

О Т З Ы В

официального оппонента, к.т.н., доцента Доброскока Никиты Александровича на диссертацию Емельянова Евгения Александровича на тему: «Гибридный электротехнический комплекс с дизель- и ветроэлектрической установками для автономного электроснабжения поселения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы

1. Актуальность темы диссертации

Надежное и энергоэффективное электроснабжение поселений, расположенных на изолированных и труднодоступных территориях, представляет собой сложную научно-техническую задачу. Высокая стоимость топлива и его доставки, износ оборудования, работа агрегатов при малой загрузке и необходимость резервирования приводят к снижению энергетической и экономической эффективности. Интеграция ветроэлектрических установок и систем накопления энергии позволяет уменьшить долю дизельной генерации, однако одновременно усложняет структуру комплекса и алгоритмы управления его оборудованием.

Эффективность гибридного электротехнического комплекса определяется не только установленной мощностью источников. Существенное влияние оказывают схема распределительного устройства, распределение потребителей по категориям надежности электроснабжения, доступность сетевых источников, режимы заряда и разряда накопителя, а также вероятностные отказы элементов. Поэтому выбор параметров оборудования и разработка алгоритмов управления должны выполняться с учетом нормальных и аварийных режимов работы комплекса.

Диссертация Емельянова Е.А. посвящена повышению энергоэффективности гибридного электротехнического комплекса с дизель-генераторными и ветроэлектрическими установками и системой накопления энергии. Исследование объединяет вопросы моделирования работы комплекса, выбора схемы распределительного устройства и управления системой накопления энергии. Изложенное подтверждает актуальность темы диссертационной работы.

2. Научная новизна диссертации

Научная новизна работы заключается в получении зависимостей нормированной стоимости электроэнергии, вероятности потери электроснабжения и вероятности потери нагрузки от параметров и режима работы системы накопления энергии. Автором совместно рассматриваются экономические показатели и показатели балансовой надежности гибридного комплекса.

Разработан адаптивный алгоритм управления минимальным уровнем заряда системы накопления энергии. Алгоритм позволяет изменять глубину разряда накопителя в зависимости от текущего режима работы, сохраняя его резервную функцию.

О Т З Ы В

ВХ. № 9-449 от 03.09.20
АУ УС

Научный интерес представляет разработанная имитационная модель, в которой совместно учитываются схемы низковольтного распределительного устройства, категории надежности электроснабжения потребителей, отказы и восстановление оборудования, режимы работы дизель-генераторных и ветроэлектрических установок, а также системы накопления энергии.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность представленных результатов подтверждается корректностью принятых допущений, применением известных методов математического моделирования и математических зависимостей. Исходные параметры моделирования и диапазоны их изменения определены по паспортным данным, литературным источникам и фактическим данным об электрической нагрузке исследуемого поселения.

Проверка результатов выполнена путем сопоставления расчетных зависимостей с известными теоретическими положениями и анализа физической непротиворечивости полученных тенденций. Увеличение установленной мощности ветроэлектрических установок и емкости накопителя снижает расход топлива до достижения области насыщения, а чрезмерное увеличение параметров приводит к росту капитальных затрат. Увеличение гарантированной мощности и доступного резерва закономерно уменьшает показатели дефицита.

Выводы по главам и итоговое заключение соответствуют представленным результатам. Примененные методы адекватны поставленным задачам и обеспечивают достаточную обоснованность защищаемых положений.

4. Научные результаты, их ценность

Автором рассмотрены одиночная несекционированная, одиночная секционированная и двойная системы шин. Для схем, допускающих электроснабжение потребителей I и II категорий надежности, сформированы сценарии перераспределения нагрузки и генерации при отказах шин, коммутационных аппаратов и недостатке мощности. На основании расчетов обоснован выбор двойной системы шин.

Для системы накопления энергии учтены ограничения максимальных токов заряда и разряда, саморазряд и уменьшение доступной емкости вследствие деградации. Рассмотрены резервный режим и режим замещения дизельной генерации. Установлены области рациональных значений емкости, тока разряда и минимального уровня заряда накопителя.

Разработанный адаптивный алгоритм изменяет минимальный уровень заряда системы накопления энергии. На основе квазислучайных последовательностей Соболя определены весовые коэффициенты управляющих факторов, после чего эффективность каждого варианта оценена методом Монте-Карло. Показано, что адаптивное управление позволяет одновременно уменьшить нормированную стоимость электроэнергии и вероятности потери электроснабжения и нагрузки относительно использования оптимального фиксированного минимального уровня заряда.

Результаты диссертации опубликованы в 7 печатных работах. Две статьи опубликованы в изданиях из Перечня ВАК, две статьи - в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получены два свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Результаты прошли апробацию на четырех научно-практических конференциях.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Теоретическая значимость полученных соискателем результатов заключается в определении наиболее значимых входных параметров моделирования, оказывающих наибольшее влияние на выходные показатели гибридного электротехнического комплекса. Предложенные зависимости расширяют представление о совместном влиянии параметров системы накопления энергии на экономическую эффективность и балансовую надежность комплекса.

Практическую значимость имеют рекомендации по выбору схемы низковольтного распределительного устройства, количества и мощности дизель-генераторных установок, установленной мощности ветроэлектрических установок и параметров накопителя.

Результаты исследований внедрены в инженерно-проектировочную деятельность ООО «Балтэнерготех» (акт внедрения от 10.04.2025 г.).

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Имитационная модель пригодна для оценки структуры распределительного устройства и предварительного выбора параметров системы накопления энергии с учетом требований к надежности электроснабжения.

Адаптивный алгоритм может быть использован при разработке систем управления автономными гибридными комплексами после уточнения параметров для конкретного оборудования и объекта.

Полученные результаты рекомендуется использовать при проектировании систем автономного электроснабжения объектов, находящихся на изолированных и труднодоступных территориях.

7. Замечания и вопросы по работе

По диссертационной работе имеются следующие замечания и вопросы:

Замечание 1. В модели используется часовой шаг, а параметры внутри интервала считаются неизменными. При этом пуск дизель-генераторной установки длится 5 минут, действие АВР принимается мгновенным. Как выбранная дискретизация моделирования влияет на учет кратковременных дефицитов мощности и пусковых режимов, а также на показатели балансовой надежности?

Замечание 2. Система накопления энергии рассматривается как сетеформирующий источник, однако модель выпрямительно-инверторного преобразователя и алгоритм поддержания напряжения и частоты не представлены. По каким критериям определяется

способность накопителя сформировать сеть и учитываются ли ограничения по перегрузочной способности?

Замечание 3. Ветроэлектрическая установка исключена из числа возможных сетеформирующих источников вследствие стохастического характера генерации. Вместе с тем современные ВЭУ с силовыми преобразователями могут участвовать в формировании параметров изолированной сети при наличии достаточного энергетического резерва. Чем обусловлено принятое ограничение?

Замечание 4. Требуемое количество работающих дизель-генераторных установок определяется выражением (2.13) без непосредственного учета мощности системы накопления энергии, после чего в алгоритме отдельно проверяется возможность замещения части установок накопителем. Не приводит ли такой подход к завышению первоначально выбранной установленной мощности дизельной генерации?

Замечание 5. Модель LiFePO_4 -накопителя использует постоянный КПД заряда и разряда, фиксированный саморазряд и эмпирическую зависимость деградации от числа эквивалентных циклов. Однако в работе не учитывается влияние температуры, хотя объект расположен в арктической зоне.

Замечание 6. Сделан вывод о несущественном влиянии максимального тока заряда системы накопления энергии на показатели комплекса. Сам автор отмечает, что иной результат может быть получен при уменьшении шага моделирования. Поэтому область применимости данного вывода следует ограничить часовым квазистационарным расчетом и дополнительно проверить для субчасовых режимов работы.

Замечание 7. Адаптивный алгоритм использует значения баланса мощности за предыдущие интервалы и дискретные состояния дизель-генераторных установок. В работе не рассмотрены погрешности измерений, задержки передачи и обработки данных, а также ограничения исполнительных устройств. Какие требования к точности и периодичности получения исходных данных, а также быстродействию исполнительных устройств должны выполняться для практической реализации предложенного адаптивного алгоритма? Кроме того, в описании блок-схемы на странице 105 приведена ссылка на формулу (2.11), хотя количество работающих ДГУ определяется выражением (2.13).

Перечисленные замечания имеют частный характер, не опровергают полученных автором результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

8. Заключение по диссертации

Диссертация Емельянова Евгения Александровича представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, содержащую научно обоснованные технические и алгоритмические решения, направленные на повышение энергоэффективности и надёжности гибридного электротехнического комплекса для автономного электроснабжения поселения.

Диссертация «Гибридный электротехнический комплекс с дизель- и ветроэлектрической установками для автономного электроснабжения поселения», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы, полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор Емельянов Евгений Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент,
заведующий кафедрой систем автоматического управления
ФГАОУ ВО СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
кандидат технических наук, доцент

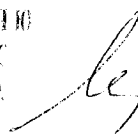
 / **Доброскок Никита Александрович**
01.09.2026

Подпись Доброскока Никиты Александровича оппонента заверяю

М.П.



ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
НАЧАЛЬНИК ОДС
Т.Л. РУСЯКОВА



Сведения об официальном оппоненте:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»

Почтовый адрес: 197022, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5, литера Ф

Официальный сайт: <https://etu.ru/>

Электронная почта: nadobroskok@etu.ru

Телефон: +7 (812) 234-68-18