

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора

Куликова Александра Леонидовича

на диссертационную работу Андреева Олега Николаевича

«Нейросетевые программно-аппаратные средства обработки сигналов в электротехнических комплексах»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Актуальность темы диссертационного исследования

Микропроцессорные устройства, осуществляющие контроль и управление электротехническими комплексами, являются частью электротехнических комплексов предприятий по выработке, транспортировке и распределению электроэнергии, комплексов транспортной и топливно-энергетической инфраструктуры. Современные микропроцессорные устройства призваны повысить надежность функционирования электроэнергетических систем при нештатных воздействиях или различных аварийных ситуациях в электрических цепях и узлах нагрузки. Очень важным элементом таких микропроцессорных устройств являются их измерительные органы. Большинство алгоритмов цифровой обработки сигналов, используемых в работе измерительных органов современных микропроцессорных устройств, заложены ещё во второй половине 20 века и в основном основываются на алгоритмах дискретного преобразования Фурье. Развитие микропроцессорных технологий и совершенствование аппаратного обеспечения позволяют разрабатывать все более совершенные алгоритмы, для решения сложных задач в режиме реального времени.

Одним из направлений современной цифровой обработки сигналов является применение искусственных нейронных сетей. Простые искусственные нейронные сети прямого распространения не требовательны к вычислительным ресурсам и могут эффективно использоваться в современном микропроцессорном оборудовании для цифровой обработки сигналов в реальном времени с минимальной задержкой. Поэтому тема диссертационной работы Андреева Олега Николаевича, цель которой состоит

в разработке алгоритмов и средств для нейросетевой обработки сигналов в электротехнических комплексах в реальном времени с минимальной задержкой, является несомненно актуальной.

Диссертационная работа состоит из введения, 4-х глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и 8 приложений.

Содержание автореферата соответствует структуре диссертационной работы и отражает её основные положения.

Во введении определяются цели и задачи исследования, обозначаются научные результаты, представлены новизна, практическая и теоретическая значимость полученных результатов.

В первой главе проведена классификация нейросетевых задач для электротехнических комплексов и проведен обзор применяемых нейросетевых алгоритмов обработки сигналов.

Во второй главе представлены основные разработанные нейросетевые алгоритмы и методики обучения искусственных нейронных сетей.

Третья глава посвящена разработанным экспериментальным установкам и нейросетевым программно-аппаратным средствам.

В четвертой главе показаны результаты функционирования разработанных нейросетевых программно-аппаратных средств на примере обработки экспериментальных данных.

В заключении сформулированы выводы, которые соответствуют цели и задачам, поставленным в диссертационной работе.

Диссертация выполнена автором О.Н. Андреевым самостоятельно на требуемом научном уровне и содержит новые результаты и положения.

В соответствии с п. 14 Положения о присуждении научных степеней, в диссертации сделаны необходимые ссылки на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Предложенные О.Н. Андреевым в диссертации решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями.

Обоснованность научных положений и выводов диссертационной

работы подтверждается совпадением результатов компьютерного моделирования с результатами экспериментального моделирования узлов нагрузки в лабораторных условиях с достаточной точностью.

Достоверность и научная новизна научных положений и выводов.

Достоверность полученных в диссертационной работе результатов обеспечивается корректным использованием математического аппарата и сходимостью результатов компьютерного моделирования и проведенных экспериментов.

Научная новизна результатов, полученных в диссертации:

1) разработан подход к обучению и тестированию нейронных сетей прямого распространения с применением простых аналитических формул, переменные параметры в которых случайны и равномерно распределены во всём возможном диапазоне значений.

2) разработаны прототипы интеллектуальных устройств, производящих цифровую обработку сигналов с использованием разработанных нейросетевых алгоритмов с минимальной задержкой или в реальном времени, на которые получены патенты на полезную модель.

3) разработаны подходы комбинированного и рекуррентного использования искусственных нейронных сетей прямого распространения, которые позволяют повысить быстродействие и точность функционирования нейросетевых алгоритмов цифровой обработки сигналов в реальном времени.

Теоретическая и практическая значимость полученных в диссертации результатов

Теоретическую значимость представляют разработанные нейросетевые алгоритмы для цифровой обработки электротехнических сигналов в реальном времени с минимальной задержкой.

Практическая значимость работы определяется возможностью использования разработанных на основе нейронных сетей программно-аппаратных средств в электротехнических системах и комплексах совместно с традиционными методами обработки сигналов.

Полнота публикаций научных результатов, полученных автором

Основные научные результаты диссертации опубликованы в 24

научных работах, среди которых 8 статей в изданиях из перечня ВАК и международных баз данных, 1 коллективная монография, 2 патента на полезную модель 4 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ, 9 материалов докладов на всероссийских и международных конференциях. В этих работах изложены основные научные результаты в соответствии с требованиями п. 11-13 Положения о присуждении научных степеней. Содержание опубликованных работ в полной мере отражает научные результаты, изложенные в диссертации.

Замечания и вопросы по диссертационной работе

1. В диссертационном исследовании автором справедливо отмечается, что искусственным нейронным сетям (ИНС) свойственны эффекты недообучения и переобучения. Каким образом выбирались структуры ИНС для исключения указанных эффектов?

Как при этом обеспечивалось соблюдение условий репрезентативности выборочных данных при обучении ИНС?

2. Необходимо было бы четко обозначить преимущества, которые имеют предлагаемые нейросетевые алгоритмы перед методами адаптивной фильтрации и вейвлет-преобразованием, с указанием количественных оценок выигрыша.

3. Согласно действующим отраслевым требованиям, точность, которая обозначена при использовании предлагаемых нейросетевых алгоритмов, явно недостаточна для контроля параметров качества электроэнергии.

4. Следовало бы обозначить перспективные области практического применения предложенных нейросетевых алгоритмов.

Например, в противоаварийном управлении и, в частности в задачах автоматической частотной разгрузки, точности оценок величины отклонения частоты сигнала, а также скорости изменения частоты, более высокие, чем точность предлагаемых в работе нейросетевых алгоритмов.

5. Целесообразно было бы более широко исследовать влияние помех в сигнале промышленной частоты на работу предлагаемых нейросетевых алгоритмов.

На рисунке 2.2 (стр. 48 диссертационной работы) представлены сигналы промышленной частоты с уровнем шума до 3%. По какому закону

был распределен аддитивный сигнал шума (нормальному, равномерному, или другому)?

6. Замечания редакционного характера:

– опечатки, описки, некорректные знаки препинания. Например, на стр. 57 диссертации указано, что «в 91% случаев искусственная нейронная сеть распознавала значение разности фаз между двумя сигналами с точностью не более 5%». Очевидно, что речь идет не о точности, а об ошибках;

– неточности обозначения переменных. Например, на рисунке 2.14 (стр. 58 диссертации) скорость изменения частоты обозначена как df/dt , а в самом тексте диссертации и в формуле (2.9) скорость изменения частоты обозначается как Δf ;

– например, на стр. 15 автореферата говорится о сигналах промышленной частоты $S_1(t)$ и $S_2(t)$. Однако на рис. 12(а) показаны несинусоидальные сигналы $S_1(t)$ и $S_2(t)$.

Указанные замечания и вопросы носят уточняющий характер, не снижают научной значимости диссертационного исследования и не отражаются на положительной оценке работы.

Заключение

Диссертационная работа Андреева Олега Николаевича «Нейросетевые программно-аппаратные средства обработки сигналов в электротехнических комплексах» является законченной научно-квалификационной работой, направленной на совершенствование алгоритмов цифровой обработки сигналов в микропроцессорном оборудовании в реальном времени.

Тема и содержание работы соответствует паспорту научной специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы. Диссертационная работа охватывает направления исследований:

1. Развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, анализ системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем, включая электромеханические, электромагнитные преобразователи энергии и электрические аппараты, системы электропривода, электроснабжения и электрооборудования промышленного назначения.

4. Исследование работоспособности и качества функционирования

электротехнических комплексов, систем и их компонентов в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях, диагностика электротехнических комплексов.

Диссертационная работа соответствует критериям п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г., а ее автор, Андреев Олег Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент

Профессор кафедры
«Электроэнергетика, электроснабжение
и силовая электроника» федерального
государственного бюджетного
образовательного учреждения
высшего образования
«Нижегородский государственный
технический университет
им. Р.Е.Алексеева»,
Доктор технических наук,
профессор

Куликов Александр Леонидович

« 3 » марта 2025 г.

Подпись Куликова А. Л. заверяю
Ученый секретарь
Ученого совета НГТУ
к.т.н., доцент

И.Н.Мерзляков

Федеральное государственное бюджетное образовательное высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»

Почтовый адрес 603155, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24

Контактные телефоны 8(831)432-91-85, 8(831)438-08-56

E-mail: nntu@nntu.ru