

Созданный опытный образец комплекса находится в Научно-исследовательском центре оптических материалов и технологий БНТУ.

1. Thermal lensing in Er,Yb:YVO₄ crystal / P. Loiko, et al. // Laser Phys. Lett. – 2015. – Vol. 12. – P. 035001-1–5.

2. Thermo-optic characterization of Yb:CaGdAlO₄ laser crystal / Loiko, et al. // Opt. Mater. Express. – 2014. – Vol. 4. – P. 2241–2249.

3. Anisotropy of the photo-elastic effect in Nd:KGd(WO₄)₂ laser crystals / P.A. Loiko, et al. // Laser Phys. Lett. – 2014. – V. 11. – P. 1–7.

УДК 621.317: 681.518

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ПРАКТИКУМОВ ПО РАДИОЭЛЕКТРОНИКЕ

Здоровцев С.В.¹, Курочкин А.Е.², Кухаренко Н.А.¹, Кушнеров Д.П.¹, Листопад Н.И.²

¹ ОАО «МНИПИ»

Минск, Республика Беларусь

² Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

Создание максимально гибких многофункциональных измерительных приборов и систем является актуальной научно-технической задачей при подготовке технических специалистов различных образовательных уровней. Решение данной задачи в каждом конкретном случае базируется, как правило, на научно-техническом заделе, имеющемся в той или иной области знаний. При этом универсальность системы обеспечивается с одной стороны – программными возможностями используемых вычислительных средств – персональных компьютеров (ПК), с другой – функциональной гибкостью технологической подсистемы [1].

Сами себе ПК не могут обеспечить универсальность системы на технологическом уровне – то есть на уровне выполняемых технологических операций и процессов. Основное их назначение – обеспечение, прежде всего, информационной гибкости систем, – то есть гибкость на уровне приема и обработки информации от самых различных источников (датчиков) и выдачи соответствующих управляющих и информационных сигналов на самые различные приемники подсистемы и т.д. [2]. Для обеспечения же максимальной функциональной гибкости технологической подсистемы непосредственно на уровне технологических операций и процессов, функциональные элементы и устройства должны отвечать определенным схемотехническим требованиям, которые формулируются и реализуются в соответствии со спектром решаемых задач [3].

Для постановки современных учебных лабораторных практикумов наиболее целесообразным является их реализация в виде аппаратно-программных комплексов, которые позволяют исследовать реальные физические объекты и функциональные узлы. В этом случае имеется возможность использовать в работе элементы

реального и виртуального взаимодействия с лабораторным оборудованием. При этом основными объектами исследования являются учебные лабораторные модули (УЛМ), а измерительное оборудование может быть, как реальным, обеспечивающим непосредственную связь с ПК через интерфейс, так и виртуальным, полностью управляемым ПК.

Объединение аппаратно-программных средств измерения и обработки измерительной информации с учебными лабораторными модулями представляет собой измерительный аппаратно-программный комплекс, предназначенный для выполнения учебных лабораторных практикумов по радиоэлектронным дисциплинам (УАПК)

Основными составными узлами УАПК являются функциональные УЛМ и информационно-измерительная система (ИИС), включающая блок управления (БУ), блок измерения (БИ), блок обработки измерительной информации на базе ПК.

УЛМ могут иметь различную структуру и техническое исполнение в зависимости от многообразия решаемых задач. УЛМ подразделяются на изучаемые дисциплины и на лабораторные практикумы в составе этих дисциплин. Основным условием реализации УЛМ в составе ИАПК является их совместимость с ИИС.

Разработанная ИИС структурно состоит из трех функциональных групп. Первая группа включает радиоэлектронные модули первичной обработки информации. Вторая группа ИИС представляет собой блок измерительный (БИ), включающий комплект интеллектуальных измерительных USB-приборов с соответствующим программным обеспечением. Третья группа представляет собой блок управления (БУ) и информационный блок, включающий математическое, алгоритмическое и программное обеспе-

чения системы на основе персонального компьютера (ПК). Первая и третья группы могут видоизменяться в зависимости от способа контроля параметров и функционального назначения ИИС. Структурная схема рассматриваемой ИИС представлена на рисунке 1.

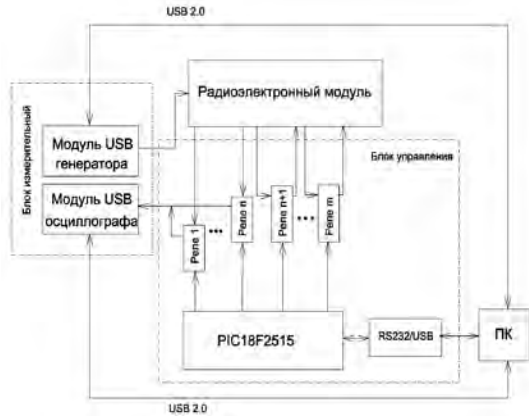


Рисунок 1 – Структурная схема ИИС

Измерительный блок построен на базе двух модулей: функционального *USB*-генератора сигналов и двухканального цифрового *USB*-осциллографа. Такой выбор обусловлен широкими возможностями интеллектуальных измерительных *USB*-приборов, использующих постоянно увеличивающиеся вычислительные возможности и гибкость ПК.

Основными особенностями построения БИ на базе измерительных *USB*-приборов являются:

- широкие возможности представления и обработки измерительной информации;
- настраиваемый интерфейс пользователя;
- расширяемость;
- запись времени и комментариев вместе с данными;
- автоматизация процесса измерений;
- встроенные в измерительные процедуры возможности мультимедиа;
- взаимодействие с базами данных и информационными системами.

Использование автоматизированных средств разработки прикладных приложений, например, *LabVIEW* или *LabWindows/CVI*, делает простым процесс создания как специализированных устройств, так и универсальных, комбинирующих возможности нескольких приборов.

При разработке программной части компьютерной информационно-измерительной системы были использованы следующие виртуальные инструменты *LabVIEW*:

Interpolate 1D.VI – программный интерполятор;

Harmonic Distortion Analyzer.VI – измеритель нелинейных искажений;

Measure_for_1chan(SubVI).VI – измеритель

параметров сигнала;

Basic Averaged DC-RMS.VI – измеритель постоянного напряжения;

Square Function.VI – формирователь прямоугольного импульса.

Для функционирования ИИС разработан протокол информационного взаимодействия узлов и подсистем и организована синхронизация процессов измерений различных параметров УРМ. В среде *LabVIEW* реализовано управление *USB*-измерительными модулями (генератор сигналов, цифровой осциллограф), а также управление как отдельными функциональными узлами ИИС, так и УАПК в целом.

Графический интерфейс пользователя реализован в виде графических образов панелей управления приборами. На рисунке 2 показан пример рабочего окна информационного дисплея в одном из режимов работы ИИС при измерении параметров УЛМ. В представленном рабочем окне отображается анализируемая электрическая схема УЛМ, виртуальные панели измерительных приборов, параметры и характеристики исследуемого модуля в выбранном режиме ИИС.

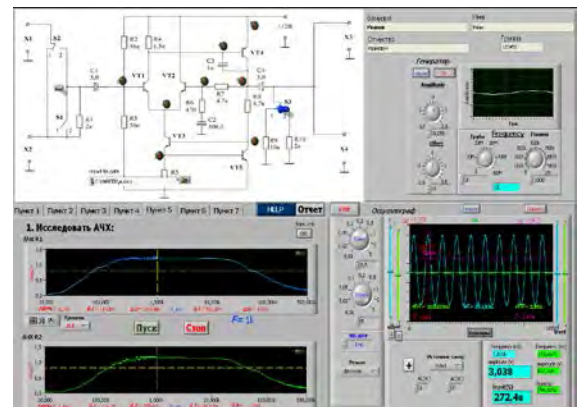


Рисунок 2 – Рабочее окно информационного дисплея в одном из режимов работы ИИС



Рисунок 3 – Измерительный аппаратно-программный комплекс для лабораторных практикумов по радиоэлектронике

На рисунке 3 показан один из вариантов разработанного учебного измерительного аппаратно-программного комплекса на базе ПК.

Разработанный учебный аппаратно-программный комплекс представляет интерес при решении измерительных задач, требующих автоматизации процессов измерения, хранения, анализа измерительной информации, а также для реализации инновационных методов подготовки технических специалистов различного уровня на основе интеллектуальных аппаратно-программных средств в соответствии с современными образовательными программами.

1. Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием/ В.В. Денисенко. Москва: Горячая линия-Телеком. – 2009. – 608 с.
2. Крюков В.В. Информационно-измерительные системы/ В.В. Крюков. Владивосток: ВГУЭС. – 2000. – 102 с.
3. Раннев Г.Г. Интеллектуальные средства измерений: учебник для студ. высш. учеб. заведений. – Москва: Издательский центр «Академия». – 2010. – 272 с.

УДК 621.039:004.415.2.041

АЛГОРИТМ И КОНФИГУРАЦИЯ СИСТЕМЫ АКУСТИЧЕСКОГО МУЛЬТИСЕНСОРНОГО КОНТРОЛЯ НЕШТАТНЫХ СОСТОЯНИЙ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Иванов В.И., Иванов Н.И., Лазарчик А.Н.

*Институт ядерных проблем Белорусского Государственного Университета
Минск, Республика Беларусь*

Методы бесконтактной акустической шумовой диагностики (БАШД) основываются на анализе множества сигналов, получаемых с помощью распределенных в контролируемом пространстве N акустических сенсоров.

Предлагаемый алгоритм БАШД реакторных и турбинных залов и ряда других опасных производств включает: предварительное получение «паспорта» трехмерной акустической шумовой обстановки контролируемого объекта путем измерения базовых (эталонных) сигнатур акустической шумовой обстановки (БСШО) в режиме штатного функционирования объекта; получение текущих сигнатур акустической обстановки (ТСШО) и их текущее сравнение с БСШО в заданных точках контролируемого пространства с последующим выявлением и определением координат позиционирования источника аномального шума, рисунок 1.

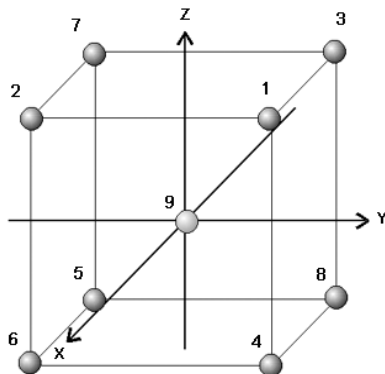


Рисунок 1 – Схема расположения акустических сенсоров БАШД в трехмерном пространстве

Выявление аномального шума, порожденного различными нештатными ситуациями – утечками из напорных трубопроводов, различного рода биениями и вибрациями, повышенным трением в узлах вращения, разрушением элементов конструкций, попаданием посторонних предметов в механнизмы и трубопроводы, электрическими разрядами и замыканиями, осуществляется по признакам отличия стационарности акустических сигнатур БСШО и ТСШО по следующим параметрам:

$$K_1 = \frac{F_{max} - \bar{F}}{F_{max}}, \quad (1)$$

$$K_2 = 1 - \frac{F_{mod}}{F_{max}}, \quad (2)$$

где F_{max} – максимальная частота спектра сигнала; \bar{F} – среднее значение частоты, представляет собой амплитудно-взвешенное значение частоты спектра на периоде усреднения T ; F_{mod} – модальная частота, определяемая интервалом частот спектра, в котором сосредоточена наибольшая доля энергии сигнала.

Оптимизация системы БАШД потребовала разработки эффективных алгоритмов анализа и минимизации погрешностей определения координат позиционирования источника аномального шума в трехмерном пространстве при минимизации числа используемых датчиков системы и вычислений. Набор пар из N датчиков, рисунок 1, определяет систему нелинейных гиперболических уравнений относительно координат позиционирования источника аномального шума.