



НГТУ
НЭТИ
ФЭН

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Новосибирский государственный
технический университет»

ФАКУЛЬТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ

630073, Новосибирск, пр. Маркса, 20
Тел.: +7 (383) 346-13-62, 346-13-53
E-mail: dekanat@power.nstu.ru

от 11.10.2021 № 10-924/1

Отзыв

на автореферат диссертации Романова Алексея Михайловича «Методология создания аппаратно-программного обеспечения масштабируемых отказоустойчивых интеллектуальных систем управления робототехнических комплексов», представленной к защите на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления

Актуальность темы диссертационного исследования не вызывает сомнения. Стремительное развитие технологий и ускорение темпов экономического развития требует не только скорейшего выпуска новых продуктов на рынок, но и постоянного их совершенствования на всём протяжении жизненного цикла. Обеспечить эту потребность в полной мере пока удалось только при разработке программного обеспечения за счёт внедрения гибких методологий проектирования. Адаптация их к созданию аппаратно-программного обеспечения систем управления является существенной проблемой, которая в условиях Российской Федерации осложнена ограничениями номенклатуры и функциональных возможностей отечественной микроэлектроники. Решению этой проблемы посвящено диссертационное исследование Романова Алексея Михайловича. Данная тематика актуальна и полностью соответствует приоритетам Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации.

Целью диссертационной работы является создание методологии проектирования аппаратно-программного обеспечения элементов интеллектуальных систем управления робототехническими комплексами,



НГТУ
НЭТИ | Технологии,
которые работают.

которая обеспечивает сокращение сроков их разработки, возможность их непрерывного масштабирования и модернизации на протяжении всего жизненного цикла, гибкого управления отказоустойчивостью, упрощения повторного использования и конверсии результатов интеллектуальной деятельности как между различными направлениями робототехники, так и между решениями, построенными на отечественной и зарубежной элементной базе.

Основные результаты, определяющие научную новизну и практическую ценность исследования:

1. Концептуальная модель аппаратно-программного обеспечения отказоустойчивой масштабируемой интеллектуальной системы управления на унифицированной элементной базе, которая определяет набор методов и средств, необходимых для одновременного достижения отказоустойчивости, масштабируемости и реализации интеллектуального управления.
2. Метод ресурсоэффективной реализации интеллектуальных алгоритмов управления и обработки информации на базе импульсных математических операций и блоков нелинейных импульсных математических операций, который включает в себя схемотехнические решения базовых элементов интеллектуальных регуляторов, совместимые с отечественной элементной базой, и теоретическую базу для выбора их параметров, обеспечивающих минимизацию ресурсоёмкости при достижении требуемой вычислительной точности.
3. Метод ресурсоэффективной реализации на базе ПЛИС матричных вычислений, включая алгоритмы Калмановской фильтрации, который включает в себя архитектуру модульного матричного сопроцессора для ПЛИС и правила выполнения на ней матричных вычислений, обеспечивающих малую ресурсоёмкость вычислительных ядер, совместимость с отечественными ПЛИС и высокую производительность, до 100 раз превосходящую в задачах Калмановской фильтрации аналогичные решения на базе микроконтроллеров и сопоставимую с многоядерными серверами, работающими на частоте до 40 раз выше.
4. Методика автоматизированного синтеза и верификации аппаратно-программного обеспечения ПЛИС на борту робототехнического комплекса, которая в совокупности с разработанными для её реализации программными продуктами позволяет проводить автоматическую генерацию, верификацию и синтез аппаратно-программного обеспечения ПЛИС устройств управления на бортовом вычислителе робота, а также в целом снижает риски влияния геополитических санкций на процесс

разработки, за счёт исключения проприетарных зарубежных программных средств.

5. Методы реализации отказоустойчивого информационного обмена на исполнительном уровне с использованием ПЛИС, позволяющие на базе широкой номенклатуры ПЛИС отечественного и зарубежного производства реализовать надёжный и детерминированный во времени информационный обмен с использованием коммуникационных ядер ПЛИС, имеющих рекордно низкую ресурсоёмкость — до 75% раз меньше известных аналогов.

6. Методы точной взаимной синхронизации устройств управления с использованием проводных сетей Ethernet TSN и Ethernet POWERLINK, позволяющие реализовать точную взаимную синхронизацию с использованием широкой номенклатуры встраиваемых компьютеров, в том числе отечественного производства, не имеющих специализированных сетевых интерфейсов для реализации полевых шин реального времени.

7. Метод точной взаимной синхронизации при помощи беспроводных сетей стандарта IEEE 802.11, позволивший впервые в мире на бюджетной и широкодоступной элементной базе без использования высокопроизводительных вычислителей обеспечить ошибку синхронизации устройств управления по сети Wi-Fi менее 3 мкс.

8. Отказоустойчивая архитектура аппаратно-программного обеспечения системы управления модульного реконфигурируемого робота, которая позволяет: в процессе работы разделять единую систему управления робота на несколько независимо функционирующих систем, а после — объединять их обратно в иной конфигурации; обеспечивать централизованное управление всеми исполнительными устройствами объединённого робота в режиме жёсткого реального времени; автоматически определять топологию соединения модулей робота; агрегировать свободные ресурсы подсистем исполнительного уровня для создания на их основе распределённых вычислительных систем, обеспечивающих решение задач стратегического и тактического уровней.

Отдельно стоит отметить, что ключевые новые результаты диссертации получили правовую защиту в виде: 7 свидетельств о регистрации программ ЭВМ, 11 патентов на полезные модели и 3 патентов на изобретения.

Апробация результатов исследования была проведена на следующих всероссийских и международных научных конференциях: «Актуальные вопросы развития систем и средств ВКО», Московская обл. 2014 г.; 2014 International Conference on Advanced Information Technology and Application (ICAITA2014), Гонконг (Китай), 2014 г.; 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), Омск 2015 г.; 2016 IEEE NW Russia

Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference, Санкт-Петербург, 2016 г.; Международная научно-техническая конференция «Пром-Инжиниринг», Челябинск, 2016 г.; 2016 IEEE Student Conference on Research and Development (SCOReD), Куала-Лумпур (Малайзия), 2016 г.; 2017 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIconRus), Санкт-Петербург, 2017 г.; II Международная научная конференция по проблемам управления в технических системах (ПУТС-2017), Санкт-Петербург, 2017 г.; 2017 IEEE Student Conference on Research and Development (SCOReD), Путраджая (Малайзия), 2017 г., 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIconRus), Санкт-Петербург, 2018 г.; XXI Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям, Санкт-Петербург, 2018 г.; Вторая молодёжная конференция «Инновационная деятельность в науке и технике. Электромеханика, автоматика и робототехника», Истра, 2018 г., 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIconRus), Санкт-Петербург, 2019 г., 2019 IEEE 60th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON), Рига (Латвия), 2019; 2019 16th Workshop on Positioning, Navigation and Communications (WPNC), Бремен (Германия), 2019 г., 2020 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO), Светлогорск, 2020 г., Ural Smart Energy Conference 2020, Екатеринбург, 2020 г.

Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждается корректностью постановки задачи диссертационного исследования; использованием апробированного математического аппарата; результатами компьютерного моделирования в пакетах Verilator, Octave Scilab, OpenModelica; результатами экспериментальных исследований реальных образцов систем управления робототехническими комплексами, а также результатами успешного внедрения в 9 организациях на территории Российской Федерации и 1 научно-исследовательской организации на территории Германии.

Также достоверность результатов исследования подтверждается их публикацией в ведущих российских и международных научных рецензируемых журналах, в том числе в 14 журналах из перечня ВАК РФ и 4 журналах, входящих в высшие квартили международных библиографических баз Web of Science и Scopus.

Замечания:

1. Из текста автореферата следует, что для одной части разработанных ядер ПЛИС экспериментальные исследования

проводились на базе микросхемы серии 5576, а для другой части на базе микросхемы серии 5578. Для простоты сопоставления полученных результатов желательно было бы остановиться на какой-то одной ПЛИС и использовать её во всем экспериментах.

2. В автореферате указано, что работа внедрена в 18 НИОКР, однако судя по тексту автореферата в пятой главе подробно описаны только 7 из них, при этом не указано, по каким критериям были выбраны именно эти работы.

Указанные недостатки не касаются существа работа и не снижают её высокой значимости для науки и техники.

Выводы:

Диссертационная работа Романова Алексея Михайловича является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена важная научная проблема, соответствующая приоритетным направлениям исследований, установленным Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации и имеющая существенное хозяйственное значение. Она полностью соответствует всем требованиям, предъявляемым постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентябрь 2013 г. (ред от 20.03.2021) «О порядке присуждения ученых степеней» к докторским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

Доктор технических наук, доцент,
заведующий кафедрой электрических станций
Новосибирского государственного технического
университета, декан ФЭН

Русина Анастасия Георгиевна

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Новосибирский государственный
технический университет» (НГТУ), 630073, г.
Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20. Тел.: (383) 346-
19-42, факс: (383) 346-13-73

E-mail: rusina@corp.nstu.ru

Подпись Русиной А.Г. заверяю

Начальник отдела кадров НГТУ Пустовалова О.К.

