

УТВЕРЖДАЮ:



Проректор по НРИИ ТУСУР

канд. техн. наук, доцент

А.Г. Лоцилов

«19»

10

2022 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР) по результатам представления диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук

Диссертация «Автоматизированная система управления для тестирования радиоэлектронных средств на температурные воздействия» выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

В период подготовки диссертации соискатель Осинцев Артем Викторович очно обучался в аспирантуре ТУСУРа, работал в научно исследовательской лаборатории «Безопасность и электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств» (НИЛ «БЭМС РЭС») кафедры ТУ ТУСУР на должности младшего научного сотрудника.

В 2021 г. окончил ТУСУР по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами». Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2021 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

Научный руководитель – Комнатнов Максим Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент кафедры телевидения и управления (ТУ) ТУСУР.

По итогам обсуждения доклада по результатам научного исследования А.В. Осинцева принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы:

Диссертация Осинцева Артема Викторовича является завершённой научно-квалификационной работой, в которой изложены результаты экспериментальных исследований, направленных на решение научно-технической задачи автоматизации контроля и управления процессом тестирования радиоэлектронных средств на температурные воздействия. Результаты, полученные в ходе выполнения диссертационных исследований, имеют важное значение для развития производственных процессов в области диагностики РЭА при совместном климатическом и электромагнитном воздействии, изложены новые технические решения в области разработки автоматизированных систем научных исследований.

Актуальность диссертационной работы

Характеристики радиоэлектронных средств (РЭС) могут значительно зависеть от реальных условий их эксплуатации, в т.ч. от внешних климатических условий (температура и влажность воздуха, атмосферное давление). В этой связи, одним из этапов производства электронной компонентной базы (ЭКБ) является их испытание на климатические воздействия в специальных климатических камерах, для установления отклонений их параметров от номинальных значений. Как правило, для этих целей применяются климатические камеры. Кроме того ЭКБ испытывают на соответствие требованиям нормативных документов по электромагнитной совместимости (ЭМС) для обеспечения их работоспособности в составе РЭС. Например, измерения помехоэмиссии и помехоустойчивости интегральных схем (ИС), являющиеся неотъемлемой частью современных РЭС, проводят с использованием камер поперечных электромагнитных волн (ТЕМ-камер). При этом гибридизация климатической камеры и ТЕМ-камеры позволит проводить исследования и испытания ЭКБ, в том числе ИС, на совместные климатические и электромагнитные воздействия. Автоматизированная система управления (АСУ) процессом измерения помехоэмиссии и помехоустойчивости ИС при климатическом воздействии, будет способствовать развитию микроэлектроники, миниатюризации ЭКБ и РЭС, а также развитию новых методов и алгоритмов в области проектирования АСУ климатическими системами.

Развитие методов и алгоритмов АСУ с использованием камеры для совместных климатических и электромагнитных воздействий, позволит создавать модели компонентов РЭС, с учетом их климатических параметров. Для этого целесообразно создание климатической экранированной камеры для измерения помехоэмиссии и помехоустойчивости ЭКБ при заданном климатическом воздействии. С её помощью можно будет проводить исследования ЭКБ и создавать их универсальные математические модели.

Разработка аппаратно-программных средств системы управления КЭК, позволяющей регулировать температуру и влажность воздуха внутри замкнутого, геометрически сложного металлического испытательного контейнера в виде ТЕМ-камеры, без внесения внутрь его термоэлектрических преобразователей, является актуальной задачей. Это позволит, не изменяя параметров электромагнитного воздействия, эффективно поддерживать заданную температуру и влажность воздуха внутри ТЕМ-камеры.

В соответствии с приказом №96 от 01.04.2015 Минкомсвязи России «Об утверждении плана импортозамещения программного обеспечения» разработка отечественной АСУ для комплексного анализа работы РЭС при совместном климатическом и электромагнитном воздействии является актуальной задачей.

Научная новизна диссертационной работы

1. Впервые разработана система автоматизированного контроля и управления температуры поверхности камеры поперечной электромагнитной волны. (Патент на изобретение).

2. Предложен новый способ управления синхронизацией группы микроконтроллеров, в том числе разнотипных, отличающийся использованием внешнего тактового генератора синхроимпульсов и их подсчетом каждым микроконтроллером независимо от тактовой частоты каждого из них. (Патент на изобретение).

3. Предложен способ контроля и регулирования температуры поверхности камеры поперечных электромагнитных волн, отличающийся многофазностью управления электропитанием расположенных на ней термоэлектрических преобразователей.

4. Разработаны методы автоматизированного тестирования блоков микроконтроллера и исправления ошибок в его энергонезависимой памяти, отличающиеся использованием аппаратных блоков при вычислении контрольной суммы области памяти, содержащей ошибку, и карты адресов памяти.

Практическая значимость работы

1. Модели процессов автоматизации контроля и регулирования температуры климатической камеры и основанные на них алгоритмы и ПО внедрены в ФГБУЗ НКЦ ФМБА России, ООО «Инфоматикс», а также АО «ИСС» в рамках создания экранирующих конструкций элементов силовой шины электропитания космического аппарата и устройств, входящих в состав аппаратно-программного комплекса для её испытаний (3 акта внедрения).

2. Методы и алгоритмы контроля климатической системы, а также методы восстановления после сбоя и алгоритмы программной защиты микроконтроллера, разработаны и внедрены в ФГБУЗ НКЦ ФМБА России в рамках создания аппаратно-программного комплекса для мониторинга температуры промышленного холодильного оборудования.

3. Метод, позволяющий выявлять и исправлять сбои в работе микроконтроллеров посредством анализа памяти и аппаратного или программного резервирования их блоков, основанные на нем алгоритмы и ПО внедрены в ФГБУЗ НКЦ ФМБА России и ООО «Инфоматикс».

4. Методы и алгоритмы контроля и диагностики аппаратных блоков вычислительных устройств, основанные на них алгоритмы и ПО внедрены в ООО «Инфоматикс» и учебный процесс ФГБОУ ВО «ТУСУР» (акт внедрения).

5. Разработан универсальный способ синхронизации микроконтроллеров, позволяющий обеспечивать её без существенных изменений в электрической схеме РЭС.

6. Показана возможность использования многофазного управления группой термоэлектрических преобразователей на основе эффекта Пельтье, для контроля и удержания заданной температуры поверхности ТЕМ-камеры.

Личный вклад автора заключается в разработке моделей, методов, способов управления и их программной реализации для синхронизации группы вычислительных устройств, автоматизированной системы управления электропитанием термоэлектрическими преобразователями, а также диагностики и тестирования элементов и устройств климатической экранированной камеры. Постановка цели и задач исследования, обработка и интерпретация результатов выполнены совместно с научным руководителем. Разработка аппаратной части КЭЖ выполнена совместно с Собко А.А. Отдельные результаты получены совместно с соавторами публикаций.

Достоверность и обоснованность подтверждена корректным использованием унифицированного языка моделирования и теории управления, согласованностью результатов измерений и моделирования на основе численного и аналитических методов, применением поверенного современного измерительного оборудования, совпадением экспериментальных результатов, полученных с применением разных методик, апробацией теоретических и экспериментальных результатов на конференциях, публикацией статей в рецензируемых журналах, наличием патентов на изобретение, внедрением результатов работы.

Соответствие содержания диссертации избранной специальности

Диссертационная работа Осинцева Артема Викторовича по своему содержанию соответствует п. 6 «Методы совместного проектирования организационно-технологических

распределенных комплексов и систем управления ими», п.11. Методы контроля, обеспечения достоверности, защиты и резервирования информационного и программного обеспечения АСУТП, АСУП, АСПП и др. и п. 17 «Разработка автоматизированных систем научных исследований», паспорта специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Полнота изложенных материалов диссертации в печатных работах, опубликованных автором.

Публикации автора полностью отражают содержимое диссертационного исследования. Общее количество научных работ по теме исследования 40, из них 4 публикации в журналах, рекомендованных ВАК, 8 докладов в трудах конференций индексируемых в Scopus и Web of Science, 19 докладов в сборниках научных трудов и конференций, 2 тезисов в трудах научно-технической конференции. Получено 3 патента на изобретение и 4 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Список основных работ, опубликованных по теме диссертации:

1. **Осинцев А.В.** Объектно-ориентированный анализ алгоритма управления и проектирование архитектуры программного обеспечения для климатической экранированной ТЕМ-камеры / **А.В. Осинцев**, М.Е. Комнатнов / Доклады ТУСУР. – 2019. – Т. 22, № 2. – С. 83–89.

2. **Осинцев А.В.** Метод выявления и исправления ошибок данных в памяти микроконтроллера на основе аппаратного подсчета контрольной суммы / **А.В. Осинцев**, М.Е. Комнатнов // Доклады ТУСУР. – 2022. – Т. 25, № 1. – С. 70–78.

3. Собко А.А. Способ синхронизации группы разнотипных микроконтроллеров с управлением временем синхронной работы / А.А. Собко, **А.В. Осинцев**, М.Е. Комнатнов, Т.Р. Газизов // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – №3. – С. 51–63.

4. Собко А.А. Методика управления группой элементов Пельтье посредством реверсивных преобразователей с дополнительным ключом управления электропитанием для климатической ТЕМ-камеры / А.А. Собко, **А.В. Осинцев**, М.Е. Комнатнов, Т.Р. Газизов // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – №4. – С. 323–341.

Публикации в периодических изданиях, включенных в базу Scopus:

5. **Osintsev A.V.** Temperature Controller for External Surface of Waveguide / **A.V. Osintsev**, A.A. Sobko, M.E. Komnatnov // International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON 2016), May 12–14, 2016, Moscow, Russia, P. 1–4.

6. **Osintsev A.V.** Multiphase power supply when inverting currents for group of Peltier elements / **A.V. Osintsev**, A.A. Sobko, M.E. Komnatnov // Journal of physics: conference series [Electronic resources]. 2018. – Vol. 1015, No. 5. – P. 1–6.

7. **Osintsev A.V.** Method for synchronizing a group of heterogeneous microcontrollers with time control of synchronous work // **A.V. Osintsev**, A.A. Sobko, M.E. Komnatnov / Proc. of IEEE 2017 International multi-conference on engineering, computer and information sciences. – Novosibirsk. – 2017. – P. 305–308.

8. **Osintsev A.V.** Diagnostic Service by Means of a Real-Time Operating System for Environmental Shielded TEM-chamber // **A.V. Osintsev**, A.A. Sobko, M.E. Komnatnov, M.P. Sukhorukov, Y.A. Shinyakov / Proc. of IEEE 2017 International multi-conference on engineering, computer and information sciences. – Novosibirsk. – 2017. – P. 301–304.

9. **Osintsev A.V.** Software under control of a real-time operating system for environmental shielded TEM-chamber // **A.V. Osintsev**, A.A. Sobko, M.E. Komnatnov / 17th International

Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices. – 2016. – P. 159–163.

10. Dubreuil V. Designing Multiple PID Controllers Based on an FPGA for Controlling the Temperature of TEM-cell Surfaces // V. Dubreuil, **A.V. Osintsev** / 2019 International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON). – P. 1–5.

11. Demakov A.V. Command Console of Environmental Shielded TEM chamber /, M.E. Komnatnov, **A.V. Osintsev** // SIBIRCON 2017. 2017 International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON).

12. Demakov A.V. Influence of the Microcontroller's clock generator on its Radiated Emissions / A.V. Demakov, V.A. Semenjuk, **A.V. Osintsev** // 22th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, Erlagol, Altai, 30 June – 4 July, 2021. – P. 1–5.

Патенты на изобретение и свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ:

13. Патент РФ на изобретение № 2627985. Комнатнов М.Е., Газизов Т.Р., Бусыгина А.В., Собко А.А., **Осинцев А.В.**, Матвеев О.А. Камера для совместных климатических и электромагнитных воздействий на биологический объект. Заявка № 2015141198. Приоритет изобретения 28.09.2015. Опубликовано: 14.08.2017. Бюл. №23

14. Патент РФ на изобретение №2674878. Устройство синхронизации микроконтроллеров. А.А. Собко, **А.В. Осинцев**, М.Е. Комнатнов, Т.Р. Газизов, М.П. Сухоруков. Заявка №2017117125. Приоритет изобретения 16.05.2017. Опубликовано: 13.12.2018. Бюл. №35

15. Патент на изобретение №2728325 РФ. Аппаратно-программный комплекс для синтеза и испытаний оптимальной сети высоковольтного электропитания. М.Е. Комнатнов, С.П. Куксенко, Т.Р. Газизов, А.В. Демаков, **А.В. Осинцев**, А.А. Собко, А.А. Иванов, А.А. Квасников. Приоритет изобретения 09.12.2019. Опубликовано: 29.07.2020. Бюл. №22.

16. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2017617018. Симулятор синхронизации группы микроконтроллеров. Авторы: **Осинцев А.В.**, Газизов Т.Р., Комнатнов М.Е., Собко А.А., Сухоруков М.П. Заявка №2017613710. Дата поступления 24 апреля 2017 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 21 июня 2017 г.

17. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018660595. Симулятор климатической экранированной камеры. Авторы: **Осинцев А.В.**, Комнатнов М.Е., Собко А.А., Газизов Т.Р. Заявка №2018617322. Дата поступления 13 июля 2018 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 27.08.2018 г.

Публикации в трудах отечественных конференций:

18. **Осинцев А.В.** Анализ производительности микроконтроллеров с ядром Cortex-M3 / **А.В. Осинцев**, М.Е. Комнатнов // XI всероссийская научно-техническая конференция: проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем - МЭС-2022. ИПИМ РАН. – С. 123–128.

19. **Осинцев А.В.** Разработка системы диагностики малых космических аппаратов класса CubeSat. Тезисы докладов научно-технической конференции молодых специалистов «Электронные и электромеханические системы и устройства». – Томск, Россия, 12–13 апреля, 2018. – С. 26–28.

20. **Осинцев А.В.** Использование отечественных сверхбольших интегральных схем в бортовой аппаратуре малых космических аппаратов. Тезисы докладов научно-технической конференции молодых специалистов «Электронные и электромеханические системы и устройства». – Томск, Россия, 12–13 апреля, 2018. – С. 29–31.

21. Собко А.А. Макет печатной платы для испытания на электромагнитную совместимость микроконтроллера 1986BE91T / А.А. Собко, **А.В. Осинцев**,

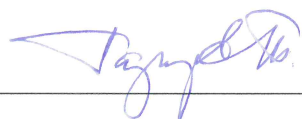
М.Е. Комнатнов // Межд. науч.-техн. конф. студ., асп. и молодых учёных «Научная сессия ТУСУР-2017». –Ч. 3 В-Спектр. –2017. – С. 87–89.

Диссертация «Автоматизированная система управления для тестирования радиоэлектронных средств на температурные воздействия» Осинцева Артема Викторовича рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Заключение принято на заседании кафедры телевидения и управления радиотехнического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

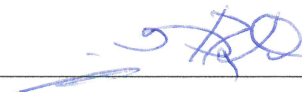
Присутствовало на заседании 24 чел. Результаты голосования: «за» – 24 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол №1 от 17.09.2022 г.

Председатель:



Газизов Т.Р. д.т.н., доцент, заведующий кафедрой телевидения и управления (ТУ).

Секретарь:



Куксенко С.П., д.т.н., доцент, профессор кафедры ТУ.