

УДК 621.391

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ГЕНЕРИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ И ВИДОВ МОДУЛЯЦИИ

¹Н.И. БЕЛЕНКЕВИЧ, ¹В.А. ИЛЬИНКОВ, ¹В.Ю. ЦВЕТКОВ, ²А.С. ВОЙТЕНКОВ, ¹Я.М. ЯРКОВ

¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь

²ОАО «Конструкторское бюро «Дисплей»
П. Бровки, 13а, Витебск, 210605, Беларусь

Определены структура, проблемы создания, требования и возможные области применения программно-аппаратного комплекса математического и физического моделирования сигналов различных форм и видов модуляции.

Ключевые слова: моделирование, программно-аппаратный комплекс, сигнал.

Введение

В настоящее время весьма актуальна проблема формирования и анализа параметров сигналов произвольной формы, что обусловлено следующим рядом факторов [1–5].

Во-первых, разработка и эксплуатация современных информационных систем требует большого количества источников электрических сигналов разных типов, форм, видов модуляции, диапазонов частот, времен и уровней. Проблема усугубляется моральным и физическим старением существующего парка генераторов, крайне недостаточным уровнем их производства в Республике Беларусь и странах СНГ.

Во-вторых, дальнейшее развитие информационных систем актуализирует проблему измерения и контроля параметров. В настоящее время ее, в основном, решают с помощью достаточно сложных специализированных измерителей, номенклатура которых стремительно расширяется. Такой подход требует создания (приобретения) большого количества измерителей и влечет весьма значительные материальные и интеллектуальные затраты. Поэтому в мире начали уделять большое внимание разработке измерительных систем и приборов с расширенными функциональными возможностями (в пределе универсальных), которые генерируют произвольные измерительные сигналы, измеряют параметры качества различных устройств и систем и пригодны для целей функциональной диагностики.

В-третьих, в современных условиях подготовка специалистов значительно усложняется моральным и физическим старением материально-технической базы, обновление которой по финансовым причинам весьма затруднительно. Ослабить это негативное влияние пытаются применением математического моделирования, что, однако, ухудшает практические навыки и резко увеличивает время адаптации молодых специалистов к задачам производства. Для совмещения хорошей теоретической и практической подготовки будущих специалистов на всем протяжении учебного процесса, помимо математического моделирования, необходимо широко использовать физическое моделирование. Это означает, что студенты радиоэлектронных, радиотехнических, телекоммуникационных и компьютерных специальностей должны постоянно изучать электрические сигналы разных типов, форм, видов модуляции и диапазонов частот, свободно владеть методами и средствами измерения их параметров в частотной и временной областях на входе и выходе реальных функциональных звеньев. Устаревшая материально-техническая база делает физическое моделирование практически невозможным.

С учетом изложенного перспективным направлением, интенсивно развиваемым в мире, является разработка и производство программно-аппаратных комплексов (ПАК) математического и физического моделирования сигналов и систем. Подобный ПАК должен обеспечивать генерирование аналоговых, импульсных, аналого-импульсных, цифровых и модулированных (различных видов цифровой и аналоговой модуляции) сигналов в широком диапазоне частот и времен; математическое моделирование радиоэлектронных систем (РЭС) в частотной, временной областях и на комплексной плоскости; электрическую имитацию в реальном масштабе времени функциональных звеньев РЭС [1–3].

Цель работы – определение структуры, проблем создания, требований и возможных областей применения ПАК, удовлетворяющего перечисленным требованиям.

Принципы и проблемы построения ПАК

Предлагается структура ПАК, содержащая многофункциональную систему генерирования (МСГ) сигналов и реакций произвольной формы, многофункциональную программу моделирования (МПП) сигналов и систем, библиотеку виртуальных систем, систему подготовки формального описания, систему измерения и контроля, ПЭВМ [1, 3].

Наиболее сложной технологической задачей при создании ПАК является разработка МСГ сигналов и реакций. Сравнительный анализ патентно-информационных источников показывает, что в области генерирования сигналов произвольной формы в широком диапазоне частот существуют следующие основные проблемы [4–7]:

- недостаточная стабильность несущей частоты модулированных сигналов, особенно в случае сигналов с различными видами угловой модуляции;
- невысокая линейность и малая относительная ширина статической модуляционной характеристики;
- недостаточно мелкий для многих применений шаг сетки частот генерируемых сигналов и опорных колебаний;
- значительное время перестройки с одной несущей частоты на другую.

Предлагается комплексное решение данных проблем генерирования сигналов произвольной формы в широком диапазоне частот. Оно основывается на совместном применении так называемой обусловленной модуляции и детерминированной взаимосвязи служебных колебаний (рис. 1). Обусловленная набором требований, модуляция реализуется с помощью обусловленного (многофункционального) модулятора.



Рис. 1. Схема комплексного решения проблем генерирования сигналов произвольной формы в широком диапазоне частот

Основные требования к многофункциональному модулятору

Многофункциональный модулятор (ММ), являющийся наиболее сложной составной частью МСГ, должен удовлетворять следующим основным требованиям:

- виды модуляции: цифровая и аналоговая амплитудная, цифровая и аналоговая частотная, цифровая и аналоговая фазовая, комбинированные;
- форма модулирующих сигналов – произвольная;
- высокая верхняя граничная частота модулирующих сигналов;
- большая относительная ширина и высокая линейность статической модуляционной характеристики;
- высокая стабильность несущей частоты модулированных сигналов;
- возможность изменения в широких пределах несущей частоты и ее сверхбыстрой перестройки.

Возможные области применения ММ, МСГ и ПАК

В соответствии с предлагаемой концепцией основой МСГ сигналов и реакций произвольной формы и всего ПАК математического и физического моделирования сигналов и систем является ММ. Модулятор, удовлетворяющий сформулированным уникальным требованиям, в виде самостоятельного технологического продукта и в виде МСГ и ПАК имеет следующие области возможного применения.

1. *Системы и устройства генерирования измерительных сигналов различных форм, видов модуляции и диапазонов частот.* Современный генератор сигналов цифровой модуляции укрупненно представляет совокупность блоков модуляции, усиления и регулирования, управления, интерфейса и микропроцессора. При этом научно-технический уровень генератора, в основном, определяется уровнем решений, заложенных в модуляторе. Учитывая изложенное, разработка ММ с обозначенными требованиями позволяет создать семейство весьма конкурентных генераторов измерительных сигналов, отличающихся видом модуляции, диапазоном рабочих частот и ценовой шкалой.

2. *Информационно-измерительные системы и комплексы.* Как отмечено выше, теория и практика информационно-измерительных систем и комплексов развивается в направлении создания многофункциональных (в пределе универсальных) автоматизированных систем контроля и измерения параметров радиоэлектронных устройств и систем. Решением этой проблемы активно занимаются все ведущие мировые производители измерительной техники. Подобная измерительная система структурно включает в себя следующие подсистемы: математического моделирования, генерирования измерительных сигналов и реакций произвольной формы в широком диапазоне частот, времен и уровней, измерения квазистатических параметров, измерения частотно-динамических параметров, измерения время-динамических параметров. При этом функции, выполняемые подсистемами генерирования и математического моделирования, качественно и количественно соответствуют функциям ПАК. Таким образом, разработка ПАК эквивалентна разработке двух важнейших подсистем многофункциональной измерительной системы, реализующей концепцию универсального рабочего места исследователя.

3. *Системы связи, системы передачи информации.* Качество систем связи и систем передачи информации во многом зависит от свойств модулятора, который определяет вид и формат модуляции, диапазон рабочих частот, стабильность частоты и другие важнейшие параметры. Поэтому разработка ММ с обозначенными требованиями создает надежную технологическую основу для разработки новых и модернизации существующих систем за счет использования новых видов модуляции, коренного повышения динамических и точностных характеристик. Роль таких систем в современном мире стремительно растет, в том числе за счет интенсивного развития мобильных роботехнических комплексов гражданского и военного назначения.

4. *Системы и устройства специального назначения.* Анализ требований, предъявляемых к ММ, показывает, что они практически идеально подходят для решения задач реализации современных систем и устройств специального назначения: систем связи с постоянно перестраиваемой рабочей частотой, радиолокационных систем, систем постановки широкополосных и узкополосных помех (систем подавления радиосредств), устройств активной защиты компьютеров. Очевидно, добавление к рассматриваемому ММ усилителя мощности и антенны соответствует переходу к системе подавления радиосредств с варьируемыми характеристиками, а совместное применение ММ и антенны реализует высококачественное устройство активной защиты компьютеров.

5. *Программно-аппаратные обучающие комплексы математического и физического моделирования сигналов и систем.* Весьма перспективно применение рассматриваемого ПАК в качестве обучающего программно-аппаратного комплекса (ОПАК) в учебном процессе подготовки (переподготовки) специалистов и создание на основе ОПАК унифицированных учебных лабораторий моделирования сигналов и систем. Дело в том, что сокращение сроков получения высшего образования предполагает грамотную интенсификацию учебного процесса, основанную на эффективном совмещении теоретической и практической подготовки. Реализация занятий на базе ОПАК переводит обучение на новый технологический уровень,

повышает мотивацию студентов, их теоретическую и практическую подготовку. На базе ОПАК сравнительно просто реализовать виртуальные физические модели сложных и разнообразных по свойствам систем и устройств. Это делает возможным и весьма целесообразным применение ОПАК в учебном процессе студентов второй ступени (магистрантов) для усиления их теоретической и практической подготовки, а также для создания фронтальных циклов лабораторных работ по совокупности дисциплин радиоэлектронных, радиотехнических, радиофизических, телекоммуникационных и компьютерных специальностей (для студентов первой ступени); для постановки сложных физических экспериментов в научных исследованиях. Для оценки возможного объема рынка отметим, что в Российской Федерации имеется несколько сотен университетов (факультетов), где существует настоятельная потребность в ОПАК. При этом каждый такой факультет содержит не менее трех кафедр, на каждой из которых необходимо иметь, как минимум, две унифицированные учебные лаборатории, содержащие не менее 10–15 ОПАК.

Заключение

Проведенный анализ проблем и возможных путей их решения показывает, что разработка многофункционального модулятора, многофункциональной системы генерирования и программно-аппаратного комплекса математического и физического моделирования сигналов и систем с обозначенными требованиями является актуальной научно-технической задачей, решение которой позволит создать и наладить производство конкурентных комплексов, систем и устройств различного функционального назначения, выйти на новые емкие рынки товаров и услуг, адекватно реагировать на тенденции и запросы этих рынков.

HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX FOR GENERATION OF SIGNALS IN VARIOUS SHAPES AND MODULATION TYPES

N.I. BELENKEVICH, A.V. ILYNKOV, V.Yu. TSVIATKOU,
A.S. VOYTENKOV, Ya.M. YARKOV

Abstract

The structure, problems of creation, requirements and possible applications of the hardware and software complex for mathematical and physical modeling of signals in various forms and types of modulation are determined.

Keywords: modeling, software and hardware complex, signal.

Список литературы

1. Комплекс моделирования сигналов и систем / В.А. Ильинков [и др.] // Компоненты и технологии. 2017. № 5. С. 133–136.
2. Ильинков В.А., Беленкевич Н.И. Обучающие программно-аппаратные комплексы как эффективное средство интенсификации учебного процесса // Матер. VI междунар. науч.-метод. конф. «Высшее техническое образование: проблемы и пути развития». Минск, 28–29 ноября 2012 г. С. 213.
3. Ильинков В.А., Беленкевич Н.И. Комплексы моделирования сигналов и систем в учебном процессе подготовки специалистов // Матер. VIII междунар. науч.-метод. конф. «Высшее техническое образование: проблемы и пути развития». Минск, 17–18 ноября 2016 г. Ч. 1. С. 190–194.
4. Прокис Дж. Цифровая связь. М.: Радио и связь, 2000.
5. Головин О.В. Устройства генерирования, формирования, приема и обработки сигналов. М.: Горячая линия-Телеком, 2012.
6. Ильинков В.А., Ярков Я.М., Ильинкова А.В. Новый метод генерирования сигналов фазовой модуляции // Докл. БГУИР. 2016. № 8 (102). С. 17–21.
7. Ильинков В.А., Ярков Я.М., Ильинкова А.В. Метод и устройство генерирования сигналов частотной модуляции // Электросвязь. 2016. № 8. С. 37–42.