

ОТЗЫВ

научного руководителя, к.т.н. Суворова Алексея Александровича на диссертационную работу Рудника Владимира Евгеньевича «Программно-технические средства моделирования в реальном времени фотоэлектрической солнечной электростанции в электроэнергетической системе», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.3 – Электроэнергетика

В 2019 году Рудник Владимир Евгеньевич окончил магистратуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника. В период подготовки диссертации соискатель обучался в очной аспирантуре данного университета с 02.09.2019 по 31.08.2023 г. по направлению подготовки 13.06.01 Электро- и теплотехника. В настоящий момент Рудник Владимир Евгеньевич работает в должности ассистента в отделении электроэнергетики и электротехники Инженерной школы энергетики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

В результате выполнения диссертационной работы получены теоретически обоснованные и экспериментально подтвержденные решения актуальных для мировой электроэнергетики задач:

1. Представлен анализ особенностей фотоэлектрических солнечных электростанций (ФСЭС), которые заключаются в способе их подключения к электроэнергетической системе (ЭЭС) с помощью сетевого инвертора (СИ). В результате внедрения таких ФСЭС существенно изменяются динамические свойства ЭЭС из-за отличающийся динамики функционирования СИ, что может приводить к проблемам, связанным с возникновением колебаний режимных параметров различной частоты и амплитуды. Отмечено, что особенно часто возникают обозначенные проблемы при внедрении ФСЭС в ЭЭС со слабыми

электрическими сетями. Плотность такой сети оценивается с помощью коэффициента отношения короткого замыкания (ОКЗ).

2. Отмечено, что основным способом анализа возникающих проблем, связанных с внедрением ФСЭС в ЭЭС, является математическое моделирование. Рассмотрены используемые виды обобщенных математических моделей ФСЭС и их модификации. Выделены особенности и упрощения модернизированных моделей.

3. Рассмотрены подходы к моделированию ЭЭС с ФСЭС с помощью программно-вычислительных комплексов (ПВК) и программно-аппаратных комплексов (ПАК), также обозначены их особенности и упрощения.

4. Предложено использовать гибридный подход к моделированию, который заключается в комплексном применении сразу нескольких методов моделирования: аналогового, цифрового и физического, ввиду присущих особенностей только цифровому математическому моделированию при анализе и исследовании процессов в больших ЭЭС с ФСЭС. В качестве платформы для моделирования ЭЭС с ФСЭС предлагается использовать всережимный моделирующий комплекс реального времени ЭЭС (ВМК РВ ЭЭС). В рамках гибридного подхода, а также на основе анализа специфики функционирования ФСЭС в ЭЭС, сформулированы конкретные положения концепции её всережимного моделирования в реальном времени.

5. Создан специализированный гибридный процессор (СГП) ФСЭС, предназначенный для детального моделирования ФСЭС в ЭЭС, который состоит из: а) микропроцессорного узла (МПУ), обеспечивающего всё информационное управление СГП ФСЭС; б) фотоэлектрического модуля, который воспроизводится с помощью сопроцессора на цифровом уровне; в) физической модели СИ и повышающего преобразователя постоянного тока; г) модели реактора, цепи постоянного тока, фильтра высших гармоник, трансформатора, которые реализуются на аналоговом уровне; д) центрального процессора, который осуществляет информационно-управляющее взаимодействие по локальной компьютерной сети между сервером ВМК РВ ЭЭС и периферийными процессорами МПУ.

6. Проведен комплекс экспериментальных исследований, подтверждающих свойства и возможности разработанной концепции и средств ее реализации, которые обеспечивают успешное решение исследуемой проблемы, а также достижение цели диссертационной работы.

Все основные положения и результаты диссертационной работы отражены в 26 работах, в том числе в 6 статьях в рецензируемых изданиях перечня ВАК РФ, в 6 статьях в изданиях, индексируемых базами данных Scopus и Web of Science, кроме того в 1 патенте РФ на изобретение и 1 свидетельстве о государственной регистрации программы для ЭВМ, а также апробированы на 16 международных и всероссийских научно-технических конференциях.

Актуальность диссертационной работы обусловлена возможностью применения разработанного средства детального моделирования ФСЭС для получения информации о режимах и процессах в ФСЭС, функционирующих в составе ЭЭС, при нормальных, аварийных и послеаварийных режимах их работы, необходимой для эффективного решения актуальных для электроэнергетической отрасли задач проектирования и исследования, особенно связанных с воспроизведением колебаний режимных параметров различной частоты при функционировании ФСЭС в слабых электрических сетях в зависимости от схемно-режимных условий и разработкой средств по их демпфированию.

Созданные соискателем концепция и средства детального моделирования ФСЭС использовались при выполнении исследований в нескольких проектах Российского научного фонда: № 18-79-10006, № 21-79-00129 и № 21-79-00275. Тематика исследований соответствует приоритетному направлению развития науки в Российской Федерации (указ Президента РФ № 899 от 7 июля 2011 г.): «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика», а также находится в сфере критических технологий Российской Федерации «Технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

Все исследования проведены автором диссертации лично. Постановка задач исследований и анализ полученных данных осуществлялись совместно с

научным руководителем. Результаты, представленные в диссертации, получены автором лично.

При выполнении диссертационной работы Рудник В.Е. проявил себя сформировавшимся современным высококвалифицированным специалистом в области электроэнергетики, способным самостоятельно решать сложные и актуальные научно-технические задачи.

Выполненная диссертация по актуальности, содержанию, научной новизне и практической значимости соответствует требованиям Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете (приказ ТПУ № 362-1/од от 28 декабря 2021 г.), а ее автор **Рудник Владимир Евгеньевич** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.3 – Электроэнергетика.

Научный руководитель, к.т.н., доцент
Отделения электроэнергетики и электротехники
Инженерной школы энергетики Национального
исследовательского Томского политехнического
университета
634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30,
тел.: +7 (3822) 701-777 / 1987,
e-mail: suвороваa@tpu.ru
09.10.23



А.А. Суворов

Подпись А.А. Суворова заверяю
Ученый секретарь Ученого совета
Национального исследовательского
Томского политехнического университета



Е.А. Кулинич