

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

На правах рукописи

УДК 621.38:51:004.421

КУЛАКОВСКИЙ
Павел Иванович

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
СИНТЕЗА МНОГОУРОВНЕВОГО ЭЛЕКТРОМОНТАЖА
ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ**

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра техники и технологии

по специальности 1-39 81 01 Компьютерные технологии проектирования
электронных систем

Научный руководитель
ШАТАЛОВА Виктория Викторовна
кандидат технических наук

Минск 2016

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

Научный руководитель

Шаталова Виктория Викторовна,
кандидат технических наук, заместитель декана факультета компьютерного проектирования учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент

Полубок Владислав Анатольевич,
кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой микропроцессорных систем и сетей «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Защита диссертации состоится «21» января 2016 г. года в 15.00 на заседании Государственной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г. Минск, ул. П.Бровки, д. 6, 1 уч. корп., ауд. 415, тел.: 293-20-88, e-mail: kafpiks@bsuir.by .

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

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Важнейшим направлением решения задач развития экономики и повышения обороноспособности страны является разработка больших электронных систем во всех сферах деятельности. При этом главной задачей становится создание методов проектирования электронных систем. Эффективность внедрения электронных систем в значительной степени зависит от конструкторской реализации радиоэлектронных средств, которые занимают центральное место среди различных классов технических средств по наиболее широкому диапазону выполняемых функций и по объему производства. Общеизвестно, что существенные возможности повышения эффективности конструирования радиоэлектронных средств закладываются на этапе синтеза многоуровневого электромонтажа, который занимает 20 – 30 % объема электронных модулей и радиоэлектронных средств в целом и составляет до 30 % трудоемкости их производства. Создание и развитие информационной среды с использованием программного обеспечения базируется на использовании компьютеров, а это электронные системы с применением технологии электромонтажа. В производстве приборов значительное место занимают монтажные работы, включающие установку и закрепление комплектующих деталей на платы, на шасси, на основание и т.п., а также их электрическое соединение между собой. В своем развитии электромонтаж претерпевал множество изменений и совершенствовался вместе со схемотехнической, конструктивной и технологической базами создания новых поколений радиоэлектронных средств. Заниматься решением задач совершенствования многоуровневого электромонтажа, а именно выбором оптимального варианта (вида, метода, структуры, параметров) необходимо уже на ранних этапах создания базовых несущих конструкций, разработка которых существенно опережает разработку конкретных электронных модулей радиоэлектронных средств. На первый план выдвигается необходимость обеспечения требований высокой скорости и защищенности передаваемой информации, электромагнитной совместимости, нормального теплового режима, механической прочности, технологичности и, особенно, снижения сроков и стоимости разработки и производства. Исследованию этой актуальной проблемы в настоящее время не уделяется достаточного внимания.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Тщательно разработанный электромонтаж обладает высокой экономической эффективностью и надежностью, обеспечивает устойчивость работы многофункциональных радиоэлектронных средств в различных условиях. Важность повышения технико-экономической эффективности электромонтажа, в первую очередь, определяется его большим объемом, качественными и количественными показателями функционирования, и характеризуется широким спектром различных способов (видов, методов) и мест применения. В диссертации

онной работе предложен к разработке класс методов и средства анализа и синтеза электромонтажа, а также оптимизация его структуры и параметров с комплексным учетом реальных условий проектирования, подготовки производства, непосредственно производства и эксплуатации перспективных РЭС различного назначения.

Степень разработанности проблемы

Технологии многоуровневого электромонтажа претерпевали множество изменений и изменялись вместе с развитием схмотехнической, конструктивной и технологической базами новых поколений радиоэлектронных средств, а также с расширением области их внедрения. Однако проведенный в ходе исследований анализ вариантов многоуровневого электромонтажа и перспектив его развития показал, что комплексное решение задач проектирования и производства электромонтажа возможно только на основе разработки и внедрения средств и методов математического синтеза в отличие от используемого в настоящее время инженерного синтеза, реализуемого, как правило, на базе государственных и отраслевых стандартов, разработанных более 20 лет назад. Вклад внесли доктор технических наук Ланин В. Л., доктор технических наук Достанко А. П., кандидат технических наук Соболев С. Ф., кандидат технических наук Сибикин Ю. Д.

Целью исследования является разработка математического и алгоритмического обеспечения синтеза многоуровневого электромонтажа электронных систем, позволяющая повысить эффективность и усовершенствовать средства и методы структурного и параметрического электромонтажа при построении электронных систем.

Для достижения поставленной цели необходимы следующие **основные задачи**:

1. Проанализировать виды и методы электромонтажа электронных систем и выбрать наиболее перспективные для многоуровневого электромонтажа электронных систем.

2. Проанализировать математические модели синтеза многоуровневого электромонтажа электронных систем и получить совокупность статистических оценок значений множества конструктивных параметров эффективного электромонтажа электронных систем.

3. Разработать методики и алгоритмы моделирования механико-прочностного, теплофизического и электромагнитного проектирования многоуровневого электромонтажа электронных систем.

Объектом исследования являются электронные системы, методы и способы электромонтажа.

Предметом исследования является математическое и алгоритмическое обеспечение средств и методов синтеза многоуровневого электро монтажа электронных систем.

Область исследования. Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-39 81 01 «Компьютерные технологии проектирования электронных систем».

Теоретическая основа диссертации строится на результатах исследований отечественных и зарубежных ученых, специализирующихся по вопросам теории и технологии производства электро монтажа электронных систем. Для получения практических результатов использовались различные пакеты прикладного программного обеспечения.

Информационная база для проведения анализов по данной теме сформирована на основе более ранних работ и исследований в этой области, а также ресурсов Интернет.

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке комплекса математических моделей для анализа и синтеза вариантов электро монтажа электронных систем.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Перспективность комбинированного электро монтажа, так как этот метод позволяет наиболее рационально с различными комбинациями, с наибольшими возможностями и наилучшими показателями в системе «затраты-эффективность» использовать его в синтезе многоуровневого электро монтажа электронных систем.

2. Совокупность статистических оценок значений множества конструктивных параметров эффективного электро монтажа методом накрутки и перспективных вариантов комбинированного электро монтажа.

3. Комплекс разработанных методов и алгоритмов для расчета, анализа и оптимизации параметров и показателей качества перспективных вариантов электро монтажа.

Теоретическая значимость диссертации заключается в проведенных анализах перспективных видов и методов электро монтажа электронных систем и анализах математических моделей синтеза многоуровневого электро монтажа электронных систем.

Практическая значимость диссертации заключается в разработанных методиках и алгоритмах синтеза многоуровневого электро монтаж электронных систем и разработанном специальном программном обеспечении синтеза мно-

гоуровневого электромонтажа с учетом обеспечения требований проектирования, производства, эксплуатации и модернизации электронных систем.

Апробация и внедрение результатов исследования

Результаты исследований докладывались и обсуждались на следующих конференциях: 11-я Международная молодежная научно-техническая конференция «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций, РТ–2015» (Севастополь, 16-20 ноября 2015 года); 51-ая научно-техническая конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (Минск, 13-17 апреля 2015 года).

Публикации

Основные положения работы и результаты исследований, проведенных в ходе написания диссертации изложены в шести опубликованных работах общим объемом 10,0 с. (авторский объем 10,0 с.).

Структура и объем работы

Структура диссертационной работы обусловлена целью, задачами и логикой исследования. Работа состоит из введения, трёх глав и заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем диссертации – 82 страниц. Работа содержит 9 таблиц, 12 рисунков. Библиографический список включает 52 наименования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертации, раскрыт личный вклад автора в развитие исследований в области проектирования и производства электромонтажа электронных систем, изложены основные положения.

В **общей характеристике работы** сформулированы цель и задачи диссертации, показана связь с научными программами и проектами, даны сведения об объекте исследования и обоснован его выбор, представлены положения, выносимые на защиту, приведены сведения о личном вкладе соискателя, апробации результатов диссертации и их опубликованность, а также, структура и объем диссертации.

В **первой главе** на основе исследований классифицированы и охарактеризованы современные способы многоуровневого электромонтажа электронных систем, а также проведен сравнительный анализ перспективных способов многоуровневого электромонтажа. Обоснованно, что электромонтаж занимает одно из ведущих положений при создании высокоэффективных многофункциональных и многоуровневых радиоэлектронных средств различного назначения и широкого диапазона условий эксплуатации. Это относится к проектированию, подготовке производства, непосредственно производству и эксплуатации радиоэлектронных средств. Необходимость рентабельного решения задач создания новых поколений радиоэлектронных средств влечет за собой поиск и реализацию новых методов и средств производства электромонтажа. Необходи-

димось в обосновании принимаемых при создании электромонтажа решений для реализации требований, а также в ускорении темпов и снижении стоимости разработки и изготовления радиоэлектронных средств определяет актуальность комплексного подхода при синтезе электромонтажа. В ходе проведенного анализа и сравнения различных видов электромонтажа определено, что наибольшими возможностями и наилучшими показателями в системе «затраты – эффективность» обладает комбинированный электромонтаж, так как в сложной структуре построения РЭС позволяет наиболее рационально с различными комбинациями строить электромонтаж, используя преимущества и учитывая недостатки составляющих видов. Определено, что наиболее перспективными видами являются: жгутовой электромонтаж пайкой, электромонтаж отдельными проводниками накруткой, электромонтаж пайкой и врезанием, пайкой и прижимом, кроссплатами пайкой и комбинированный электромонтаж

Во **второй главе** установлено, что главным действующим фактором, определяющим специфику проблемы синтеза перспективных вариантов электромонтажа радиоэлектронных средств, выступает необходимость снижения трудоемкости производства электромонтажа, а существенным требованием, предъявляемым к электромонтажу, является реализация высокого уровня миниатюризации и, следовательно, увеличения плотности компоновки радиоэлектронных средств при одновременном обеспечении надежности в различных условиях эксплуатации. Математически реализована концепция оптимизации перспективных вариантов электромонтажа. Разработан комплекс математических моделей для расчета, анализа, оптимизации и прогнозирования стоимостных показателей перспективных вариантов электромонтажа радиоэлектронных средств различного назначения. Получена совокупность статистических оценок значений множества конструктивных параметров эффективного электромонтажа методом накрутки и перспективных вариантов комбинированного электромонтажа (количества соединителей, количества перемычек в соединительных кабелях, количества шин питания и заземления, количества контактов на кроссплатах и многих других), которые включены в математическую постановку задач синтеза электромонтажа РЭС как сложных систем. Приведены важнейшие статистические зависимости для различных конструктивных параметров наиболее применяемых и эффективных вариантов электромонтажа:

$$R = [2,5 + 0,06 N];$$

$$D_1 = [22,7 + 0,39 N];$$

$$K = [0,3 + 0,06 N];$$

$$D_2 = [15,4 + 0,27 N];$$

$$S = [1,1 + 0,02 N];$$

$$T = [115 + 1,12 N];$$

где R – количество соединителей;

K – количество перемычек в соединительных кабелях;

S – количество шин питания и заземления;

D_1 (D_2) – количество цепей между кроссплатами одноэтажных (соответственно многоэтажных) кассет и шинами питания и заземления;

- T – количество контактов на кроссплатах;
 N – общее количество электрических цепей межблочных соединений;
[] – обозначает выбор большего целого числа.

На основе проведенных исследований цифровых радиоэлектронных средств различного назначения получены данные для расчета, анализа, оптимизации и прогнозирования трудоемкости проектирования, подготовки производства и производства электромонтажа.

В **третьей главе** предложена методика выбора вариантов наиболее сложного межблочного электромонтажа многоуровневых РЭС по критерию стоимости (трудоемкости) его производства. Также разработан комплекс методик и алгоритмов расчета, анализа и синтеза перспективных вариантов электромонтажа радиоэлектронных средств, пригодных для решения задач оптимального проектирования и производства электромонтажа радиоэлектронных средств при построении. Разработана общая методика для расчета полной трудоемкости производства наиболее сложных и перспективных вариантов электромонтажа многоуровневых радиоэлектронных средств. Разработаны методика и алгоритмы для расчета и оптимизации длин и диаметров жгутов, прокладываемых в кабельных каналах базовых несущих конструкций многоуровневых радиоэлектронных средств. Предлагаемые методика и алгоритмы с учетом обеспечения требований механической прочности, нормального теплового режима и электромагнитной совместимости позволяют определять номенклатуру и координаты размещения элементов крепления и экранирования многоуровневого межблочного электромонтажа радиоэлектронных средств. Разработка и выбор комплекса математических моделей и алгоритмов для расчета, анализа и оптимизации электромонтажа с учетом всех требований послужили основанием для построения обобщенного алгоритма синтеза электромонтажа. Актуальность и необходимость комплексного решения задач механико-прочностного расчета и анализа показателей качества электромонтажа для модуля любого уровня структурной иерархии РЭС и совокупности этих модулей при возможных способах их защиты от механических воздействий, а также проведенные исследования по обеспечению механической прочности и устойчивости БНК и РЭС послужили основанием для разработки общесистемного алгоритма механико-прочностного проектирования электромонтажа. В результате механико-прочностного проектирования, в зависимости от заданной совокупности внешних механических воздействий, выбираются наиболее эффективные способы (подсистемы) защиты электромонтажа для модулей всех уровней структурной иерархии системы БНК и РЭС в целом. Автоматизация процессов механико-прочностного проектирования электромонтажа для синтеза его оптимальных вариантов при создании унифицированной системы БНК и перспективных РЭС различного назначения осуществляется с применением диалогового и пакетного режимов работы, а также с использованием существующих и специально разработанных математических моделей, алгоритмов и программных средств, обеспечивающих формирование необходимых баз данных и структур для всех функциональных подсистем механико-прочностного проектирования. Сове-

менные РЭС любого назначения относятся к сложным системам, процесс создания которых характеризуется высокой размерностью задач, наличием большого числа возможных вариантов решения, необходимостью решения задач с учетом разнообразных и противоречивых влияющих факторов. При этом процесс теплофизического проектирования РЭС как сложных систем, обеспечивающих нормальный тепловой режим ИЭТ, электромонтажных изделий и ЭМ всех уровней структурной иерархии, является одним из важнейших при создании РЭС. Расчет и анализ тепловых режимов выбираемых вариантов электромонтажа неразрывно связаны с теплофизическим проектированием РЭС и в зависимости от постановки задач, оговоренных в техническом задании, могут осуществляться по нисходящему принципу с разных структурных уровней и с применением специализированных частных и централизованных баз данных. При этом решение поставленных задач обеспечивается возможностью использования автоматического и автоинтерактивного режимов работы. Общесистемный алгоритм расчета и анализа тепловых режимов вариантов электромонтажа в составе ЭМ различного уровня иерархии РЭС используется при решении задач структурного и параметрического синтеза электромонтажа, а также при разработке систем РЭС, компоновемых на основе БНК. Разработка электромонтажа, обеспечивающего электромагнитную совместимость РЭС в целом, является общесистемной задачей, обладающей высокой сложностью и размерностью в связи с использованием при создании РЭС множества видов и методов электромонтажа, а также вариантов его конструктивно-технологического исполнения. Поэтому возникает необходимость в поиске или разработке пригодных для автоматизации математических моделей и алгоритмов на их основе, которые могли бы обеспечить требования электромагнитной совместимости РЭС. Главное достоинство разработанного обобщенного алгоритма синтеза заключается в возможности определения множества оптимальных размеров, материалов и геометрических форм перспективных конструктивно-технологических вариантов исполнения электромонтажа, а также способов обеспечения их электромагнитной совместимости, механической прочности и нормального теплового режима. Однако непосредственное решение сформулированных задач оптимального варианта синтеза электромонтажа связано со значительными математическими и вычислительными трудностями из-за большой их размерности, сложности и разнохарактерности математических моделей, связывающих показатели и параметры трудоемкости, тепловых режимов, механической прочности, электромагнитной совместимости и других. Общий принцип действия алгоритма синтеза электромонтажа заключается в том, что сначала на основании исходных данных о радиоэлектронном средстве задаются возможные варианты электромонтажа с определенной структурой и набором параметров. Затем происходит проверка синтезированной системы электромонтажа на соответствие сделанного выбора экономическим, прочностным, теплофизическим и другим критериям и ограничениям. При удовлетворении всему комплексу требований вариант фиксируется как возможный. Так происходит до тех пор, пока не будут рассчитаны все варианты структур элек-

тромонтажа и сочетаний его параметров. В случае нарушения каких-либо ограничений синтеза происходит отсечение заведомо худшей области параметров и область возможных состояний сужается. В итоге из совокупности найденных приемлемых вариантов выбирается оптимальный, который соответствует минимальному значению требованию исходных данных, установленных техническим заданием. Синтез параметров ведется в автоматическом режиме. На основе полученных геометрических размеров и данных о возможных внутренних и внешних воздействиях проводятся достаточно сложные процедуры расчета тепловых режимов, механической прочности, электромагнитной совместимости, а также других условий. К головному модулю с помощью разработанных алгоритмических процедур подключается все множество модулей обобщенного алгоритма, обеспечивающих комплексное решение задачи синтеза электромонтажа. Основными исходными данными для решения задач головного модуля обобщенного алгоритма являются: стоимость материалов, комплектующих изделий и технологических операций каждого из рассматриваемых вариантов электромонтажа. Эти исходные параметры, как правило, вводятся пользователем из базы данных, которая по мере развития техники и технологии должна пополняться и изменяться. В качестве исходных задаются также следующие данные: минимальное количество цепей, при котором начинается расчет и построение графиков зависимостей стоимости и трудоемкости электромонтажа; дискретность приращения количества цепей; максимальное количество цепей, при котором заканчивается расчет и построение графиков. Представленные в этой главе методики и алгоритмы также позволяют производить сравнительную оценку технико-экономического уровня разработки электромонтажа созданных радиоэлектронных средств и прогнозировать необходимость внедрения новых вариантов электромонтажа при изменении схмотехнических, конструктивных и технологических условий проектирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В ходе проведенного анализа и сравнения различных видов электромонтажа определено, что наибольшими возможностями и наилучшими показателями в системе «затраты – эффективность» обладает комбинированный электромонтаж, так как в сложной структуре построения РЭС позволяет наиболее рационально с различными комбинациями строить электромонтаж, используя преимущества и учитывая недостатки составляющих видов. Определено, что наиболее перспективными видами являются: жгутовой электромонтаж пайкой, электромонтаж отдельными проводниками накруткой, электромонтаж ЛК пайкой и врезанием, ГПК пайкой и прижимом, кроссплатами пайкой и комбинированный электромонтаж.

2. Получена совокупность статистических оценок значений множества конструктивных параметров эффективного электромонтажа методом накрутки и перспективных вариантов комбинированного электромонтажа (количества соединителей, количества перемычек в соединительных кабелях, ко-

личества шин питания и заземления, количества контактов на кроссплатах и многих других), которые включены в математическую постановку задач синтеза электромонтажа РЭС как сложных систем. Приведены важнейшие статистические зависимости для различных конструктивных параметров наиболее применяемых и эффективных вариантов электромонтажа:

$$\begin{aligned} R &= [2,5 + 0,06 N]; & D_1 &= [22,7 + 0,39 N]; \\ K &= [0,3 + 0,06 N]; & D_2 &= [15,4 + 0,27 N]; \\ S &= [1,1 + 0,02 N]; & T &= [115 + 1,12 N] \end{aligned}$$

где R – количество соединителей;
 K – количество перемычек в соединительных кабелях;
 S – количество шин питания и заземления;
 $D_1, (D_2)$ – количество цепей между кроссплатами одноэтажных (соответственно многоэтажных) кассет и шинами питания и заземления;
 T – количество контактов на кроссплатах;
 N – общее количество электрических цепей межблочных соединений;
[] – обозначает выбор большего целого числа.

3. Разработаны общесистемные алгоритмы моделирования механико-прочностного, теплофизического и электромагнитного проектирования многоуровневого электромонтажа, обеспечивающие его качественное функционирование в условиях внешних динамических воздействий в виде вибраций и ударов; температурных перегревов; емкостных и индуктивных паразитных связей; временнзатдержки распространения информационного сигнала и многих других.

Практические результаты работы подтвердили эффективность разработанных методов и средств математического синтеза вариантов электромонтажа.

Результаты работы рекомендуется использовать в НИОКР ведущих предприятий промышленности, занимающихся созданием новых поколений электронных систем различного назначения.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1-А. Кулаковский, П. И. Модули для разработки объемного электромонтажа в Pro/ENGINEER / П.И. Кулаковский // 51-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 13-17 апреля 2015 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2015. – С. 217.

2-А. Кулаковский, П. И. Методики расчета стоимостей производства электромонтажа / П.И. Кулаковский // 11-я Международная молодёжная научно-техническая конференция «Современные проблемы радиотехники и теле-

коммуникаций РТ-2015», 16 — 20 ноября 2015 г., Севастополь, Российская Федерация / СевНТУ – Севастополь, 2015. – С. 71.

3-А. Кулаковский, П. И. Анализ видов технологии объемного электро-монтажа / П.И. Кулаковский // 51-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 13-17 апреля 2015 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2015. – С. 305.

4-А. Кулаковский, П. И. Анализ перспективных видов электро-монтажа / П.И. Кулаковский // 51-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 13-17 апреля 2015 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2015. – С. 306.

5-А. Кулаковский, П. И. Обобщенный алгоритм синтеза электро-монтажа / П.И. Кулаковский // 51-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 13-17 апреля 2015 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2015. – С. 309.

6-А. Кулаковский, П. И. Анализ трудоемкости производства внутри-блочного электро-монтажа / П.И. Кулаковский // 51-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 13-17 апреля 2015 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2015. – С. 308.

РЭЗІЮМЭ

Кулакоўскі Павел Іванавіч

Матэматычнае і алгарытмічнае забеспячэнне сінтэзу шматузроўневага электрамонтажу электронных сістэм

Ключавыя словы: электрамонтаж, друкаваная плата, джгуты, кабелі, электронныя сістэмы, радыёэлектронныя сродкі.

Мэтароботы: распрацоўка матэматычнага і алгарытмічнага забеспячэння сінтэзу шматузроўневага электрамонтажу электронных сістэм, што дазваляе павялічыць эфектыўнасць і ўдасканаліць сродкі і метады структурнага і параметрычнага электрамонтажу пры пабудовы электронных сістэм.

Атрыманя вынікі і іх навізна: у дысертацыйнай працы распрацаваны метадыкі і алгарытмы сінтэзу шматузроўневага электрамонтажа электронных сістэм і распрацавана адмысловае праграмае забеспячэнне сінтэзу шматузроўневага электрамонтажу з улікам забеспячэння вымогаў праектавання, вытворчасці, эксплуатацыі і мадэрнізацыі электронных сістэм. Прааналізаваны перспектыўныя выглядзі і метады электрамонтажу электронных сістэм. Прааналізаваны матэматычныя мадэлі сінтэзу шматузроўневага электрамонтажу электронных сістэм.

Ступень выкарыстання: вынікі ўкаранёныя ў навучальны працэс кафедры праектавання і інфармацыйна-кампутарных сістэм установы адукацыі «Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт інфарматыкі і радыёэлектронікі».

Вобласць ужывання: праектаванне і вытворчасць радыёэлектронных сродкаў.

РЕЗЮМЕ

Кулаковский Павел Иванович

Математическое и алгоритмическое обеспечение синтеза многоуровневого электромонтажа электронных систем

Ключевые слова: электромонтаж, печатная плата, жгуты, кабели, электронные системы, радиоэлектронные средства.

Цель работы: разработка математического и алгоритмического обеспечения синтеза многоуровневого электромонтажа электронных систем, позволяющая повысить эффективность и усовершенствовать средства и методы структурного и параметрического электромонтажа при построении электронных систем.

Полученные результаты и их новизна: в диссертационной работе разработаны методики и алгоритмы синтеза многоуровневого электромонтажа электронных систем и разработано специальное программное обеспечение синтеза многоуровневого электромонтажа с учетом обеспечения требований проектирования, производства, эксплуатации и модернизации электронных систем. Проанализированы перспективные виды и методы электромонтажа электронных систем. Проанализированы математические модели синтеза многоуровневого электромонтажа электронных систем.

Степень использования: результаты внедрены в учебный процесс кафедры проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Область применения: проектирование и производство радиоэлектронных средств.

SUMMARY

Kulakouski Pavel

Mathematical and algorithmic ensuring synthesis of multilevel wiring of electronic systems

Keywords: wiring, printed-circuit board, plaits, cables, electronic systems, radio-electronic means.

The object of study: the development of mathematical and algorithmic ensuring synthesis of multilevel wiring of electronic systems allowing to increase efficiency and to improve means and methods of structural and parametrical wiring at creation of electronic systems.

The results and novelty: in dissertation work techniques and synthesis algorithms multilevel wiring of electronic systems are developed and the special software of synthesis of multilevel wiring taking into account providing requirements of design, production, operation and modernization of electronic systems is developed. Perspective types and methods of wiring of electronic systems are analyzed. Mathematical models of synthesis of multilevel wiring of electronic systems are analyzed.

Degree of use: results are introduced in educational process of chair of design of information and computer systems of establishment of education "The Belarusian state university of informatics and radio electronics".

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