

Отзыв

**на автореферат диссертации Теплова Георгия Сергеевича
«РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ИСКУССТВЕННОГО НЕЙРОНА С ДИНАМИЧЕСКОЙ
ФУНКЦИЕЙ АКТИВАЦИИ НА БАЗЕ МЕМРИСТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических
наук по специальности 05.27.01 – твердотельная электроника, радиоэлектронные
компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах**

Диссертация Г.С. Теплова посвящена весьма актуальной теме, которая развивается в последние годы в рамках прорывного исследовательского направления, связанного с возможностью аппаратной реализации компактных и энергоэффективных нейроморфных систем на основе мемристоров. Широкий набор и аналоговый характер изменения резистивных состояний позволяют использовать мемристивное устройство в качестве программируемого весового коэффициента в традиционных нейронных сетях, а богатая внутренняя динамика мемристора дает уникальную возможность для построения импульсных нейросетевых архитектур с самоорганизацией синаптических связей. Развитие этого направления требует разработки универсальных подходов как к описанию нейроморфных систем на основе мемристоров, так и к созданию моделей мемристора, совместимых со стандартными средствами схемотехнического моделирования и учитывающих неидеальность характеристик реальных мемристивных устройств.

Такие задачи решаются в диссертационной работе Г.С. Теплова и направлены на разработку функциональной модели искусственного нейрона с применением мемристивных компонентов и его структурной схемы для последующей аппаратной реализации. Среди наиболее значимых с практической точки зрения результатов можно отметить предложенную автором модель конечного автомата абстрактного нейрона с динамической функцией активации. Данная модель позволяет реализовать набор искусственных нейронов с различными функциями активации, что при аппаратной реализации обеспечивает относительную универсальность технического решения и широкий набор возможностей при проектировании сети. Представленное описание мемристора на языке Verilog-A позволяет использовать его в качестве стандартного элемента библиотеки электронных компонентов САПР Cadence, что важно для проектирования микросхем с нейроморфной структурой.

Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием хорошо апробированных методов и подходов теории множеств, теории автоматов, схемотехники, теории алгоритмов и прикладного программирования.

По автореферату диссертации имеются следующие замечания.

1) В течение последних трех лет наблюдается взрывной рост количества работ по аппаратной реализации искусственных нейронов и нейронных сетей на основе мемристивных устройств. Работы мирового уровня в этом направлении выполнены и в России. К сожалению, в автореферате отсутствует сопоставление предложенных автором схем со схемами мемристивных нейронов и нейронных сетей, уже реализованными на аппаратном уровне.

2) Хотя универсальность предложенного описания мемристора относится к его достоинствам, это описание является слишком абстрактным и не основано на закономерностях и параметрах конкретных процессов ионного и электронного

транспорта, ответственных за эффект биполярного резистивного переключения. В частности, неучет происходящих в мемристоре нелинейных процессов приводит к не очень обоснованному в автореферате следствию о необходимости использования коротких импульсов с малой амплитудой по напряжению, которое плохо согласуется с известной проблемой времени-напряжения (time-voltage dilemma): сравнительно небольшое (в разы) изменение напряжения переключения сопровождается уменьшением на многие порядки величины времени переключения.

3) Несмотря на применение насыщенного и порой сложного научного стиля, в автореферате встречаются грамматические ошибки (неправильные формы слов, некорректное использование словосочетания «так же») и ошибки в пунктуации (лишние или, наоборот, отсутствующие запятые).

Эти замечания не снижают положительного впечатления от данной диссертации, которая свидетельствует о высоком уровне квалификации диссертанта. В целом выполненная работа является законченным научным исследованием, актуальна, содержит новые научные и практические результаты. Диссертация удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор – Теплов Георгий Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.01 – твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах.

10.12.2018

Михайлов Алексей Николаевич,
кандидат физико-математических наук
заведующий лабораторией
Научно-исследовательского
физико-технического института (НИФТИ)
Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского
Почтовый адрес: 603950, Нижний Новгород,
пр. Гагарина, дом 23, корп. 3
Номер телефона: +7 (902) 6835126
Адрес электронной почты: mian@nifti.unn.ru



Подпись: *Михайлова А.Н.*
Заведующий. Ученый секретарь ННГУ
Л.Ю. Черноморская
Тел. 462-30-21