

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспертной комиссии диссертационного совета ДС.ТПУ.17 на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национального исследовательского Томского политехнического университета» по предварительному рассмотрению диссертации Разживина Игоря Андреевича «Всерезимное моделирование ветроэнергетической установки в электроэнергетической системе», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы»

«16» октября 2019 г.

Комиссия диссертационного совета ДС.ТПУ.17 в составе:

председатель – д.т.н., доцент, профессор ОЭЭ ИШЭ ТПУ  
Обухов С.Г.;

член комиссии – д.т.н., профессор, профессор ОЭЭ ИШЭ ТПУ  
Ушаков В.Я.;

член комиссии – д.т.н., профессор, профессор ОЭЭ ИШЭ ТПУ  
Гусев А.С.;

член комиссии – д.т.н., доцент, доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ  
Глазырин А.С.;

член комиссии – к.т.н., доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ  
Прохоров А.В.

рассмотрела диссертационную работу Разживина Игоря Андреевича на тему «Всерезимное моделирование ветроэнергетической установки в электроэнергетической системе», выполненную в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальном исследовательском Томском политехническом университете» (ФГАОУ ВО НИ ТПУ).

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка используемой литературы из 88-и наименований. Объем диссертации составляет 118 страниц, включая 94 рисунка, 2 таблицы и 3 приложения на 12 страницах.

Комиссия провела проверку и установила идентичность текста диссертации, представленной в диссертационный совет на бумажном

носителе, тексту диссертации в электронном варианте в формате \*.pdf. В диссертации отсутствуют достоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты.

Комиссия, рассмотрев диссертацию Разживина Игоря Андреевича на тему: «Всережимное моделирование ветроэнергетической установки в электроэнергетической системе», пришла к выводу о соответствии указанной диссертации требованиям п.п. 8-12 «Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете» (в редакции приказа Томского политехнического университета № 66/од от 28 августа 2019 г.)

### **1. Соответствие темы и содержания диссертации научной специальности и отрасли науки**

Тематика диссертации посвящена решению проблемы достоверного моделирования ветроэнергетической установки (ВЭУ) 4 типа (синхронный генератор с возбуждением от постоянных магнитов (СГПМ), вставка постоянного тока (ВПТ), трансформатор присоединения (ТП)) в электроэнергетической системе (ЭЭС) посредством сформулированной концепции всережимного моделирования в реальном времени и на неограниченном интервале и разработанного на основе этой концепции экспериментального образца специализированного гибридного процессора (СГП) ВЭУ 4 типа, позволяющего получить полную и достоверную информацию о едином непрерывном спектре нормальных и аномальных, квазиустановившихся и переходных процессов ВЭУ 4 типа в ЭЭС при всевозможных нормальных, аварийных и послеаварийных режимах их работы, необходимую для надежного и эффективного решения задач проектирования, исследования и эксплуатации ВЭУ данного типа в ЭЭС.

Целью диссертационной работы является достаточно полное и достоверное всережимное моделирование ВЭУ 4 типа в ЭЭС на основе комплексного подхода.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе поставлены и решены следующие задачи:

- 1) исследование факторов, определяющих механический момент ВЭУ;

- 2) разработка концепции всережимного моделирования ВЭУ 4 типа в составе ЭЭС на неограниченном интервале времени ;
- 3) разработка средств реализации данной концепции;
- 4) проведение комплекса тестовых и экспериментальных исследований средств реализации всережимного моделирования ВЭУ 4 типа в ЭЭС.

Диссертация содержит новые научные и практически значимые результаты в области электроэнергетики. Текст диссертации оригинален логичен и хорошо структурирован, обладает внутренним единством, полностью написан автором. В материалах диссертации и автореферате не содержится сведений ограниченного распространения, работа может быть опубликована в открытой печати.

В результате проведенных исследований в диссертации представлены новые научно обоснованные решения и разработки.

Представленная диссертация соответствует научной специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы» согласно следующим пунктам паспорта этой специальности:

- 1) Разработка методов математического и физического моделирования в электроэнергетике.
- 2) Разработка методов расчета установившихся режимов, переходных процессов и устойчивости электроэнергетических систем.
- 3) Разработка методов анализа и синтеза систем автоматического регулирования, противоаварийной автоматики и релейной защиты в электроэнергетике.
- 4) Разработка методов использования ЭВМ для решения задач в электроэнергетике.

**2. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем ученой степени и выполнение требований к публикации основных научных результатов диссертации, предусмотренных пунктами 10 и 11 Порядка присуждения ученых степеней в ТПУ**

Основные материалы диссертации опубликованы в 18 печатных работах, в том числе 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК, 2 статьи в журналах,

индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus, которые отражают основные результаты и выводы диссертации. Получен патент РФ на изобретение.

По представленному библиографическому списку и перечню собственных публикаций автора можно сделать заключение о том, что основные положения диссертации достаточно полно изложены в опубликованных соискателем работах и апробированы на научных конференциях. Требования к публикации основных научных результатов диссертации выполнены полностью.

### **3. Выполнение соискателем пункта 12 Порядка присуждения ученых степеней в ТПУ**

Анализ текста диссертации, публикаций соискателя и списка использованных источников позволяет сделать вывод, что в диссертации заимствованные материалы и отдельные результаты приводятся со ссылками на источники и их авторов.

Требования п. 12 (*ссылаться на автора (авторов) и (или) источник заимствования материалов или отдельных результатов. При использовании в диссертации результатов научных работ, выполненных соискателем ученой степени лично и (или) в соавторстве, соискатель ученой степени обязан отметить в диссертации это обстоятельство*) полностью соблюдены.

Ссылки на библиографические источники, оформлены в соответствии с требованиями стандарта, а библиографический список характеризует достаточную глубину изучения автором рассматриваемого в работе научного направления.

### **4. Основные публикации, раскрывающие положения, выносимые на защиту**

#### **4.1. Обоснованы положения концепции всережимного моделирования ВЭУ 4 типа в ЭЭС в реальном времени и на неограниченном интервале**

– Патент на изобретение № 2 694 014 РФ, (51) МПК G06G 7/62 (2006.01) G06G 7/63 (2006.01). Устройство для моделирования передачи постоянного тока в энергетической системе // Заявка № 2018136514, 16.10.2018. Опубликовано: 08.07.2019 Бюл. № 19.

– Р. А. Уфа, И. А. Разживин, В. Е. Рудник. Физическая модель трехуровневого статического преобразователя напряжения // Интеллектуальные энергосистемы : труды IV Международного молодёжного форума, 10-14 октября 2016 г., г. Томск в 3 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Энергетический институт (ЭНИИ). — 2016. — Т. 2. — [С. 316-320].

– Razzhivin I., Sulaimanov A., Stavitsky S. Approach in the modeling of wind turbines for power system stability studies and evaluation of their impact on electric power systems. // MATEC Web of Conferences. – 2017. – Vol. 141 : Smart Grids 2017 : The Fifth International Youth Forum, October 9-13, 2017, Tomsk, Russia : [proceedings]. – [01041, 5 p.].

– Suvorov, I. Razzhivin, A. Evseeva. Challenges and approaches in modeling wind power plants in electric power systems. // AIP Conference Proceedings 2135, 020055 (2019); <https://doi.org/10.1063/1.5120692>

– A. A. Suvorov, A. S. Gusev, Y. S. Borovikov, A. O. Sulaymanov, M. V. Andreev, N. Y. Ruban, R. A. Ufa, I. A. Razzhivin, Y. D. Bay, and S. A. Stavitsky. Development of software – hardware system for real time simulation of electric power system with smart grids // Russian Forum of Young Scientists, KnE Engineering, pages 139-146. DOI 10.18502/keg.v3i4.2236.

#### **4.2. Всережимная математическая модель ВЭУ 4 типа**

– Патент на изобретение № 2 694 014 РФ, (51) МПК G06G 7/62 (2006.01) G06G 7/63 (2006.01). Устройство для моделирования передачи постоянного тока в энергетической системе // Заявка № 2018136514, 16.10.2018. Опубликовано: 08.07.2019 Бюл. № 19.

– Ufa, R., Andreev, M., Ruban, N., Suvorov, A., Gusev, A., Razzhivin, I., Askarov, A., Bay, Y., Kievets, A., Lozinova, N., Suslova, O. The hybrid model of VSC HVDC. // *Electrical Engineering*. – 2019. Vol. 1 <https://doi.org/10.1007/s00202-018-00752-y>

**4.3. Разработаны структура и принципы реализации экспериментального образца СГП ВЭУ 4 типа, позволяющего получить полную и достоверную информацию о едином непрерывном спектре нормальных и аномальных, квазиустановившихся и переходных процессов в ЭЭС с ВЭУ 4 типа при всевозможных нормальных, аварийных и послеаварийных режимах их работы.**

– И. А. Разживин, А. О. Сулайманов, А. В. Хлебов; науч. рук. А. О. Сулайманов. Использование гибридного моделирования для задач интеграции возобновляемых источников энергии в электроэнергетические системы // Интеллектуальные энергосистемы: труды IV Международного молодёжного форума, 10-14 октября 2016 г., г. Томск / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) – 2016. – Т. 3. – С. 13-15.

– Разживин И.А., Аскарлов А.Б., Суворов А.А., Киевец А.В. Синтез математической модели ветротурбины для достоверной оценки влияния ветроэнергетики на режимы работы энергосистем. // Автоматизация и ИТ в энергетике. 2019. № 6 (119). С. 10-15.

**4.4. Результаты тестовых и экспериментальных исследований, подтверждают реализацию теоретически обоснованных свойств и возможностей разработанных средств всережимного моделирования ВЭУ 4 типа в ЭЭС в реальном времени на неограниченном интервале.**

– Ufa, R., Andreev, M., Ruban, N., Suvorov, A., Gusev, A., Razzhivin, I., Askarov, A., Bay, Y., Kievets, A., Lozinova, N., Suslova, O. The hybrid model of VSC HVDC. // *Electrical Engineering*. – 2019. Vol. 1 <https://doi.org/10.1007/s00202-018-00752-y>

– Рубан Н.Ю., Разживин И.А., Суворов А.А. Анализ и обоснование причин влияния ветроэнергетических установок разных типов на работу электроэнергетических систем // Научно-технические ведомости Севмашвтуза №1 – 2019, с. 4 - 13

– Razzhivin I., Bay J., Kievets A., Askarov A., Influence of mathematical model comprehensiveness on distance protection setting of transmission lines. // *Electrotehnica, Electronica, Automatica (EEA)*, 2019, vol. 67, no. 1, pp. 54-60, ISSN 1582-5175.

– Razzhivin, I.A., Ruban, N.U., Kievec, A.V., Askarov, A.B., Ufa, R.A. Simulating wind power plants for relay protection problems. // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2018. – Vol. 1111 : Problems of energy systems and thermal power complexes. – [012054, 6 p.].

– A. Suvorov, I. Razzhivin, V. Rostovtseva. Analysis of the effect of wind power plants on the out-of-step protection operation // *AIP Conference Proceedings* 2135, 020056 (2019, <https://doi.org/10.1063/1.5120693>)

– Ю.Д. Бай, А.В. Шмойлов, М.В. Андреев, А.А. Суворов, А.В. Киевец, И.А. Разживин. Алгоритм определения законов распределения вероятностей параметров режимов и электрических величин при повреждениях в электрических сетях энергосистем // Вестник Южно-Уральского

государственного университета. Серия: Энергетика. — 2018. — Т. 18, № 4. — [С. 13-21]. DOI: 10.14529/power180402

– Ю.Д. Бай, А.В. Шмойлов, М.В. Андреев, А.А. Суворов, А.В. Киевец, И.А. Разживин. Получение полных вероятностных характеристик параметров режимов задач электроэнергетики // Вестник Воронежского государственного технического университета. — 2018. — Т. 14, № 5. — [С. 64-74].

### **Заключение**

Тема и содержания диссертационной работы Разживина Игоря Андреевича на тему «Всережимное моделирование ветроэнергетической установки в электроэнергетической системе» соответствуют научной специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы». Материалы диссертации в полной мере изложены в работах, опубликованных соискателем ученой степени. Выполнены требования к публикациям основных научных результатов диссертационной работы, предусмотренные пунктами 10 и 11 «Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете» (в редакции приказа Томского политехнического университета № 66/од от 28 августа 2019 г.). В диссертации отсутствуют материалы, заимствованные без ссылки на авторов и источники заимствования, результаты научных работ, выполненных соискателем ученой степени в соавторстве, без ссылок на соавторов.

На основании вышеизложенного комиссия считает возможным принять диссертацию Разживина Игоря Андреевича на тему «Всережимное моделирование ветроэнергетической установки в электроэнергетической системе» к защите в совете ДС.ТПУ.17 на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы»

Председатель комиссии

Члены комиссии:

 С.Г. Обухов  
 В.Я. Ушаков  
 А.С. Гусев  
 А.С. Глазырин  
 А.В. Прохоров