

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

УДК 621.396.6-027.31

На правах рукописи

МЫСЛИК
Игорь Юрьевич

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание степени
магистра технических наук

по специальности 1-38 80 04 Технология приборостроения

Минск 2018

Работа выполнена на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель: **ГОНОВ Александр Николаевич**,
доктор технических наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент: **ЛОБАТЫЙ Александр Александрович**,
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные системы и технологии» международного института дистанционного образования «Белорусского национального технического университета»

Защита диссертации состоится «27» июня 2018 г. года в 10⁰⁰ часов на заседании Государственной экзаменационной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, Минск, ул. П. Бровки, 6, копр. 1, ауд. 415, тел. 293-20-80, e-mail: kafpiks@bsuir.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

ВВЕДЕНИЕ

При проектировании современных радиоэлектронных средств (РЭС) разработчики сталкиваются с серьезными проблемами, основными из которых являются:

- увеличение требований к надежности при ужесточении условий эксплуатации;
- снижение стоимостных параметров (массогабаритных, ценовых, энергопотребления и т.д.) при одновременном увеличении количества выполняемых функций;
- уменьшение сроков морального старения и, соответственно, необходимость сокращать сроки проектирования новых изделий.

Проектирование современных РЭС в заданные сроки и в соответствии с требованиями нормативно-технической документации (НТД) по надежности, электрическим, тепловым и механическим характеристикам в общем случае невозможно без использования информационной технологии на этапах схемотехнического и конструкторского проектирования.

Необходимость правильного выбора проектных решений на указанных этапах разработки связана с тем, что выявление недостаточной надежности РЭС из-за электрических, тепловых и механических воздействий на завершающих этапах проектирования (начиная с детального конструкторского проектирования) как путем математического моделирования, так и путем испытаний опытного образца приводит к длительным итерациям по отработке изделия, а значит и к резкому возрастанию материальных затрат и увеличению сроков проектирования.

Исходя из требований нормативно-технической документации (по электрическим, тепловым и механическим режимам) необходимо как можно более на ранних этапах проектирования оптимально выбрать тип конструкции, системы охлаждения и виброудароизоляции, элементную базу и режимы электрорадиоизделий (ЭРИ) РЭС. Указанный выбор должен исключить ошибки в проектировании на более поздних этапах.

В конце этапа схемотехнического проектирования возникают задачи уточнения номинальных значений параметров ЭРИ, синтеза допусков на параметры и выбора электрических и тепловых нагрузочных режимов ЭРИ, обеспечивающих заданную надежность по внезапным и постепенным отказам, которые могут быть оптимально решены лишь при системном подходе к решению, т.е. с учетом электрического, теплового, механического и других режимов ЭРИ. Однако на этапе схемотехнического проектирования неизвестны тепловой и механический режимы ЭРИ, что не позволяет достаточно точно определить надежность электронной схемы в процессе эксплуатации. В то же время конструктор РЭС не знает требований к тепловому и механическому режимам ЭРИ, которые он должен обеспечить в конструкции РЭС, что приводит к некачественным проектам.

Поэтому возникает проблема разработки методологии оптимального ав-

томатизированного проектирования РЭС, в которой были бы системно увязаны требования к надежности и режимам ЭРИ, причем проектные решения должны обеспечивать минимальные затраты на процесс проектирования и на комплектующие элементы. Под понятием оптимального проектирования при этом необходимо понимать применение методов поиска оптимальных проектных решений.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Существующие в настоящее время методы и средства, позволяющие выполнять оптимальное проектирование конструкций РЭС не всегда приемлемы и далеки от идеальных.

Потребность в исследовании новых методов и средств проектирования РЭС является необходимостью, так как по требованиям нормативно-технической документации выбор типа конструкции по тепловым, электрическим и механическим режимам необходимо произвести на как можно более ранних этапах проектирования. Так же необходимо как можно раньше определиться с типом системы охлаждения и виброудароизоляции, подобрать элементную базу и выбрать режимы электрорадиоизделий (ЭРИ) РЭС, которые обеспечат необходимую надежность РЭС.

Степень разработанности проблемы

Проблемы автоматизированного проектирования РЭС на основе моделирования рассматривались в работах Алексеева В.Ф., Пискуна Г.А., Андреева А.И., Вермишева Ю.Х., Дульнева Г.Н., Журавского В.Г., Зольникова В.К., Кечиева Л.И., Кофанова Ю.Н., Редкозубова С.А., Кравченко В.А., Иоренкова И.П., Разевига В.Д., Стрельникова В.П., Талицкого Е.И., Тартаковского А.М., Тумковского С.Р., Увайсова С.У., Шалумова А.С., Сарафанова А.В. и др. Проблемы поиска оптимальных проектных решений для РЭС глубоко рассматривались в работах Вермишева Ю.Х. Проблемы макро моделирования и оптимизации рассматривались в работах Борисова П.И., Шрамкова И.Г., Гридина В.Н.

Указанными авторами внесен значительный вклад в теорию и практику автоматизированного проектирования РЭС и математического моделирования физических процессов в РЭС. Вместе с тем указанными авторами вопросы оптимального проектирования, как правило, рассматривались для определенных конструкций. Не всегда в полной мере учитывались чувствительность отдельных компонентов РЭС к воздействию дестабилизирующих факторов.

Предложенное исследование направлено на устранение этого недостатка.

Цель и задачи исследования

Цель магистерской диссертации заключается в разработке моделей, ме-

тодов, программных средств и инженерных методик оптимального проектирования РЭС, базирующейся на основных методологических аспектах исследования характеристик РЭС средствами математического моделирования и синтезе оптимальных проектных решений.

Для достижения указанной цели в диссертации поставлены следующие задачи:

1. Разработать методы:
 - оптимального синтеза допусков;
 - определения оптимальных электрических и тепловых нагрузочных режимов;
 - поиска оптимальных проектных решений;
 - оптимального синтеза систем виброудароизоляции.
 - оптимального синтеза допусков.
2. Разработать инженерный подход к построению макромоделей и анализа чувствительности выходных характеристик процессов в РЭС к большим изменениям параметров в частотной области
3. Провести экспериментальную проверку разработанных моделей и методов.

Область исследования

Содержание диссертации соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) ОСВО 1-38 80 04-2012 специальности 1-38 80 04 Технология приборостроения.

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу диссертации легли работы белорусских и зарубежных ученых в области проектирования и конструирования радиоэлектронных средств, а также анализ технических нормативных правовых актов по рассматриваемой тематике.

Информационная база исследования сформирована на основе литературы, открытой информации, технических нормативно-правовых актов, сведений из электронных ресурсов, а также материалов научных конференций и семинаров.

Научная новизна

Научная новизна состоит в разработке методологии оптимального проектирования РЭС, в которой, в отличие от известных, на начальной стадии этапа эскизного конструирования и на этапе технического проектирования, исходя из необходимости обеспечения надежности, автоматически определяются оптимальные по стоимости ЭРИ допуски на параметры, оптимальные тепловые и электрические режимы ЭРИ, а также основные параметры элементов системы обеспечения необходимого теплового режима с минимизацией затрат на реализацию. Разработанная методология отличается от известных применением методов комплексного моделирования, многопараметрической

оптимизации и синтеза электронных схем и конструкций, разработанных в диссертации.

Практическая ценность работы состоит в том, что разработанные в ней методология, модели и методическое обеспечение позволяют обоснованно, целенаправленно и эффективно снизить затраты на проектирование и изготовление РЭС с соблюдением требований по надежности, электрическим, тепловым и механическим характеристикам

Основные положения, выносимые на защиту

Оптимизационный подход к построению методологии автоматизированного проектирования РЭС, в которой:

– на начальной стадии этапа эскизного конструирования и на этапе технического проектирования, исходя из необходимости обеспечения надежности, автоматически определяются оптимальные допуски на параметры ЭРИ, оптимальные тепловые и электрические режимы ЭРИ и основные параметры элементов системы обеспечения необходимого теплового режима с минимизацией затрат на их реализацию;

– на этапе эскизного проектирования производится оптимизация параметров конструкций печатных узлов, подверженных внешним виброударным воздействиям.

– оптимизационный принцип поиска типа и основных параметров системы обеспечения теплового режима РЭС, а также допусков и электрических режимов ЭРИ на начальной стадии этапа эскизного конструирования путем использования комплексной оптимизационной макромодели РЭС;

– принцип оптимального синтеза технологических допусков на параметры ЭРИ по критерию минимума стоимости набора ЭРИ при ограничении на допуски в виде уравнения допусков. Данный принцип реализован в методе оптимального синтеза допусков;

– принцип поиска оптимального допуска на параметр ЭРИ, основанный на выделении в процессе оптимизации ЭРИ с максимальным модулем соотношения коэффициента чувствительности стоимости ЭРИ к допуску на его параметр к коэффициенту чувствительности выходной характеристики к изменению параметра ЭРИ. Данный принцип реализован в методе оптимального синтеза допусков;

– принцип минимизации стоимостей обеспечения электрических и тепловых режимов ЭРИ, представленных в виде суммы аналитических зависимостей их стоимостей от предельно допустимых электрических режимов и стоимости средств обеспечения их необходимых тепловых режимов при выполнении требований к надежности. Данный принцип реализован в методе определения оптимальных электрических и тепловых режимов ЭРИ;

– «скелетная» форма составления уравнений макромодели выходных характеристик процессов в РЭС в частотной области с включением в нее варьируемых параметров, что позволяет упростить применение известных методов

обращения полиномиальных матриц с сохранением аналитической зависимости от частоты;

– принципы обеспечения необходимой виброударозащиты и минимизации количества виброудароизоляторов, а также принцип двухступенчатого синтеза при ударном воздействии: первая ступень – это экономичный приближенный расчет по упрощенной аналитической модели и отбор подходящих вариантов, вторая ступень – точный расчет переходного процесса по полной модели для выбранного варианта. Данные принципы реализованы в методах синтеза систем виброудароизоляции.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на 54-ой научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (г. Минск, Беларусь, 2018 г.), I Международной научной конференции «Информационно-коммуникационные технологии: достижения, проблемы, инновации» (г. Полоцк, Беларусь, 2018 г).

Отдельные положения диссертации использованы при преподавании дисциплины «Проектирование электронных модулей устройств и систем».

Публикации

Изложенные в диссертации основные положения и выводы опубликованы в 4 печатных работах. В их числе 2 статьи в сборниках материалов научных конференций, 2 тезиса докладов на научных конференциях.

Общий объем публикаций по теме диссертационной работы составляет 12 страниц.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав с краткими выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и приложений.

В первой главе обосновывается необходимость создания информационной технологии оптимального проектирования РЭС с учетом требований обеспечения надежности при электрических, тепловых и механических воздействиях. Сформулированы цель и задачи исследований. Разработана структура информационной технологии. Рассмотрены существующие методы и проблемы моделирования и оптимального проектирования РЭС с учетом требований обеспечения надежности при электрических и тепловых нагрузках ЭРИ, оптимального синтеза допусков и уточнения номинальных значений параметров ЭРИ РЭС, синтеза и оптимального проектирования конструкций РЭС для обеспечения надежности ЭРИ при внешних механических воздействиях.

Во второй главе разработана интегрированная математическая модель

оптимальной по стоимости комплектующих элементов РЭС с учетом требований обеспечения надежности при электрических, тепловых, механических и других эксплуатационных режимах ЭРИ, рассмотрены математические модели и методы синтеза и оптимального проектирования электронных схем РЭС при электрических и тепловых нагрузках ЭРИ.

Принципиальное отличие возможностей разработанных математических моделей от известных состоит в том, что в них учитываются во взаимодействии технологические, электрические, тепловые, механические, старения и другие воздействия, влияющие на надежность РЭС и стоимость обеспечения заданной надежности.

Для математических моделей, используемых для оптимизации и синтеза, разработаны критерии оптимальности, отражающие минимум стоимости набора ЭРИ и стоимости средств обеспечения надежности.

В третьей главе разработаны следующие методы и алгоритмы анализа, синтеза и оптимального проектирования РЭС с учетом требований обеспечения надежности при электрических, тепловых, механических и других эксплуатационных режимах ЭРИ:

- методы построения макромоделей для оптимизации параметров пространственных конструкций РЭС при внешних механических виброударных воздействиях;

- методы расчета и оптимизации динамических механических характеристик конструкций печатных узлов РЭС;

- методы расчета и синтеза оптимальных систем виброудароизоляции РЭС;

Разработанные методы и алгоритмы позволяют практически реализовать применение математических моделей оптимального проектирования РЭС.

В приложении представлены публикации автора и акт внедрения.

Общий объем диссертационной работы составляет 109 страниц. Из них 88 страниц основного текста, 36 иллюстраций на 30 страницах, 5 таблиц на 5 страницах, библиографический список из 61 наименования на 5 страницах, список собственных публикаций соискателя из 4 наименований на 1 странице, 4 приложений на 20 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обосновывается актуальность диссертационной работы; формулируется цель; научная новизна; практическая ценность исследований и разработок; приводятся основные положения, выносимые автором на защиту.

В **общей характеристике работы** показана актуальность проводимых исследований, степень разработанности проблемы, сформулированы цель и задачи диссертации, обозначена область исследований, научная (теоретическая и практическая) значимость исследований, а также апробация работы.

В первой главе внимание посвящено, главным образом существующим методам и проблемам моделирования и оптимального проектирования РЭС с учетом требований обеспечения надежности при электрических и тепловых нагрузках ЭРИ, оптимального синтеза допусков и уточнения номинальных значений параметров ЭРИ РЭС, синтеза и оптимального проектирования конструкций РЭС для обеспечения надежности ЭРИ при внешних механических воздействиях. На основе анализа проблем, методов моделирования и исследования моделей большой размерности, оптимизации и синтеза РЭС показано отсутствие эффективных и экономичных методов моделирования и синтеза для оптимального проектирования РЭС с учетом требований обеспечения надежности по параметрическим и внезапным отказам при электрических, тепловых и механических нагрузках ЭРИ.

Показано, что РЭС, как объект оптимального проектирования, представляет собой сложную как в схемотехническом, конструкторско-технологическом, так и в плане надежности, систему, подвергающуюся широкому спектру интенсивных воздействий дестабилизирующих факторов:

- электрических;
- тепловых;
- механических и других.

Анализ особенностей протекания физических процессов, анализ отказов, а также изучение особенностей процесса проектирования РЭС позволили сделать заключение о том, что современная методология разработки базируется на разрозненных расчетах, макетировании и доработке изделий по результатам испытаний.

Из рассмотренных используемых математических моделей расчёта эксплуатационной интенсивности внезапных отказов ЭРИ следует, что повышение надёжности ЭРИ возможно либо за счет применения более надежного и дорогого ЭРИ, либо за счет снижения коэффициента режима путем уменьшения коэффициента электрической нагрузки, либо за счет снижения рабочей температуры ЭРИ, что одновременно требует более высоких затрат на его охлаждение.

Оценивая в целом существующие методологии проектирования РЭС можно сделать вывод, что их недостатком является:

- отсутствие поиска направлений оптимальных проектных решений на стыке схемотехнического проектирования и эскизной стадии конструкторского проектирования, приводящее к неправильному и неоптимальному начальному проектному решению по обеспечению надежности РЭС, режимов и допусков на параметры ЭРИ;
- отсутствие методологии оптимального проектирования.

Сформулирована цель диссертационной работы, заключающаяся в разработке моделей, методов и инженерных методик для методологии оптимального проектирования РЭС, базирующейся на основных методологических аспектах исследования характеристик РЭС средствами математического моделирования и синтезе оптимальных проектных решений.

В заключении главы для достижения поставленной цели на основе сформулированных задач приведена структура задач всей диссертации.

Во второй главе рассмотрены математические модели и методы обеспечения надежности ЭРИ при электрических и тепловых нагрузках для синтеза и оптимального проектирования РЭС.

Разработанный в диссертации метод автоматического оптимального синтеза допусков на параметры ЭРИ и уточнения их номинальных значений учитывает статистический характер отклонений параметров ЭРИ при их изготовлении, отклонения параметров при эксплуатации РЭС, стоимость обеспечения заданного допуска на параметр ЭРИ, чувствительность выходной характеристики к изменению параметра ЭРИ. На элементы, к изменению параметров которых чувствительность выходной характеристики высокая, назначается меньший допуск, чем для элементов, к изменению параметров которых чувствительность выходной характеристики низкая.

В диссертации разработаны методы определения оптимальных электрических и тепловых нагрузочных режимов ЭРИ при заданных рабочих режимах, что позволяет выбрать тип ЭРИ по предельно допустимым нагрузочным параметрам, а также определить параметры индивидуальных средств обеспечения теплового режима ЭРИ (радиаторы, элементы Пельтье, теплоотводы и т.п.) и температуру воздуха в блоке или в отдельной зоне, которые минимизировали бы стоимость набора ЭРИ и реализации теплового режима РЭС при выполнении требований надёжности набора ЭРИ по внезапным отказам, зависящим от режимов эксплуатации.

Метод построения макромоделей и анализа чувствительности выходных характеристик эквивалентных электронных схем к большим изменениям параметров в частотной области был разработан для проведения экономичной по затратам времени ЭВМ параметрической и структурной оптимизации частотных характеристик эквивалентных электронных схем, в том числе моделирующих вибрационные и другие процессы в различных объектах на основе электроаналогий.

В третьей главе описана разработанная методология оптимального проектирования РЭС с учетом режимов эксплуатации, а также результаты экспериментальной проверки и практической реализации разработанных методов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

Основным научным результатом работы является теоретическая разработка, обобщение и решение крупной научной проблемы в области систем автоматизации проектирования – принятия оптимальных проектных решений для РЭС на ранних этапах проектирования при учете их электрических, тепловых и механических режимов.

1. Предложен новый подход к решению проблемы повышения качества и эффективности автоматизированного проектирования РЭС. Новый подход позволяет продвинуться по пути решения проблемы оптимального проектирования РЭС и экономично повысить качество ее автоматизированного проектирования, принимая оптимальные проектные решения.

2. Исследованы особенности РЭС с точки зрения оптимальности их проектирования при учете режимов эксплуатации. Показано, что РЭС, как объект оптимального проектирования, представляет собой сложную как в схемотехническом, конструкторско-технологическом, так и в плане надежности систему, подвергающуюся широкому спектру воздействий дестабилизирующих факторов.

3. Показано, что можно оптимальным образом обеспечивать необходимые режимы ЭРИ, исходя из требований надежности при минимизации стоимости средств для этого обеспечения. Для реализации такого подхода необходимо разработать методологию проектирования оптимальных РЭС в рамках *CALS*-идеологии.

4. Исследованы существующие методы анализа математических моделей РЭС большой размерности и показана необходимость разработки более эффективных методов для решения задач оптимизации.

5. Сформулирована цель работы, заключающаяся в разработке моделей, методов, программ и методического обеспечения для методологии автоматизированного оптимального проектирования РЭС, базирующейся на повышении качества проектных решений за счет использования оптимальных локальных проектных решений при минимизации стоимости комплектующих элементов для их реализации. Для достижения поставленной цели сформулированы задачи исследования.

6. Разработан метод оптимального синтеза допусков и уточнения номинальных значений параметров ЭРИ, позволяющий повысить надежность РЭС по параметрическим отказам и минимизировать стоимость набора ЭРИ с точки зрения назначения допусков на их параметры.

7. Разработан метод определения оптимальных электрических и тепловых нагрузочных режимов ЭРИ с целью обеспечения надежности РЭС по внезапным отказам при минимальной стоимости затрат, который позволил еще до этапа эскизного проектирования оптимально определить требования к системе обеспечения теплового режима, проектируемой на конструкторском этапе проектирования.

8. Разработан метод построения макромоделей и анализа чувствительности выходных характеристик процессов в РЭС к большим изменениям параметров в частотной области, который в отличие от известных, обладает большей экономичностью по затратам времени ЭВМ вследствие «скелетной» формы составления уравнений макромоделей, что существенно для оптимизационных задач.

9. Разработана математическая модель динамики конструкции печатного узла, которая отличается от известных более высокой точностью за счет учета аэродинамического сопротивления воздуха, инерции вращения ЭРИ и участков платы и позволяет с достаточной для инженерных расчетов точностью рассчитывать механический динамический режим ПУ при вибрационных и ударных внешних механических воздействиях.

10. Разработан метод иерархического формирования и анализа математических моделей процессов в РЭС, который позволяет получать подмодели иерархических уровней РЭС в виде несложной алгоритмической зависимости от частоты, что позволяет эффективно решать задачи оптимизации за счет сокращения времени анализа при конкретном значении частоты воздействия.

11. Разработанные методы синтеза систем виброудароизоляции РЭС позволяют производить рациональный монтаж виброудароизоляторов и минимизировать их количество.

12. Разработаны алгоритмы синтеза оптимальных локальных проектных решений, учитывающие специфику математических моделей.

13. Разработана методология оптимального проектирования РЭС с необходимыми показателями надежности при минимизации затрат на их достижение.

14. Выполнена экспериментальная проверка разработанных моделей, методов и алгоритмов.

15. Осуществлено внедрение разработанных моделей, методов и программ в процесс проектирования РЭС в учебный процесс вуза.

Рекомендации по практическому использованию результатов

Полученные результаты внедрены в учебный процесс на кафедре проектирования информационно - компьютерных систем учреждения образования Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники в учебный курс «Проектирование электронных модулей устройств и систем».

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Тезисы конференций

1. Мыслик, И.Ю. Основные этапы проектирования радиоэлектронных средств / И.Ю. Мыслик, Е.Ю. Данько // материалы 54-ой науч. конф. Аспирантов, магистрантов и студентов «Проектирование информационно-компьютерных систем», Минск, Респ. Беларусь, 23–29 апреля 2018 г. / УО «БГУИР».

– Минск, 2018. – Принято к печати.

2. Данько, Е.Ю. Обзор программного обеспечения для проектирования печатных плат / Е.Ю. Данько, И.Ю. Мыслик // материалы 54-ой науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов «Проектирование информационно-компьютерных систем», Минск, Респ. Беларусь, 23–29 апреля 2018 г. / УО «БГУИР». – Минск, 2018.

Статьи в сборниках научных трудов

3. Мыслик, И.Ю. Изготовление РЭС по технологии поверхностного монтажа / И.Ю. Мыслик, Е.Ю. Данько // материалы I Международной научной конференции «Информационно-коммуникационные технологии: достижения, проблемы, инновации» (ИКТ-2018), Полоцк, Респ. Беларусь, 14–15 июня 2018 г. / УО «ПГУ». – Полоцк, 2018. – С 208–210.

4. Данько, Е.Ю. Математическое моделирование при решении задач оптимального проектирования технических систем / Е.Ю. Данько, И.Ю. Мыслик // материалы I Международной научной конференции «Информационно-коммуникационные технологии: достижения, проблемы, инновации» (ИКТ-2018), Полоцк, Респ. Беларусь, 14–15 июня 2018 г. / УО «ПГУ». – Полоцк, 2018. – С. 146–149.

РЭЗІЮМЭ
Мыслік Ігар Юр'евич
Метады і сродкі аптымальнага праектавання
радыёэлектронных сродкаў

Ключавыя словы: метады, праектаванне, радыёэлектронныя сродкі.

Мэта працы: распрацоўка мадэляў, метадаў, праграмных сродкаў і інжынерных метадык для метадалогіі аптымальнага праектавання РЭС, якая базуецца на асноўных метадалагічных аспектах даследаванні характарыстык РЭС сродкамі матэматычнага мадэлявання і сінтэзе аптымальных праектных рашэнняў.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: навуковая навізна складаецца ў распрацоўцы метадалогіі аўтаматызаванага праектавання РЭС, у якой, у адрозненне ад вядомых, на пачатковай стадыі этапу эскізнага канструявання і на этапе тэхнічнага праектавання, зыходзячы з неабходнасці забеспячэння надзейнасці, аўтаматычна вызначаюцца аптымальныя па кошту Эры допускі на параметры, аптымальныя цеплавыя і электрычныя рэжымы Эры, а таксама асноўныя параметры элементаў сістэмы забеспячэння неабходнага цеплавога рэжыму з мінімізацыяй выдаткаў на рэалізацыю. Распрацаваная метадалогія адрозніваецца ад вядомых таксама прымяненнем метадаў комплекснага мадэлявання, многіпараметрычнай аптымізацыі і сінтэзу электронных схем і канструкцый, распрацаваных у дысертацыі.

Ступень выкарыстання: вынікі ўкаранёны ў навучальны працэс на кафедры праектавання інфармацыйна-камп'ютэрных сістэм ўстанова адукацыі «Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт інфарматыкі і радыёэлектронікі» ў навучальны курс «Фізічныя асновы праектавання радыёэлектронных сродкаў».

Вобласць ужывання: праектаванне і канструяванне РЭС.

РЕЗЮМЕ

Мыслик Игорь Юрьевич

Методы и средства оптимального проектирования радиоэлектронных средств

Ключевые слова: методы, проектирование, радиоэлектронные средства.

Цель работы: разработка моделей, методов, программных средств и инженерных методик для методологии оптимального проектирования РЭС, базирующейся на основных методологических аспектах исследования характеристик РЭС средствами математического моделирования и синтезе оптимальных проектных решений.

Полученные результаты и их новизна: научная новизна состоит в разработке методологии автоматизированного проектирования РЭС, в которой, в отличие от известных, на начальной стадии этапа эскизного конструирования и на этапе технического проектирования, исходя из необходимости обеспечения надежности, автоматически определяются оптимальные по стоимости ЭРИ допуски на параметры, оптимальные тепловые и электрические режимы ЭРИ, а также основные параметры элементов системы обеспечения необходимого теплового режима с минимизацией затрат на реализацию. Разработанная методология отличается от известных также применением методов комплексного моделирования, многопараметрической оптимизации и синтеза электронных схем и конструкций, разработанных в диссертации.

Степень использования: результаты внедрены в учебный процесс на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» в учебный курс «Физические основы проектирования радиоэлектронных средств».

Область применения: проектирование и конструирование РЭС.

SUMMARY

Myslik Igor Yurevich

Methods and means of optimal design of radio-electronic means

Keywords: methods, design, radio-electronic means.

The object of study: the development of models, methods, software tools and engineering techniques for the methodology of optimal design of RESs, based on the main methodological aspects of the study of the characteristics of RES by means of mathematical modeling and the synthesis of optimal design solutions.

The results and novelty: the scientific novelty consists in the development of the methodology for the automated design of RESs, in which, unlike the known ones, at the initial stage of the preliminary design phase and at the stage of technical design, based on the need to ensure reliability, automatically determined by the cost of ERI, the tolerances for parameters, optimal thermal and electric modes of ERI, as well as the basic parameters of the elements of the system to provide the necessary thermal regime with minimization of implementation costs. The developed methodology differs from the known ones by the application of complex modeling methods, multiparametric optimization and synthesis of electronic circuits and designs developed in the thesis.

Degree of use: the results implemented in the educational process at the department of design information and computer systems educational institution "Belarusian State University of Informatics and Radio Electronics in the training course" Physical fundamentals of the design of radio-electronic means. "

Sphere of application: design and construction of radio-electronic means.