

Соловьев Александр Михайлович

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
СРЕДСТВ МОНИТОРИНГА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ОБСТАНОВКИ**

05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами
и производствами (промышленность)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс»

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор,
Раков Владимир Иванович

Официальные оппоненты:

Хохлов Николай Степанович;
доктор технических наук, профессор,
Воронежский институт МВД России,
профессор кафедры инфокоммуникационных
систем и технологий

Басукинский Александр Борисович
кандидат технических наук, доцент,
начальник Управления по Воронежской области филиала
федерального государственного унитарного предприятия
«Радиочастотный центр Центрального федерального округа» в
Центральном федеральном округе

Ведущая организация:

ФГБОУ ВПО "Юго-Западный государственный университет"

Защита состоится «21» апреля 2015 г. в 15-30 на заседании диссертационного совета Д 212.182.01 при ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК» по адресу: 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, д. 29, ауд. 212, официальный сайт www.gu-unpk.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК» и на официальном сайте www.gu-unpk.ru

Материалы по защите диссертации размещены на официальном сайте Госуниверситета – УНПК по адресу: www.gu-unpk.ru/defence

Автореферат разослан « » _____ 2015 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Волков В.Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Считают, что в пятиуровневой структуре систем автоматизации промышленных предприятий АСУТП охватывает уровни оперативного управления технологическими процессами (*MMI - Man-Maching Interface*), технологическими операциями (уровень локального управления – *Control*) и уровень датчиков и исполнительных механизмов (*I/O - Input/Output*), оставляя уровни планирования ресурсов предприятия (*ERP - Enterprise Resource Planning*) и управления производственными процессами (*MES - Manufacturing Execution Systems*) в рамках более широких структурных образований АСУП.

В связи со становлением и развитием в последнее десятилетие географически распределенных АСУТП по всем уровням автоматизации (*MMI, Control, I/O*) существенное значение для обеспечения эффективного функционирования стало иметь не только решение вопросов мониторинга состояния частей и элементов системы, но и состояния локально-организованной среды, в которой осуществляется взаимодействие распределенных структурообразующих компонентов АСУТП с целью организации своевременного учёта изменений среды или создания среды с требуемыми функциональными характеристиками. К одному из наиболее функционально насыщенных видов такого мониторинга относится мониторинг радиоэлектронной обстановки.

Наиболее широко применяемые системы дистанционного мониторинга «*TELESTE*», «Алстрим», «СДМ-ДИЗАЙН», «*M2M-Gate*», «ШТУРМ», «Пуск», «Томусинский», «Кварцит», «Гранит», «Карат», *RAN, Dispatch*, «Ильма МК» обеспечивают передачу по радиоканалам информации в требуемые компоненты АСУТП, оперативное планирование, мониторинг состояния и диспетчеризацию мобильных объектов с использованием спутникового определения координат мобильных объектов с помощью *GPS* приемников, повышение надежности работы и высокий уровень безопасности из-за отсутствия возможности перехвата сигналов с радиодатчиков.

Структура процессов мониторинга в АСУТП формировалась не только в процессе развития АСУ. На неё значительное влияние оказали более ранние положения и применения систем мониторинга радиоэлектронной обстановки в военном деле, где традиционно решают задачи: обеспечения электромагнитного доступа к источникам излучения, формирования низкочастотных сигналов с требуемыми параметрами, обработки низкочастотных сигналов с заданным целевым назначением, формирования отчетов по оперативной радиоэлектронной ситуации.

Обычно к обобщенному показателю качества радиомониторинга относят время формирования информационного отчета по оперативным радиоэлектронным ситуациям. Поэтому создание методических рекомендаций и разработка методов, направленных на существенное улучшение показателей оценки качества представляются важными и технически целесообразными.

Как в общепромышленных средствах мониторинга радиоэлектронной обстановки, так и в современных средствах мониторинга радиоэлектронной обстановки специального назначения, имея богатую предысторию от первых отечественных тепlopеленгаторов в инфракрасном спектре частот и РЛС сантиметрового диапазона типа «Позитив» до систем класса «Титанит» (1973), «Монолит» (1986), а также аппаратуры мониторинга ОАО НПО «Орион», остаются участки с относительно низким уровнем автоматизации, то есть значительным участием оперативного персонала в реализации процесса мониторинга.

При этом наиболее весомое участие человека-оператора отмечается при решении задач по формированию низкочастотных сигналов с требуемыми параметрами при оценке работоспособности низкочастотной аппаратуры по многочисленным результатам мониторинга их параметров, в частности, усилителей низкой частоты (УНЧ). Именно такое участие человека вносит наиболее существенную временную задержку в технологические процессы и собственно в функционирование систем мониторинга в целом. Поэтому решение вопросов автоматизации контроля работоспособности в таких системах является целесообразным, а, учитывая отсутствие адекватно требуемых для этого математических (формальных) моделей, разработка автоматизированной системы научных исследований (АСНИ) средств мониторинга радиоэлектронной обстановки является актуальной.

Объектом исследования в данной работе являются АСНИ, ориентированные на организацию процессов мониторинга в АСУТП.

В качестве предмета исследования выступают модели, методы и алгоритмы оценки качества функционирования средств мониторинга радиоэлектронной обстановки.

Цель диссертационной работы: сокращение времени оценки текущего качества усилителей низкой частоты.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи исследования:

1. Оценка состояния вопросов моделирования УНЧ и выбор подхода к оценке их качества функционирования.
2. Разработка математической модели УНЧ для оперативной оценки качества функционирования.
3. Создание АСНИ для тематического моделирования процесса функционирования УНЧ.
4. Моделирование и оценка возможности создания устройств оценки качества функционирования УНЧ.

Методы исследования. В работе использованы теория цепей и проектирования усилителей (методы анализа и синтеза усилителей низкой частоты), теория системного анализа (при выборе и обосновании критерия оценки качества функционирования УНЧ), теория цифровых автоматов (структуры устройств оценки качества функционирования УНЧ), теория моделирования (имитационное моделирование и идентификация объектов).

Достоверность и обоснованность результатов исследования подтверждается обоснованностью сделанных допущений и корректностью использованных апробированных теорий, подходов, методов, алгоритмов и согласованностью программных экспериментов и реальных результатов.

Научная новизна:

1. Предложена новая математическая модель усилителя низкой частоты на базе математической модели h -параметров p - n - p транзисторов, отличающаяся учетом влияния входных и выходных цепей модели оценки качества функционирования УНЧ.

2. Предложена новая модель оценки качества функционирования УНЧ, основанная на алгоритмическом методе обработки и цифровом представлении сигналов, отличающаяся оперативным приспособлением к модели УНЧ и обеспечивающая автоматизацию оценки работоспособности низкочастотной аппаратуры.

3. Предложена новая методика моделирования процесса функционирования усилителя низкой частоты на основе предложенной математической модели усилителя и предложенной модели оценки качества функционирования, реализованной на основе средств *LabVIEW*.

Теоретическая значимость работы заключена в расширении возможностей использования АСНИ средств мониторинга посредством создания и включения в неё методов синтеза усилителей низкой частоты на основе формального аппарата построения предложенной математической модели усилителя и структуры прибора оценки качества на базе этой математической модели.

Практическая значимость работы заключается в 5-ти разработанных программных системах, зарегистрированных в Роспатенте и патенте на изобретение.

На защиту выносятся положения, составляющие научную новизну диссертационного исследования.

Апробация работы. Материалы диссертации представлялись на 11-и Международных и Всероссийских конференциях: VI Всероссийской научной конференции «Проблемы развития технологических систем государственной охраны, специальной связи и информации», Академия ФСО России, г. Орел, 5–6 февраля 2009 г.; Международной научно-технической конференции «Проблемы автоматизации и управления в технических системах», Пензенский государственный университет, г. Пенза, 2 марта 2010 г.; VII Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы развития технологических систем государственной охраны, специальной связи и специального информационного обеспечения», Академия ФСО России, г. Орел, 3–4 марта 2011 г.; IX Межведомственной конференции «Научно-техническое и информационное обеспечение деятельности спецслужб», ИКСИ, г. Москва, 1–3 февраля 2012 г.; Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, г. Томск, 6–18 мая 2012 г.; Всероссийской молодежной конференции «Прикладная математика, управление и информатика», Белгородский госу-

дарственный национальный исследовательский университет, 3–5 сентября 2012 г.; VIII Всероссийской межведомственной научной конференции «Актуальные проблемы развития технологических систем государственной охраны, специальной связи и специального информационного обеспечения», Академия ФСО России, г. Орел, 13–14 февраля 2013 г.; II Международной научно-технической интернет-конференции «Информационные системы и технологии», Госуниверситет – УНПК, г. Орел, 1 апреля–31 мая 2013 г.; XXV Международной заочной научно-практической конференции «Технические науки – от теории к практике», НП «СибАК», г. Новосибирск, 4 сентября 2013; XIV Международной заочной научно-практической конференции «Научная дискуссия: вопросы технических наук», Международный центр науки и образования, г. Москва, 19 сентября 2013 г.; Всероссийской научно-технической конференции «Теоретические и прикладные проблемы развития и совершенствования автоматизированных систем управления военного назначения», Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург, 29–30 октября 2013 года.

Результаты работы внедрены в трех научно-производственных организациях: ЗАО «Научприбор» (2013, г. Орел), Академия ФСО России (2015, г. Орел), ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК» (2014, г. Орел).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 23 научные работы, в том числе, 6 статей в журналах, рекомендованных ВАК, включая 4 самостоятельных работы, 5 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ, 1 патент на изобретение, 11 публикаций в трудах Международных и Всероссийских конференций.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, 9 приложений и имеет 143 страниц основного текста, 49 страниц приложений, 181 наименование списка литературы (в том числе 26 ссылок на электронные интернет-ресурсы), 69 рисунков и 12 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во Введении дана общая характеристика работы, обоснована ее актуальность, сформулированы цель и задачи, показаны направления исследований, научная новизна и практическая ценность полученных результатов, приведены основные положения, выносимые на защиту диссертации.

В первой главе «Оценка состояния вопросов моделирования и выбор подхода к оценке качества функционирования» проведен анализ состояния вопроса:

1. Исследована особенность систем мониторинга радиоэлектронной обстановки в плане оценки качества функционирования.

2. Предложен показатель оценки качества: время оценки отклонения от требуемого функционирования.

3. Показана необходимость применения компьютерного моделирования, ввиду сложности аналитического и имитационного моделирования при услож-

нении воздействий на усилительное устройство и увеличении сложности математических выражений, описывающих структуру усилителя.

3. Проведена оценка применимости известных моделей АСНИ.

4. Установлено, что проведение измерений текущих целевых показателей усилителей с последующим их сравнением с эквивалентной математической моделью может быть реализовано с использованием ЭВМ в комплекте со встраиваемыми в компьютер платами сбора данных. Отмечено, что такая система моделирования, реализованная на базе аппаратно-программной платформы, может являться универсальным средством проверки применимости процесса оценки качества функционирования для широкого класса усилительных устройств различного функционального назначения.

5. Проведена оценка состояния вопросов моделирования УНЧ с использованием известных вариантов представления динамических и статических моделей.

6. Сделан вывод о том, что поскольку оперативная оценка качества функционирования усилителей низкой частоты в системах мониторинга радиоэлектронной обстановки до настоящего времени фактически не проводилась, для описания функционирования УНЧ с учетом входных и выходных цепей устройства оценки качества функционирования затруднительно использование априорно ориентированных на другие задачи моделей УНЧ: Молла-Росса, Лингвилла, Шихмана-Ходжеса, Гуммеля-Пуна, а также моделей Джаколетто. Поэтому предложено основываться на общих законах Кирхгоффа с классическим представлением транзисторов моделями h , y , g – параметров и представлениях их вольтамперных характеристик в табличном или аналитическом виде.

7. Проведена постановка задачи диссертационного исследования, включающая: а) разработку математической модели усилителя низкой частоты для оперативной оценки качества функционирования; б) создание системы моделирования процесса оценки качества функционирования усилителей низкой частоты; в) моделирование и оценку возможности создания устройств для оценки качества функционирования усилителей низкой частоты.

Во второй главе «Математическая модель для оперативной оценки качества функционирования» для достижения цели диссертационного исследования:

1. Предложено подключить устройство оценки качества к УНЧ (рис. 1) для обеспечения непрерывной оценки коэффициента усиления.



Рисунок 1 – Оперативная оценка качества функционирования УНЧ

2. Для исследования влияния входных и выходных цепей устройства оценки качества на коэффициент усиления УНЧ (рис. 1) представлена эквивалентная схема с соответствующими элементами (рис. 2).

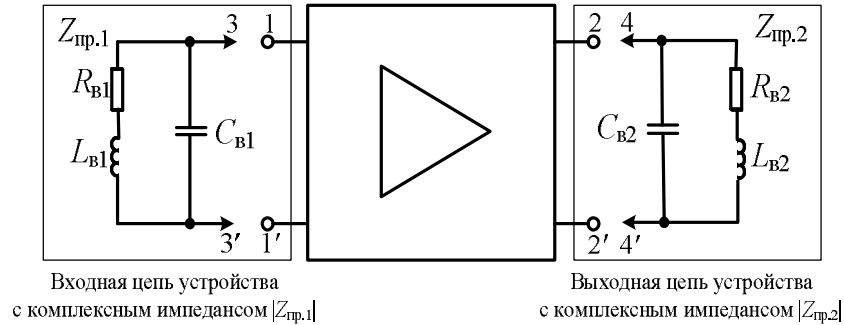


Рисунок 2 – Учет устройства оценки качества

3. Предложена математическая модель усилителя низкой частоты на базе математической модели h -параметров p - n - p транзисторов, отличающаяся учетом влияния входных и выходных цепей модели оценки качества функционирования УНЧ:

$$\begin{aligned}
 K = & \frac{1}{\beta} \cdot \frac{h_{21\beta 1} \cdot (R_4 \cdot (h_{11\beta 2} + (1 + h_{21\beta 2}) \cdot R_6) / (R_4 + (h_{11\beta 2} + (1 + h_{21\beta 2}) \cdot R_6)))}{((R_{\Gamma} \cdot R_1 \cdot R_2) / (R_{\Gamma} \cdot (R_1 + R_2) + R_1 \cdot R_2)) + ((h_{11\beta 1} \cdot |Z_{пр1}|) / (h_{11\beta 1} + |Z_{пр1}|))} \times \\
 & \times \frac{h_{21\beta 1} \cdot (R_8 \cdot (h_{11\beta 3} + (h_{21\beta 3} + 1) \cdot h_{11\beta 4}) / (R_8 + (h_{11\beta 3} + (h_{21\beta 3} + 1) \cdot h_{11\beta 4})))}{[1/h_{22\beta 1} + (1 + h_{21\beta 1}) \cdot R_3] \cdot R_4 / (1/h_{22\beta 1} + (1 + h_{21\beta 1}) \cdot R_3 + R_4) + h_{11\beta 2}} \cdot \frac{h_{21\beta 3} \cdot h_{11\beta 4}}{h_{11\beta 3} + h_{21\beta 3} \cdot h_{11\beta 4}} \times \\
 & \times \frac{h_{21\beta 4} \cdot n_T \cdot ((R_{\text{вых.ус}} \cdot |Z_{пр2}|) / (R_{\text{вых.ус}} + |Z_{пр2}|))}{(h_{11\beta 3} \cdot (1 + R_8 h_{22\beta 2}) + R_8) / ((1 + R_8 h_{22\beta 2}) \cdot h_{21\beta 3}) + h_{11\beta 4}}, \quad (1)
 \end{aligned}$$

где:

β – коэффициент обратной связи;

$|Z_{пр1}|$, $|Z_{пр2}|$ – модули комплексных импедансов устройства оценки качества, подключенные соответственно ко входу и выходу усилителя.

4. Сравнение соотношения (1) с допустимой погрешностью измерения коэффициента усиления позволило определить допустимые нижние границы модулей комплексных импедансов при подключении к усилителю $|Z_{пр1,доп}|$ и $|Z_{пр2,доп}|$ (рис. 3) для обеспечения требуемого функционирования УНЧ.

5. Предложена модель оценки качества функционирования УНЧ (рис. 4), основанная на алгоритмическом методе обработки и цифровом представлении сигналов, отличающаяся оперативным приспособлением к модели УНЧ.

6. На базе разработанной математической модели УНЧ разработан обобщенный алгоритм оценки качества функционирования УНЧ (рис.5), который

охватывает возможности использования различных характеристик для оценки качества.

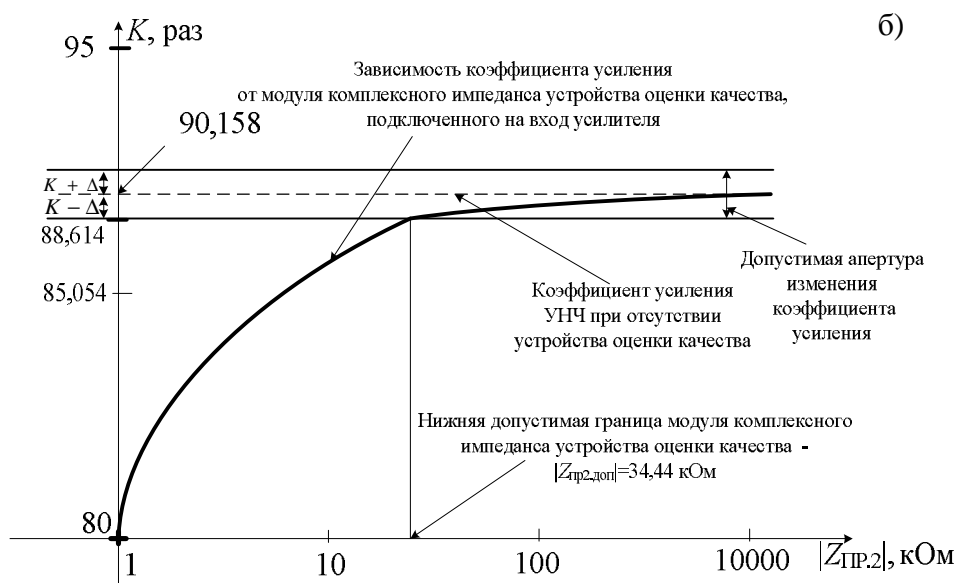
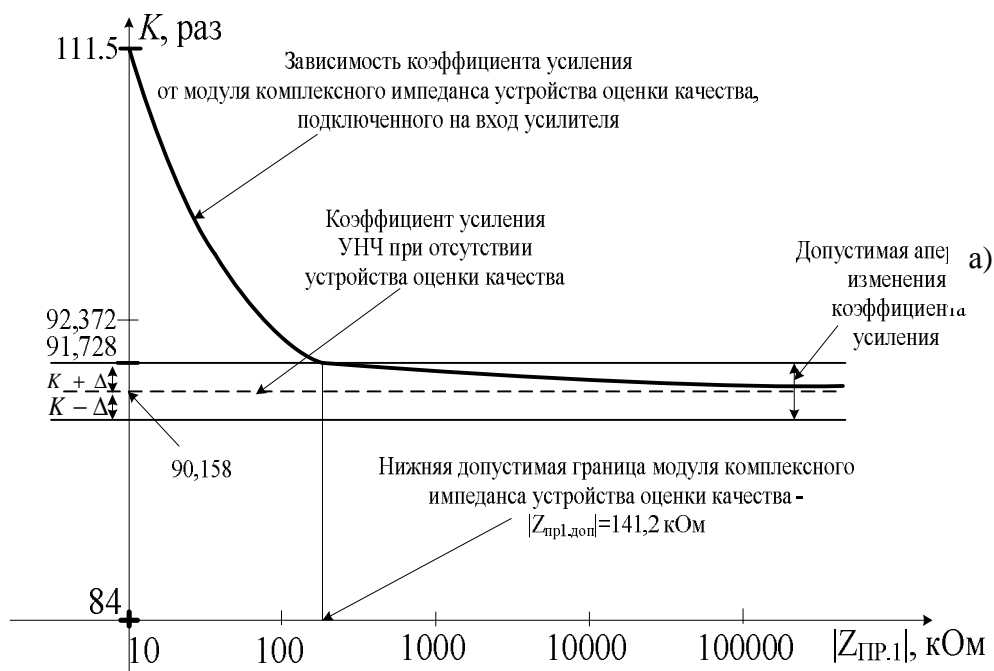


Рисунок 3 – Границы модулей комплексных импедансов, где:

а) при подключении на вход усилителя; б) при подключении на выход усилителя

В третьей главе «Создание АСНИ» разработана система моделирования (рис. б) как программно-аппаратный комплекс, отличающийся от существующих возможностью использования экспериментальных данных с помощью аппаратных средств ввода-вывода DAQ 6221 и программного обеспечения LABVIEW. Аппаратно-программная реализация системы моделирования позволяет оценить качество функционирования усилительных устройств посредством адаптации под структуры радиоэлектронной аппаратуры.

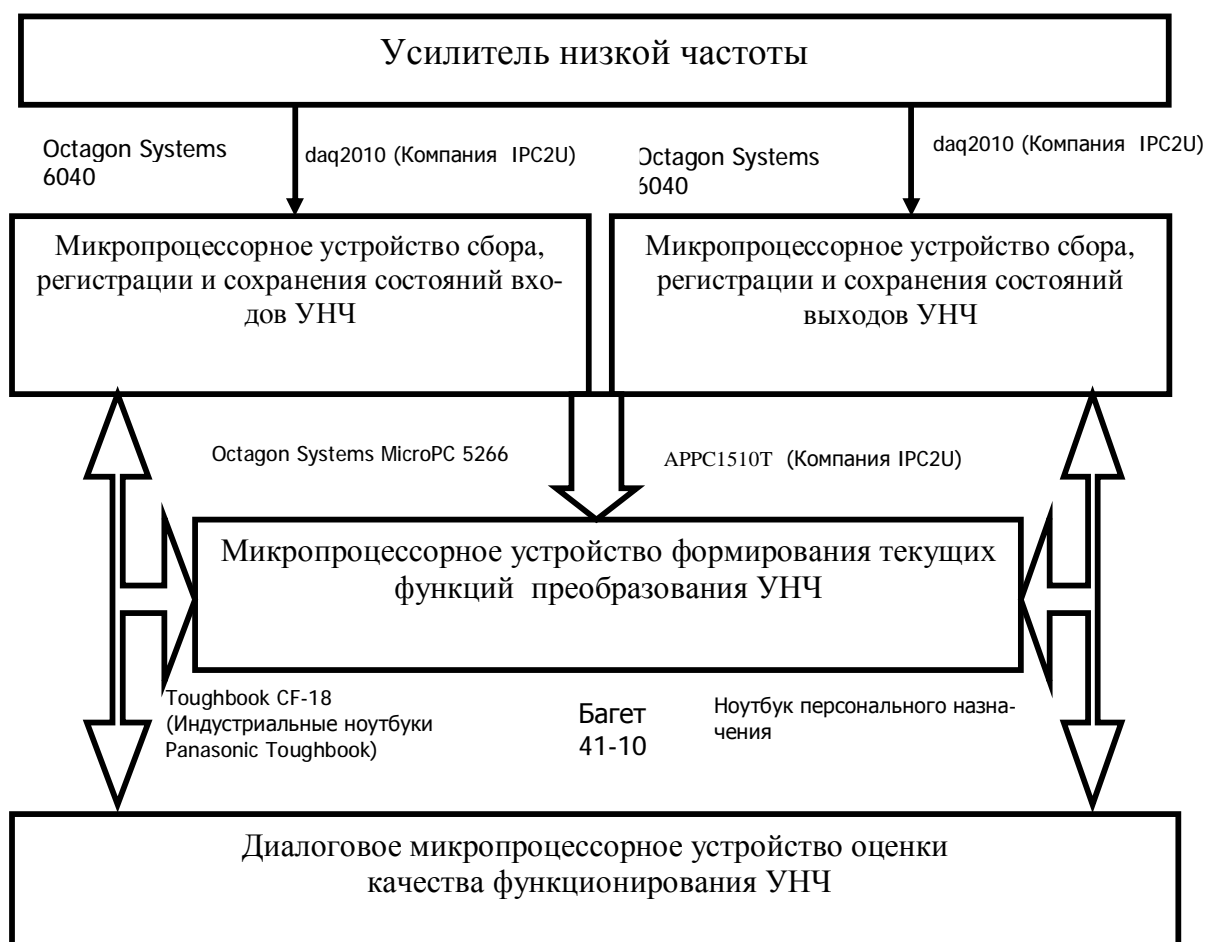


Рисунок 4 – Основные компоненты модели оценки качества функционирования УНЧ

В четвертой главе «Моделирование и оценка возможности создания устройств оценки качества функционирования УНЧ» предложена методика моделирования процесса функционирования усилителя низкой частоты для разработанной системы моделирования: 1) в УНЧ выделяются структурные единицы (каскады или усилитель в целом) в соответствии с возможностью регистрации входов и выходов для отработки конкретной целевой функции; 2) для каждой структурной единицы определяются и фиксируются исходные функции преобразования, которые относят к эталонным; 3) в ходе функционирования УНЧ организуется текущая регистрация и сохранение состояний входа и выхода каждой структурной единицы; 4) для каждой структурной единицы строится текущая функция преобразования на основе зафиксированных состояний ее входов и выходов; 5) проводится сравнение текущей функции преобразования с эталонной и делается заключение о пригодности УНЧ и структурных единиц для дальнейшего обеспечения отработки заданной целевой функции.

В отношении процесса организации оценки качества функционирования усилителей сформулированная методика фактически направлена на выявление возможных отклонений коэффициентов усиления УНЧ от нормы и выявление возможных тенденций развития этих отклонений.

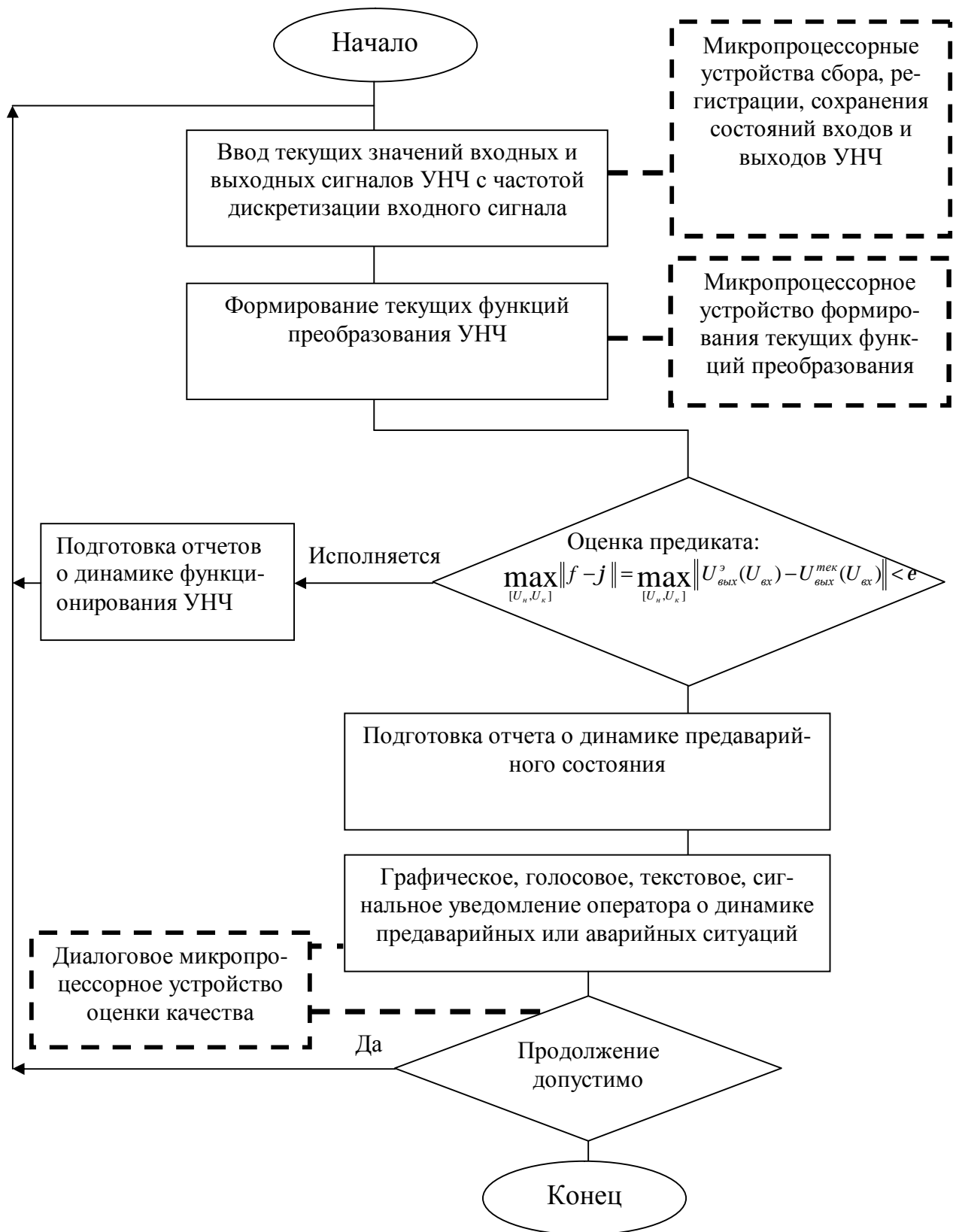


Рисунок 5 – Схематическое изображение алгоритма оценки качества в системе мониторинга радиоэлектронной обстановки, где штрих-пунктир отражает устройства-носители программ

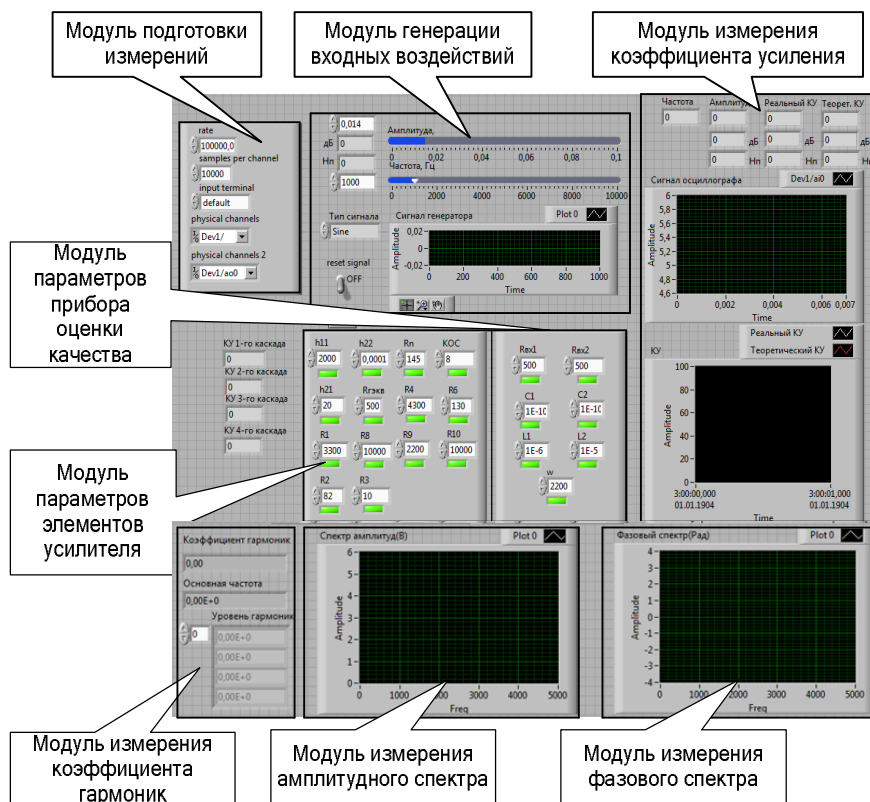


Рисунок 6 – Панель отображения функционала программного обеспечения системы моделирования

Отслеживая автоматически динамику отклонений оцениваемых показателей функционирования, оперативно фиксируются образующиеся изменения в структуре УНЧ и фиксируются моменты отклонения от требуемого функционирования УНЧ.

Результаты моделирования процесса оценки качества функционирования усилителей (рис. 7) показали, что предложенная методика моделирования процесса функционирования усилителя низкой частоты на основе предложенной математической модели усилителя и предложенной модели оценки качества функционирования позволила сократить время оценки отклонения от требуемого функционирования УНЧ в системе мониторинга более, чем на два порядка (табл. 1).

Результаты моделирования дали основание создать структуру устройства оценки качества функционирования УНЧ на типовом микроконтроллере *ATmega168* (*Atmel*, США), а также исследовать возможность использования для этих целей арифметико-логических устройств (АЛУ) непосредственного формирования, обеспечивающих методически максимальное быстрое действие вычислений и тем самым оценку качества.

В приложениях приведены зависимости модуля комплексного импеданса устройства оценки качества от активного сопротивления и емкости, зависимости коэффициента усиления усилителя низкой частоты от параметров входных и выходных цепей устройства оценки качества, основные характеристики

усилителя низкой частоты в среде *Mathcad*, расчет допустимых параметров входных и выходных цепей устройства оценки качества функционирования усилителя низкой частоты, программный код для вычисления коэффициента усиления на микроконтроллере *ATmega168*, описание программных средств проверки возможности применения перспективных процессорных структур цифрового контурного регулятора на базе АЛУ непосредственного формирования для реализации устройства оценки качества функционирования УНЧ, приложены пять свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ, патент на изобретение.

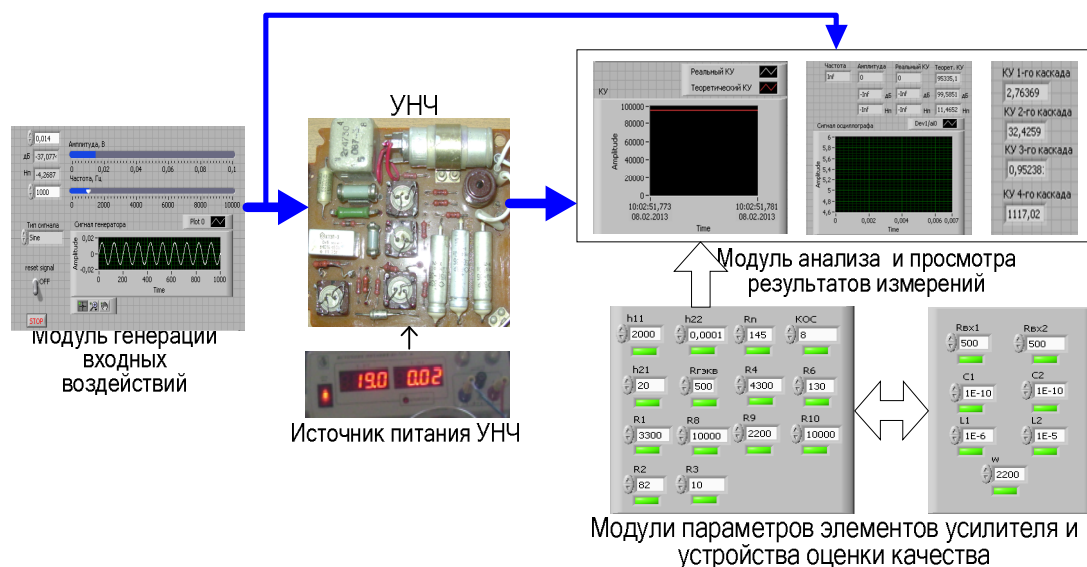


Рисунок 7 – Моделирование оценки качества функционирования УНЧ

Таблица 1

Сокращение времени оценки отклонения от требуемого функционирования УНЧ

| | |
|---|----------------------|
| Осциллограф <i>TektronixDPO-4034</i> | 30 с |
| Система моделирования процесса оценки качества функционирования УНЧ | 0,09 с |
| Сокращение времени | более, чем в 300 раз |

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Проведена оценка применимости известных АСНИ и анализ существующих математических моделей УНЧ.
2. Разработана новая математическая модель усилителя низкой частоты на базе математической модели h -параметров p - n - p транзисторов, отличающаяся учетом влияния входных и выходных цепей модели оценки качества функционирования УНЧ.
3. Предложена новая модель оценки качества функционирования УНЧ, основанная на алгоритмическом методе обработки и цифровом представлении сигналов, отличающаяся оперативным приспособлением к модели

УНЧ и обеспечивающая автоматизацию оценки работоспособности низкочастотной аппаратуры.

4. Разработан новый обобщённый алгоритм оценки качества функционирования УНЧ и АСНИ усилительной аппаратуры на его основе.
5. Разработана новая методика моделирования процесса функционирования усилителя низкой частоты на основе предложенной математической модели усилителя и предложенной модели оценки качества функционирования, реализованной на основе средств *LabVIEW*.
6. Предложена новая структура устройства оценки качества функционирования УНЧ на типовом микроконтроллере *ATmega168*.
7. Предложенные модели и технические решения позволили сократить время оценки отклонения от требуемого функционирования УНЧ в системах мониторинга радиоэлектронной обстановки более, чем на два порядка.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых журналах и изданиях, входящих в перечень ВАК России:

1. Соловьев, А.М. О результатах исследования процесса оценки качества функционирования усилителей низкой частоты [Текст] / А.М. Соловьев, В.И. Раков // Информационные системы и технологии. – 2014. – № 4 (84). – С. 69-78 (личный вклад 50 %).

2. Соловьев, А.М. Математическая модель структурного контроля аппаратуры каналообразования [Текст] / А.М. Соловьев // Информационные системы и технологии. – 2012. – № 5 (73). – С. 35-41.

3. Соловьев, А.М. Моделирование структурного контроля усилителя переменного тока [Текст] / А.М. Соловьев // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2013. – № 3 (299). – С. 145-150.

4. Соловьев, А.М. Методика моделирования и оперативной оценки качества функционирования усилителей низкой частоты в технологическом процессе мониторинга радиоэлектронной обстановки [Электронный ресурс] / В.И. Раков, А.М. Соловьев // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/113-11787> (личный вклад 50 %).

5. Соловьев, А.М. Структура устройства оценки качества функционирования усилителей низкой частоты в технологическом процессе мониторинга радиоэлектронной обстановки [Электронный ресурс] / А.М. Соловьев // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/113-11786>.

6. Соловьев, А.М. Математическая модель структурного контроля усилителя низкой частоты [Текст] / А.М. Соловьев // Контроль. Диагностика. – 2014. – № 2. – С. 52-58.

Публикации в материалах международных конференций:

7. Соловьев, А.М. Реализация структурного контроля на микроконтроллере *FREEDUINO* [Текст] / А. М. Соловьев // Технические науки – от теории к практике:

материалы XXV Международной заочной научно-практической конференции, 04.09.2013. – Новосибирск: НП СибАК, 2013. – С. 56-62.

8. Соловьев, А.М. Обоснование выбора системы моделирования структурного контроля усилителей низкой частоты / [Текст] / А.М. Соловьев // Научная дискуссия: вопросы технических наук: материалы XIV Международной заочной научно-практической конференции, 19.09.2013. – Москва: Международный центр науки и образования, 2013. – С. 72-77.

9. Соловьев, А.М. Система моделирования структурного контроля усилителей [Электронный ресурс] / А.М. Соловьев // Информационные системы и технологии: материалы II Международной научно-технической интернет-конференции, 01.04.2013-31.05.2013. – Режим доступа: <http://irsit.ru/files/article>.

10. Соловьев, А.М. Актуальность структурного контроля аппаратуры каналообразования [Текст] / В.И. Раков, А.М. Соловьев // Проблемы автоматизации и управления в технических системах : материалы Международной научно-технической конференции, 19–22 апреля 2011 г. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2011. – Т. 2. – С. 116-126 (личный вклад 50 %).

Публикации в материалах Всероссийских конференций:

11. Соловьев, А.М. Математическая модель и результаты моделирования структурного контроля усилителя низкой частоты [Текст] / А.М. Соловьев, И.А. Ходжаев // Теоретические и прикладные проблемы развития и совершенствования автоматизированных систем управления военного назначения: материалы Всероссийской научно-технической конференции, 29–30 октября 2013. – Санкт-Петербург: ВКА, 2013. – С. 265-269 (личный вклад 50 %).

12. Соловьев, А.М. Особенности применения измерительных приборов на различных этапах жизненного цикла радиоэлектронной аппаратуры [Текст] / А.М. Соловьев, Е.В. Воронцов, Ю.Н. Беликов // Актуальные проблемы развития технологических систем государственной охраны, специальной связи и специального информационного обеспечения: материалы и доклады VIII-ой Всероссийской научно-практической конференции, 13–14 февраля 2013 г.: в 10 ч. – Орел: Академия ФСО России, 2013. – 7 ч. – С. 67-70 (личный вклад 25 %).

13. Соловьев, А.М. Автоматизированная система контроля параметров цифровых каналов передачи на основе *LABVIEW* и плат *DAQ* [Текст] / А.М. Соловьев, А.М. Лабунец // Актуальные проблемы развития технологических систем государственной охраны, специальной связи и специального информационного обеспечения: материалы и доклады VIII-ой Всероссийской научно-практической конференции, 13–14 февраля 2013 г.: в 10 ч. – Орел: Академия ФСО России, 2013. – 7 ч. – С. 64-67 (личный вклад 50 %).

14. Соловьев, А.М. Структурный контроль радиоэлектронной аппаратуры [Текст] / А.М. Соловьев, В.А. Кочетков, И.В. Лутохин // Проблемы развития технологических систем государственной охраны, специальной связи и специального информационного обеспечения: материалы VII-ой научно-практической конференции, 3–4 марта 2011 г.: в 10 ч. – Орел: Академия ФСО России, 2011. – 3 ч. – С. 52-55 (личный вклад 35 %).

15. Соловьев, А.М. Математическая модель усилителя низкой частоты при структурном контроле [Текст] / А.М. Соловьев // Прикладная математика, управление и информатика: материалы Всероссийской молодежной конференции, 3-5 сентября

2012 г.: в 2 т. – Белгород: Белгородский государственный национальный исследовательский университет. – 2012. – 2 т. – С. 32-36.

16. Соловьев, А.М. Моделирование структурного контроля усилителя низкой частоты [Текст] / А.М. Соловьев // Прикладная математика, управление и информатика: материалы Всероссийской молодежной конференции, 3-5 сентября 2012 г.: в 2 т. – Белгород: Белгородский государственный национальный исследовательский университет. – 2012. – 1 т. – С 44-49.

17. Соловьев, А.М. Математическая модель структурного контроля транзисторного усилителя при работе на средних частотах [Текст] / А.М. Соловьев // Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 16–18 мая 2012 г. : Томский Государственный университет систем управления и радиоэлектроники. – 2012. – С. 80-84.

Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ в Реестре программ для ЭВМ Роспатента:

18. Соловьев, А.М. Моделирование структурного контроля усилителя [Текст] / А.М. Соловьев // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013618549, 2013.

19. Соловьев, А.М. Программа тестирования математических моделей АЛУ непосредственного формирования [Текст] / О.В. Захарова, А.М. Соловьев, Е.Р. Сафонов, В.И. Раков // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014613971, 2014 (личный вклад 25 %).

20. Соловьев, А.М. Программа проверки точности функционирования ядра АЛУ непосредственного формирования [Текст] / О.В. Захарова, А.М. Соловьев, В.И. Раков // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014613972, 2014 (личный вклад 30 %).

21. Соловьев, А.М. Программа верификации автоматных таблиц для АЛУ непосредственного формирования [Текст] / О.В. Захарова, А.М. Соловьев, А.В. Мельник, В.И. Раков // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014614845, 2014 (личный вклад 25 %).

22. Соловьев, А.М. Моделирование процесса оценки качества функционирования усилителей низкой частоты в технологическом процессе мониторинга радиоэлектронной обстановки [Текст] / А.М. Соловьев, О.В. Захарова, А.В. Мельник, В.И. Раков // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014615093, 2014 (личный вклад 25 %).

Патенты на изобретение:

23. Патент на изобретение «Способ моделирования процессов обеспечения живучести системы связи в условиях огневого поражения и радиоэлектронной борьбы», № 2406146 от 10.12.2010 г.

Подписано в печать 19.02.2015 г. Формат 60x84 1/16.

Печатных листов 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 190.

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»

302020, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29.