

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ТУСУР

Доктор технических наук

Рулевский В.М.

«10» августа 2022 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию

**Беловой Ирины Анатольевны**

на тему «**Фотоэлектрическая система генерирования на базе полупроводникового преобразователя с нейросетевой системой управления**»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности «Электротехнические комплексы и системы»

### **Актуальность темы исследования**

В настоящее время солнечная энергетика стала одной из нескольких перспективных направлений альтернативной энергетики. Сложности с производством и поставками солнечных панелей обострили необходимость локализации производства на территории России как первичных модулей, так и преобразующей аппаратуры солнечной энергетике.

Генерирование солнечной энергии имеет ряд проблем, связанных в первую очередь с относительно низкой эффективностью. В связи с этим, особенно актуальным является создание источников питания на современной элементной базе и систем управления силовым преобразователем, позволяющих достигать высоких показателей энергетической эффективности.

Поскольку степень освещенности солнечных батарей в течении дня неравномерна, актуальными являются задачи разработки систем управления преобразователями фотоэлектрических генерирующих систем, позволяющих отслеживать точку максимальной мощности.

На настоящее время разработано большое количество жестко детерминированных алгоритмов экстремального регулирования, но недостатками систем управления с такими алгоритмами является их неспособность функционировать в режимах нестандартных ситуаций.

Исследования в области искусственных нейронных сетей привело к развитию области интеллектуальных систем управления. Нейронная сеть не требует знания внутренних параметров солнечного модуля, быстро обучается,

обладает способностью оптимизации и аппроксимации и способна быстро реагировать на любые возмущения в системе.

Следовательно, использование искусственных нейронных сетей для управления процессом преобразования солнечной энергии в электрическую является актуальной задачей и имеет практическую и научную значимость.

### **Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы**

Обоснованность и достоверность результатов диссертационной работы определяются корректной постановкой задач, адекватностью принятых допущений, применением широко известных методов и средств численного и имитационного моделирования. А также совпадение основных теоретических выводов с экспериментально полученными данными при имитационном моделировании.

#### **Новизна полученных результатов**

Научную ценность работы представляют разработанные и предложенные автором диссертационной работы основные результаты исследований, такие как:

1. Создана интересная методика создания и настройки искусственной нейронной сети для отслеживания точки максимальной мощности массива солнечных батарей, позволяющая создать нейронную сеть независимо от типа и структуры системы генерирования и её мощности;

2. Предложена модель солнечной батареи, позволяющая производить обучение нейронной сети системы управления энергопреобразующей аппаратуры солнечной станции;

3. Разработана многоуровневая система отслеживания точки максимальной мощности массива солнечных батарей в составе системы генерирования, которая с помощью искусственных нейронных сетей позволяет добиться высокой точности, скорости и динамики выхода системы в установившийся режим;

4. Разработан алгоритм онлайн-коррекции коэффициентов предварительно обученной искусственной нейронной сети при первоначальной настройке системы или при изменении параметров фотоэлектрической системы генерирования.

#### **Практическая ценность диссертационной работы**

Полученные методики создания и обучения искусственных нейронных сетей предназначены для реализации систем управления с функцией отслеживания точки максимальной мощности солнечных батарей, вносят вклад в проектирование фотоэлектрических систем генерирования мощности.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы при создании и модернизации фотоэлектрических систем генерирования как на автономных, так и на сетевых станциях.

В работе представлены результаты, которые были использованы в разработках ООО «СПТ» (г. Новосибирск). Применение подтверждается актами о внедрении результатов диссертационного исследования.

### **Объем и содержание диссертационной работы**

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений, списка литературы, который включает в себя 90 наименований, и других приложений. Работа изложена на 164 страницах, включая 100 рисунков и 12 таблиц.

Автореферат достаточно полно отражает основные положения диссертационной работы.

### **Основные публикации и апробация работы**

Основные положения по теме исследования представлены в 22 печатных работах, 2 из которых в ведущих журналах из списка ВАК, 11 – в журналах и трудах научных конференций, индексируемых в международных базах Web of Science и/или Scopus, зарегистрировано 2 патента на изобретение, 2 программы для ЭВМ.

### **Замечания по диссертационной работе:**

1. В диссертационной работе представлена структура фотоэлектрической системы электропитания, сопрягаемая с промышленной электрической сетью переменного тока, однако на ней отсутствует модуль синхронизации колебаний напряжения сети и генерируемого сигнала солнечной электростанции. Каким образом реализован процесс включения разработанной системы генерации в случае, когда указанные напряжения находятся в противофазе?

2. Разработанный автором способ управления экстремальным регулятором мощности, основанный на искусственной нейросетевой модели, обладает уникальными показателями времени переходного процесса. Но слабым местом систем управления, обладающих высокими показателями быстродействия, является их потенциальная неустойчивость. Каким образом может быть гарантирована устойчивость системы управления преобразователем энергии, построенной на базе нейронной сети?

3. Необходимым элементом системы управления энергопреобразующей аппаратуры под детерминированным алгоритмическим управлением являются защиты и блокировки. Как реализована работа в нештатных режимах в случае, когда управление энергетическими процессами организовано на базе нечеткой логики?

Указанные замечания в большей степени являются рекомендательными и с точки зрения оценки научной и практической значимости не снижают ценности работы.

### **Заключение**

Диссертация Беловой Ирины Анатольевны на тему «Фотоэлектрическая система генерирования на базе полупроводникового преобразователя с нейросетевой системой управления» является законченной научно-исследовательской работой, выполненной на актуальную тему, обладает научной новизной, содержит решения важной научно-технической задачи по исследованию перспективных фотоэлектрических систем генерирования.

Представленная работа обладает научной и практической значимостью, результаты работы в достаточной степени представлены в научных трудах автора. Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г. в редакции от 11.09.2021 г.), а ее автор Белова Ирина Анатольевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности «Электротехнические комплексы и системы».

Отзыв на диссертацию Беловой Ирины Анатольевны обсужден и утвержден на заседании научно-технического семинара кафедры Промышленной электроники Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР), протокол № 41 от « 08 » июля 2022 г.

*Михальченко Сергей Геннадьевич*, заведующий кафедрой Промышленной электроники ФГБОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», доктор технических наук, доцент

« 09 » августа 2022 г.

Адрес:  
634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 40.  
+7 (3822) 51-05-30  
[office@tusur.ru](mailto:office@tusur.ru)

*Отзыв получен 25.08.2022*

*М/ Давид М/*

*С ошурвом ознакомлена*

*23.08.2022 Белова И.И.*