

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной и инновационной деятельности
Казанского национального исследовательского
технического университета
им. А. Н. Туполева – КАИ

Зор
Юв
Г.

ОТЗЫВ

ведущей организации ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева-КАИ»
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

В последнее время наблюдается тенденция увеличения сложности электронно-вычислительных комплексов во всех сферах жизни человека, начиная от спутникового Интернет и связи, заканчивая повседневными бытовыми приборами. Эта тенденция вызывает необходимость разработки новых систем автоматического управления, способных обрабатывать огромное количество информации. Первым этапом работы системы управления является сбор информации об объекте управления, для которого в большинстве случаев требуется аналого-цифровой преобразователь. Существует множество АЦП разной структуры и назначения, но не все из них способны измерять параллельно большое количество аналоговых сигналов, что может быть очень важным при изучении сложного объекта управления в условиях ограниченного пространства, мощности или теплообмена для размещения нескольких отдельных АЦП.

В связи с этим диссертационная работа Посягина А.И. «Самомаршрутизирующийся аналого-цифровой преобразователь на основе нейронной сети», посвященная разработке нейронной сети для реализации метода самомаршрутизации сигналов между нейронами с целью увеличить отказоустойчивость АЦП, а также уменьшить аппаратные затраты,

требующиеся для создания системы управления является несомненно актуальной.

Общая характеристика содержания работы

Во введении представлено описание текущего состояния дел в области аналого-цифровых преобразователей на основе нейронных сетей. Описаны основные достоинства и недостатки современных нейросетевых преобразователей, осуществлена постановка цели и задач исследования.

В первой главе анализируется ключевая информация о способах аналого-цифрового преобразования, и рассматриваются возможности их применения для создания нейронной сети. Также анализируются возможные варианты топологии сети и методов маршрутизации в ней. Для уменьшения аппаратных затрат и увеличения отказоустойчивости АЦП предложено использовать топологию мультикольца с самомаршрутизацией сигналов внутри сети за счет местного фрагментарного устройства управления.

Во второй главе описываются результаты проведенных исследований с двумя типами нейронной сети: однослойной и многослойной, для которых разработаны математические модели нейронов, методы самомаршрутизации, выделены основные плюсы и минусы этих подходов. В ходе анализа сделан вывод о большей эффективности применения однослойной сети, для которой разработаны основные измерительные нейроны, способные объединяться в индивидуальные АЦП с заданной разрядностью в зависимости от параметров измеряемого сигнала. Для предложенной сети построена функциональная модель в программной среде MultiSim, позволяющая определять уровень аппаратных затрат и их соотношение при различных параметрах сети. Также для реализации изложенных методов и архитектуры разработан макет на базе ПЛИС и специальной отладочной платы, на которой реализована аналоговая часть самомаршрутизирующегося АЦП.

В третьей главе приводятся построенные для самомаршрутизирующегося АЦП на основе однослойной сети аналитическая и имитационная модели в классе систем массового обслуживания. Предложенные новые модели позволили создать оригинальную методику для определения оптимальных параметров сети для самомаршрутизирующегося АЦП с учетом технических требований к системе управления, в которой будет использоваться АЦП, а также с минимизацией аппаратных затрат на его реализацию. По полученным результатам моделирования была проведена оценка адекватности

с помощью критерия Пирсона, которая показала что модели адекватны, погрешность не более 0,5%.

В четвертой главе описывается внедрение предложенных в работе подходов и методов в самомаршрутизирующемся АЦП для многопоточного адаптивного измерительного канала системы автоматизации испытаний авиационных агрегатов. Экспериментальные данные, полученные в ходе внедрения, подтверждают результаты моделирования, представленные во второй и третьей главах. Разработанный 16-ти канальный самомаршрутизирующийся АЦП показал снижение аппаратных затрат на 20-30% в зависимости от интенсивности поступления входных сигналов, а также увеличение на порядок отказоустойчивости благодаря применению местного фрагментарного устройства управления.

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

Научная повизна диссертационной работы

Научная повизна результатов работы заключается в следующем:

1. Предложена новая архитектура самомаршрутизирующегося АЦП, отличающаяся наличием местного фрагментарного устройства управления, которое позволяет повысить отказоустойчивость АЦП и при этом снизить общие аппаратные затраты.

2. Разработан оригинальный метод самомаршрутизации сигналов внутри нейронной сети за счет чего обеспечивается параллельная обработка большого количества входных сигналов с требуемыми разрядностями, а также дополнительно увеличивается отказоустойчивость при наличии дополнительных связей между нейронами.

3. Построены новые математические модели, описывающие поведение основного измерительного нейрона при формировании индивидуального АЦП заданной разрядности и проведении измерения, реализующие предложенные топологии нейронной сети и метод самомаршрутизации сигналов.

4. Построены и реализованы в математических пакетах новые аналитическая и имитационная модели для самомаршрутизирующегося АЦП в классе систем массового обслуживания, позволяющие оценивать вероятностно-временные характеристики в том числе, при возникновении отказов внутри нейронной сети, а также в зависимости от количества дополнительных связей между нейронами.

5. Предложена оригинальная методика подбора оптимальных параметров самомаршрутизирующегося АЦП на базе предложенных моделей, которая позволяет определить наиболее подходящее количество нейронов и дополнительных связей между ними, при этом уменьшив аппаратные затраты на реализацию АЦП за счет однокритериальной оптимизационной функции с ограничениями.

Достоверность и обоснованность полученных результатов

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается удовлетворительным совпадением результатов моделирования и экспериментальных исследований, проведенных на физическом макете, а также апробацией разработанных методов при разработке 16-ти канального самомаршрутизирующегося АЦП для системы автоматизации испытаний авиационных агрегатов. Представленные в диссертации результаты исследований совпадают с результатами авторов опубликованных по схожей тематике.

По результатам работы опубликованы 13 статей, шесть из которых – в журналах, входящих в перечень ведущих журналов и изданий, рекомендуемых ВАК, три – в международных изданиях, индексируемых в базах SCOPUS. Новизна и приоритет автора подтверждаются публикациями и докладами на всероссийских и международных конференциях. Опубликованные работы в полной мере отражают содержание диссертации.

Практическая значимость полученных автором результатов

Разработанный 16-ти канальный самомаршрутизирующийся АЦП на основе нейронной сети в результате внедрения показал снижение аппаратных затрат на 20-30% по сравнению с применяемым до этого решением, а также значительный рост отказоустойчивости, что позволяет говорить об эффективности применения предложенных решений. Кроме того, разработанные метод и архитектура нейронной сети может быть применена для других частей системы управления, которая подразумевает параллельное использование вычислительных и измерительных мощностей для получения результата.

Оформление и стиль изложения

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, списка литературы и приложений. Полный объем диссертации составляет 167 страниц, из которых 159 страниц занимает основной текст диссертации, включающий 88

рисунков и 26 таблиц. Диссертация написана на профессиональном техническом языке и в достаточной мере сопровождается рисунками и таблицами. Приводимые автором факты и цитаты имеют корректные ссылки на первоисточники. Название, форма и содержание диссертационной работы полностью соответствует специальности 05.13.05 — Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации и полученные в ней результаты.

Замечания

1. Во второй главе выбор между многослойной и однослойной нейронными сетями сделан по качественным параметрам. Для подтверждения качественной оценки желательно привести также количественные параметры по аппаратурным затратам и уровню отказоустойчивости для сходных по параметрам сетей.

2. При постановке цели работы в качестве одной из задач приводится разработка местного фрагментарного устройства управления, которое сравнивается только с известным центральным устройством управления. Для демонстрации эффективности местного фрагментарного устройства управления имеет смысл сравнить его с распределенной системой управления для сети похожей конфигурации.

3. В третьей главе представлена методика проектирования самомаршрутизирующегося АЦП с помощью предложенных аналитической и имитационной моделей, и авторской оптимизационной функции. Для решения оптимизационной задачи используются метод поисковой оптимизации и метод частного критерия. Недостаточно полно обоснован выбор именно этих методов.

4. При внедрении 16-ти канального самомаршрутизирующегося АЦП в многопоточковый адаптивный измерительный канал системы автоматизации испытаний авиационных агрегатов показаны снижение аппаратурных затрат при сохранении точности измерения, а также увеличение отказоустойчивости при схожих параметрах сети у разработанного АЦП и применявшегося ранее, но никак не показано, будет ли влиять на вероятность безотказной работы местоположение отказа (в нейроне, в линии между ними и т.п.)

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 решение задачи разработки новой архитектуры нейронной сети для проведения аналого-цифрового преобразования и метода самомаршрутизации сигналов внутри такой сети, что имеет важное значение для построения систем автоматического управления с большим количеством сигналов о состоянии объекта управления.

Диссертация выполнена на 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» ВАК, 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.

Отзыв на автореферат и диссертацию обсужден и утвержден на расширенном заседании кафедры автоматики и управления Института автоматики и электронного приборостроения ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева» 24» ноября 2021 г. протокол № 6.

Зав. каф. автоматики и управления,

Заслуженный работник высшей школы РФ,
д.п.н., к.т.н, доцент


Н.Н. Маливанов

Доцент каф. автоматики и управления, к.т.н.


Б.А. Старостин

