

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.173.04 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 22 апреля 2021 протокол № 1

О присуждении Кучаку Сергею Викторовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

**Диссертация** «Система электроснабжения на базе электро-генераторной установки и литий-ионного накопителя с улучшенными динамическими характеристиками» по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы» принята к защите 18 февраля 2021 г., протокол № 1 диссертационным советом Д.212.173.04 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации, 630073, Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, приказ о создании диссертационного совета №105/нк от 11.04.2012 г.

**Соискатель** Кучак Сергей Викторович 1991 года рождения, в 2014 году соискатель окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство образования и науки Российской Федерации, с присвоением квалификации магистр по направлению 210100 «Электроника и наноэлектроника». В 2018 году завершил обучение в очной аспирантуре в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации,



с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь» по направлению 13.06.01 «Электро- и теплотехника». Работает старшим преподавателем кафедры электроники и электротехники в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре электроники и электротехники в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

**Научный руководитель** – доктор технических наук Харитонов Сергей Александрович, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», заведующий кафедрой электроники и электротехники, профессор.

**Официальные оппоненты:**

**Давидов Альберт Оганезович**, доктор технических наук, старший научный сотрудник, Общество с ограниченной ответственностью «Экспериментальная мастерская НаукаСофт», начальник научно-конструкторского отдела;

**Семенов Валерий Дмитриевич**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР), профессор кафедры промышленной электроники;

**дали положительные отзывы на диссертацию.**

**Ведущая организация** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет» (СФУ), г. Красноярск

**в своем положительном** заключении, подписанном Пантелеевым Василием Ивановичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Электроэнергетика», и утвержденном Гуцем Денисом Сергеевичем, кандидатом психологических наук, исполняющим обязанности ректора **указала, что** диссертация Кучака С.В. является завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований представлено решение



актуальной задачи по электротехническому комплексу «электро-генераторная установка – литий-ионный накопитель» и его системы управления. Диссертация соответствует критериям, изложенным в «Положении о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ п.9, а ее автор Кучак Сергей Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Соискатель имеет 15 опубликованных работ по теме диссертации, из которых 2 опубликованы в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень рекомендованных ВАК РФ, 9 публикаций отмечены в наукометрических системах «Web of Science» и «Scopus», 2 публикации в прочих изданиях (в том числе в материалах всероссийских конференций). Также автором получено 2 патента на изобретения. Авторский вклад в опубликованных работах составляет не менее 75 %, общий объем – 10,97 п.л.

**Наиболее значимые работы по теме диссертации:**

1. Кучак, С.В. Моделирование режима импульсного разряда литий-ионного аккумулятора / С.В. Кучак // Доклады АН ВШ РФ, 2018 – № 2 (39) – С. 62 –69.

2. Зырянов, В. М. Экспериментальные исследования и испытания совместной работы системы накопления энергии и ДГУ в составе автономной энергосистемы / В. М. Зырянов, С. В. Кучак, П. А. Бачурин, С. А. Харитонов // Промышленная энергетика. - 2018. - № 10 - С. 2-10.

3. Voroshilov, A. N. Diesel Generator Set Working in Parallel with Electrical Energy Storage System / A. N. Voroshilov, A. I. Khristolubova, A. A. Khristolubov, S. V. Kuchak // 14th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2013: Conference Proceedings – Novosibirsk: Novosibirsk State Technical University, 2013 – pp. 288-292.

4. Kuchak, S.V. Autonomic Power Supply System Based on Diesel Generator Set and Storage of Electrical Energy from Li-ion Battery / S. V. Kuchak // 15th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2014: Conference Proceedings – Novosibirsk: Novosibirsk State Technical University, 2014, pp. 408-410.

5. Kuchak, S.V. Investigation of the lithium-ion battery characteristics / S. V. Kuchak, E.F. Kuchak, A.S. Semyagin // 16th International Conference of Young



Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2015: Conference Proceedings – Novosibirsk: Novosibirsk State Technical University, 2015 – pp. 433 – 435.

6. Kuchak, S.V. Charge characteristics of lithium-ion accumulators under different voltages / S. V. Kuchak, A.N. Voroshilov // 17th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2016: Conference Proceedings – Novosibirsk: Novosibirsk State Technical University, 2016, pp. 484 – 485.

7. Kuchak, S.V. Discharge Characteristics of Lithium-Ion Accumulators under Different Currents / S. V. Kuchak, A. N. Voroshilov, E. A. Chudinov // 18th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2017: Conference Proceedings – Novosibirsk: Novosibirsk State Technical University, 2017, pp. 435 – 438.

8. Dybko M. A. Load Leveling for a Diesel Generator Using an Energy Storage and Instantaneous Power Theory / Maksim A. Dybko, Sergey V. Kuchak, Petr A. Bachurin, Sergey V. Brovanov, Sergey A. Kharitonov // Proceedings of 19th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices. EDM-2018, June 29 - July 3, Altay Republic, Erlagol, pp. 567-573.

9. Bachurin, P. A. Mathematical model of the energy storage system in the power system / P. A. Bachurin, V. M. Zyryanov, N. G. Kiryanova, S. V. Kuchak, G. B. Nesterenko, G. A. Prankevich [et al.] // Актуальные проблемы электронного приборостроения (АПЭП–2018) = Actual problems of electronic instrument engineering (APEIE–2018) : тр. 14 междунар. науч.-техн. конф., Новосибирск, 2–6 окт. 2018 г. : в 8 т. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2018. – Т. 1, ч. 5. – С. 41–47.

10. Kuchak, S. V. Calculation of Energy Storage System Parameters / S. V. Kuchak, P. A. Bachurin, S. A. Kharitonov// 2020 21st International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM), June 29 - July 3 2020, Chemal, Russia, pp. 379-383.

11. Nesterenko, G. An experimental study of combined operation of energy storage system and gas engine power plant in off-grid power system / G. Nesterenko, G. Prankevich, A. Savitskiy, D. Gladkov, V. Zyryanov, S. Kuchak, J. Mokrousova // E3S Web of Conferences ENERGY-21 – Sustainable Development & Smart Management, 209, 03020, 2020.

12. Кучак, С. В. Разрядные характеристики литий-ионных аккумуляторов при малых токах разряда / С. В. Кучак, С.А. Харитонов // Наука. Технологии.



Инновации: сборник научных трудов в 9 ч. / под ред. М.А. Дыбко. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. – Часть 6. – С. 11-12.

13. Бачурин, П. А. Испытания промышленного образца системы накопления энергии СНЭ-10-1200-400 при совместной работе с ГПУ в составе экспериментальной энергосистемы + Testing of industrial design energy storage system (ESS-10-1200-400) and gas piston units in experimental power system / П. А. Бачурин, Д. С. Гладков, В. М. Зырянов, С. В. Кучак, Г. Б. Нестеренко, Д. Е. Лебедев, А. Н. Решетников [и др.] // Электроэнергия. Передача и распределение. - 2020. - № 2 (59). - С. 18-25.

14. Способ управления инвертором напряжения в системах бесперебойного питания и системах накопления электрической энергии при резкопеременной нагрузке / С.А. Харитонов, П.В. Перетяцько, С.В. Кучак, П.А. Бачурин // пат. 2697262 Рос. Федерация. № 2018119777; заявл. 29.05.2018; опубл. 13.08.2019, Бюл. № 23.

15. Способ управления инвертором напряжения в системах накопления электрической энергии при резкопеременной нагрузке / С.А. Харитонов, С.В. Кучак, П.А. Бачурин // пат. 2733999 Рос. Федерация. № 2020106291; заявл. 11.02.2020; опубл. 09.10.2020, Бюл. № 28.

**На диссертацию и автореферат поступили 9 отзывов, все положительные:**

1. Отзыв доктора технических наук, профессора, научного руководителя Акционерного общества «Научно-технический центр Федеральной сетевой компании Единой энергетической системы» **Панфилова Д. И.** – замечания относятся к отсутствию в автореферате описания предложенных способов управления инвертором напряжения, а также пояснения понятия «частный коэффициент гармоник».

2. Отзыв доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Управление в технических системах» института «Инновационные технологии в электромеханике и робототехнике» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» (ГУАП) **Ефимова А. А.** – замечания связаны с тем, что не приведена оценка КПД инвертора напряжения при предложенных способах управления.



3. Отзыв доктора технических наук, профессора, действительного члена Российской академии естественных наук, действительного члена Академии горных наук, Международной энергетической академии и Международной академии наук экологии, безопасности человека и природы, заслуженного работника Высшей школы РФ, профессора кафедры «Электроэнергетика и электромеханика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» **Абрамовича Б. Н.** и кандидата технических наук, доцента кафедры «Электроэнергетика и электромеханика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» **Устинова Д. А.** – замечания связаны с уточнением необходимости учета величины  $\cos\varphi$  нагрузки при различных значениях коэффициента гармоник тока, а также с необходимостью пояснения выбора теории мгновенной мощности Акаги в качестве основы для системы управления инвертором напряжения.

4. Отзыв кандидата технических наук, профессора кафедры радиотехнических устройств Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» (СибГУТИ) **Козляева Ю. Д.** – замечания связаны с отсутствием в автореферате полученных зависимостей параметров схемы замещения литий-ионного аккумулятора и сформированной системы управления инвертором напряжения.

5. Отзыв кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры «Электроника и автоматика физических установок» Северского технологического института – филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» **Щипкова А. А.** – замечания связаны с расхождениями в точности моделирования дизель-генераторной установки в различных частях автореферата, а также с выбором предпочтительного способа ограничения скорости изменения выходной мощности.

6. Отзыв доктора технических наук, профессора инженерной школы энергетики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический



университет» **Гарганеева А. Г.** – замечания связаны с нерациональностью разделения страничного объема автореферата, с выбором литий-ионного аккумулятора в качестве объекта исследования, с неясностью обеспечения режима заряда и синхронизации работы автономного инвертора с синхронным генератором, с дублированием информации в научной новизне и практической значимости, с некорректностью формулировки положений, выносимых на защиту.

7. Отзыв кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры «Возобновляемые источники энергии, электрические системы и сети» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Севастопольский государственный университет» (СевГУ) **Чебоксарова В. В.** – замечания связаны с большим объемом общей характеристики работы, двусмысленностью ряда формулировок, в том числе в цели работы, отсутствием численных критериев резкопеременной нагрузки, отсутствием методики оценки параметров СНЭ, отсутствием аналитической модели динамики автономной системы электроснабжения с накопителем энергии и структуры системы управления, неточностью применения термина «сходимость полученных результатов», необходимостью пояснения предложений, описывающих погрешности в величине частного коэффициента гармоник, степенью обобщенности результатов 4 главы, а также степенью влияния системы накопления энергии и отдельно предложенной системы управления инвертором напряжения на качество электрической энергии.

8. Отзыв кандидата технических наук, заместителя начальника отделения систем электроснабжения Акционерного общества «Аэроэлектромаш» **Коняхина В. С.** – замечания связаны с необходимостью обоснования выбора теории мгновенной мощности в качестве основы для метода управления, с неясностью возможности подключения однофазных нагрузок к исследуемой автономной ЭГУ, с необходимостью пояснения назначения блока задержки в имитационной модели, с необходимостью пояснения выбора экспоненциального способа ограничения скорости изменения выходной мощности в экспериментальном исследовании опытных образцов.

9. Отзыв доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ, профессора кафедры технических основ телекоммуникации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования



«Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича» **Дмитрикова В. Ф.** – замечаний нет.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** известностью, наличием достижений в области электротехнических комплексов и систем, высокой компетентностью в сфере, связанной с исследованиями систем преобразования электрической энергии, наличием публикаций в указанной области, а также возможностью дать научную оценку диссертационной работе. **Давидов Альберт Оганезович** – доктор технических наук, является специалистом в области изучения характеристик и режимов работы электрохимических аккумуляторов, а также разработки способов повышения и восстановления их ресурса. Имеет большое количество публикаций по темам близким к диссертационной работе. **Семенов Валерий Дмитриевич** – кандидат технических наук, специалист в сфере исследования и разработки систем автоматического управления силовыми преобразователями в составе автономных систем электроснабжения. **ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»** один из крупнейших университетов нашей страны, известный проводимыми исследованиями и разработками автономных систем электроснабжения, а также способов управления преобразователями в их составе.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработана** аналитическая методика расчета параметров системы накопления энергии на основе трехфазного мостового инвертора напряжения, обеспечивающая с высокой точностью задание максимальной мощности на выходе накопителя с известной величиной косинуса угла нагрузки, а также частного коэффициента пульсации тока на частоте коммутации;

**предложена** новая математическая модель литий-ионного аккумулятора, отличающаяся введением в классическую схему замещения элементов, параметры которых зависят от величины протекающего в цепи тока;

**доказана** перспективность применения разработанных способов управления инвертором напряжения для накопителей энергии в автономных системах электроснабжения на основе электро-генераторных установок с целью повышения качества электрической энергии в условиях резкопеременной нагрузки;



**введена** измененная трактовка понятия «режим ограничения скорости изменения мощности генератора».

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказана** эффективность применения предложенных способов управления инвертором напряжения в составе системы накопления энергии, направленных на снижение величины колебаний амплитудного значения и частоты напряжения в системе электроснабжения на базе электро-генераторной установки в условиях резко-переменной нагрузки;

**применительно к проблематике диссертации результативно** (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** прямое и обратное преобразование  $abc-dq$ -координат,  $pq$ -теория мгновенной мощности, методы имитационного моделирования;

**изложены** положения, направленные на разработку математических моделей, которые базируются на представлении механических систем в виде эквивалентных электрических схем;

**раскрыта** проблема увеличения отношения величины мощности на выходе инвертора напряжения к коэффициенту модуляции  $M$  при снижении реактивной составляющей мощности;

**изучены зависимости** ряда параметров системы накопления энергии, таких как индуктивность буферного реактора и напряжения в звене постоянного тока, от величины пульсации выходного тока и параметров нагрузки, а также значений параметров элементов схемы замещения литий-железо-фосфатного аккумулятора от величины разрядного тока;

**проведена модернизация** существующих эквивалентных схем аккумулятора с целью повышения точности отображения временных диаграмм режима импульсного разряда.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

**разработаны и внедрены** способы управления инвертором напряжения в составе системы накопления энергии в режиме ограничения скорости изменения мощности сети в преобразователи, производства ООО «Системы Постоянного Тока»;

**определены** перспективы дальнейшего практического использования результатов



диссертационного исследования для автономных систем электроснабжения на основе электро-генераторных установок в условиях резкопеременной нагрузки; **создана** система практических рекомендаций по разработке способов управления инвертором напряжения в составе системы накопления энергии, обеспечивающие функционирование системы в различных режимах работы; **представлены** методические рекомендации по определению количества и номинальной ёмкости аккумуляторов, а также величины индуктивности буферного реактора трехфазного мостового инвертора напряжения на основании технического задания на параметры системы накопления энергии.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ** результаты получены с применением сертифицированного измерительного оборудования и характеризуются удовлетворительной воспроизводимостью и согласуются с результатами расчетов; **теория** построена на известных, проверяемых данных, и согласуется с авторскими и опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации, а также на известных положениях математического анализа и основ электротехники; **идея базируется** на анализе базовых методов теории мгновенной мощности трехфазных потребителей применительно к решению прикладных задач повышения энергоэффективности передачи, распределения и преобразования электрической энергии переменного тока в системах управления инверторами напряжения в составе систем накопления энергии; **использованы** сравнения авторских данных, полученных с использованием разработанных имитационных моделей, с данными экспериментальных и теоретических исследований, полученными ранее по рассматриваемой тематике; **установлено** качественное и количественное совпадение результатов, полученных автором с использованием разработанных математических и имитационных моделей с результатами, полученными при проведении физического эксперимента, что дает основание считать разработанные математические модели эффективными; **использованы** современные методы сбора и обработки исходной информации, полученной в результате математического и имитационного моделирования, а также физического эксперимента с использованием современного контрольно-измерительного оборудования и специализированного программного обеспечения.



**Личный вклад соискателя состоит** в непосредственном участии в проведении литературного обзора по тематике исследования, в изложении и обобщении теоретических и практических результатов работы, разработке математических и имитационных моделей, в формулировке экспоненциального и разработке линейного способа ограничения скорости изменения мощности сети, в подготовке и проведении экспериментальных исследований литий-железо-фосфатных аккумуляторов (совместно с сотрудниками ООО «Лиотех»), электро-генераторных установок и опытных образцов системы накопления энергии (совместно с сотрудниками ФГБОУ ВО НГТУ, ООО «СПТ», ООО «СНЭ»), в интерпретации полученных данных.

Диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для электротехнической отрасли, и соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842.

На заседании 22 апреля 2021 диссертационный совет принял решение присудить Кучаку С.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 9 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту нет человек, проголосовали: за 18, против нет, недействительных бюллетеней 1.

Председатель  
диссертационного совета

Ученый секретарь  
диссертационного совета

22 апреля 2021

А.С. Востриков

М.А. Дыбко