

УТВЕРЖДАЮ

И.о. ректора по науке и стратегическим
проектам Национального исследовательского
Томского политехнического университета

Гоголев А.С.

« 1 » декабря 2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»

Диссертация «**Разработка методики выбора оптимальных значений параметров управляющего воздействия кратковременной разгрузки турбогенератора и средств ее реализации**» по специальности 2.4.3. Электроэнергетика выполнена в Отделении электроэнергетики и электротехники Инженерной школы энергетики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

В период подготовки диссертации соискатель Киевец Антон Владимирович обучался в очной аспирантуре по специальности Электро- и теплотехника, работал инженером исследователем (0.25 ставки, основное место работы), ассистентом (1.0 ставки, основное место работы) в Инженерной школе энергетики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

В 2017 г. Киевец Антон Владимирович окончил магистратуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский

политехнический университет» по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника.

В 2021 г. окончил очную аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по направлению подготовки 13.06.01 Электро- и теплотехника с присуждением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

Справка о сдаче кандидатского экзамена по специальности 2.4.3 Электроэнергетика выдана 28.11.2023 г.

Научный руководитель: Гусев Александр Сергеевич (годы жизни 01.1947 – 09.2022 гг.), д.т.н., профессор отделения электроэнергетики и электротехники Инженерной школы энергетики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Научный руководитель: Рубан Николай Юрьевич, к.т.н., доцент отделения электроэнергетики и электротехники Инженерной школы энергетики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертация Киевца Антона Владимировича на тему **«Разработка методики выбора оптимальных значений параметров управляющего воздействия кратковременной разгрузки турбогенератора и средств ее реализации»** является законченной научно-квалификационной работой.

Актуальность темы исследования обусловлена одной из важнейших задач в области противоаварийной автоматики ЭЭС, а именно компенсации избыточной кинетической энергии ротора за счет использования управляющего воздействия (УВ) кратковременной разгрузки турбины энергоблока (КРТ). В настоящее время используется ограниченное количество

ступеней настройки (обычно три) УВ КРТ с конкретными значениями настроечных параметров. В этом случае задача настройки УВ КРТ заключается в выборе такого УВ КРТ, при котором процесс реализации разгрузки сопровождается переходным процессом с наименьшим уровнем перерегулирования. В работе предлагается получать импульсные характеристики путем математического моделирования единого переходного процесса, включающего в себя аварийное возмущение, функционирование УВ КРТ, с необходимыми значениями его параметров, и установление послеаварийного режима, что снимает все ограничения на вариацию значений параметров УВ КРТ и дает возможность для каждого аварийного случая использовать оптимальные значения настроечных параметров УВ КРТ.

Личное участие соискателя заключается в анализе, выявлении и обосновании проблемы настройки УВ КРТ, а также создании методики определения оптимальных значений параметров УВ КРТ и модернизации ВМК РВ ЭЭС. Проведенные экспериментальные исследования, подтверждающие эффективность данной методики и средств ее реализации, выполнены лично автором диссертации.

Степень достоверности результатов проведенных исследований подтверждается использованием теории методов дискретизации для обыкновенных дифференциальных уравнений, способа непрерывного неявного методически точного интегрирования дифференциальных уравнений, классических положений и законов теоретической электротехники, математики, теории дифференциального и интегрального исчисления, а также теоретически обоснованных и всесторонне апробированных, в том числе независимыми исследованиями, математических моделей, соответствием имеющимся натурным данным.

Научная новизна состоит в следующем:

1. Сформулированы положения методики определения оптимальных значений параметров УВ КРТ по результатам математического моделирования процессов в турбине, ее системе регулирования и ЭЭС в

целом, позволяющие производить выбор значений параметров УВ КРТ для конкретного аварийного процесса.

2. Основываясь на принципах гибридного подхода к моделированию, разработана структура программно-аппаратной системы для реализации математической модели турбины и ее системы регулирования, осуществляющая воспроизведение процессов с гарантированной инструментальной погрешностью, которая определяется используемой компонентной базой, а также способная работать в комбинации с программно-аппаратным комплексом ВМК РВ ЭЭС.

Практическая значимость заключается в разработанных методике определения оптимальных значений параметров УВ КРТ и средствах ее реализации, позволяющих осуществлять выбор значений параметров УВ КРТ применительно к конкретному энергоблоку и аварийным ситуациям в ЭЭС. В результате процесс разгрузки турбины энергоблока происходит с минимальным перерегулированием и меньшим динамическим воздействием на элементы системы регулирования турбины.

Ценность научных работ соискателя, полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.

Опубликованные работы в полной степени отражают основное содержание диссертационного исследования, пункты научной новизны и практической значимости.

Результаты исследований опубликованы автором в 12 работах, в том числе в 1 статье в рецензируемом издании из перечня ВАК РФ, 8 работах в изданиях, индексируемых базами данных Scopus и Web of Science, а также в 1 свидетельстве о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Актуальность результатов работы подтверждена соответствующим актом их использования АО «Институт автоматизации энергетических систем». Кроме этого, внесены дополнения в соответствующую образовательную программу «Национального исследовательского Томского политехнического университета» по специальности 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника.

Результаты диссертационной работы реализованы при выполнении гранта Российского фонда фундаментальных исследований № 19-38-90147 от 23.08.2019 г. «Исследование влияния динамических процессов в электроэнергетической системе с возобновляемыми источниками энергии на функционирование противоаварийной разгрузки турбин энергоблоков и разработка методики её адекватной настройки».

Статьи в рецензируемых периодических изданиях по перечню ВАК РФ, в которых изложены основные положения:

1. Киевец А.В. Проблема численного моделирования цифровой релейной защиты и её аналого-цифровое (гибридное) решение // Андреев М.В., Суворов А.А., Аскарлов А.Б., Киевец А.В. // Известия вузов. Электромеханика. - 2018 - Т. 61 - №. 6. - С. 77-83.

Публикации в журналах, индексируемых в базах Scopus и WoS:

1. Kievets A. The use of HRTSim to optimize the control parameters of fast turbine valving control / A. Kievets, A. Suvorov, A. Askarov, V. Rudnik, A. Gusev, Y. Bay // Electrical Engineering. – 2021. – Vol. 103 (2). – P. 1105–1113.

2. Kievets A. Turbine Fast Valving Setting Method Based on the Hybrid Simulation Approach / A. Kievets, N. Ruban, M. Andreev, A. Suvorov // Energies – 2023. – Vol. 16 (4)

3. Kievets A. Fast valving automation setting using HRTSim / Kievets A., A. Gusev, Y. Bay // International Journal of Emerging Electric Power Systems. – 2022. – Vol. 23 (2). – P. 233–239.

4. Kievets A. Fast valving automation prospects / A. Kievets, A. Suvorov, I. Razzhivin // AIP Conference Proceedings. – 2020. – 2212.

5. Kievets A. The problem of numerical simulation of digital protective relay and its analog–digital (hybrid) solution / A. Suvorov, M. Andreev, A. Askarov, A. Kievets // Electrical Engineering. – 2020. – Vol. 102 (1). – P. 167–186.

6. Kievets A. Comprehensive validation of transient stability calculations in electric power systems and hardware-software tool for its implementation / A.A. Suvorov, A.A.Z. Diab, A.S. Gusev, M.V. Andreev, N.Y. Ruban, etc. // IEEE Access. – 2020. – Vol. 8. – P. 136071–136091.

7. Kievets A. Researching of a setting emergency unloading technique of turbo-generator / A. Kievets, V. Rudnik, N. Kachalov // AIP Conference Proceedings. – 2019. – 2135.

8. Kievets A. Novel Method for Numerical Transformer Differential Protection Setting Up Using Its Detailed Mathematical Model / M. Andreev, A. Suvorov, N. Ruban, R. Ufa, A. Gusev, I. Razzhivin, Y. Bay, A. Kievets, A. Askarov, V. Rudnik // Proceedings of 2019 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe. – 2019. – P. 1–5.

Свидетельства о регистрации программы для ЭВМ:

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021663453. Математическое моделирования первичного двигателя с каналом управляющего воздействия противоаварийной разгрузки турбогенератора. Заявка № 2021662490 / А.В. Киевец, М.В. Андреев, А.С. Гусев // Дата публикации: 17.08.2021, заявитель и патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Апробация результатов исследований. Основные положения диссертационной работы докладывались, обсуждались и демонстрировались на Международных и Всероссийских научно-технических конференциях: IX Международная научно-техническая конференция «Электроэнергетика глазами молодежи» (г. Казань: СКФУ, 2018), 14th International Forum on Strategic Technology (г. Томск: НИ ТПУ, 2019); Всероссийская научная конференция с международным участием «Теплофизические основы энергетических технологий» (г. Томск: НИ ТПУ, 2019); XI Международная научно-техническая конференция «Электроэнергетика глазами молодежи» (г. Ставрополь: СКФУ, 2020), XXV Международный научный симпозиум студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова (г. Томск: НИ ТПУ, 2021), XII Международная научно-техническая конференция «Электроэнергетика глазами молодежи» (г. Нижний Новгород: НГТУ, 2022).

Рассматриваемая диссертация является законченной научно-квалификационной работой, содержит научные и практически важные результаты. В работе представлена новая методика выбора оптимальных значений параметров управляющего воздействия кратковременной разгрузки турбогенератора. Диссертационная работа соответствует требованиям Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете.

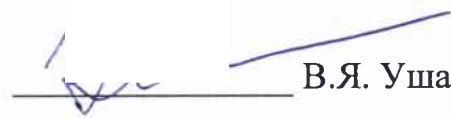
Диссертация **«Разработка методики выбора оптимальных значений параметров управляющего воздействия кратковременной разгрузки турбогенератора и средств ее реализации»** Киевца Антона Владимировича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.3 – Электроэнергетика.

Заключение принято на заседании Научно-технического совета Инженерной школы энергетики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Присутствовало на заседании 9 чел. из 14 членов Электроэнергетической секции Научно-технического совета Инженерной школы энергетики. В голосовании участвовало 8 членов НТС.

Результаты очного голосования: «за» – 8 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 25 от «30» ноября 2023 г.

Председатель Электроэнергетической секции Научно-технического совета, д.т.н., профессор Отделения электроэнергетики и электротехники Инженерной школы энергетики


В.Я. Ушаков

Секретарь научно-технического совета, Инженерной школы энергетики


С.В. Филимонова