

ОТЗЫВ

официального оппонента Кофанова Ю.Н. на диссертацию
Озеркина Д.В. «Модели, алгоритмы и комплекс программ анализа
и синтеза характеристик термостабильной РЭА»,
представленную на соискание ученой степени
доктора технических наук по специальности
1.2.2 «Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ»

Актуальность избранной темы. Диссертационная работа Д.В. Озеркина посвящена актуальной научной проблеме, а именно, температурной стабильности радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) специального назначения, включая способы обеспечения термостабилизации. При этом автор работы при разработке моделей и алгоритмов, а также комплекса программ компьютерного моделирования РЭА рассмотрел довольно широкий температурный диапазон от минус 55 до плюс 125 °С с гарантией низкой температурной погрешности выходных параметров аппаратуры.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. В диссертации убедительно показано, что применение новой элементной базы и конструктивных материалов, а также внедрение новых технологических операций приводят к существенному уменьшению массы и объема РЭА, что в целом положительно отражается на главных эксплуатационных, конструкторско-технологических и экономических показателях. Но вместе с тем, в работе справедливо указано, что в настоящее время в число важных новых научных задач вошли численные методы математического моделирования температурной стабильности аппаратуры, как раз связанные с увеличением плотности компоновки новых микроселектронных электрорадиоизделий (ЭРИ), т.к. это приводит к концентрации их удельных рассеиваемых мощностей, взаимной корреляции параметров, сложный механизм теплообмена и пр. Отечественные производители ЭРИ не

сопровождает выпускаемую ими продукцию разработкой соответствующих математических моделей, в частности – разработкой SPICE-моделей активных компонентов. Поэтому до сих пор насущной становится также задача разработки нового комплекса программ и его совершенствования для автоматизации создания и применения математических моделей отечественных ЭРИ с температурной зависимостью параметров. В связи с этим следует отметить, что автором диссертационной работы в целом хорошо обоснованы научные положения, сделаны нужные выводы и рекомендации, проведено комплексное теоретическое и экспериментальное исследование, раскрывающее детали создания моделей, алгоритмов и методов достижения температурной стабильности при проектировании РЭА. Это представляет несомненный интерес для дальнейшего развития прикладных научных исследований на современном этапе конструирования сложных электронных средств.

Теоретическая и практическая значимость. Особо стоит отметить, что предложенный модифицированный метод регрессионного анализа отличается от классического нормированным представлением полинома, что позволяет дать рекомендации по структурно-компонентному улучшению температурной стабильности системы. Модифицированный метод предназначен для обеспечения заданной температурной стабильности и выбора конкретного метода термостабилизации при проектировании РЭА. Предложены модифицированные вычислительные программные блоки и методики для численного нахождения значений температурного поля несущих конструкций РЭА, отличающиеся обоснованным выбором конкретного варианта реализации в зависимости от размерности исходной задачи. Кроме того, в диссертации проведена оценка значения относительной погрешности значений термозависимых характеристик, получаемых путём моделирования, по сравнению с результатами физического эксперимента.

Практическая значимость проведённой работы заключается в том, что разработанный программный комплекс «Российский компонент» для

генерации SPICE-моделей, реализованный на скриптовом языке высокого уровня TCL/Tk, позволяет осуществлять взаимодействие как с пользовательским интерфейсом схемного редактора программного комплекса OrCAD Capture, так и с базой данных проектов в OrCAD. Отличительной особенностью программного комплекса является возможность синтеза всех возможных вариантов SPICE-моделей по отношению к существующему семейству прототипов ЭРИ. Разработанная методика синтеза математических моделей ЭРИ в формате SPICE позволяет получать адекватные, с точки зрения температурной зависимости их параметров, математические модели: дискретных двухтерминальных, дискретных многотерминальных и интегральных многотерминальных ЭРИ.

Достоверность и новизна. Достоверность полученных результатов не вызывает сомнения благодаря соответствия изложенных теоретических положений и проведённых экспериментальных работ.

Новизна диссертации видна в том, что впервые показана пригодность уравнения температурной погрешности для вывода аналитических выражений с целью нахождения первичных параметров микротермостата. Для метода топологической термокомпенсации автором впервые введено понятие локальной группы компонентов при исследовании непрерывной области решения уравнения теплопроводности. Модифицированный метод на основе локальных групп отличается применимостью к анизотропным тепловым полям и позволяет рационально использовать явление термокомпенсации рабочих температур компонентов для увеличения температурной стабильности РЭА.

Оценка содержания диссертации, ее завершенность. Содержание диссертации отвечает паспорту научной специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а именно, в части:

- разработки новых математических методов и алгоритмов интерпретации натурального эксперимента на основе его математической

модели» (п. 4);

- обоснования и тестирования эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий (п. 2);

- исследования математических моделей (п. 7);

- разработки новых математических методов и алгоритмов валидации математических моделей объектов на основе натурального эксперимента и на основе анализа математических моделей (п. 5).

Диссертация Озеркина Д.В. представляет собой самостоятельное и завершенное научное исследование, которое вносит несомненный вклад в современные исследования температурной стабильности РЭА.

Достоинства и недостатки. К достоинствам представленного диссертационного исследования следует отнести применение современных информационных технологий для решения проблемы расчета электрических допусков и погрешностей РЭА. При этом следует заметить, что исследователи, которые работают в радиоэлектронике, вынуждены проводить расчет электрических допусков и погрешностей РЭА общедоступной программой Statistika. При этом приходится выполнять достаточно объемные подготовительные работы. Автор диссертации разработал новый подход в виде специализированных математических моделей, численных методов и комплекса программ для автоматизированного анализа и синтеза характеристик термостабильной РЭА.

В качестве недостатков диссертационной работы следует отметить следующее.

1. В диссертации рассматривается термостабильность РЭА с одним выходным параметром N . На практике любая РЭА обычно характеризуется несколькими выходными параметрами и характеристиками.

2. Встречающиеся в тексте диссертации словосочетания «температурная **стабильность электронных средств**» являются не совсем корректными, поскольку в диссертации рассматривается температурная **стабильность одного выходного напряжения** и при этом одновременные стабильности

других выходных параметров и характеристик электронных средств остаются неизвестными.

3. В заголовке диссертации фигурирует термин «**радиоэлектронная аппаратура**», а в тексте диссертации автор очень часто неправомерно заменяет его термином «электронные средства». Отсутствие приставки «радио», на мой взгляд, сужает применимость выводов диссертационной работы.

4. В диссертационной работе автор в явном виде не указал, какие именно методы проектного синтеза характеристик термостабильной РЭА он использовал.

5. В главе 1 в блоке «Практическая ценность работы» в пункте 1 допущена тавтология, а именно, написано: «...методика синтеза адекватных математических моделей ... позволяет получать адекватные ... математические модели». В других местах диссертации также встречаются длинные предложения и фразы, смысл которых бывает трудно сразу понять.

6. В главе 2 при рассмотрении уравнения температурной погрешности мало уделено внимания случаям, когда нужно учитывать слагаемые со смешанными коэффициентами влияния двух разных параметров и с коэффициентами второго порядка.

Указанные недостатки не носят принципиального характера, не влияют на корректность сделанных выводов и не снижают высокую оценку диссертационной работы.

Соответствие автореферата основному содержанию диссертации. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации и позволяет достоверно судить о качестве работы в целом.

Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011. Оформление диссертационного исследования, а также автореферат Озеркина Д.В. соответствует требованиям российских стандартов, в частности ГОСТ Р 7.0.11-2011. Диссертация содержит незначительное количество синтаксических и стилистических ошибок.

Заключение о соответствии диссертации требуемым критериям.

Диссертация Озеркина Д.В. написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

Основные научные результаты диссертации Озеркина Д.В. по частям полностью опубликованы в рецензируемых научных изданиях, либо входящих в перечень ВАК, либо индексируемых базами данных Scopus.

Результаты выполненных исследований отражены: в 2 монографиях; в 35 научных работах, в том числе 11 публикациях в изданиях, входящих в перечень ВАК; в 4 статьях в изданиях Scopus; в 5 патентах на изобретения и полезные модели; в 1 свидетельстве о регистрации программы для ЭВМ. Результаты диссертации также внедрены при выполнении ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2014-2020 годы» по теме «Разработка прототипов передовых технологических решений роботизированного интеллектуального производства электронной компонентной базы и энергоэффективных световых устройств»; ФЦП 32/17 «Создание отечественных электрооптических модуляторов на основе квантово-размерного эффекта Штарка для высокоскоростных 400 Гбит/с волоконно-оптических систем передачи информации»; НИОКР 38/09 «Проведение вычислительного моделирования модулей на основе низкотемпературной совместно-обжигаемой керамики для бортовой РЭА»; НИОКР 95/10 «Разработка моделей и методик исследования унифицированных электронных модулей систем управления и электропитания перспективных космических аппаратов».

Представленная диссертация имеет корректные ссылки на авторов заимствованных материалов. В первой главе диссертации автор перечисляет публикации по теме, выполненные соискателем ученой степени лично, а также в соавторстве.

Диссертация Озеркина Д.В. представляет собой научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как новые научно-обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны. Это соответствует п. 9 «Положение о присуждении ученых степеней».

Диссертационная работа «Модели, алгоритмы и комплекс программ анализа и синтеза характеристик термостабильной РЭА» представляет собой законченное исследование, обладающее научной новизной и имеющее теоретическую и практическую ценность. Диссертация удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям (Положение о порядке присуждения учёных степеней), а её автор – Озеркин Денис Витальевич – заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент —
доктор технических наук, профессор,
профессор-исследователь Департамента электронной инженерии
Московского института электроники и математики
им. А.Н. Тихонова НИУ ВШЭ
Кофанов Юрий Николаевич

Кофанов Ю.Н.

Почтовый адрес – 123458 Москва, Таллинская ул., 34, МИЭМ НИУ ВШЭ;
телефон – 8-926-344-30-40; адрес электронной почты ykofanov@hse.ru

Подпись заверяю

06. 05. 2024

СПЕЦИАЛИСТ
ПО ПЕРСОНАЛУ

С.В. ПРОХОРОВА

