

IV. Радиотехнические измерения

УДК 53.089.6

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗАДЕРЖКИ
КОМАНД ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ
РАДИОИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ ПРИБОРАМИ
НА РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК
КАЛИБРАТОРОВ ОСЦИЛЛОГРАФОВ****В.В. Макаров, А.В. Клеопин, Л.Н. Селин, Я.М. Русин, М.А. Зенченко***ФГУП «ВНИИФТРИ», Менделеево, Московская обл.
makarov_vv@vniiftri.ru*

Разработано специальное программное обеспечение для автоматизации процесса поверки средств измерений. Установлено влияние длительности задержек при выдаче команд дистанционного управления на погрешность измерений и появление грубых промахов. Исследованы различные способы установки задержки команд и подобраны оптимальные варианты их комбинации по времени исполнения и по близости значений к получаемым в ручном режиме.

Ключевые слова: задержка, дистанционное управление, калибратор осциллографов, автоматизация, поверка.

**RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE DELAY
OF REMOTE CONTROL COMMANDS FOR RADIO
MEASURING DEVICES ON THE RESULTS
OF DETERMINING THE CHARACTERISTICS
OF OSCILLOSCOPE CALIBRATORS****V.V. Makarov, A.V. Kleopin, L.N. Selin, I.A.M. Rusin, M.A. Zenchenko***FSUE "VNIIFTRI", Mendeleevo, Moscow region
makarov_vv@vniiftri.ru*

A special software has been developed for automation of the verification process of measuring instruments. The influence of the duration of delays when issuing remote control commands on the measurement error and the appearance of blunders was established. Various methods of setting the delay of commands were investigated and the optimal variants of their combination according to execution time and the proximity of values to those obtained in manual mode were selected.

Key words: delay, remote control, oscilloscope calibrator, automation, verification.

Введение

Автоматизация — это одно из направлений научно-технического прогресса, использующее саморегулирующие технические средства и математические методы с целью освобождения человека от участия в процессах

Альманах современной метрологии, 2020, № 2 (22)

получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов, изделий или информации, либо существенного уменьшения степени этого участия или трудоёмкости выполняемых операций [1].

Для области метрологии это в первую очередь автоматизация измерений, и в частности поверочного процесса. В работе представлена идея создания программы-оболочки, позволяющей конечному пользователю взаимодействовать с эталонами и средствами измерений, без потребности работы с программными средами, зная только необходимый набор команд. Реализация данной задачи была разделена на две части. Первая часть включает в себя программу, реализующую отправку команд и получение значений. Вторая часть выполняет обработку полученных значений. Схема работы представлена на рис. 1.

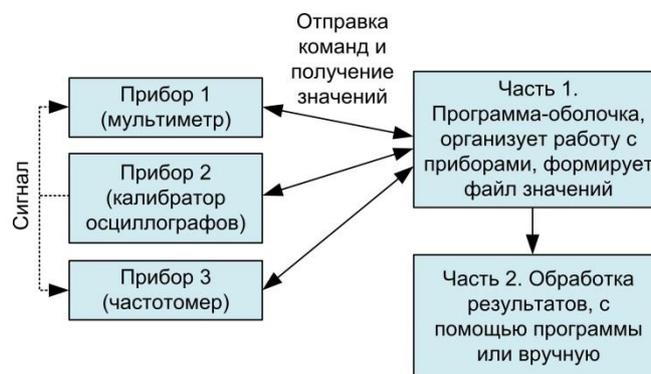


Рис. 1. Схема организации процесса автоматизации

Первая часть разработана в программной среде и представляет из себя программу, которая получает на вход список команд и возвращает список значений, полученных после отправки команд. Вторая часть выполняет обработку полученных значений в табличном редакторе.

Потому как вторая часть получает список значений в виде текста на вход, её реализацию можно выполнить где угодно. От написания в той же программе части, отвечающей за обработку и оформление протокола или выноса обработки в стороннюю программу (например, табличный редактор), до ручной обработки значений без использования программы.

Реализация программы автоматизации

Первая часть

Синтаксис команд для построчной интерпретации программой имеет вид: «Устройство N ; Команда M ;», и состоит из адресуемого прибора и программной команды. Рабочий пример команды: «Equip2; 'SOURCE: VOLTage:LEVel:IMMediate:AMPLitude 0.001';».

Возможны специальные команды, которые обозначаются в поле адресуемого прибора как «System», такие как пауза перед получением значения разовая, пауза постоянная, звуковой сигнал, диалоговое окно выбора (да/нет) с произвольным текстом, получение даты и времени, блок произвольного текста для заметки в выходном файле.

На текущий момент возможна работа с тремя типами устройств: калибратором осциллографов, мультиметром и частотомером. Поддерживаемые шины передачи данных: GPIB, USB, LAN и другие.

По результатам работы программы первой части создаётся текстовый файл с измеренными значениями.

Вторая часть

Вторая часть программы реализована с использованием табличного редактора, вставка значений осуществляется из текстового файла. После неё программа проверяет нахождение значений в допусках и формирует строки для передачи в протокол. Для нескольких приборов одного типа сделана автоматическая генерация протокола на отдельном листе таблицы, используя данные с другого листа таблицы.

Структура построения листов табличного редактора в виде рабочего примера на листах А и Б представлена ниже.

Лист А содержит проверку на допуски полученных значений и формирования строк для вставки на лист Б. В таблице 1 представлены столбцы вставки значения и приведения к используемому виду на примере полученных значений частоты 50 кГц, 100 МГц, 300 МГц, 600 МГц.

Последовательность действий. Значения из текстового файла первой части вставляются в столбец 1. Столбец 2 получает значения из столбца 1 и содержит в себе делитель разряда. Столбец 3 содержит используемое количество десятичных значащих цифр, применяемое в дальнейшем.

Таблица 1

Столбец 1	Столбец 2	Столбец 3
Для вставки значений	Значения из общего столбца значений, полученные по ссылке	Используемое количество десятичных значащих цифр
2020/1/1 10:00	49.99989937	4
ТИП КАЛИБРАТОРА	99.99986658	6
XXXXXXXX	299.9996002	6
0.000521241	599.999714	6
0.005020483		
...		
49999.89937		
99999866.58		
299999600.2		
599999714		

В таблице 2 представлены столбцы проверки на допуски и формирования строк для вставки. Столбец 6 содержит значения из столбца 2 с применением столбца 3. Столбец 7 содержит значения из столбца 6 с буквенным указателем величины и разряда, используется при передаче на лист Б. Столбец 8 содержит информацию о том, входит значение в допускаемые границы или нет (0 — значение в допускаемых границах; 1 — вне допускаемых границ). Столбец 9 показывает близость значения к допускаемой границе в относительной величине от допускаемого значения.

Таблица 2
Столбцы проверки на допуски и формирования значения для вставки

Столбец 4	Столбец 5	Столбец 6	Столбец 7	Столбец 8	Столбец 9
Номинальные значения	Пределы допускаемой погрешности	Промежуточные значения	Значения для протокола	Определение в допусках значение или нет	Отличие от допускаемого значения
50	0.000125	49.9999	49.9999 кГц	0	-0.8
100	0.00025	99.999867	99.999867 МГц	0	-0.532
300	0.00075	299.9996	299.9996 МГц	0	-0.53333
600	0.0015	599.999714	599.999714 МГц	0	-0.19067

Вид протокола листа Б представлен на рис. 2.

Ячейки используются в виде клеток для формирования нужной ширины поля. Всего 40 клеток по ширине для листа А4 в книжной ориентации. Столбец «Измеренная частота» содержит полученные значения из столбца 7. При создании протокола вне табличного редактора значения из столбца 7 копируются в конечный протокол пользователем.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	A1A	A1A1A	A1A1A1A	A1A1A1A1A	A1A1A1A1A1A
1	6 Погрешность установки частоты																															
2	Установленная частота		Пределы допускаемой погрешности															Измеренная частота														
3																																
4	50 кГц		49.999875...50.000125 кГц															49.9999 кГц														
5	100 МГц		99.99975...100.00025 МГц															99.999867 МГц														
6	300 МГц		299.99925...300.00075 МГц															299.9996 МГц														
7	600 МГц		599.99850...600.00150 МГц															599.999714 МГц														

Рис. 2. Вид протокола в табличном редакторе

Исследование влияния различных типов задержки команд управления

Используемые в разработанной программе задержки можно условно разделить на три типа.

Первый — встроенная задержка устройства, срабатывающая перед запуском на получение значения, обозначается словом *TRIGger* в программных инструкциях, написанных в соответствии со стандартом SCPI [2], который определяет синтаксис и унифицирует названия команд.

Второй — программная задержка между посылкой каждой команды. Устанавливается одна на всю программу.

Третий — программная задержка, в основном предназначена для значений, требующих большего времени на установку калибратором или съём измерителем, устанавливается вручную (по тексту программы) перед командой на съём значения.

Измерения построены на методе непосредственной оценки [3], используя одну неизменяемую схему измерений, что позволяет выделить различие значений при разных значениях задержки, исключая случайную погрешность изменения схемы измерений [4].

Для получения случайной погрешности для данной схемы измерений были проведены последовательно 10 серий измерений по 34 отсчёта в каждой. График представлен на рис. 3.

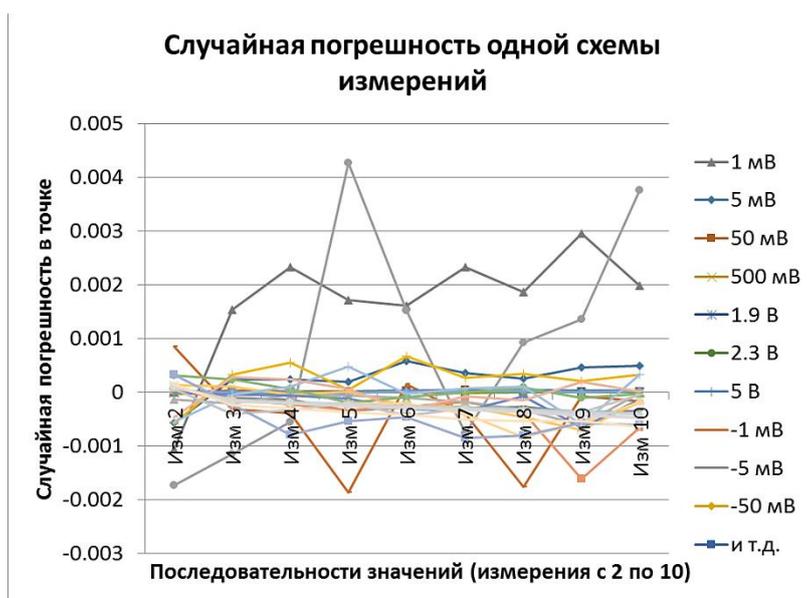


Рис. 3. График значений случайной погрешности

Для получения относительной погрешности различных значений для данной схемы измерений были проведены последовательно 7 серий измерений с тремя повторами по 34 отсчёта в каждой, график представлен на рис. 4.

Измерения показали, что допускается убрать задержку типа 2, значения по этому типу на рис. 4 совпадают со случайными на рис. 3.



Рис. 4. График относительной погрешности различных значений

Для задержки типа 1 нельзя устанавливать значение менее 1,5 секунд. При установке значений задержки типа 1, начиная с первой секунды, относительная погрешность резко возрастает для многих точек, что явно видно по последним трём измерениям (Тип 1: 0,5 с) на рис. 5.

Анализ полученных значений дал информацию о том, что стабильность измерений в точке 1 мВ (на рис. 3 — две выделяющиеся верхние кривые и одна нижняя; на рис. 4 — вторая сверху и одна нижняя) не совпадает с большинством других значений, это говорит о том, что здесь можно увеличить задержку типа 1 или ввести задержку типа 3. То же можно проделать с задержкой на рис. 4 для 1 секунды, сделав уникальное значение задержки в проблемной точке.

При измерениях в автоматизированном режиме может добавиться проблема различия значений, получаемых удалённо и при ручной работе с прибором. Для проверки были проведены последовательно несколько серий измерений в автоматизированном режиме и вручную. Полученные данные обработаны для нахождения случайной составляющей погрешности. На основании результатов скорректированы схема измерений (используемые соединители и т.п.) и значения задержки.



Рис. 5. Полный график относительной погрешности различных значений

Выводы

Исследованы возможности измерения задержек в разработанном ПО, оптимизировано время, требуемое на измерения в автоматизированном режиме без ущерба качеству получаемых результатов.

Применение программы уменьшает потребность в ручных операциях при поверке. На текущий момент автоматизация выполнена для шести типов приборов, использовалось для поверки более ста средств измерений, что обеспечивает экономию времени и трудозатрат.

Программу первой части можно легко адаптировать под работу с иным оборудованием, при наличии у пользователя начальных знаний программирования или при недолгом объяснении, как с ней взаимодействовать.

Дальнейшее совершенствование разработанной программы планируется направить на расширение парка поверяемых устройств в автоматизированном режиме, а также улучшение графического интерфейса, добавление отправки команд в программу с помощью внешнего текстового файла и создание исполняемого файла.

Литература

1. Автоматизация [Электронный ресурс] // Интернет-энциклопедия «Википедия». URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Автоматизация>.
2. Standard Commands for Programmable Instruments (SCPI) [Electronic resource]. URL: <https://www.ivifoundation.org/docs/scpi-99.pdf>.
3. Дойников А.С. Лекции по метрологии. Менделеево: ФГУП «ВНИИФТРИ», 2018. С. 63.
4. РМГ 29–2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200115154>.