

Отзыв

официального оппонента Королева Павла Геннадьевича
на диссертационную работу Посягина Антона Игоревича
«Самомаршрутизирующийся аналого-цифровой преобразователь на основе
нейронной сети»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и
систем управления

Актуальность темы

Современные системы автоматического управления для принятия эффективных решений имеют высокие требования к качеству исходной информации об объекте управления, которая, как правило, представлена в аналоговой форме. Для получения этих данных применяются аналого-цифровые преобразователи, от быстродействия и точности измерения которых будет зависеть и качество функционирования системы управления. При этом возрастающая сложность объектов управления ведет за собой увеличение количества сигналов, требующих измерения, и их точности, что приводит к росту аппаратных затрат на реализацию АЦП.

Диссертационная работа Посягина А.И. «Самомаршрутизирующийся аналого-цифровой преобразователь на основе нейронной сети» посвящена разработке методов самомаршрутизации сигналов в АЦП, построенном на основе нейронной сети. Предлагаемый автором оригинальный подход к построению архитектуры самомаршрутизирующегося АЦП дает возможность проектировать адаптивные АЦП для параллельного измерения большого количества входных сигналов с выполнением ограничений по погрешностям, используя один массив нейронов. Поэтому, считаю, что диссертационная работа Посягина А.И. является актуальной и будет востребована в промышленности.

Оценка структуры и содержания работы

Диссертационная работа Посягина А.И. состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и 3 приложений. Полный текст диссертации составляет 167 страниц, основная часть работы описана на 159 страницах.

Во введении дано описание существующих нейронных сетей для реализации АЦП. Определен объект, осуществлена постановка цели и задач исследования.

В первой главе представлен анализ существующих методов аналого-цифровых преобразователей, определен наиболее подходящий метод поразрядного кодирования, для реализации которого сделан выбор в пользу матрицы $R-2R$. Выделен измерительный компонент матрицы, который взят за основу нейрона. Сформулирована математическая постановка задачи диссертационной работы. Проведен анализ возможных решений и обоснован выбор нейронной сети для построения самомаршрутизирующегося АЦП.

Во второй главе приведены результаты исследования однослойной и многослойной моделей нейронной сети, включая математические модели основного измерительного нейрона, обеспечивающие его работу на этапах формирования индивидуальных АЦП и измерения входного сигнала. В результате анализа разработанных моделей в качестве основной выбрана однослойная нейронная сеть, благодаря большей унификации нейронов и меньшим аппаратным затратам на ее реализацию. Для формирования индивидуального АЦП под параметры конкретного входного сигнала предложен метод самомаршрутизации сигналов внутри сети, позволяющий отказаться от использования центрального устройства управления. Кроме того, для предложенного метода разработано местное фрагментарное устройство управления, которое позволяет увеличить отказоустойчивость преобразователя, снизив при этом аппаратные затраты на систему управления.

В третьей главе представлены аналитическая и имитационная модели в классе систем массового обслуживания для самомаршрутизирующегося АЦП на основе однослойной сети, которые позволяют получать вероятностно-временные характеристики в зависимости от параметров сети и входных сигналов. Проведенная с помощью критерия Пирсона оценка показала адекватность моделей (погрешность не превышает 0,5%). На базе этих моделей построена оригинальная методика проектирования самомаршрутизирующегося АЦП с учетом технических требований заказчиков с минимизацией аппаратных затрат за счет применения однокритериальной оптимизации.

В четвертой главе представлены результаты внедрения 16 канального самомаршрутизирующегося АЦП на основе нейронной сети в многопоточном адаптивном измерительном преобразователе системы автоматизации испытаний авиационных агрегатов (САИ АА). Внедрение показало снижение

аппаратурных затрат АЦП в системе на 20-30% в зависимости от параметров измеряемых сигналов, а также увеличения на порядок отказоустойчивости за счет использования местного фрагментарного устройства управления. Полученные экспериментальные данные подтвердили результаты моделирования и показали возможность самомаршрутизирующегося АЦП проводить измерение с высокой точностью даже при наступлении отказов в части нейронов за счет уменьшения интенсивности измерений.

В заключении представлены основные результаты и выводы диссертации. Выводы полностью отражают основные научные достижения автора.

В приложениях представлены результаты моделирования векторного графа СМО для нейронной сети с отказами в некоторых случайных нейронах, акт внедрения, а также монтажная схема отладочной платы для аналоговой части основного измерительного нейрона.

Научная новизна диссертационной работы

К основным научным результатам, полученным в диссертации, следует отнести:

1. Архитектуру самомаршрутизирующегося АЦП на базе однослойной нейронной сети, в которой разработан основной измерительный нейрон, включающий местное фрагментарное устройство управления, объединение которых позволяет формировать индивидуальный преобразователь с заданной точностью преобразования входного сигнала.

2. Оригинальный метод самомаршрутизации сигналов внутри однослойной нейронной сети, позволяющий изменять разрядность АЦП в процессе измерения сигнала и обеспечивающий параллельное измерение нескольких сигналов.

3. Математические модели для основного измерительного нейрона, для которых реализовано местное фрагментарное устройство управления, позволяющее уменьшить аппаратные затраты при увеличении отказоустойчивости самомаршрутизирующегося АЦП.

4. Оригинальные аналитическая и имитационная модели АЦП в классе систем массового обслуживания, позволяющие получать вероятностно-временные характеристики при различных параметрах нейронной сети.

5. Методику проектирования самомаршрутизирующегося АЦП, позволяющую получать оптимальные параметры АЦП при минимизации аппаратных затрат, в основе которой лежат предложенные аналитическая и имитационная модели АЦП.

Достоверность и обоснованность полученных результатов

Достоверность и обоснованность результатов диссертации подтверждается результатами проведенного моделирования и внедрения предложенного АЦП в многопоточный адаптивный измерительный канал системы автоматизации испытаний авиационных агрегатов и в учебный процесс. Основные положения диссертационной работы были представлены на российских и международных научных конференциях, опубликованы в ведущих рецензируемых изданиях ВАК (6 работ), а также изданиях, индексируемых в международной базе Scopus (3 работы). Результаты внедрения подтверждаются актом, представленным в приложении. Все это позволяет считать полученные результаты обоснованными и достоверными.

Автореферат в полной мере отражает основные положения, содержание и выводы диссертации. Опубликованные работы в полной мере отражают содержание диссертации.

Практическая значимость полученных автором результатов

Полученные научные и практические результаты нашли применение в разработке самомаршрутизирующегося аналого-цифрового преобразователя на основе нейронной сети, который внедрен в многопоточный адаптивный измерительный канал системы автоматизации испытаний авиационных агрегатов и в учебный процесс кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета в рамках практических занятий и лабораторных работ по дисциплине «Электроника». Разработанный 16-канальный самомаршрутизирующийся АЦП по результатам внедрения доказал эффективность применения (снижение аппаратных затрат на 20-30% в зависимости от параметров входных сигналов и увеличение отказоустойчивости). Использование разработанных методов в учебном процессе позволило повысить уровень формирования профессиональных компетенций в области проектирования элементов микроэлектроники.

Замечания

1. Предлагается реконфигурация сетки R-2R в процессе работы, при этом возможно изменение составляющих погрешности нелинейности, в том числе дифференциальной нелинейности. Из текста работы непонятно, оценивалась ли величины данных составляющих погрешности.

2. Непонятно, почему максимальная разрядность АЦП отнесена к параметрам, определяемым заказчиком. Заказчик может предъявить требования к максимальной погрешности, выбор разрядности – задача разработчика, при этом для выполнения требований по погрешности следует определять минимальную разрядность.

3. Раздел 1.2 перегружен общеизвестными сведениями.

4. Положение №6, выносимое на защиту (Результаты экспериментальных исследований и практической реализации АЦП НС в рамках многопоточного адаптивного измерительного канала в системе автоматизации испытаний авиационных агрегатов), на мой взгляд, избыточно. Практическая значимость отражена в соответствующем разделе работы и подтверждена актом внедрения.

5. Для построения многослойной нейронной сети используется два скрытых слоя. Не рассмотрена возможность увеличения количества этих слоев, и не оценена эффективность данного решения по сравнению с однослойной сетью.

6. В разделе 3.4 применяется критерий Пирсона для оценки адекватности полученных аналитической и имитационной моделей, но обоснование выбора критерия отсутствует.

7. В четвертой главе приводятся результаты исследования поведения самомаршрутизирующегося АЦП при наступлении отказов внутри сети. Нет описания процесса возникновения отказа, его положения и влияния на работоспособность нейрона.

Указанные замечания не снижают общего положительного впечатления от проделанной работы и полученных результатов.

Заключение

Диссертационная работа Посягина Антона Игоревича «Самомаршрутизирующийся аналого-цифровой преобразователь на основе нейронной сети» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой содержится постановка и решение актуальной научной

задачи разработки метода самомаршрутизации нейронного АЦП, позволяющего использовать аппаратные ресурсы одной нейронной сети для параллельного измерения входных сигналов, что снижает общие аппаратные затраты и позволяет увеличить отказоустойчивость за счет использования местного фрагментарного устройства управления для объединения нейронов в сети.

Диссертация выполнена на достаточно высоком научном и техническом уровне с использованием современных инструментальных средств и методик, а основные выводы достаточно обоснованы и подтверждены результатами внедрения. Диссертационная работа соответствует специальности 05.13.05, требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а также требованиям п. 9 – п.12 «Порядка присуждения ученых степеней в ПНИПУ», а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

Официальный оппонент:

Доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры информационно-
измерительных систем и технологий
Санкт-Петербургского государственного
электротехнического университета
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»
«01» декабря 2021 г.

_____, _____ / Королев П.Г./

Докторская диссертация защищена по специальности 05.11.16 –
Информационно-измерительные и управляющие системы (приборостроение).

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»
197376, г. Санкт-Петербург, ул. Попова, д. 5,
телефон: +7 812 234-93-93,
e-mail: pgkorolev@gmail.com

