

УДК 681.5

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ РАДИАЦИОННОСТОЙКИХ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

А.А. Филипас, А.Ю. Агеев, Е.В. Агеева

Северский технологический институт НИЯУ «МИФИ»

E-mail: alf@ssti.ru

Описан программно-аппаратный автоматизированный комплекс, предназначенный для изучения статических и динамических свойств пьезоэлементов при варьировании внешних воздействий (температуры, внешнего статического усилия и т. д.). В составе комплекса механическая часть, система задания внешних электрических сигналов, системы измерений и контроля, управляющая программа и база данных. В механической части использован принцип гидростатического формирования усилия на основе шагового электродвигателя. Управляющая программа и база данных позволяют накапливать, обрабатывать, наглядно представлять и сохранять получаемые результаты исследований.

Ключевые слова:

Автоматизированный программно-аппаратный комплекс, пьезокерамика, статические и динамические свойства пьезоэлементов, управляющая программа, база данных.

Key words:

Automatic complex, piezoceramics, static and dynamic characteristics of piezoelements, computer controlling program, data base.

Благодаря разработке и практической реализации высокоэффективных составов пьезокерамики в настоящее время широко распространены устройства и функциональные блоки на основе пьезоэлементов. Это датчики различных физических величин — ускорения, давления, механических усилий, вибрации и т. д., а также специальные исполнительные и преобразовательные устройства — пьезоэлектрические двигатели, пьезотрансформаторы и т. д. [1–5]. Преимущественными отличиями таких устройств и блоков являются их малые размеры, высокая чувствительность, высокая надежность, работоспособность в неблагоприятных условиях, таких, как агрессивные и радиоактивные внешние среды и т. д. [6]. Очевидно, что пьезоэлемент, находящийся в условиях допустимого воздействия внешних неблагоприятных факторов и являющийся чувствительным элементом датчика или рабочим элементом пьезопреобразователя, должен максимально сохранять свои параметрические характеристики. Для создания отвечающих таким требованиям датчиков и исполнительных пьезопреобразователей необходим контроль и анализ параметров статических и динамических характеристик пьезоэлементов как на стадии их проектирования, так и на стадии изготовления.

Одним из подходов в решении данной задачи является использование расчетных методов анализа характеристик пьезоэлементов на стадии их проектирования. Для достижения этой цели применяются различные математические модели [7].

Другим подходом в оценке свойств пьезоэлементов является практическое их исследование с помощью испытательных стендов. Данный подход имеет определенные преимущества перед указанным выше расчетным методом, т. к. исследованию подвергаются реальные физические объекты, а не их математические модели. Описанию такого программно-аппаратного комплекса посвящена настоящая работа.

Разработанный комплекс имеет функциональную схему, рис. 1. Термопары и вибродатчик, показанные на схеме, можно отнести к чувствительным элементам.

Программно-аппаратный комплекс позволяет получать статические и динамические характеристики пьезоэлементов различных типоразмеров при разнообразных задаваемых воздействиях внешней среды. Другими словами с помощью комплекса исследуется реакция пьезоэлемента на постоянное и/или изменяющееся во времени внешнее воздействие.

Структурно программно-аппаратный комплекс состоит из ряда взаимосвязанных подсистем на различных иерархических уровнях. К первому уровню относится подсистема измерения реакции пьезоэлемента на внешние воздействия. Для известных геометрических размеров пьезоэлемента данная подсистема формирует выходные (контролируемые) параметры — ток, напряжение, частоту вибрации пьезоэлемента, его температуру, влажность окружающей среды.

В качестве второй подсистемы можно рассматривать подсистему регулирования параметров внешних воздействий — задаваемой температуры пьезоэлемента, приложенного к нему механического усилия (давления) и т. д. Функция регулирования температуры исследуемого объекта реализуется соответствующим контуром подачи сигнала с выхода цифроаналогового преобразователя на терморегулятор, который, в свою очередь, изменяет мощность нагревательного элемента и формирует заданную температуру пьезоэлемента.

В качестве регулятора температуры в комплексе использован прибор ОВЕН-МПП51 [8]. Программный датчик ОВЕН-МПП51 предназначен для управления многоступенчатыми температурно-влажностными режимами технологических процессов. Он производит как измерение температуры, так и регулирование (поддержание) параметров по задаваемой пользователем программе.

Подсистема формирования механического усилия предназначена для создания на исследуемый пьезоэлемент силового воздействия требуемой величины. Подсистема позволяет реализовать два способа формирования усилия: ручное грузоналожение и регулирование усилия при помощи автоматизированного электропривода.

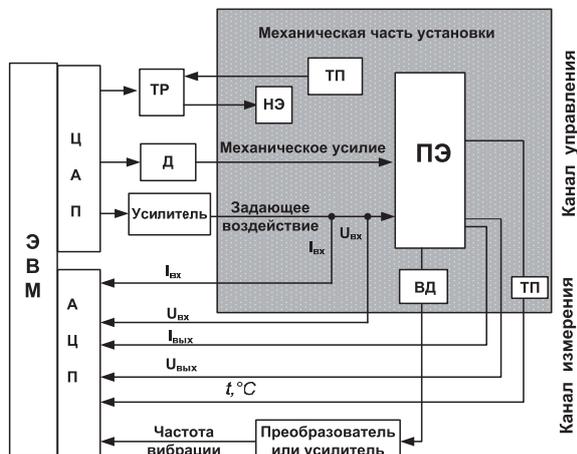


Рис. 1. Функциональная схема программно-аппаратного комплекса: ПЭ – исследуемый пьезоэлемент; ВД – вибродатчик; ТР – терморегулятор; НЭ – нагревательный элемент; ТП – термопара; Д – двигатель

В данной подсистеме применен гидростатический способ нагрузки пьезоэлемента, для реализации которого использован вертикально расположенный вал с резьбой. По валу перемещается гайка, жестко связанная с рабочей емкостью, наполненной жидкостью. Связующим звеном между устройством давления на пьезоэлемент и рабочей емкостью является не перегибаемый шланг.

В данной конструкции подсистемы механического усилия диапазон создаваемых усилий определяется весом жидкости и длиной вала. Чем выше поднимается рабочая емкость, тем больше создаваемое усилие на пьезоэлемент. Точность регулирования усилия внутри рабочего диапазона определяется минимальным перемещением гайки. Для повышения точности регулирования усилия в качестве электропривода, перемещающего рабочую емкость с жидкостью, использован электропривод на основе шагового двигателя.

Подсистема формирования электрического входного воздействия (в данном случае речь идет о формировании входного тока и входного напряжения), реализована на базе двухканального виртуального цифрового генератора сигналов произвольной формы типа АНР-3122 фирмы Актacom [9]. Это 12-разрядный цифровой прибор в стандартном конструктиве приборов серии «USB-лаборатория АКТАКОМ», формирующий сигнал произвольной формы или сигнал одной из стандартных форм (синусоидальная, прямоугольная, треугольная и другие) одновременно по двум каналам. Прибор также вырабатывает выходной сигнал для синхронизации запуска других приборов комплекса.

В измерительном канале комплекса установлен цифровой запоминающий осциллограф «USB-лаборатория АКТАКОМ» АСК-3117 [10]. Указанный виртуальный осциллограф имеет 4 независимых канала с разрешением 8 бит и чувствительностью от 2 мВ/дел до 10 В/дел в полосе частот 0...100 МГц с аппаратным буфером на 131071 выборки для каждого канала. Входное сопротивление выбирается программно – 1 МОм или 50 Ом. Поставляемое с прибором программное обеспечение обеспечивает возможность управления прибором, а также предоставляет ряд сервисных возможностей. Поскольку каждый канал осциллографа АСК-3117 имеет собственный АЦП, то в нем отсутствуют побочные эффекты, свойственные приборам с мультиплексированием каналов.

Программная часть комплекса реализована по алгоритму, связывающему элементы аппаратной части, измерительные приборы и ресурсы персонального компьютера в единый программно-аппаратный комплекс [11]. Структура взаимосвязей уровней показана на рис. 2.

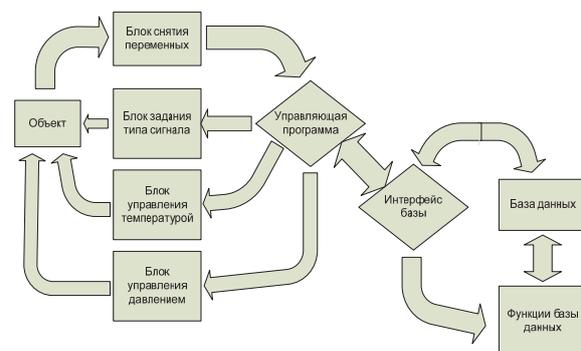


Рис. 2. Обобщенная структура взаимосвязи программного обеспечения и аппаратной части комплекса

Программное обеспечение включает в себя управляющую программу и базу данных. Объектный алгоритм программного обеспечения, рис. 3, можно условно разделить на основные блоки по характеру выполняемых функций.

Блок ручного задания условий проведения эксперимента (блок 1) предназначен для детального описания условий проведения эксперимента. Каждое условие может быть отредактировано отдельно. Набор значений, составляющих условия проведения эксперимента, может быть выделен для профильного ввода.

Под профильным вводом понимается набор параметров, описывающих условия проведения эксперимента, сохраненного для быстрого использования.

Второй блок объектного алгоритма описывает работу комплекса с профильным вводом условий проведения эксперимента. При этом используются существующие стандартные параметры испытаний. Этот блок на базе стандартных начальных условий обеспечивает быстрый переход к непосредственному выполнению эксперимента.

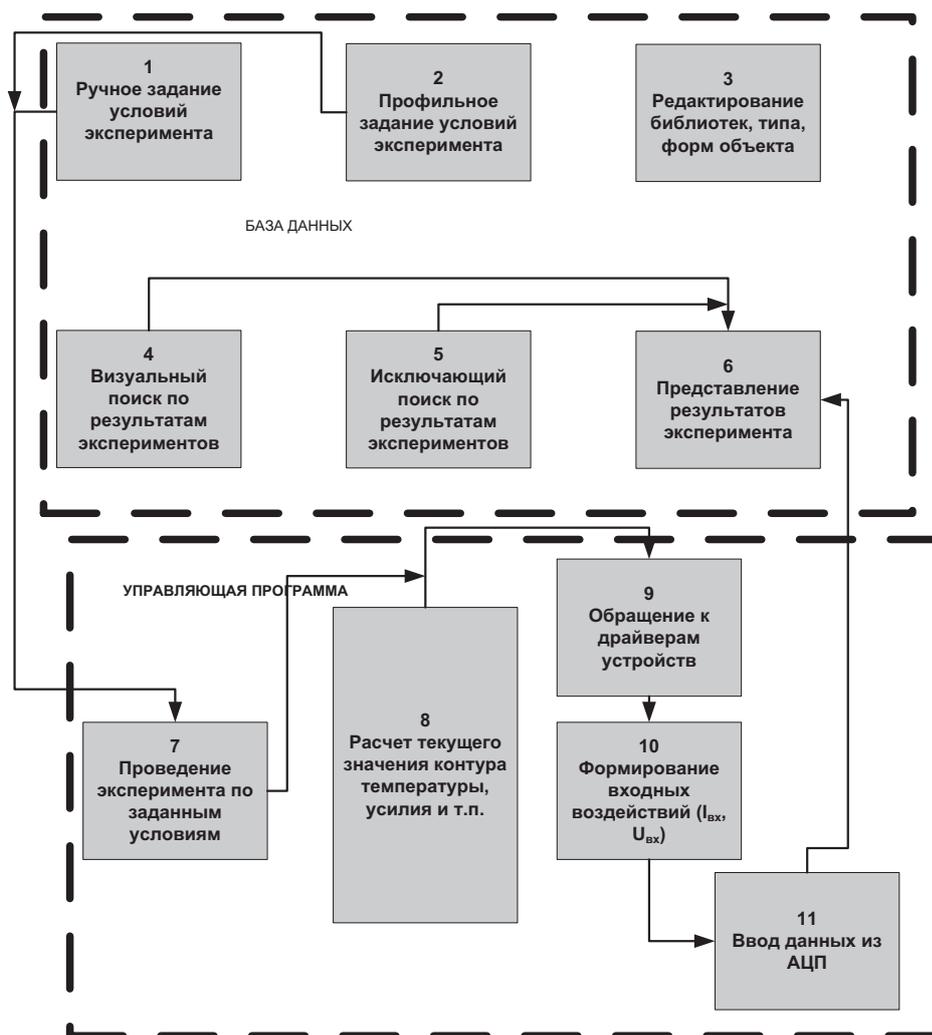


Рис. 3. Объектный алгоритм программного обеспечения программно-аппаратного комплекса

Блок редактирования библиотек, типа, форм объекта (блок 3) реализует функции пополнения элементной базы объектов (пьезокерамических элементов) с основными техническими параметрами и удаления ненужных типов. Блок визуального поиска (блок 4) представляет собой древовидное изображение содержимого базы данных по выполненным экспериментам, включая задающее воздействие, выходные характеристики и внешние условия проведения эксперимента.

Исключающий или классификационный поиск (блок 5) предполагает фильтрацию базы данных по выполненным экспериментам с необходимыми параметрами.

Блок представления результатов реализует функцию составления отчета в электронном виде или вывод информации по бланку отчета на печать. Управляющая программа (рис. 3, блоки 7–11), представляет собой расчетный цикл программы, с обращением к исполнительным устройствам подсистем внешних условий для формирования заданного уровня воздействий. Кроме этого,

в управляющей программе реализована функция работы с драйверами осциллографа и генератора с текущими внешними воздействиями.

Программное обеспечение автоматизированного комплекса для исследования свойств пьезокерамики можно представить в виде связки «сервер-клиент». Получив информацию от сервера клиент (интерфейс базы данных), реализует функции обработки и хранения данных, аккумулирует данные по каждому эксперименту. При получении интерфейсом пакета данных происходит распределение его признакам, определяющим эксперимент. Следующий шаг можно определить как обращение к ним через визуализацию всех данных хранящихся в базе или через поиск. Визуализация позволяет быстро и легко находить необходимые записи, поскольку они разбиты по категориям и представляют собой древовидную систему.

Данная система обеспечивает оптимальные условия для работы с большим количеством экспериментов, так как позволяет оценить полноту и достаточность проведенных серий экспериментов

для полного изучения объекта. Разработанная база данных представляет собой совокупность таблиц, имеющих необходимое количество реляций собственных идентификаторов с теми полями головной таблицы, где требуется их значение. Программа использует таблицы в многопользовательском режиме – при открытии таблицы в форме происходит буферизация таблицы. В программе реализован механизм перепакетки данных – при удалении записи в таблицах базы данных происходит лишь отметка их на удаление, а физическое исключение их из базы происходит при помощи функции перепакетки. Интерфейс базы данных, примеры окон которого изображены на рис. 4, наглядно отображает функциональное содержание и позволяет легко оперировать используемыми данными, проводя добавление, удаление, расчеты, построение графиков и т. д.

Отличительной чертой разработанной программной связки «сервер-клиент» является возможность проведения автоматической серии экспериментов. Установленная последовательность смены условий проведения опыта будет автоматически

отрабатываться программой после завершения текущего эксперимента.

Следует отметить наличие многопользовательского режима, что обеспечивает анализ поступающих данных на одном компьютере, в то время как другой компьютер, с установленной управляющей программой, будет производить сбор данных.

База данных и ее интерфейс созданы в среде Visual FoxPro 9.0, в то время как управляющая программа, являясь подчиненной к базе данных, написана на C++. Язык программирования управляющей программы выбран с учетом оптимального взаимодействия с используемыми приборами для задания параметров эксперимента и сбора данных.

Хранение данных по их классификационным признакам дает возможность качественной визуализации базы данных. Предусмотрены также функции анализа данных: построение характеристик, математические операции, формирование таблиц результатов измерений, создание отчетов по проведенным экспериментам.

Данный комплекс может найти применение в научно-исследовательских лабораториях, зани-

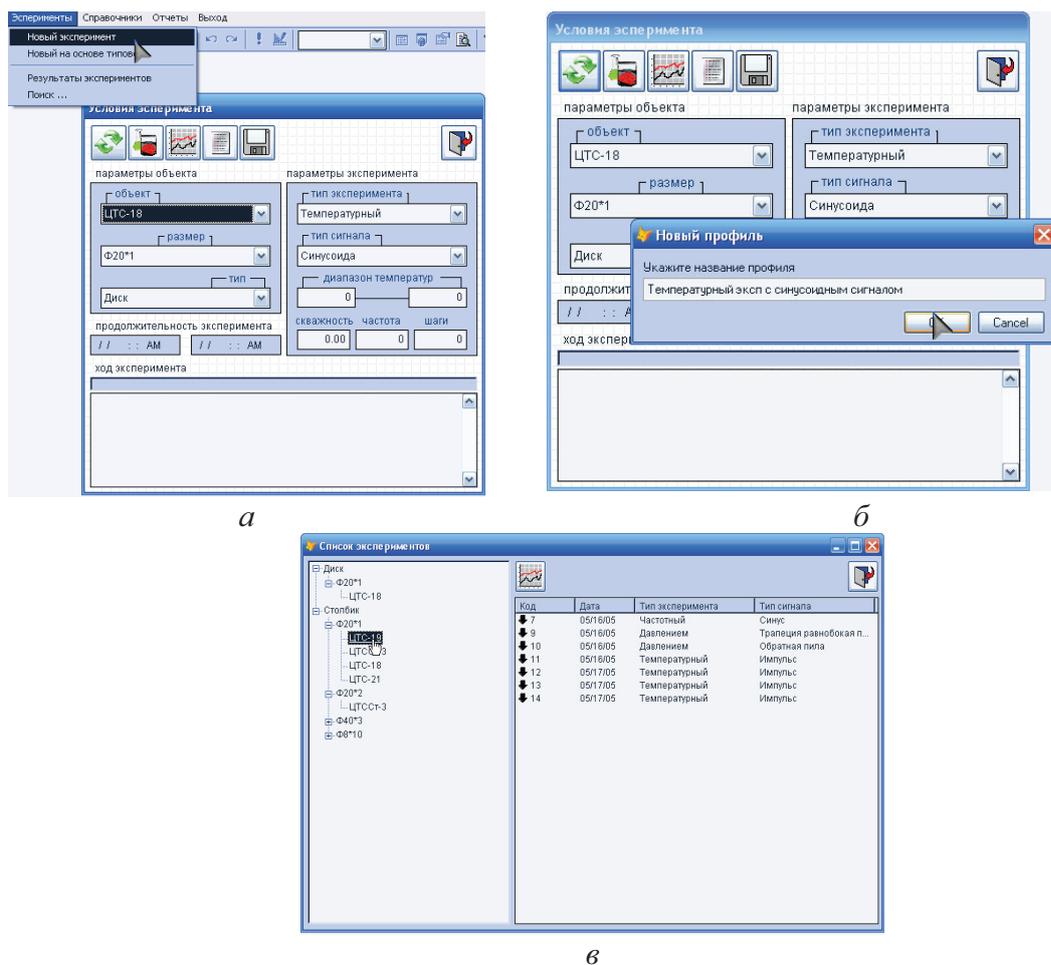


Рис. 4. Примеры окон разработанной базы данных: а) окно создания нового эксперимента; б) окно задания параметров эксперимента; в) дерево списка проведенных экспериментов

мающихся изучением свойств пьезокерамических изделий, а также в промышленных лабораториях производств, выпускающих датчики и исполнительные устройства на основе пьезокерамики.

Выводы

Разработан программно-аппаратный комплекс для исследования пьезокерамических элементов датчиков и исполнительных устройств с целью

определения их статических и динамических характеристик. Изучение свойств исследуемых объектов производится при различных параметрах внешних воздействий в ручном и автоматическом режимах. Разработанное программное обеспечение комплекса позволяет накапливать, обрабатывать и наглядно отображать получаемые результаты исследований, а также сохранять их в форме базы данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глозман И.А. Пьезокерамика. – М.: Энергия, 1972. – 288 с.
2. Джигунов Р.Г., Борисюк А.М. Современные тенденции и направления развития пьезотехники. – Ростов-на-Дону: Книга, 1995. – Т. 3. – С. 5–12.
3. Джогупов Р.Г., Ерофеев А.А. Пьезокерамические элементы в приборостроении и автоматике. – Л.: Машиностроение, 1986. – 256 с.
4. Пугачев С.И. Пьезокерамические преобразователи. – Л.: Судостроение, 1984. – 86 с.
5. Яффе Б., Кук К., Яффе Г. Пьезоэлектрическая керамика. – М.: Мир, 1974. – 288 с.
6. Пьезоэлектрическое приборостроение: 3 тома. Т. 3. Богуш М.В. Пьезоэлектрические датчики для экстремальных условий эксплуатации. – Ростов-на-Дону: СКНЦ ВШ, 2006. – 346 с.
7. Богуш М.В. Анализ и синтез пьезоэлектрических датчиков для вихревых расходомеров на основе пространственных электро-

- термоупругих моделей: дис. ... д-ра техн. наук. – Ростов-на-Дону, 2009. – 266 с.
8. Программируемый по времени регулятор температуры ОВЕН МПР51. 2012. URL: <http://www.owen.ru> (дата обращения: 13.01.2012).
9. Генератор функциональный АНР-3122. 2012. URL: <http://www.aktakom.ru> (дата обращения: 13.01.2012).
10. Четырехканальный осциллограф – приставка с гальваноразвязкой АСК-3117. 2012. URL: <http://www.aktakom.ru> (дата обращения: 13.01.2012).
11. Филипас А.А., Подкуйко Е.В., Артеменко А.Н. Алгоритм программного обеспечения автоматизированного комплекса для исследования свойств пьезокерамики. Отраслевой фонд регистрации алгоритмов и программ. Номер разработки: 02069326.00154-019901 от 21.11.2007.

Поступила 13.01.2012 г.

УДК 621.373.52

ИМПУЛЬСНЫЙ ГЕНЕРАТОР НА ДИОДЕ ГАННА С ПОВЫШЕННОЙ СТАБИЛЬНОСТЬЮ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ

В.П. Пушкарев, А.А. Титов, В.Д. Жарский*, В.П. Жирнов*, В.А. Кочумеев**, Д.Ю. Пелявин, И.В. Шухлов**

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

*ОАО «Радиоприбор», г. Владивосток

**ОАО «Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов», г. Томск

E-mail: TitovAA@rzi.tusur.ru

Приведено описание СВЧ генератора, состоящего из возбудителя и резонаторной камеры с установленным в неё диодом Ганна 3А750Г. За счет оригинального схемотехнического решения системы стабилизации напряжения возбуждения диода Ганна удалось минимизировать влияние изменения дестабилизирующих факторов на характеристики генератора.

Ключевые слова:

Диод Ганна, СВЧ генератор, возбудитель, стабильность характеристик.

Key words:

Gunn diode, microwave generator, exciter, characteristic stability.

В системах ближней радиолокации и радионавигации широко используют генераторы на магнетронах с импульсной выходной мощностью в десятки ватт. Для замены этих генераторов предлагается СВЧ генератор на диоде Ганна, управляемый микроконтроллером, генерирующим импульсы ТТЛ-уровня. Генератор состоит из возбудителя и резонаторной камеры с диодом Ганна 3А750Г [1].

На рис. 1 приведена принципиальная схема возбудителя.

В состав возбудителя входят: самоуправляемый ограничитель на транзисторе $VT1$; трехкаскадный импульсный усилитель на транзисторах $VT2$, $VT4$, $VT6$; устройство управления амплитудой импульса возбуждения диода Ганна на транзисторе $VT5$.

Ограничитель, реализованный на основе схемы [2], обеспечивает стабилизацию амплитуды и длительности импульсов на входе импульсного усилителя при многократном изменении амплитуды импульсов на входе возбудителя.