерительных приборов // Горное оборудование и электромеханика – 2021. – № 5 (157). – С. 41-50 – DOI: 10.26730/1816-4528-2021-5-41-50

Введение

Основным и наиболее актуальным вопросом автоматизации при решении задач реализации метрологического обеспечения технологических процессов в горной промышленности является поверка (калибровка) средств измерений, так как скорость и точность выполнения многократных рутинных измерений очень важна в этой области. В связи с этим разрабатываются, производятся и внедряются в работу метрологических служб различные системы автоматизации поверки цифровых, электромеханических и других средств измерений с использованием средств вычислительной техники, упрощая и сокращая время работы служащих.

Цифровые вольтметры представляют собой развитую ветвь приборов со встроенными микропроцессорами. Спектр применения цифровых вольтметров достаточно широк. Это объясняется множеством их достоинств: высокой точностью (на несколько порядков выше, чем у аналоговых вольтметров); широким диапазоном измерений при высокой чувствительности; отсчетом в цифровой форме, практически исключая ошибки считывания и создающим удобство наблюдения на расстоянии; автоматическим выбором предела и полярности; относительной простотой осуществления документальной регистрации показаний; возможностью получения результатов наблюдений в форме, удобной

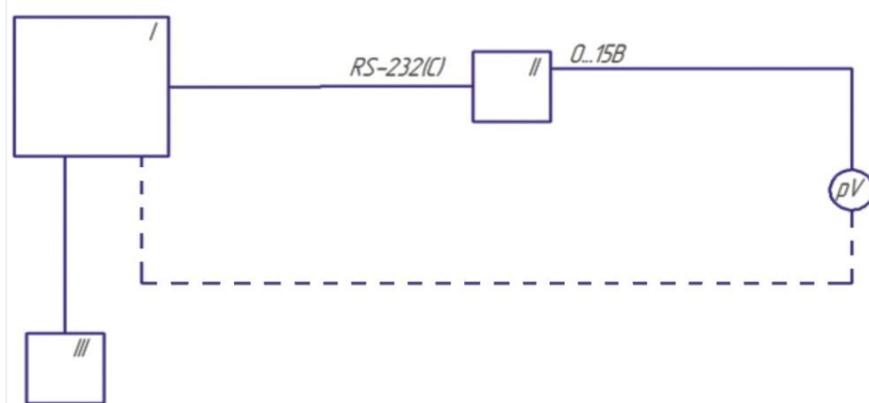


Рис. 1. Структурная схема АСПК цифровых вольтметров без наличия и с наличием (пунктирная линия) последовательного интерфейса: I – персональный компьютер (ПК), II – калибратор сигналов эталонного напряжения, III – принтер, pV – поверяемый вольтметр без наличия и с наличием (пунктирная линия) последовательного интерфейса

Fig. 1. Block diagram of digital voltmeters without the presence and with the presence (dotted line) of a serial interface: I – personal computer (PC), II – calibrator of reference voltage signals, III – printer, pV – verifiable voltmeter without the presence and with the presence (dotted line) of a serial interface

для ввода в ЭВМ; возможностью выхода на интерфейсную шину и включения в состав измерительно-вычислительного комплекса. Они используются при работе и ремонте вычислительной техники, средств связи, электроприборов, радиоаппаратуры, автотранспорта и различных других технических средств и оборудования.

Структурная схема АСПК цифровых вольтметров

Системы автоматизации поверки средств измерений, в частности вольтметров, в большинстве своем представляют программные комплексы, что объясняется тем, что в настоящее время развитие автоматизации стремится к осуществлению управления любой системой с помощью одного персонального компьютера (ПК) посредством специально разработанного программного обеспечения (ПО). Наиболее популярными системами являются UniTesS АРМ и метрологический программный комплекс «Технометр».

Разработка автоматизированной системы поверки и калибровки (АСПК) цифровых вольтметров актуальна, так как в настоящее время отсутствуют подобные узконаправленные системы, и АСПК цифровых вольтметров востребована в связи со сравнительно дешевой реализацией и узкой направленностью. Применение АСПК цифровых

при поверке средств измерений и повысить достоверность измерений; снизить трудоемкость процесса поверки и калибровки СИ, и увеличить производительность работы метрологической службы на предприятии.

Для реализации этого АСПК должна решать следующие задачи:

- калибровка эталонного сигнала напряжения;
- снятие (ввод) показаний с поверяемого СИ;
- обработка результатов измерений;

- установление факта пригодности или непригодности поверяемого СИ;
- сохранение и при необходимости печать результатов процедуры.

Назначение системы АСПК цифровых приборов: демонстрация основной информации и инструкции по поверке и калибровке СИ; осуществление действий, необходимых для поверки и калибровки, в автоматизированном режиме.

На рисунке 1 представлена обобщенная структурная схема АСПК цифровых вольтметров.

Данная схема представляет собой общий случай системы поверки и может быть реализована для систем, как предусматривающих, так и не предусматривающих подключение поверяемого вольтметра к ПК посредством последовательного интерфейса, а ввода данных с поверяемого СИ в программу поверки вручную.

На схеме отображен персональный компьютер, являющийся главным компонентом АСПК цифровых вольтметров, соединенный с калибратором эталонных сигналов напряжения через интерфейс RS-232 для возможности отправки управляющих команд. К выводам калибратора подсоединяется поверяемый вольтметр для подачи на него тестовых сигналов. Также на схеме отображен принтер, подключенный к ПК с помощью доступного для него интерфейса.

Схема без подключения поверяемого вольтметра к ПК посредством последовательного интерфейса будет иметь большее распространение, так как вольтметров без последовательного интерфейса используется много больше из-за их меньшей стоимости и большей актуальности в данный момент времени.

Также существуют цифровые вольтметры с наличием какого-либо последовательного интерфейса. Основным преимуществом поверки таких приборов является то, что появляется возможность

не вводить считываемые значения вручную, а лишь подсоединить вольтметр к ПК с помощью кабеля по последовательному интерфейсу, например, RS-232, и программно подключить к системе поверки. Процедура поверки такого или же подобного ему средства измерений упрощается, за отсутствием необходимости вручную вводить значения. На данной схеме добавляется линия (показана пунктиром), отображающая связь между поверяемым средством измерения и персональным компьютером посредством последовательного интерфейса.

Схема работает следующим образом:

- 1) прием оператором нового средства измерений;
- 2) запуск программного обеспечения на ПК I;
- 3) ввод данных о средстве измерения (СИ) в реестр поверок.

Требования к функционалу и возможностям автоматизированной системы:

- идентификация пользователя при входе в систему;
- необходимость определять при запуске допустимые пределы погрешностей показаний и межповерочный интервал для каждого конкретного поверяемого средства измерений;
- подача на вход поверяемого средства измерений тестового сигнала;
- проведение поверки в соответствии с инструкцией;
- снятие показаний с поверяемого средства измерения;
- обработка результатов измерений;
- установление факта пригодности к дальнейшему использованию или непригодности поверяемого средства измерения;
- напоминание результатов поверки и составление отчетов о поверке;
- хранение результатов поверки на жестком диске, внешних носителях или в облачном хранилище;
- печать протокола с результатами поверки и заключением;
- отклик с минимальной задержкой на управляющие воздействия;
- минимальный уровень воспроизводимого напряжения 0,1 мВ;
- контроль уровня напряжения до 1 кВ;
- автоматическая установка и корректировка нуля.

Описание автоматизированного рабочего места поверки и калибровки цифровых вольтметров

Автоматизированное рабочее место (АРМ) поверки представляет собой комплекс оборудования, в который входят:

- персональный компьютер;
- калибратор эталонных сигналов напряжения;
- принтер для печати отчетов о поверке;
- непосредственно поверяемое средство измерения.

По принципу организации и функциональному разделению АСПК цифровых вольтметров это двухуровневая система, состоящая из двух подсистем:

– подсистема управления и подачи тестовых сигналов на поверяемое СИ;

– подсистема анализа и обработки данных.

Для информационного обмена между компонентами в системе могут использоваться локальные вычислительные сети на основе интерфейсов последовательной передачи данных, например, RS-232.

Взаимосвязь АСПК цифровых вольтметров со смежными системами, например, такими, как информационно-справочная система, может осуществляться возможностями ПО или с помощью файлов операционной системы (ОС) определенного формата.

Система способна справляться со следующими функциями и задачами:

- демонстрация основной информации по поверке и калибровке средств измерений;
- отправка управляющих команд на калибратор эталонных сигналов напряжения;
- осуществление действий, необходимых для поверки и калибровки, в автоматизированном режиме;
- составление отчетов о поверке СИ;
- печать отчетов о поверке.

Описание процедуры поверки

Процедура поверки цифровых вольтметров происходит на специализированном автоматизированном рабочем месте под контролем и управлением оператора. Последовательность работы:

- 1) прием оператором нового средства измерений;
- 2) запуск программного обеспечения на ПК I;
- 3) ввод данных о СИ в реестр поверок;
- 4) проверка связи с калибратором эталонного напряжения II и первоначальная настройка (установка частоты, диапазона сигнала);
- 5) поверка СИ во всех необходимых контрольных точках;
- 6) ввод данных, полученных во время поверки, в программу;
- 7) составление по результатам поверки протокола о пригодности или не пригодности к дальнейшей эксплуатации СИ и при необходимости его распечатка на принтере III;
- 8) завершение процедуры поверки, пользователю возвращается СИ с результатом поверки.

Последовательность действий, проводимых оператором, при проведении поверки цифровых вольтметров, имеющих выход последовательного интерфейса, дающий возможность получать выдаваемые им значения автоматически, будет иметь немного упрощенный вид. Упрощение заключается в исключении одного шага проведения процедуры, представляющего собой запись данных с поверяемого СИ в программу.

Программное обеспечение

Для создания программного обеспечения выбрана среда программирования LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench), в которой возможно создавать виртуальные приборы и установки и управлять ими. LabVIEW является кроссплатформенной системой, работающей на множестве различных аппаратных платформ и операционных систем, доступных на данный момент

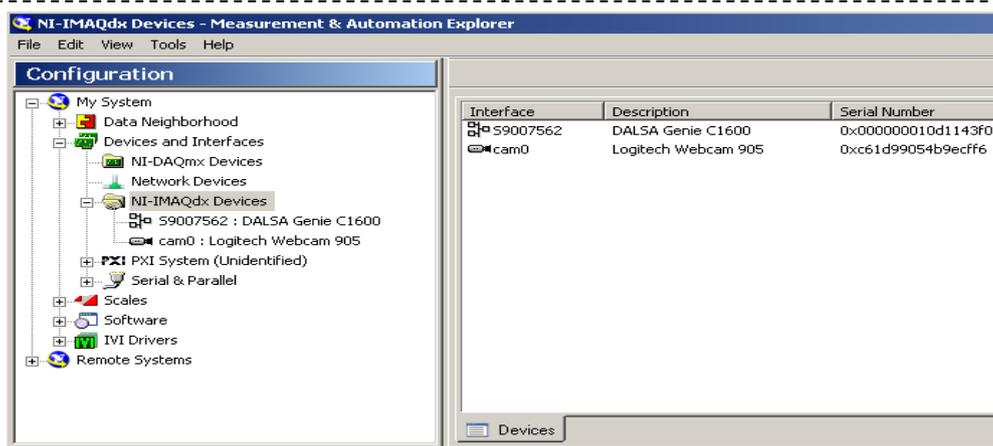


Рис. 2. Интерфейс NIMAX
Fig. 2. NIMAX interface

времени, в список которых входят Windows, Linux, Mac и т.д. LabVIEW – это мощная и гибкая графическая среда программирования, работающая на языке G, состоящим из функциональных блоков, соединенных между собой линиями связи. Язык G позволяет программировать графический блок, который компилируется в код.

В LabVIEW разрабатываемые программные модули называются VirtualInstruments (VI). Любая программа или VI в LabVIEW визуально состоит из блок-диаграммы (BlockDiagram) – это программный код, визуально представленный в графическом виде, и передней панели (FrontPanel) – это визуальный интерфейс прибора. На блок-диаграмме выстраиваются код работы программ из функциональных блоков, доступных во встроенном пакете библиотек LabVIEW или же созданных пользователем и добавленных туда. Даже сложную многоуровневую программу можно реализовать, komponуя доступные одноуровневые блоки. Передняя панель дает возможность осуществлять управление и создавать индивидуальный интерфейс каждой разрабатываемой программы.

Основные преимущества использования LabVIEW:

- графическое программирование интуитивно понятно, просто в освоении;
- простота интерфейса и доступность для понимания пользователя;
- для решения сложных задач можно обойтись простыми составляющими в виде функциональных блоков;
- выполнение кода определяется потоком данных, а не порядком следования инструкции;
- создание приборов выполняется на языке параллельного программирования G;
- возможны вставки текстовых кодов, выполненных на других языках программирования, надо всего лишь сгенерировать DLL;
- поддержка технологий различных систем моделирования.

Кроме того, определяющим фактором при выборе LabVIEW для создания АСПК цифровых вольтметров стала возможность сопряжения программного комплекса с множеством различных устройств

посредством последовательных интерфейсов, таких как RS-232, а также COM порт и GRIPB.

Программное обеспечение имеет два варианта исполнения: для поверки цифровых вольтметром с наличием выхода последовательного интерфейса и с отсутствием его. Сама модель состоит из нескольких подпрограмм (под-приборов) или нескольких VI приборов, отвечающих каждый за свою функцию.

Начнем рассматривать программу с виртуального под-прибора управления калибратором. Для того, чтобы осуществлять управление, первоначально надо физически присоединить ПК к калибратору кабелем интерфейса RS-232. Для того, чтобы убедиться в подключении и доступности порта устройства, существует программный продукт Measurement&AutomationExplorer (NIMAX), интерфейс которого отображен на рисунке 2. В возможности NIMAX входит отслеживание и управление всеми доступными портами ввода/вывода, также задание имени подключенного устройства и порта.

Программный продукт Measurement &Automation Explorer устанавливается в пакете программ от NationalInstruments вместе с LabVIEW.

После подключения и при необходимости регулирования порта подключенного устройства перейдем непосредственно к блок-схеме под-прибора управления калибратором (рисунок 3).

Описание блок-схемы под-прибора управления калибратором.

Для передачи и получения данных с устройства используются разновидности элементов VISA, расположенных во встроенной библиотеке InstrumentI/O. Первоначальным блоком данной программы является VISAconfigureserialport, в котором выбираем порт, к которому подключен калибратор. Далее с помощью элементов VISAwrite последовательно отправляем управляющие команды (предусмотренные производителем калибратора и указанные в руководстве пользователя) типа string на калибратор, задающие параметры сигнала: сначала определяем тип сигнала напряжения (постоянное/переменное) с помощью переключателя, после этого последовательно соединенными элементами VISAwrite устанавливаем значение частоты сигнала

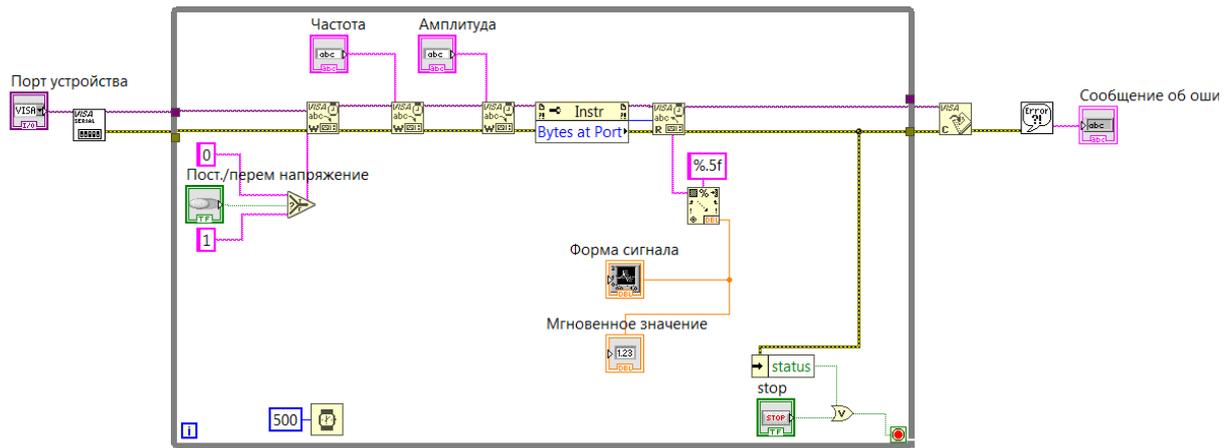


Рис. 3. Блок-схема под-прибора управления калибратором
 Fig. 3. Block diagram of the calibrator control sub-device

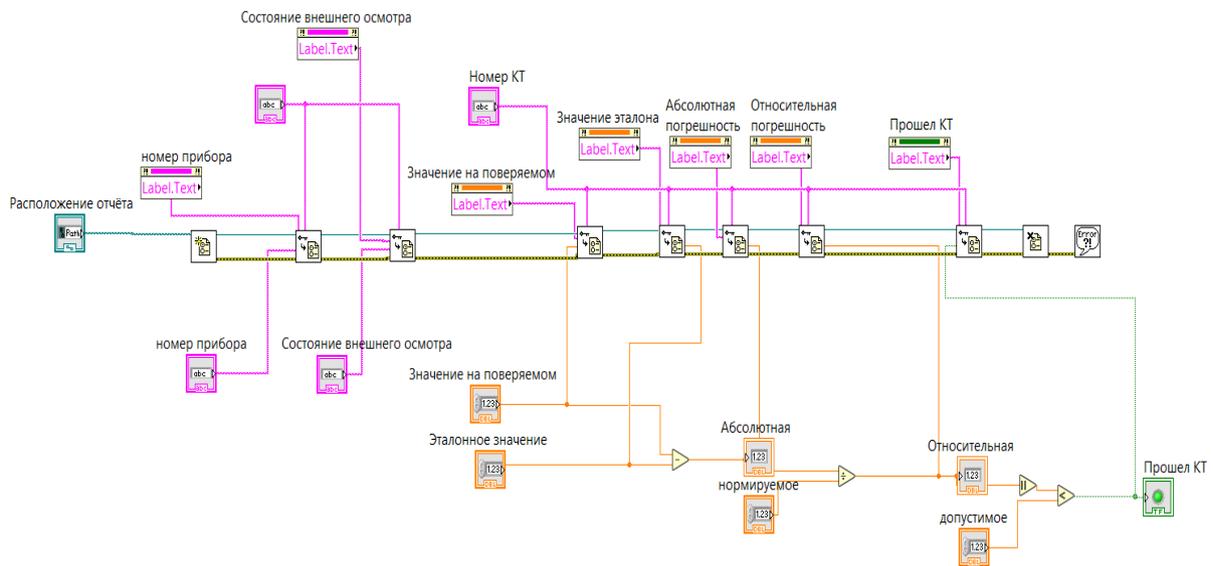


Рис. 4. Блок-схема под-прибора, осуществляющего функции расчета погрешностей и записи показаний и результатов поверки
 Fig. 4. Block diagram of a sub-device performing the functions of calculating errors and recording readings and verification results

и его амплитуды. После чего элемент VISAread считывает настроенный сигнал и отображает его с помощью элемента waveformchart и индикатора значения. Элемент VISAclosed завершает передачу данных после завершения цикла. Цикл завершается в случае нажатия кнопки «стоп» или же при возникновении ошибки, информация о которой появится в специальном окне. Также предусмотрена задержка на отправку команд в 500 мс для того, чтобы калибратор точно успевал их обрабатывать и выдавать необходимые значения.

Следующим компонентом программы является под-прибор, осуществляющий функции расчета погрешностей и записи показаний и результатов поверки, блок-схема которого представлена на рисунке 4.

Описание блок-схемы под-прибора, осуществляющего функции расчета погрешностей и записи показаний и результатов поверки

В основе расчетной части лежит метод непосредственного сличения, по которому для каждой заданной контрольной точки определяются абсолютная и относительная погрешности и сравниваются с допустимым значением, по результатам сравнения на индикатор выдается значение TRUE или FALSE в зависимости от того, соответствует полученное значение допустимому или нет. Отчет о поверке составляется и записывается в расширении .txt и может быть прочитан в любом, поддерживающем данное расширение, графическом редакторе, например, бесплатном для WindowsWordPad, далее из которого при необходимости имеется возможность его распечатать. Для записи данных поверки используется библиотека ConfigurationFileVis. Для задания расположения, имени и расширения отчета используется элемент configurationfilepath. Для записи сведений и параметров используется функция WriteKey, в которую передаются данные в любом формате. Все

[[Поверка № 1. 1.01.2020]
 номер прибора = "123"
 Состояние внешнего осмотра = "Удовлетворительное"]

[1]
 Значение на поверяемом приборе = 1,000000
 Эталонное значение = 1,000000
 Абсолютная погрешность = 0,000000
 Относительная погрешность = 0,000000
 Прошел КТ = TRUE

[2]
 Значение на поверяемом приборе = 3,000000
 Эталонное значение = 5,000000
 Абсолютная погрешность = -2,000000
 Относительная погрешность = -0,400000
 Прошел КТ = FALSE

[3]
 Значение на поверяемом приборе = 12,000000
 Эталонное значение = 12,000000
 Абсолютная погрешность = 0,000000
 Относительная погрешность = 0,000000
 Прошел КТ = TRUE

Рис. 5. Пример текстового отчета о поверке
 Fig. 5. Example of a text verification report

строки и значения подаются последовательно с использованием нескольких элементов WriteKey. Чтобы не создавать дополнительных строковых констант или элементов, для заголовков используется свойство LabelText. Для закрытия файла после завершения записи используется элемент CloseConfigData. При возникновении ошибок, таких как деление на 0, есть элемент SimpleError, выдающий сообщение об ошибке. Пример отчета о поверке представлен на рисунке 5.

Объединив рассмотренные выше два под-прибора, мы можем получить модель АРМ поверки и

калибровки цифровых вольтметров без наличия последовательного интерфейса, блок-схема которого представлена на рисунке 6.

Внешний вид такого АРМ показан на передней панели виртуальной модели LabVIEW и имеет вид, представленный на рисунке 7. Под-приборы разделены между собой на два блока: управление калибратором, расчет и запись данных. В блоке управления калибратором имеются функции выбора порта подключенного устройства, установки основных параметров тестового сигнала, слежение за формой и значением сигнала, а также окно с сообщениями об ошибках.

В блоке расчета и записи данных имеются специальные окна для ввода первоначальных данных поверки, выбора места расположения файла отчета поверки, ввода значения с поверяемого прибора, установки допустимых и нормирующих значений, а также индикация погрешностей и лампочка, сигнализирующая об успешном или неуспешном прохождении контрольной точки.

Для осуществления процесса поверки и калибровки цифровых вольтметров, имеющих последова-

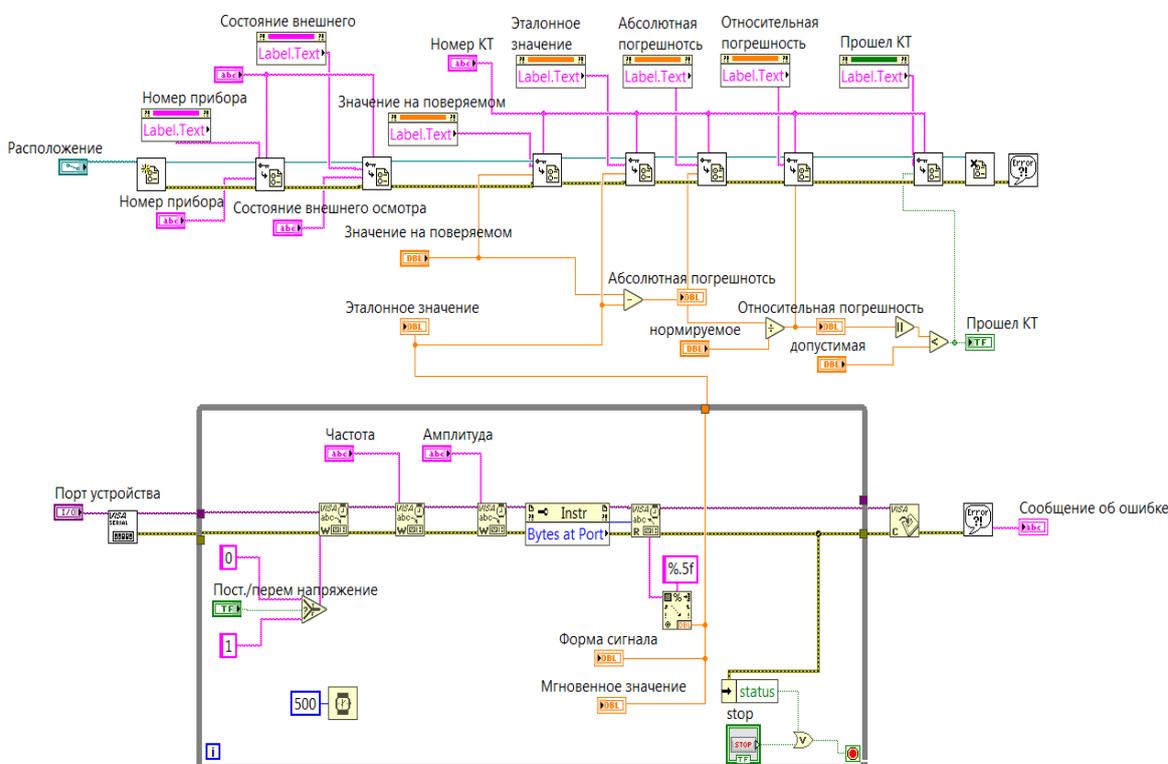


Рис.6. Блок-схема модели АРМ поверки и калибровки цифровых вольтметров без наличия последовательного интерфейса

Fig.6. Block diagram of the ARM model for checking and calibrating digital voltmeters without a serial interface

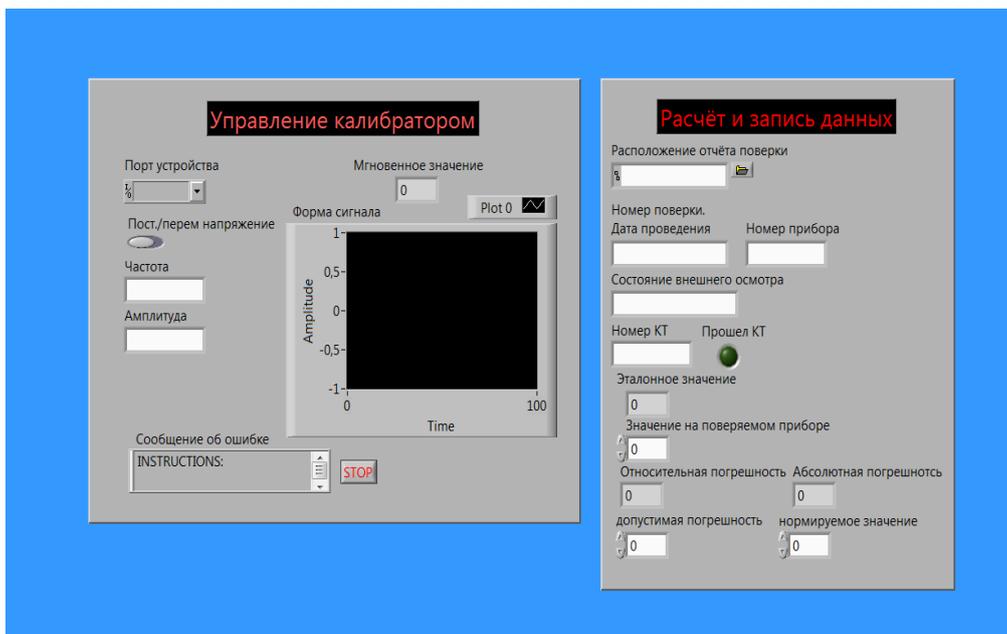


Рис. 7. Внешний вид модели АРМ поверки и калибровки цифровых вольтметров без наличия последовательного интерфейса

Fig. 7. Appearance of the ARM model for checking and calibrating digital voltmeters without a serial interface

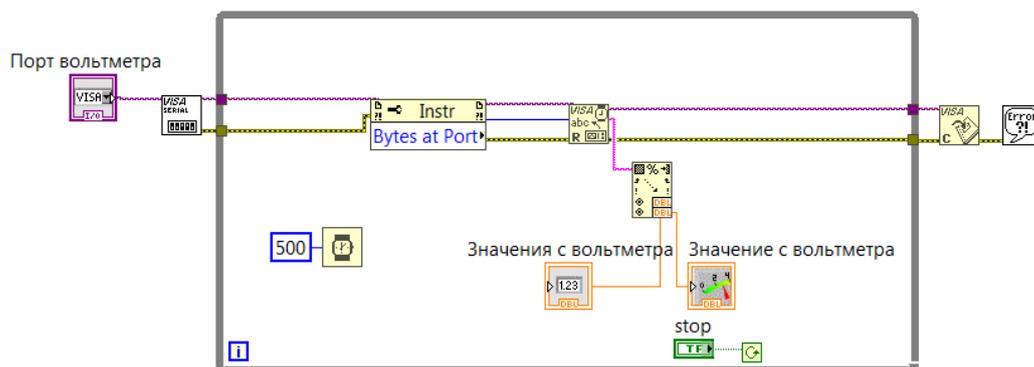


Рис. 8. Блок-схема считывания значений с вольтметра
Fig. 8. Block diagram of reading values from a voltmeter

тельный интерфейс, модель АРМ должна иметь помимо рассмотренных под-приборов еще один, отвечающий за считывание значений с цифрового вольтметра, блок-схема которого представлена на рисунке 8.

Описание блок-схемы считывания значений с вольтметра

Для подключения вольтметра сначала необходимо проверить номер и доступность его порта в программе NIMAX. Как и в случае с калибратором, с помощью блока VISAconfigureserialport определяется для программы порт вольтметра, VISAread принимает данные, а VISAclosed завершает передачу данных после завершения цикла. С помощью функции Bytesatport программа автоматически выделяет необходимое количество байт для получения сообщения. Элемент Scanfromstring преобразует строку полученных данных в числовое значение для возможности расчета и отображения. Предусмотрена задержка в 500 мс для достоверности получения

данных. Остановка цикла программы осуществляется с помощью кнопки «стоп».

Для получения блок-схемы модели АРМ поверки и калибровки цифровых вольтметров с последовательным интерфейсом необходимо совместить блок-схему программы поверки без наличия интерфейса с блок-схемой считывания значений с вольтметра. Объединение реализуется соединением линий связи преобразованного значения с VISAread схемы считывания с вольтметра на вход «значение на поверяемом вольтметре» схемы расчета. Блок-схема модели АРМ поверки и калибровки цифровых вольтметров с последовательным интерфейсом представлена на рисунке 9.

Передняя панель модели АРМ поверки и калибровки цифровых вольтметров с последовательным интерфейсом не имеет кардинальных отличий от модели для вольтметров без интерфейса и представлена на рисунке 10. Основным отличием является добавление блока под названием «Вольтметр». В

данном блоке есть возможность устанавливать порт подключаемого вольтметра и отслеживать получаемые с него значения в виде числа и шкалы со стрелкой.

Таким образом, программное обеспечение для системы поверки и калибровки цифровых вольтметров полностью разработано в виде LabVIEW модели АРМ в двух исполнениях: для вольтметров, не име-

ющих последовательный интерфейс для связи с персональным компьютером и для вольтметров, имеющих выход последовательного интерфейса.

Заключение

Одни из самых популярных и мощных систем для поверки и калибровки средств измерений в настоящее время – Fluke MET/CAL и Unitess APM – способны реализовать множество различных задач в

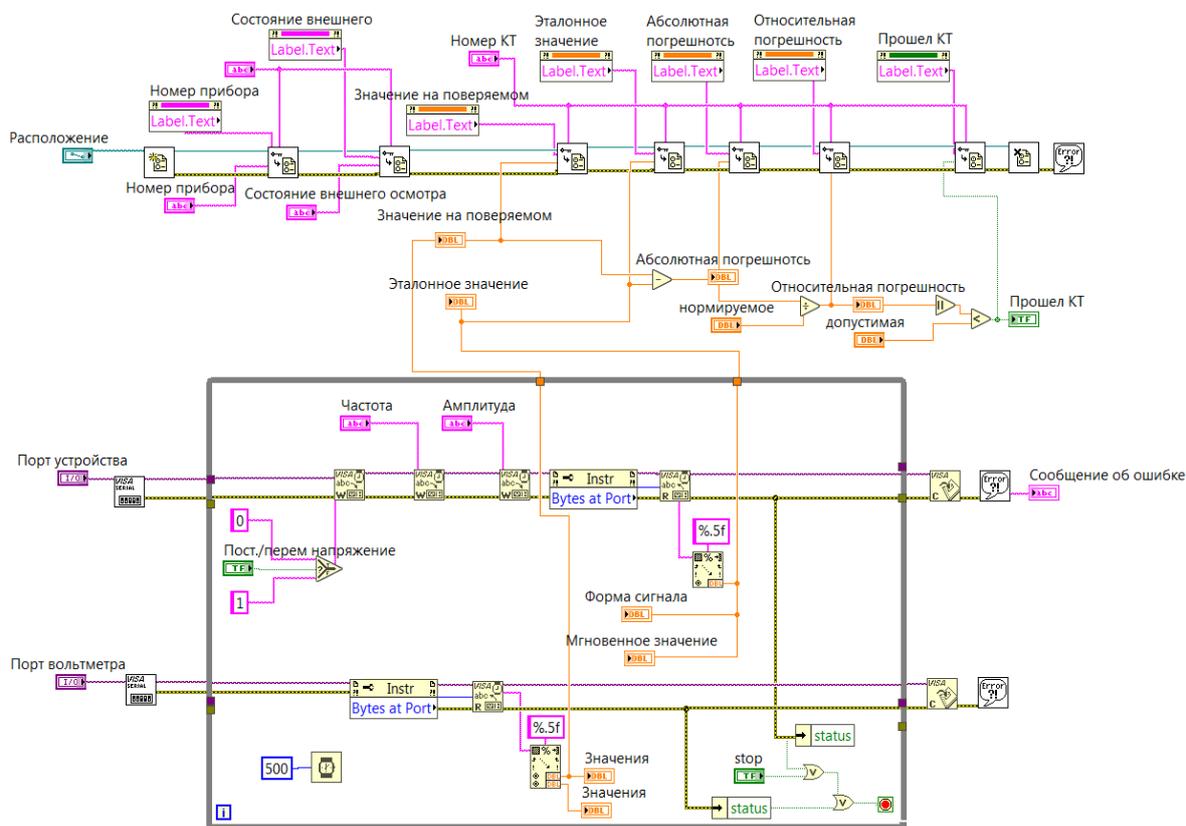


Рис. 9. Блок-схема модели АРМ поверки и калибровки цифровых вольтметров с последовательным интерфейсом

Fig. 9. Block diagram of the ARM model for verification and calibration of digital voltmeters with a serial interface

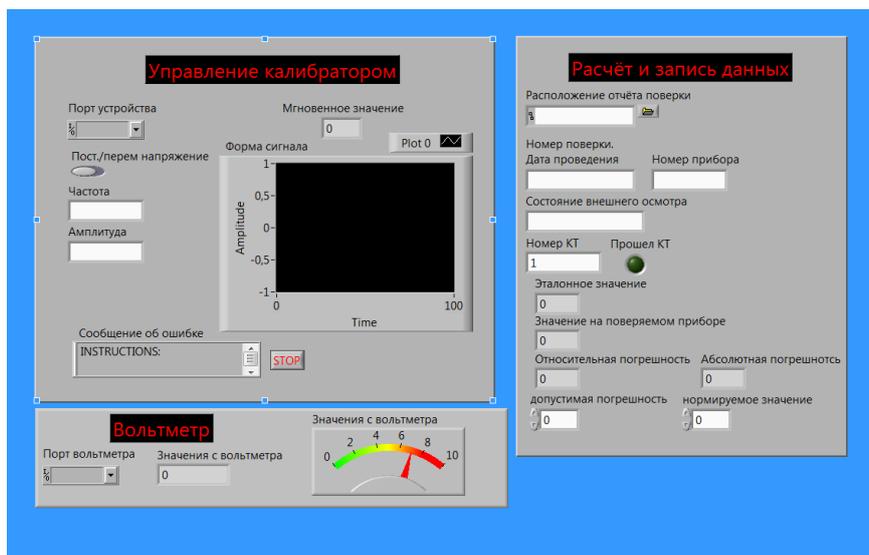


Рис. 10. Передняя панель модели АРМ поверки и калибровки цифровых вольтметров с последовательным интерфейсом

Fig. 10. Front panel of the ARM model for verification and calibration of digital voltmeters with a serial interface

сфере метрологического обеспечения, бесспорно занимают лидирующие позиции современного рынка и помогут наладить работу на крупных производствах, занимающихся поверкой и калибровкой средств измерений. Но для тех предприятий или организаций, которые не имеют огромного постоянного объема работы и оборота оборудования, приобретение таких систем не является целесообразным. Для небольшой организации, которой необходимо ускорить процедуру поверки и уменьшить объем выполняемой работы, или образовательной организации с необходимостью создания лабораторного стенда для обучения, АСПК цифровых вольтметров будет приоритетным вариантом.

Основным преимуществом разработанной АСПК цифровых вольтметров является то, что она выполнена на базе программного комплекса LabVIEW, который довольно нетребователен к ресурсам ПК и выигрывает в этом у крупных систем поверки, для которых нужны более мощные, а следовательно, более дорогие компьютеры. Также преимуществом LabVIEW является его многофункциональность, то есть, приобретая АСПК цифровых вольтметров, пользователь получает программный комплекс, на котором при желании можно реализовать другие системы без дополнительных вложений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болл С. Аналоговые интерфейсы микроконтроллеров / С.Болл. – Додэка XXI. – 2007. – 360 с.
2. Gronle M. et al. An open source metrology, automation, and data evaluation software //Applied optics, 2014, vol. 53(14),pp. 2974-2982.
3. Bauer J. M. et al. Development Trends in Automation and Metrology //IFAC-PapersOnLine, 2015, vol.48, no. 24, pp. 168-172.
4. Müller B. Automatization of Acceptance Test for Metrology Algorithms //Proceedings of the International Conference on Software Engineering Research and Practice (SERP), The Steering Committee of The World Congress in Computer Science, Computer Engineering and Applied Computing (WorldComp), 2015, pp. 84.
5. Szewczyk R., Zieliński C., Kaliczyńska M. (eds.). Progress in Automation, Robotics and Measuring Techniques: Volume 3, Measuring Techniques and Systems, Springer, 2015, vol.352.
6. Lin G., Zhou S. Evaluation of Measurement Error for the Calibration System of Electronic Current Transformer//Electrical Measurement & Instrumentation, 2010, vol.6, pp. 010.
7. Sameh M. Reda, Samaa M. Faramawy //Developing an Automated Transition Stage as a Way to Improve the Quality of the Measurements Accuracy //IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, 2020, vol. 23, no. 7, pp. 13 – 17.
8. P. Foltynski, «Ways to increase precision and accuracy of wound area measurement using smart devices: Advanced app Planimator», PLoS One, 2018, vol. 13, no. 3, pp. 1-16.
9. Ooi B. Y., Shirmohammadi S. The potential of IoT for instrumentation and measurement// IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, 2020, vol. 23, no. 3, pp. 21-26.
10. Захарова А.Г. Определение числа поверяемых отметок в диапазоне измерения аналоговых измерительных приборов / А.Г. Захарова, Ю.М. Брем // Автоматизация и электрификация горных работ: межвуз. сб. науч. тр. / Кузбасс. Гос. техн. ун-т. – Кемерово, 1995, с. 70-79.
11. Захарова А.Г. Назначение и корректировка межповерочных интервалов средств измерений / Кемеровский ЦНТИ, информационный листок № 180-94, серия Р.31.05.351, 1994. – 2 с.
12. Киселев С.К., Романова Е.В. Технология создания алгоритмического обеспечения системы автоматизации поверки измерительных приборов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2003, № 11. – с. 44-47.
13. Порошин М.П. Значение поверки средств измерений // Молодой ученый. – 2019. – № 23 (261) . – С. 121-122.
14. Новицкий В.П., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений: Энергоатомиздат, 1991. – 304 с.
15. Приходько Н.С. Автоматизация технологических процессов поверки средств измерения // Научные вестн. – 2019. – № 11 (16) . – С. 120-125.
16. Левин С.Ф. Качество поверки средств измерений и апостериорная достоверность контроля // Измерительная техника. – 2018. – № 9. – С. 20-25.
17. Киселев С.К. Система автоматизации поверки электроизмерительных приборов. // Датчики и системы. 2003, №6. – с. 33-37.

DOI: 10.26730/1816-4528-2021-5-41-50

Alla G. Zaharova, D. Sc. in Engineering, Professor, **Alexander V. Grigoriev**, C. Sc. in Engineering, Associate Professor, **Irina A. Lobur**, C. Sc. in Engineering, Associate Professor, **Nadezda M. Shauleva**, C. Sc. in Engineering, Associate Professor, **Dmitry K. Magnitsky**, master's student, **Gennady G. Lebedev**, D. Sc. in Engineering, Professor

T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesennaya St., Kemerovo, 650000, Russian Federation



Article info

Received:

30 September 2021

Revised:

20 October 2021

Accepted:

26 October 2021

Keywords: verification of electrical measuring instruments; digital voltmeters; automated verification and calibration system; automation of verification operations; automation of calibration operations

Abstract.

An automated verification and calibration system (ASPC) for digital voltmeters is proposed, based on the LabVIEW software package, which does not require a personal computer and has the advantages of large verification systems that require more powerful and, therefore, more expensive computers. Also, the advantage of LabVIEW is its versatility, which consists in the fact that by purchasing an ASPC of digital voltmeters, the user receives a software package on which it is possible to implement systems without additional investments. The use of ASPK digital voltmeters is relevant at the present time and has a number of economic and technical advantages over other market representatives in this area. The system is fully capable of fulfilling the main goals laid down during its creation, which are: simplification of the verification process and reduction of time spent on verification of one measuring instrument. The system can work with equipment from different manufacturers, the only condition is that the calibrator has an RS-232 interface. The most suitable equipment for creating an automated workstation (AWS) for verification and calibration of digital voltmeters has been determined, and their connection diagram has been designed.

For citation Zaharova A.G., Grigoriev A.V., Lobur I.A., Shauleva N.M., Magnitsky D.K., Lebedev G.G. Automation of verification and calibration of electrical measuring instruments. Mining Equipment and Electromechanics, 2021, no.5 (157), pp. 41-50. DOI: 10.26730/1816-4528-2021-5-41-50

REFERENCES

1. Ball S. - Analog interfaces of microcontrollers / S.Ball. - Dodeka XXI. - 2007. - 360 p.
2. Gronle M. et al. An open source metrology, automation, and data evaluation software //Applied optics, 2014, vol.53(14),pp. 2974-2982.
3. Bauer J. M. et al. Development Trends in Automation and Metrology //IFAC-PapersOnLine, 2015, vol.48, no. 24, pp. 168-172.
4. Müller B. Automatization of Acceptance Test for Metrology Algorithms //Proceedings of the International Conference on Software Engineering Research and Practice (SERP), The Steering Committee of The World Congress in Computer Science, Computer Engineering and Applied Computing (WorldComp), 2015, pp. 84.
5. Szewczyk R., Zieliński C., Kaliczyńska M. (eds.). Progress in Automation, Robotics and Measuring Techniques: Volume 3, Measuring Techniques and Systems, Springer, 2015, vol.352.
6. Lin G., Zhou S. Evaluation of Measurement Error for the Calibration System of Electronic Current Transformer//Electrical Measurement & Instrumentation, 2010, vol.6, pp. 010.
7. Sameh M. Reda, Samaa M. Faramawy // Developing an Automated Transition Stage as a Way to Improve the Quality of the Measurements Accuracy //IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, 2020, vol. 23, no. 7, pp. 13-17.
8. P. Foltynski, «Ways to increase precision and accuracy of wound area measurement using smart devices: Advanced app Planimator», PLoS One, 2018, vol. 13, no. 3, pp. 1-16.
9. Ooi B.Y., Shirmohammadi S. The potential of IoT for instrumentation and measurement// IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, 2020, vol. 23, no. 3, pp. 21-26.
10. Zaharova A.G. Determination of the number of verifiable marks in the measurement range of analog measuring instruments / A.G. Zaharova, Yu.M. Brem // Automation and electrification of mining operations: mezhvuz. sb. scientific. tr. / Kuzbass. State. tech. un-ty. - Kemerovo, 1995, pp. 70-79.
11. Zaharova A.G. Appointment and correction of calibration intervals of measuring instruments / Kemerovo TSNTI, information leaflet No. 180-94, series P.31.05.351, 1994. – 2 S.
12. Kiselev S.K., Romanova E.V. Technology of creation of algorithmic support for automation system of measuring instruments verification // Instruments and systems. Management, control, diagnostics. 2003, No. 11. - pp. 44-47.
13. Poroshin M.P. The value of verification of measuring instruments // Young scientist. – 2019. – № 23 (261) . – Pp. 121-122.
14. Novitsky V.P., Zograf I.A. Estimation of measurement errors: Energoatomizdat, 1991. - 304 p.
15. Prikhodko N.S. Automation of technological processes of verification of measuring instruments // Scientific news. – 2019. – № 11 (16) . – Pp. 120-125.
16. Levin S.F. Quality of verification of measuring instruments and a posteriori reliability of control // Measuring equipment. - 2018. - No. 9. - pp. 20-25
17. Kiselev S.K. Automation system of verification of electrical measuring devices. // Sensors and systems. 2003, No. 6. – pp. 33-37.