

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ЛАЗЕРНО-ГЕТЕРОДИННЫХ ПРИБОРНЫХ КОМПЛЕКСОВ (PDV)

А. С. Шубин, А. А. Тихов

ФГУП «ВНИИА им. Н. Л. Духова», Москва

Лазерно-гетеродинные приборные комплексы типа PDV широко применяются для регистрации скорости движения объектов в быстротекающих процессах [1–3]. Для получения информации о скорости регистрируется линейно с ней связанная частота доплеровского сдвига, которую можно измерить в виде биений, возникающих при сложении сигнала с опорным излучением. Погрешность измерения частоты биений является ключевой характеристикой при разработке методик измерения, применяемых в РФЯЦ-ВНИИЭФ и РФЯЦ-ВНИИТФ.

Для подтверждения метрологических характеристик комплексов PDV используется поверочный стенд, разработанный во ВНИИА [4]. Стенд модулирует по амплитуде оптический сигнал, имитируя биения гетеродин-интерферометра. Частота данной модуляции устанавливается эталонным генератором колебаний. Сравнение установленной частоты генератора и измеренной частоты сигнала позволяет определить погрешность измерения частоты приборного комплекса. Данный стенд применяется в работах по поверке и калибровке комплексов ВНИИА и комплексов PDV, разработанных в ядерных центрах. Ближайшими аналогами среди средств поверки являются установки для поверки радиолокационных измерителей скорости движения транспортных средств работающих на схожих принципах [5, 6], в том числе с функциями полуавтоматической и автоматической поверки [7].

Процедура проведения поверки лазерно-гетеродинных приборных комплексов заключается в выполнении нескольких серий контрольных измерений во множестве точек равномерно распределенных по рабочему диапазону частот. В случае многоканального исполнения комплекса, количество необходимых измерений может достигать нескольких тысяч, что приводит к увеличению сроков поверки и повышает вероятность ошибки оператора.

Целью работы являлась автоматизация поверки многоканальных лазерно-гетеродинных приборных комплексов для сокращения сроков поверки и снижения нагрузки на оператора.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

– составлена структура и алгоритм программы для управления составными частями стенда;

– разработан перечень программных классов, представляющих собой модули управления составными частями стенда;

– разработан программный код классов, включающий в себя протоколы информационного обмена и графический интерфейс пользователя;

– выполнено объединение модулей в единую программную оболочку;

– проведено экспериментальное тестирование поверочного стенда с использованием разработанного программного обеспечения.

Комплексы PDV и поверочный стенд состоят из устройств, которые с помощью различных преобразователей интерфейсов могут быть объединены в одну локальную сеть для управления одним компьютером (рис. 1).

В стенде применен синтезатор частот Г7М-20А с диапазоном частот до 20 ГГц и относительной погрешностью установки частоты до $\pm 1 \cdot 10^{-6}$. Синтезатор имеет возможность управления по локальной сети. Оптический модулятор из состава стенда требует поддержания линейного режима работы, что потребовало разработать автоматический драйвер контроля рабочей точки.

Любой приборный комплекс гетеродин-интерферометр PDV состоит из следующих устройств, требующих управления и контроля параметров в ходе поверки:

– лазеры, применяемые для создания опорного и зондирующего излучения, требуют поочередного или одновременного включения с заданными методикой поверки значениями мощности и отстройками по длинам волн. (Часто применяемые в разработках ВНИИА и РФЯЦ лазеры производства NKT Photonics требуют применения преобразователя интерфейса USB в Ethernet);

– оптические EDFA-усилители (контроль коэффициента усиления для поддержания требуемого уровня сигнала). Управление по локальной сети может быть организовано через преобразователь интерфейса RS-232 в Ethernet;

– осциллограф записывает сигнал с фотодетектора, производит математическую обработку (FFT преобразование) для измерения частоты сигнала и передает данные на управляющий компьютер.

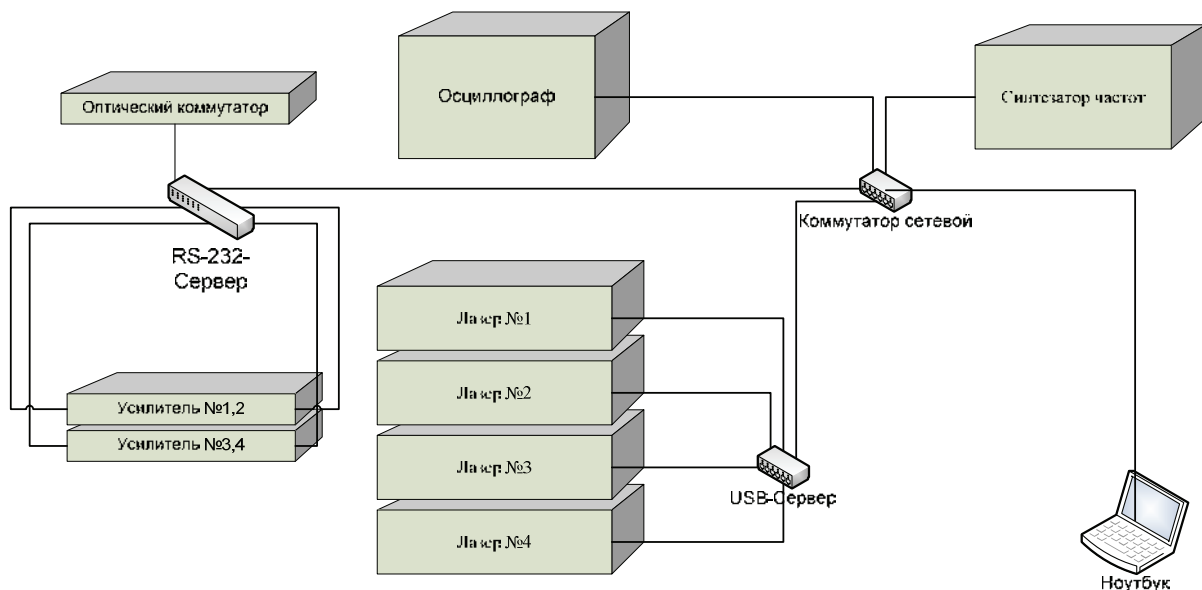


Рис. 1. Схема автоматического управления оборудованием

Так как стенд поверочный имеет один канал, а количество оптических измерительных каналов в комплексах значительно выше, после выполнения серии измерений для одного канала требуется вручную произвести подключение следующего оптического канала. Для полной автоматизации процедуры поверки предложено использовать оптико-механический переключатель (оптический коммутатор), который также управляется по локальной сети через преобразователь интерфейсов.

Была разработана программа, реализующая (линейную незамкнутую [8]) систему автоматического управления процессом поверки приборного комплекса PDV (далее – программа автоматизации). Архитектура исходного кода данной программы организована по модульному принципу, где для каждого типа устройства написан свой отдельный программный класс, что сильно упрощает процесс, как доработок уже существующих классов, так и разработку новых классов под новые устройства. Класс представляет собой набор функций/методов для обеспечения двустороннего информационного обмена с соответствующим устройством, а также графический интерфейс для двустороннего информационного обмена с оператором. Для автоматизации поверки приборных комплексов типа ТКПФ268 и ТКПФ268-01 реализованы следующие классы (далее по тексту – модули):

- модуль управления усилителями лазеров (лазерами);
- модуль мониторинга усилителей отраженного сигнала;
- модуль управления осциллографами (графический интерфейс представлен на рис. 2);
- модуль управления оптическим коммутатором;
- модуль управления синтезатором частот;
- модуль консолидации управления всеми вышеупомянутыми классами (модулями) для реализации

последовательной отработки сценария по методике поверки (графический интерфейс представлен на рис. 3).

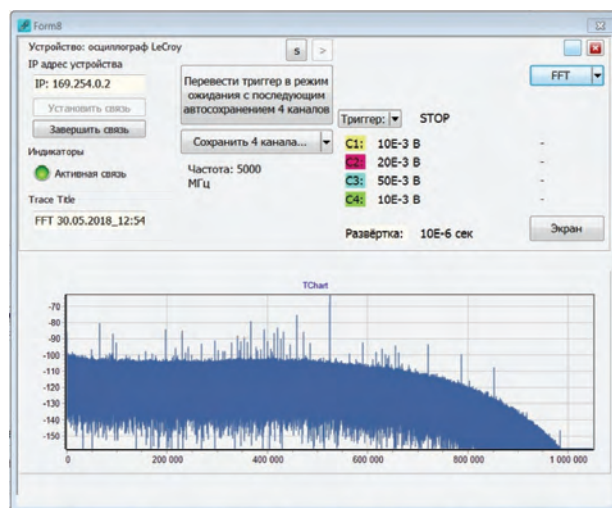


Рис. 2. Модуль управления осциллографами

Согласно методике поверки поверителем при первичной настройке программы однократно вручную заполняется таблица сценариев, которая представляет собой последовательность действий, выполняемых программой (рис. 3).

Сценарий поверки формируется следующим образом:

- указывается последовательность каналов комплекса и значения частот, в которых будут проводиться контрольные измерения;
- задается номер канала осциллографа и номер лазера, отвечающие за данный канал комплекса (в случае если в комплексе применено несколько лазеров).

Алгоритм работы программы с таблицей приведен на рис. 4.

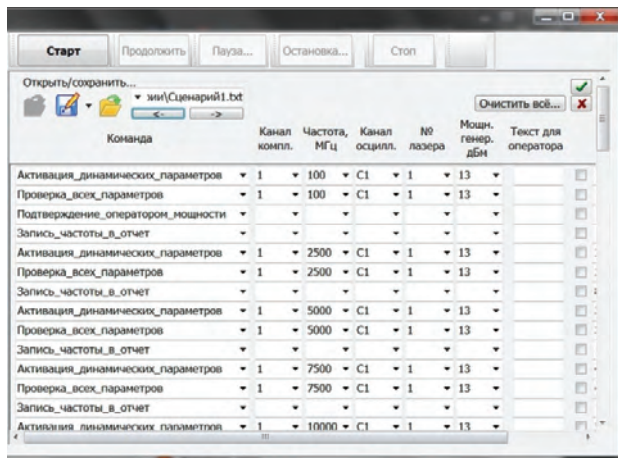


Рис. 3. Модуль управления последовательной отработки сценария по методике поверки

использование с комплексами PDV разработки РФЯЦ-ВНИИТФ и РФЯЦ-ВНИИЭФ.

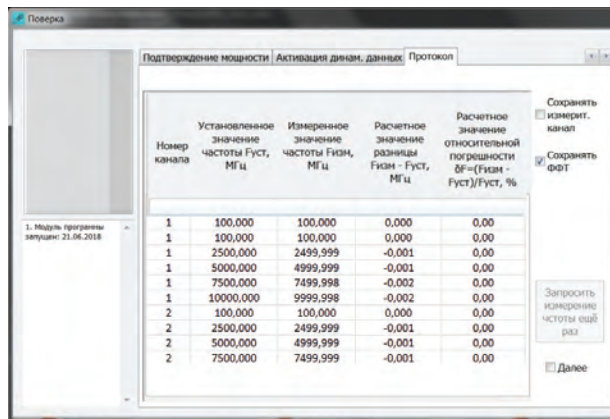


Рис. 5. Результаты поверки, занесенные в таблицу

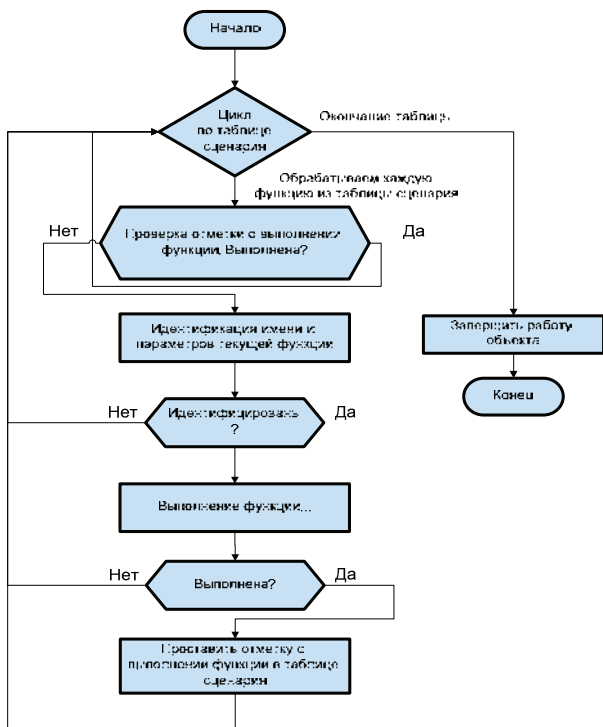


Рис. 4. Алгоритм работы программы с таблицей сценария

После выполнения измерений программа заносит результаты в таблицу (рис. 5), которую затем можно сохранить или распечатать для формирования протокола поверки.

В мае 2018 г. в ходе поверки приборных комплексов ТКПФ268-01, находящихся в РФЯЦ-ВНИИТФ, была выполнена экспериментальная отработка программы. Результаты показали трехкратное ускорение процесса поверки (по сравнению с результатами предыдущих лет) и отсутствие ошибок, вызванных человеческим фактором (например, ошибка оптоволоконной коммутации каналов, дублирование или пропуски в последовательности точек регистрации частоты). После перенастройки модулей и сценария поверки программа может быть адаптирована под

В ближайшие годы в отрасли будут разработаны аттестованные методики измерений, построенные на применение многоканальных лазерно-гетеродинных приборных комплексов, которые закрепятся в качестве основных средств контроля и испытаний специзделий. Суммарное количество каналов комплексов PDV в ядерных центрах неуклонно растет и уже достигает нескольких сотен. Обеспечение единства измерений потребует метрологических испытаний оборудования и ежегодной поверки и калибровки. В данных условиях разработанный поверочный стенд и предложенный программно реализованный алгоритм автоматизации поверки будет востребован.

Литература

1. Bandurkin K. V., Kamenev V. G., Kaplyukov G. V., Kuratov S. E., Kondratyev A. N., Mikulin A. Y., Rogozkin D. B., Serezhkin A. A., Tikhov A. A., Tour I. V. "Experimental (Laser-Heterodyne Method PDV) and Numerical Investigation of the Movement of the Dispersed Phase", *Physical-Chemical Kinetics in Gas Dynamics* 2015. V. 16 (4), <http://chemphys.edu.ru/issues/2015-16-4/articles/550/>.
2. Федоров А. В., Михайлов А. Л., Антонюк Л. К. и др. Экспериментальное исследование срывного разрушения капель и струй при их выбросе с поверхности жидкости // *Физика горения и взрыва*. 2016. Т. 52. № 4. С. 115–121.
3. Федоров А. В., Михайлов А. Л., Финюшин С. А. и др. Регистрация параметров множественного откола и внутренней структуры облака частиц при ударноволновом нагружении металлов // *Журнал экспериментальной и теоретической физики*. 2016. Т. 149. № 4. С. 792–795.
4. Описание типа средства измерений «Стенд поверочный ТКПФ268-С1», ФГУП «ВНИИА», 2015, Регистрационный № 61619-15.

5. Описание типа средства измерений «Имитаторы скорости движения ИС-24», ООО «Симикон», 2004. Регистрационный № 19867-04.

6. Описание типа средства измерений «Установка для поверки измерителей скорости движения транспортных средств радиолокационных П1-25», ФГУП «ВНИИФТРИ», 2012. Регистрационный № 49207-12.

7. Описание типа средства измерений «Стенд автоматизированный для испытания и поверки радиолокационных измерителей скорости «Сапсан 2», ЗАО «Оливья», 2007. Регистрационный № 25240-07.

8. Кангин В. В., Козлов В. Н. Аппаратные и программные средства систем управления.