

Сакулин А.Е.

*Научный руководитель: к.т.н., доцент, декан ФИТ С.А. Щаников  
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного  
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
E-mail: alexander.sakulin33@ya.ru*

### **Разработка проекта системы программно-аппаратного моделирования искусственных нейронных сетей на базе мемристоров**

В настоящее время во всем мире активно ведутся разработки архитектур нейросетевых вычислительных средств (искусственных нейронных сетей - ИНС) на основе мемристоров [1-3]. Одной из важнейших нерешенных задач в данной области является разработка методик оценки и обеспечения необходимой точности вычислений при переходе к аналоговой обработке [1,2] информации. Для решения данной задачи необходимо наличие средств исследования мемристоров, нейронов и нейронных сетей на их основе (ИНСМ) для получения экспериментальных данных о значениях их параметров.

Программные средства моделирования, например, Memristor Toolbox для MATLAB [4], имеют низкую стабильность работы моделей мемристоров, что вызывает частые ошибки при симулировании работы. Из аппаратно-программных комплексов стоит выделить систему ArC ONE [5-7] производства ArC Instruments. Она содержит только возможность измерения физических характеристик мемристоров. Это является недостаточным для разработки методов оценки точности ИНСМ как физическо-информационного объекта [8].

Ввиду отсутствия подходящих инструментальных средств, было принято решение разработать проект НПЛ (автоматизированная испытательная система) системы программно-аппаратного моделирования ИНСМ. Основными функциями системы являются [8]:

1. Определение точности ИНСМ;
2. Определение функциональных допусков ИНСМ;
3. Определение отказоустойчивости ИНСМ;
4. Определение надежности ИНСМ;
5. Планирование эксперимента;
6. Генерация дестабилизирующих воздействий.

Взаимодействие ИНСМ и ЭВМ будет осуществляться через цифро-аналоговые (ЦАП) и аналого-цифровые (АЦП) преобразователи. В качестве ЦАП предлагается использовать цифровой генератор сигнала с возможностью управления с ЭВМ. Прием данных с модели осуществлять цифровыми осциллографами с USB интерфейсом для возможности обработки информации в реальном времени.

Разрабатываемое программное обеспечение имеет функционал для обучения и тестирования ИНСМ с заранее заданной архитектурой. Результаты испытаний записываются в базу данных, осуществляется их обработка и визуализация.

Таким образом, проектируемая НПЛ-система позволит проводить комплексное исследование характеристик ИНСМ как системы.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-38-00592.

### **Литература**

1. Галушкин А.И. Мемристоры в развитии высокопроизводительной вычислительной техники // Информационные технологии. 2015. №2. С. 146-156.
2. Галушкин А.И. На пути к нейрокомпьютерам с использованием мемристоров // Приложение к журналу "Информационные технологии". 2014. №4. С.2-19.
3. Галушкин А.И. Новые технологии микроэлектроники и разработки перспективных нейрокомпьютеров // Информационные технологии. 2016. №7. Т.22. С. 550-555.

4. Memristor Circuit Investigation through a new Tutorial Toolbox, A. Walsh, R. Carley, O. Feely, A. Ascoli, in Proc. European Conference on Circuit Theory and Design, Dresden, September 2013.
5. A. Serb, et al. "Unsupervised learning in probabilistic neural networks with multi-state metal-oxide memristive synapses", Nature Communications, July 2016.
6. I. Gupta, et al. "Real-time encoding and compression of neuronal spikes by metal-oxide memristors", Nature Communications, Sept 2016.
7. A. Serb, J. Bill, A. Khat, R. Berdan, R. Legenstein, and T. Prodromakis, "Unsupervised learning in probabilistic neural networks with multi-state metal-oxide memristive synapses," Nat. Commun., vol. 7, p. 12611, Sep. 2016.
8. Danilin S.N., Shchanikov S.A., Sakulin A.E., Bordanov I.A. Determining the Fault Tolerance of Memristors-Based Neural Network Using Simulation and Design of Experiments // 2018 Vth International Conference on Engineering and Telecommunication (EnT). 2018.