

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.391.6:621.396.9

Синичин
Максим Васильевич

Формирование испытательных сигналов для контроля
радиоэлектронных средств

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра техники и технологии

по специальности 1-39 81 03 "Информационные радиотехнологии"

Научный руководитель
Свирид Владимир Лукич
канд. техн. наук, доцент

Минск 2016

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, при разработке различной радиоэлектронной аппаратуры одним из важнейших этапов работы является изготовление опытного образца или макета, его настройка и проверка его параметров на соответствие техническому заданию. На этом этапе необходим тщательный подбор комплекса контрольно-измерительного оборудования для исследования параметров опытного образца разрабатываемого изделия с заданной точностью.

В реальной жизни эта задача усложняется тем, что практически каждый вид воздействия требует своего источника тестирующих сигналов с требуемыми формой (синусоидальная, прямоугольная, дельта-импульсная, пилообразная, треугольная и т. п.) и числовыми амплитудными и временными параметрами. Поэтому, при достаточно большом количестве исследуемых параметров или широком диапазоне изменения этих параметров парк измерительной аппаратуры соответственно расширяется. Применение большого парка измерительной аппаратуры при исследовании радиоэлектронных устройств одного класса приводит к снижению производительности из-за увеличения времени проведения измерений за счет большого количества коммутаций сигнальных кабелей. Так же это приводит к повышению себестоимости работы вследствие значительной суммарной стоимости парка используемого оборудования и повышению трудоемкости анализа и сохранения результатов измерений даже с применением компьютера, т. к. эти результаты приходится вводить вручную. Кроме того, существенно увеличивается загруженность рабочего места ввиду немалых суммарных габаритов всего комплекса приборов и общая потребляемая мощность.

Очевидно, что для снижения этих временных и финансовых затрат целесообразно использование специализированного измерительного оборудования, с помощью которого можно проверять максимально возможное количество параметров исследуемого устройства, изменяя лишь режимы работы при минимальном количестве коммутационных операций. В идеале такое изменение режимов должно производиться полностью автоматически в соответствии с заданной программой измерений (сценарием).

Целью магистерской диссертации является повышение точности и быстродействия контроля параметров радиоэлектронных средств (РЭС) за счет ускоренного формирования испытательных сигналов в автоматических контрольно-измерительных системах.

Современные тенденции развития промышленного производства характеризуется существенным улучшением технических характеристик

различных радиоэлектронных средств (РЭС), что определяет необходимость совершенствования научного и технологического контрольно-измерительного комплекса. В связи с этим повышение точности и быстродействия контроля параметров РЭС на основе формирования испытательных сигналов является весьма актуальной задачей.

Для достижения требуемой цели изначально необходимо проанализировать существующие методы формирования испытательных сигналов, изучить принципы построения формирователей в составе автоматизированных систем контроля параметров РЭС, а затем предложить принципы построения и схемотехнику аналогичных подсистем с ускоренной адаптацией с их анализом и компьютерным моделированием. На заключительном этапе следует выработать рекомендации по микроминиатюризации, проектированию и расчету, предложить эффективную методику экспериментального исследования основных функциональных блоков формирователей испытательных сигналов с адаптацией параметров.

Принципиальной особенностью разработки является обеспечение повышенной стабильности амплитуды и линейности характеристики управления по частоте формирователя испытательных сигналов. Это обстоятельство приводит к необходимости учета многочисленных факторов для обеспечения оптимальных режимов работы и требует использования специальных схемотехнических решений, направленных на обеспечение заданных требований.

Результаты выполненных исследований планируется для использования в учебном процессе кафедры информационных радио-технологий по дисциплине проектирование аналоговых микроэлектронных устройств.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Современные тенденции развития промышленного производства характеризуется существенным улучшением технических характеристик различных радиоэлектронных средств (РЭС), что определяет необходимость совершенствования научного и технологического контрольно-измерительного комплекса. В связи с этим повышение точности и быстродействия контроля параметров РЭС на основе формирования испытательных сигналов является весьма актуальной задачей.

Степень разработанности проблемы

Отсутствие в настоящее время математического описания и высокоэффективных методов формирования испытательных сигналов с адаптацией параметров не позволяет достоверно определять и оценивать точность схемотехнических реализаций различных формирователей и преобразователей сигналов в широком частотном диапазоне.

Цель и задачи исследования

Целью диссертации является повышение точности и быстродействия контроля параметров РЭС за счет ускоренного формирования испытательных сигналов в автоматических контрольно-измерительных системах. Для достижения данной цели в работе сформулированы **следующие задачи**:

- анализ и оценка точности формирования испытательных сигналов с повышенной стабильностью амплитуды и линейности характеристик управления по частоте;
- анализ и системотехническая реализация с экспериментальной проверкой основных функциональных блоков формирователя испытательных сигналов с адаптацией параметров;
- моделирование основных параметров и характеристик микроэлектронных формирователей испытательных сигналов.

Объектом исследования являются: микроэлектронные формирователи испытательных сигналов с адаптацией параметров под объект контроля.

Предметом исследования являются интегральная микросхемотехника.

Область исследования

Содержание диссертационной работы относится к микроэлектронным устройствам и соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) по специальности 1-39 81 03 «Информационные радиотехнологии».

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу диссертации легли результаты исследований в области обеспечения высокой точности и быстродействия контроля параметров РЭС в автоматических контрольно-измерительных системах. Теоретической основой исследования является интегральная микросхемотехника. Для построения математических моделей и выполнения расчётов использовался пакет программного обеспечения *MathCAD*. Моделирование, а также экспериментальное исследование основных функциональных блоков формирователя испытательных сигналов производились в среде проектирования *Advanced Design System 2009*.

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке методов повышения точности, а также быстродействия контроля параметров РЭС за счет предложенных принципов построения и схемотехнической реализации адаптивных подсистем формирования испытательных сигналов в составе автоматизированных измерителей центральной частоты и полосы пропускания (ЦЧиПП) различных РЭС с эффективной методикой их экспериментального исследования.

Личный вклад соискателя

Все основные результаты и выводы получены соискателем самостоятельно. Соискателем проработаны теоретические и практические основы методов повышения точности и быстродействия контроля параметров РЭС в автоматических контрольно-измерительных системах. Разработаны структурные схемы измерителей, использующие данные методы повышения точности и быстродействия. Разработаны электрические принципиальные схемы основных функциональных блоков (ФБ), входящих в состав формирователя испытательных сигналов. Проведено экспериментальное исследование основных параметров, а также работоспособности некоторых ФБ при граничных условиях, воздействующих на них сигналов.

Положения, выносимые на защиту

1. Принципы построения формирователей испытательных сигналов с адаптацией параметров.

- Критерии адаптации;
- Принципы построения адаптивных подсистем в составе автоматизированных систем контроля ЦЧ и ПП РЭС.

2. Схемотехника и расчет основных функциональных блоков формирователя испытательных сигналов с адаптацией параметров.

- Расчет управляемого по частоте автогенератора;
- Время-амплитудный преобразователь;
- Расчет синхронного демодулятора;
- Расчет преобразователя частоты в напряжение;
- Расчет формирователя импульсов;
- Расчет источника опорного напряжения;
- Расчет фильтра нижних частот.

3. Анализ основных характеристик формирователя испытательных сигналов.

- Анализ точности формирования сигналов;
- Анализ нелинейности модуляционной характеристики частотного модулятора;
- Анализ быстродействия формирователя.

4. Экспериментальное исследование основных функциональных блоков формирователя испытательных сигналов.

- Экспериментальные исследования время-амплитудного преобразователя и экстрематора в составе подсистем ускорения адаптации.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в разработке и исследовании новых методов и средств, позволяющих повысить точность и быстродействие контроля параметров РЭС в автоматических контрольно-измерительных системах. Результаты выполненных исследований планируется для использования в учебном процессе кафедры информационных радио-технологий по дисциплине «Проектирование аналоговых микроэлектронных устройств».

Апробация и внедрение результатов исследования

Результаты исследования были представлены на 51-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (13-17 апреля 2015 г, Минск).

Структура и объем работы.

Работа состоит из общей характеристики, введения, пяти глав исследования, заключения, библиографического списка и графического материала. Общий объем диссертации составляет 109 страниц. Работа содержит 1 таблицу, 31 рисунок. Библиографический список включает 20 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В **общей характеристике работы** указана актуальность темы исследования, сформулированы цель, задачи, объект и предмет исследования. Указаны: научная новизна и практическая значимость диссертационной работы, а также личный вклад соискателя. Приведены положения, выносимые на защиту.

Во **введении** рассмотрено современное состояние проблемы, определены основные направления исследований, а также дается обоснование актуальности темы диссертационной работы.

Первая глава содержит обзор способов формирования испытательных сигналов в автоматизированных измерителях ЦЧ и ПП РЭС. Подробно рассмотрено формирование синусоидальных сигналов с повышенной стабильностью амплитуды и линейности характеристик управления по частоте. Проведен анализ микроэлектронных высокочастотных управляемых автогенераторов, а также их микроэлектронная реализация.

Во **второй главе** рассматриваются принципы построения формирователей испытательных сигналов с адаптацией параметров. Описаны критерии адаптации. Изложены принципы ускоренной адаптации формирователя испытательных сигналов в составе измерителя частотных параметров РЭС.

В **третьей главе** приведены схемотехника и расчет основных функциональных блоков формирователя испытательных сигналов с адаптацией параметров. Рассчитаны: управляемый по частоте автогенератор, синхронный демодулятор, преобразователь частоты в напряжение, формирователь импульсов, источник опорного напряжения, фильтра нижних частот. Приведена схемотехника время-амплитудного преобразователя.

В **четвёртой главе** приведен анализ основных характеристик формирователя испытательных сигналов. Произведен анализ точности формирования сигналов, а также дана оценка быстродействия формирователя.

В **пятой главе** изложена методика экспериментального исследования основных функциональных блоков формирователя испытательных сигналов с адаптацией параметров, а именно, время-амплитудного преобразователя и экстрематора.

В **шестой главе** содержатся рекомендации по конструированию формирователя испытательных сигналов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации были рассмотрены методы, а также пути повышения точности и быстродействия контроля параметров радиоэлектронных средств за счет ускоренного формирования испытательных сигналов в автоматических контрольно-измерительных системах.

В соответствии с этим были предложены способы формирования испытательных сигналов в автоматизированных измерителях центральной частоты и полосы пропускания радиоэлектронных средств. Рассмотрены принципы построения формирователей испытательных сигналов с адаптацией параметров. Приведены схемотехника и расчет основных функциональных блоков формирователя (управляемый по частоте автогенератор, время-амплитудный преобразователь, синхронный демодулятор, преобразователь частоты в напряжение, формирователь импульсов, источник опорного напряжения, фильтр нижних частот). Проведен анализ основных характеристик формирователя испытательных сигналов. Предложена методика экспериментального исследования основных функциональных блоков формирователя с адаптацией параметров.

Все расчеты выполнены с помощью специализированного пакета компьютерной математики MathCAD 14. Графический материал подготовлен с помощью программы для быстрого черчения электрических и структурных схем sPlan 7.0. Моделирование, а также экспериментальное исследование основных функциональных блоков формирователя испытательных сигналов производились в среде проектирования Advanced Design System 2009.

Результаты выполненных исследований планируется для использования в учебном процессе кафедры информационных радио-технологий по дисциплине проектирование аналоговых микроэлектронных устройств.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1– А] Синичин, М. В. Формирование испытательных сигналов для контроля радиоэлектронных средств/ М. В. Синичин //Сборник материалов 51-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. Секция «Информационные радиотехнологии».

Библиотека БГУИР