

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Заключение диссертационного совета Д ПНИПУ.05.04

по диссертации Посягина Антона Игоревича

на соискание ученой степени

кандидата наук

Диссертация «Самомаршрутизирующийся аналого-цифровой преобразователь на основе нейронной сети» по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления принята к защите 22 октября 2021 года (протокол заседания № 6) диссертационным советом Д ПНИПУ.05.04, созданным по приказу ректора Пермского национального исследовательского политехнического университета от 01 октября 2019 г. № 68-О в рамках реализации предоставленных ПНИПУ прав, предусмотренных абзацами вторым-четвертым пункта 3.1 статьи 4 Федерального закона от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» на основании распоряжения Правительства Российской Федерации от 23 августа 2017 г. № 1792-р.

Диссертация выполнена на кафедре «Автоматика и телемеханика» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Южаков Александр Анатольевич, заведующий кафедрой «Автоматика и телемеханика» ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

Официальные оппоненты:

1. Королев Павел Геннадьевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информационно-измерительных систем и технологий «Санкт-Петербургского

государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)» (г. Санкт-Петербург);

2. Долженкова Мария Львовна, кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой электронных вычислительных машин «Вятского государственного университета» (г. Киров),

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанского национального исследовательского технического университета им. А. Н. Туполева – КАИ» (г. Казань) (отзыв ведущей организации утвержден проректором по научной и инновационной деятельности, доктором технических наук, профессором Михайловым Сергеем Анатольевичем, заслушан на расширенном заседании кафедры автоматики и управления Института автоматики и электронного приборостроения и подписан заведующим кафедрой автоматики и управления, доктором педагогических наук, кандидатом технических наук, доцентом Маливановым Николаем Николаевичем, ученым секретарем кафедры автоматики и управления, кандидатом технических наук, доцентом кафедры автоматики и управления Старостиным Борисом Анатольевичем).

По теме диссертации соискателем опубликовано 13 научных трудов, из них: 6 статей в журналах, входящих в перечень ведущих журналов и изданий, рекомендуемых ВАК; 3 в изданиях, индексируемых в базах SCOPUS; остальные – в тезисах докладов, материалах конференций и прочих источниках. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем публикациях. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Makagonov, N. G. The structure and operating algorithm of a commutator in the neural network of a self-routing analog-to-digital converter / N. G. Makagonov, A. I. Posyagin, A. A. Yuzhakov // Russian Electrical Engineering. – 2015. – Vol. 86. – No 11. – P. 670-674.

2. Посягин, А.И. Самомаршрутизация сигналов в аналого-цифровом преобразователе на основе нейронной сети / А.И. Посягин, А.А. Южаков // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2014. – Т. 57. – №5. – С. 38-43.

3. Посягин, А.И. Разработка аналого-цифрового преобразователя на основе нейронной сети / А.И. Посягин, А.А. Южаков // Электротехника. – 2012. – №11. – С. 18а-24.

4. Васбиева, А.Ф. Структура основного измерительного нейрона в самомаршрутизирующемся аналого-цифровом преобразователе / А.Ф. Васбиева, Л.М. Онискива, А.И. Посягин, А.А. Южаков // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2015. – Т. 13. – № 9. – С. 3-8.

5. Елтышев, А. В. Построение новой архитектуры для нейросетевого аналого-цифрового преобразователя с использованием многоуровневого кольца / А. В. Елтышев, А. И. Посягин, А. А. Южаков // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2017. – № 6. – С. 15-19.

В данных работах соискатель представил основные результаты своей исследовательской деятельности: разработал новую архитектуру для самомаршрутизирующегося аналого-цифрового преобразователя на основе нейронной сети; провел сравнительный анализ возможных вариантов структуры нейронной сети и выделил наиболее перспективную однослойную нейронную сеть для самомаршрутизирующегося аналого-цифрового преобразователя; разработал оригинальный метод «эхо-локации» для самомаршрутизации сигналов внутри однослойной нейронной сети; построил и проанализировал аналитическую и имитационную модели самомаршрутизирующегося аналого-цифрового преобразователя в классе систем массового обслуживания.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая архитектура самсмаршрутизирующегося аналого-цифрового преобразователя на основе нейронной сети, отличающаяся реализованной в ней

распределенной системой управления, которая позволяет увеличить отказоустойчивость устройства;

предложен метод самомаршрутизации сигналов внутри нейронной сети аналого-цифрового преобразователя, позволяющий уменьшить аппаратные затраты на реализацию системы управления за счет использования местного фрагментарного устройства управления и метода «эхо-локации»;

доказана перспективность использования на практике предложенных архитектуры и метода самомаршрутизации в системах, выполняющих параллельную обработку потоков информации и обладающих ограниченными аппаратными ресурсами.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Доказана эффективность методики самомаршрутизации, вносящей вклад в расширение представлений о построении новой архитектуры для аналого-цифрового преобразователя;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** методы проектирования цифровых устройств и теории надежности, методы теории систем и сетей массового обслуживания, методы математического моделирования, математический аппарат нейронных сетей;

изложены результаты схемотехнического моделирования для основного измерительного нейрона;

раскрыты новые противоречия при построении распределенной системы управления самомаршрутизирующегося аналого-цифрового преобразователя при снижении аппаратных затрат на ее построение;

изучены новые возможности применения разработанного метода самомаршрутизации, полученных оригинальных моделей вероятностно-временных характеристик для разработанного аналого-цифрового преобразователя и причинно-следственные связи между ними;

проведена модернизация существующего адаптивного нейросетевого аналого-цифрового преобразователя за счет отказа от центральной системы управления и

введения местного фрагментарного устройства управления и самомаршрутизации сигналов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработан и внедрен 16-канальный самомаршрутизирующийся аналого-цифровой преобразователь для многопотокового адаптивного измерительного канала в системе автоматизации испытаний авиационных агрегатов на АО «ОДК-СТАР», что позволило уменьшить аппаратные затраты на 20-30% относительно применяемого ранее нейросетевого АЦП потоковой динамической архитектуры и увеличить отказоустойчивость измерительного канала за счет изменения топологии нейронной сети и дополнительных связей между нейронами;

определены перспективы использования предложенных методов для устранения погрешностей нелинейности и обеспечения сбоеустойчивости в характеристике аналого-цифрового преобразователя в процессе эксплуатации;

выполнено прототипирование самомаршрутизирующегося аналого-цифрового преобразователя, использующий ресурсы программируемой логической интегральной схемы для реализации местного фрагментарного устройства управления и дополнительную расширительную плату для реализации аналоговых компонентов нейрона;

представлены рекомендации по применению методики проектирования самомаршрутизирующихся аналого-цифровых преобразователей для поиска оптимальных параметров нейронной сети.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ показано, что результаты исследований точности и надежности разработанного 16-канального самомаршрутизирующегося аналого-цифрового преобразователя не противоречат результатам моделирования в использованных программных средах Multisim и Anylogic;

теория построена на воспроизводимых и проверяемых данных, не противоречит результатам, представленным в литературе другими исследователями;

идея базируется на анализе и обобщении передового опыта применения нейронных сетей для аналого-цифровых преобразователей;

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках информации в области нейросетевых АЦП;

использованы современные методы моделирования и обработки информации с получением показателей эффективности ресурсов нейронной сети при параллельном измерении большого количества входных сигналов.

Личный вклад соискателя состоит в:

разработке и реализации архитектуры самомаршрутизирующегося аналого-цифрового преобразователя, разработке метода самомаршрутизации сигналов внутри однослойной нейронной сети, разработке местного фрагментарного устройства управления, создании аналитической и имитационной моделей для исследования вероятностно-временных характеристик и методики проектирования на базе этих моделей, подготовке основных публикаций по теме диссертации.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и Порядком присуждения ученых степеней в ПНИПУ, утвержденным приказом ректора ПНИПУ от 09 января 2018 г. № 1-О: в ней изложены и научно обоснованы новые методы самомаршрутизации сигналов для проектирования аналого-цифрового преобразователя на основе нейронной сети, позволяющие уменьшить аппаратные затраты на реализацию и увеличить отказоустойчивость, что имеет важное значение для измерительного канала в устройствах и системах автоматизированного управления.

На заседании «24» декабря 2021 г. диссертационный совет Д ПНИПУ.05.04 принял решение присудить Посягину Антону Игоревичу ученую степень кандидата технических наук (протокол заседания № 9).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 7 докторов наук по специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за присуждение ученой степени – 14, против присуждения ученой степени – нет, не участвовавших в голосовании – нет.

Председательствующий на заседании

заместитель председателя диссертационного совета

Д ПНИПУ.05.04,

д-р техн. наук, профессор

Шумихин Александр Георгиевич /

Ученый секретарь диссертационного

Д ПНИПУ.05.04,

д-р техн. наук, доцент

Фреyman Владимир Исаакович /

«24» декабря 2021 г.