



СИБИРСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ | SIBERIAN
FEDERAL
UNIVERSITY

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский федеральный университет»

660041, Красноярский край,
г. Красноярск, проспект Свободный, д. 79
телефон: (391) 244-82-13, тел./факс: (391) 244-86-25
http://www.sfu-kras.ru, e-mail: office@sfu-kras.ru

ОКПО 02067876; ОГРН 1022402137460;
ИНН/КПП 2463011853/246301001

ЖДАЮ»
ФГАОУ ВО

Сибирский федеральный
университет»

канд. психол. наук,
Денис Сергеевич Гуц

«18» 03 2021г.

№ _____
на № _____ от _____

ОТЗЫВ

ведущей организации ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» на диссертацию Кучака Сергея Викторовича «Система электроснабжения на базе электро-генераторной установки и литий-ионного накопителя с улучшенными динамическими характеристиками», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»

1. Актуальность темы диссертации

В настоящее время в локальных системах электроснабжения и системах распределённой генерации важным направлением развития является использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в качестве как основных, так и в качестве вспомогательных источников генерации. В таких системах приобретает особую актуальность использование систем накопления энергии (СНЭ), без которых применение ВИЭ зачастую становится не реальным. Вместе с тем, использование СНЭ актуально для повышения энергетической эффективности и продления ресурса локальных источников генерации, основанных на дизель-генераторных установках.

Обязательной частью СНЭ являются накопительные устройства, в качестве которых перспективным и достаточно распространёнными представляются литий-ионные аккумуляторные батареи.

Представленная диссертация посвящена исследованию эффективности применения литий-ионных аккумуляторных батарей в составе электро-генераторных установок и, в этом смысле, её актуальность не вызывает сомнений.

2. Соответствие паспорту специальности

Диссертационная работа соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»:

1. Развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, изучение системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем.

3. Разработка, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка алгоритмов эффективного управления

4. Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов и систем в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях.

3. Структура и объем диссертации

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет». Она состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы, 3 приложений и содержит 138 страниц основного текста, 81 рисунок, 15 таблиц, библиографический список из 75 наименований.

Во **введении** обоснована актуальность работы, сформулированы её цель и задачи, новизна основных научных положений, представлена теоретическая и практическая значимость полученных результатов.

В **первой главе** приведены результаты анализа принципов построения систем автономного электроснабжения в различных сферах применения, основными источниками питания в которых являются возобновляемые источники энергии. Показано, что в качестве резервных источников наиболее часто используются электро-генераторные установки, в частности дизель-генераторные установки. Отмечена необходимость применения в подобных системах аккумуляторных систем накопления энергии (СНЭ). Проведен обзор возможных режимов работы СНЭ в системе электроснабжения, представлен способ управления инвертором напряжения, основанный на преобразовании Парка-Горева и теории мгновенной мощности Акаги.

Основным научным результатом первой главы является предложенная методика определения параметров схемы выбранной структуры СНЭ: максимальная индуктивность буферного реактора и минимальное среднее значение напряжения в звене постоянного тока инвертора напряжения, которые обеспечивают генерацию с заданной величиной полной мощности и соотношением активной и реактивной её составляющих.

Во **второй главе** для литий-железо-фосфатных аккумуляторов (ЛИА) изучены особенности функционирования электро-химических накопителей электрической энергии в различных режимах работы.

Представлены результаты комплексного исследования параметров ЛИА большой ёмкости (от 300 А·ч), в частности, получены: зависимость напряжения разомкнутой цепи от состояния заряда; зарядная характеристика при различных уровнях напряжения заряда; разрядная характеристика при различных уровнях тока разряда; зависимость напряжения ЛИА при импульсных токах разряда.

По результатам исследования реакции ЛИА на импульсные разряды обоснована возможность её представления для целей моделирования известной схемой замещения, для которой получены значения ее элементов.

Основным научным результатом второй главы является сформированная модель ЛИА, отражающая её эксплуатационные параметры.

В **третьей главе** представлены исследования на разработанной автором модели функционирования дизель-генераторных установок, в частности, параметров переходных процессов при их работе условиях резкопеременной нагрузки. Отмечено, что длительность переходного процесса и величина перепада по частоте напряжения при набросе и сбросе нагрузки отличаются.

В результате исследований сформирована структура и схема имитационной модели в среде *PSIM*, что и является основным научным результатом данной главы.

В **четвертой главе** выполнены исследования системы электроснабжения в различных режимах работы СНЭ на разработанной автором в среде *PSIM* имитационной модели. В частности, исследовались: ограничение активной, реактивной и полной мощности на выходе генератора. Результаты имитационного моделирования всех режимов показали высокую степень соответствия моделирования и результатов, полученных в главе 1. На основании проведённых исследований сформулированы требования к способу управления инвертором напряжения в составе СНЭ, работающей совместно с генератором в режиме резкопеременной нагрузки. Сформированы структуры системы управления, позволяющие при неизменном профиле нагрузки снизить скорость изменения мощности на генераторной установке по экспоненциальному и линейному закону. Исследования показали высокую эффективность разработанных с участием автора и защищённых патентами способов управления инвертором напряжения.

В **пятой главе** представлены результаты экспериментального исследования опытных образцов системы накопления энергии номинальной мощностью 100 и 1200 кВА, предназначенные для совместной работы в различных режимах с дизель-генераторной (ДГУ) и газо-поршневой установкой (ГПУ) соответственно. Полученные результаты подтверждают эффективность применения разработанных способов управления инвертором напряжения при работе ДГУ в условиях резко-переменной нагрузки.

В **заключении** приведены основные выводы по результатам исследований.

4. Основные новые научные результаты

1. Установлена зависимость напряжения в звене постоянного тока трехфазного мостового инвертора от максимальной мощности и $\cos\varphi$ нагрузки, кратности частоты коммутации силовых ключей и частного коэффициента гармоник тока на частоте коммутации.

2. Установлены зависимости параметров схемы замещения литий-ионного аккумулятора большой ёмкости от силы тока, определяющие характер и качество переходных процессов при набросе мощности на аккумулятор.

3. Разработаны способы управления инвертором напряжения, позволяющие регулировать скорость изменения мощности на выходе источника питания при неизменном профиле нагрузки.

5. Практическая значимость

1. Сформирована методика определения минимальной величины напряжения в звене постоянного тока инвертора напряжения и максимальной индуктивности буферного реактора, обеспечивающая с достаточно точностью задание величины максимальной мощности на выходе накопителя с известной величиной косинуса угла нагрузки и задание частного коэффициента пульсации тока на частоте коммутации.

2. Разработана верифицированная компьютерная модель дизель-генераторной установки, позволяющая с погрешностью не более 2 % пиковые значения колебаний напряжения и частоты в режиме резкопеременной нагрузки с величиной перепадов мощности равной 60 % от номинальной мощности ДГУ.

3. Определены параметры схемы замещения литий-железо-фосфатного аккумулятора большой ёмкости, отражающие с погрешностью не более 2 % импульсный режим разряда аккумулятора.

6. Замечания и вопросы по работе

6.1. В цели диссертации заявлено «улучшение качества электрической энергии», но ни в задачах, ни в положениях, выносимых на защиту не сказано о том, какие из регламентируемых стандартом показатели качества электроэнергии и на сколько улучшились.

6.2. П.3 положений, выносимых на защиту, сформулирован не корректно, так как многие известные модели дизель-генераторных установок в той или иной степени отражают работу реального объекта, в том числе и в режиме резкопеременной нагрузки.

6.3. В расшифровке коэффициента модуляции на стр. 32 допущена опечатка в выражениях для коэффициента модуляции и амплитуды модулирующего сигнала, и не расшифровано обозначение v_d .

6.4. Выбор диапазона ограничения действительной составляющей мгновенной мощности в пределах от 30 до 80 кВт при исследовании режима ограничения активной выходной мощности генератора в диссертации принят без обоснования.

6.5. На стр. 74 в таблице 4.1 приведена ссылка на ГОСТ 13109-97. «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения», однако этот стандарт уже давно утратил силу и заменён ГОСТ 32144–2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

6.6. В тексте диссертации довольно много грамматических ошибок и опечаток.

7. Общее заключение о соответствии выполненной работы требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям

Диссертация Сергея Викторовича Кучака является завершённой научно-исследовательской 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.

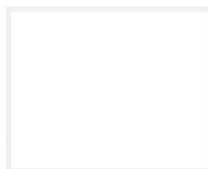
Содержание диссертации отражает основные идеи работы и полученные в ней результаты, раскрывает ее научную и практическую значимость и в достаточной степени опубликовано в 15 печатных работах, 2 из которых в ведущих журналах, рекомендованных списком ВАК, 9 – в журналах и трудах научных конференций, индексируемых в международных базах *Web of Science* и/или *Scopus*, и 2 патента на изобретение РФ.

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

Диссертация Сергея Викторовича Кучака «Система электроснабжения на базе электро-генераторной установки и литий-ионного накопителя с улучшенными динамическими характеристиками», 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».

Заключение принято на научно-техническом семинаре кафедры «Электроэнергетика», протокол № 4 от 17.03.2021 г.

Заведующий кафедрой
«Электроэнергетика»
д-р техн. наук, профессор



Василий Иванович Пантелеев

Отзыв получен 06.04.2021

В.И. Пантелеев

Сибирский федеральный университет,
660074, г. Красноярск, ул. Киренского, 26.
E-mail: vpanteleev@sfu-kras.ru, тел. 8 (391) 2912063

*С отзывом ознакомлен
06.04.2021*
С.В. Кучак