

УДК 378.147

ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Титович Н.А., Мурашкина З.Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Республика Беларусь, Kafirt1@bsuir.by

Аннотация. Изложены особенности преподавания курсов, посвященных генерированию, формированию и передаче ВЧ и СВЧ радиосигналов в системах цифровой радиосвязи, радиовещания и телевидения. Рассмотрены вопросы применения синтезаторов частоты, квадратурных модуляторов, современных высокочастотных интегральных схем. Отмечается важность изучения методов обеспечения электромагнитной совместимости.

Ключевые слова. Радиопередающие устройства, цифровые методы формирования радиосигнала, электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств.

Радиотехника является лидирующей отраслью по темпам перехода ко всеобщей цифровизации. Все пионерские разработки, связанные с повышением скорости и качества передачи информации, предполагают прежде всего решение радиотехнических задач. Многие из них связаны с коренными изменениями методов, устройств и отдельных блоков в системах формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов.

Электронные образовательные ресурсы (ЭОР) «Методы и устройства формирования и передачи радиосигналов», «Формирование и генерирование радиосигналов» предназначены для подготовки специалистов высшего образования по специальностям «Радиоэлектронная защита информации», «Радиотехника», «Радиоэлектронные системы», «Радиоинформатика» [1,2].

При разработке рабочей программы и составлении ЭОР учитывались современные тенденции в области разработки и применения методов и устройства формирования и передачи радиосигналов. При изложении лекционного материала и тем лабораторных занятий авторы ссылаются на работы и используют результаты исследований в области проектирования и эксплуатации радиопередающих устройств ведущих отечественных и зарубежных специалистов разных лет. Список литературы содержит как классические учебные пособия, так и современные научно-популярные статьи в ведущих изданиях по радиотехнике и электронике.

Перечисленные выше курсы читаются в двух учебных семестрах и состоят, как правило, из четырех-пяти разделов. Первый модуль посвящен рассмотрению особенностей работы мощных усилителей высокочастотных колебаний. Подробно рассматриваются режимы работы мощных выходных каскадов, способы повышения коэффициента полезного действия.

Значительно переработан раздел, посвященный рассмотрению формирователей высокочастотных (ВЧ) сигналов. Подробно рассмотрены вопросы построения автогенераторов ВЧ колебаний, их режимов работы, методы обеспечения стабильности частоты. Изложены методы построения синтезаторов сетки частот диапазоновых передатчиков. Представлены материалы по по-

строению интегральных синтезаторов частоты. Отдельно рассмотрены вопросы построения генераторов СВЧ диапазона на диодах Ганна и лавинно-пролетных диодах, мощных СВЧ усилителей и генераторов на клистродах, лампах бегущей волны и магнетронах,

В разделе, посвященном модуляции ВЧ колебаний, рассматриваются традиционные аналоговые и цифровые модуляторы. Но основной упор делается на детальном изучении метода квадратурной модуляции и блоков формирования различных модулирующих сигналов для него. Важным аспектом является введение в цепь формирования модулирующего сигнала новых блоков: аналогово-цифрового преобразователя (АЦП), микропроцессора и цифро-аналогового преобразователя (ЦАП).

Заключительный модуль посвящен изучению методов построения устройств передачи радиосигналов в различных радиотехнических системах. Подробно рассмотрены структурные, функциональные схемы радиопередатчиков, используемых в системах радиовещания, телевидения, наземных и спутниковых системах связи, в радиолокации и радионавигации. Изложены особенности построения отдельных узлов.

В каждом модуле представленного материала предусмотрено выполнение двух лабораторных работ по теме раздела, приведены методические материалы по их выполнению. Большое внимание уделено промежуточному и итоговому контролю знаний. Контроль знаний осуществляется с помощью тестов, представленных в каждом модуле. Вопросы для итогового контроля знаний представлены в последнем модуле.

Особое внимание уделяется умению анализировать и проектировать электрические принципиальные и функциональные схемы. Специалисты, обладающие глубокими знаниями в этой области, являются ведущими разработчиками как радиоэлектронных систем, так и современной элементной базы для их создания. С этой целью разработан программный комплекс, предназначенный для повышения эффективности изучения студентами правил составления схем, автоматизации процесса обучения и оценки уровня их знаний. Он позволяет студентам в диалоге с компьютером собирать радиотехнические схемы из отдельных элементов, оперативно оценивает правильность собранной схемы, заносит оценки за каждый пройденный тест в базу данных. Комплекс может анализировать динамику



успеваемости студентов, отслеживать сроки и прогресс в усвоении материала.

Важным этапом по закреплению полученных знаний является курсовое проектирование, которое проводится во втором семестре изучения курсов. Важным условием при выполнении проекта является применение цифровых методов формирования радиосигнала, а также разработка принципиальной схемы передатчика и приемника исключительно на современных высокочастотных цифровых интегральных схемах.

Важная роль при подготовке будущих инженеров отводится занятиям на филиале кафедры на базе ОАО «АГАТ-СИСТЕМ», который был создан в 2017 году, и организованной совместной лаборатории. В ней оборудовано 5 стендов для проведения лабораторных и практических занятий по следующим основным направлениям:

– основы телекоммуникационной техники: исследуются основные узлы трактов формирования и обработки радиосигналов – генераторы радиочастоты, фильтры, АЦП и ЦАП, модуляторы и демодуляторы с различными видами модуляции и манипуляции, формирователи однополосных сигналов, синтезаторы частот и другие блоки аналоговых и цифровых связанных радиостанций;

– современная система связи: исследуются тракты формирования и обработки аналоговых и цифровых радиосигналов, простейшие виды модуляции, демодуляции, кодирования и декодирования, качество формируемых и принимаемых сигналов; исследуются современные методы цифровой модуляции и демодуляции.

– многофункциональный учебный стенд для изучения программируемой логической матрицы (ПЛМ): изучается установка программного обеспечения, разработка базовых и сложных логических схем на ПЛМ.

При подготовке радиоинженеров важная роль принадлежит формированию знаний по обеспечению электромагнитной совместимости (ЭМС) радиоаппаратуры. С учетом широкого применения цифровых методов формирования и передачи радиосигналов был переработан материал читаемого на кафедре курса, который изложен в ЭОР «Оптимизация радиосистем по критериям электромагнитной совместимости» [3].

В основу преподавания данной дисциплины положен системный подход к обеспечению ЭМС. Он предполагает рассмотрение проблемы защиты от

помех уже на этапе выбора элементной базы: полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Рассматриваются вопросы влияния ВЧ и СВЧ помех на работоспособность отдельных элементов, изложены критерии оценки восприимчивости к воздействию ЭМП, экспериментальные и расчетные методики их оценки. Изучаются также причины возникновения внутрисистемных помех, методы обеспечения внутрисистемной ЭМС за счет эффективного экранирования, фильтрации, правильного выполнения заземления.

Подробно рассмотрены характеристики и параметры ЭМС радиотехнических устройств: радиопередатчиков и радиоприемных устройств, антенных систем. Проведен пространственно-энергетический анализ взаимодействия РЭС по каналам мешающего взаимодействия, рассмотрены энергетические соотношения. Рассматриваются основы статистической теории ЭМС, способы оптимизация РЭС по критериям ЭМС. Много внимания уделено рассмотрению стандартов измерения параметров ЭМС. Тематика дипломных проектов и работ выпускников в большинстве случаев связана с анализом и синтезом схем современных устройств и систем формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов.

Литература

1. Титович Н.А., Мурашкина З.Н. Электронный образовательный ресурс «Формирование и генерирование радиосигналов. Часть 1» для направлений специальности: 1-39 01 01-01 «Радиотехника (программируемые радиоэлектронные средства)», 1-39 01 01-03 «Радиотехника (специальные системы радиолокации и радионавигации)» / БГУИР. Свидетельство № 141 от 11.04.2023.
2. Титович Н.А., Мурашкина З.Н. Электронный образовательный ресурс «Методы и устройства формирования и передачи радиосигналов. Часть 1» для специальностей: 1-39 01 02 «Радиоэлектронные системы», 1-39 01 03 «Радиоинформатика»/ БГУИР. Свидетельство № 169 от 19.06.2023.
3. Титович Н.А., Мурашкина З.Н. Электронный образовательный ресурс «Оптимизация радиосистем по критериям электромагнитной совместимости» для специальности 1-39 80 01 «Радиосистемы и радиотехнологии»/ БГУИР. Свидетельство № 017 от 30.11.2021.

FEATURES OF TEACHING RADIO ENGINEERING DISCIPLINES IN THE CONTEXT OF DIGITALIZATION

N.A. Titovich, Z.N.Murachkina

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus, Kafirt1@bsuir.by

Abstract. The features of teaching courses on the generation, formation and transmission of HF and microwave radio signals in digital radio communication, broadcasting and television systems are described. The issues of using frequency synthesizers, quadrature modulators, and modern high-frequency integrated circuits are considered. The importance of studying methods for ensuring electromagnetic compatibility is noted.

Keywords. Radio transmitting devices, digital methods of radio signal generation, electromagnetic compatibility of radio electronic means.