

УТВЕРЖДАЮ

Проректор ФГАОУ ВО
Уральский федеральный университет

имени первого Президента России

Ел

Кортов

«3» сентября 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» на диссертационную работу **Пехоты Дмитрия Андреевича** на тему «Разработка адаптивного генетического алгоритма автоматического отключения нагрузки в локальных системах электроснабжения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.3. Электроэнергетика.

Для подготовки отзыва ведущей организации были представлены следующие материалы:

- диссертация, состоящая из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка литературы и приложений;
- автореферат диссертации, в котором дана общая характеристика работы и приведены ее основные результаты.

Предоставленные материалы дают возможность оценить диссертационную работу с точки зрения научной и практической ценности, а также ее соответствие требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Актуальность темы диссертации. В условиях цифровой трансформации электроэнергетики и активного внедрения распределенных энергетических ресурсов особое значение приобретают вопросы автоматического управления нагрузкой в локальных интеллектуальных системах электроснабжения (ЛИСЭ). Процессы, протекающие в таких системах, характеризуются высокой динамикой изменения генерации и потребления, ограниченной пропускной способностью связей с внешней сетью и необходимостью оперативного балансирования мощности в автономном режиме работы. Вместе с тем существующие практические подходы к автоматическому отключению нагрузки, разработанные для крупных энергосистем, не позволяют в полной мере решать задачи

управления в локальных комплексах, так как они не обеспечивают требуемой селективности и не адаптируются к изменяющейся конфигурации системы.

В качестве модельной системы в работе рассматривается активный энергетический комплекс (АЭК), для которого вопросы обеспечения устойчивости электроснабжения при аварийных возмущениях являются критически важными. Диссертационное исследование направлено на восполнение методологического пробела в области применения эвристических методов оптимизации для выбора объема и состава отключаемой нагрузки. Зарубежный опыт показывает перспективность использования генетических алгоритмов в задачах управления микрогридами, однако в отечественной научной литературе системные исследования в этом направлении до настоящего времени практически отсутствуют. Научная ценность работы состоит в разработке комплексного подхода, объединяющего архитектуру системы автоматического отключения нагрузки, методологию оценки ее эффективности и алгоритм автоматической настройки параметров с использованием метаоптимизации. Предложенный подход позволяет минимизировать экономический ущерб потребителей и обеспечивает адаптивность к изменяющимся условиям функционирования АЭК, что открывает перспективы для создания самонастраивающихся систем противоаварийного управления.

Таким образом, актуальность темы диссертации определяется как практическими потребностями в эффективных алгоритмах управления нагрузкой в локальных интеллектуальных системах электроснабжения, так и необходимостью развития теоретических основ применения методов искусственного интеллекта и эволюционной оптимизации в задачах противоаварийной автоматики.

Структура работы и основные результаты разделов. Диссертация выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет». Общий объем работы составляет 202 страницы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 89 наименований и 4 приложений. Всего в работе 45 рисунков и 10 таблиц.

Во **введении** сформулированы цель и задачи исследования, определены научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, а также положения, выносимые на защиту.

Первая глава содержит обзор существующих подходов к управлению нагрузкой в локальных системах электроснабжения, анализ режимов работы активных энергетических комплексов и постановку задач исследования.

Во **второй главе** сформированы требования к системе автоматического отключения нагрузки, определены сценарии моделирования и критерии оценки ее эффективности.

В **третьей главе** разработаны архитектура системы и алгоритмы выбора объема и состава отключаемой нагрузки, включая подход к адаптивной настройке параметров генетического алгоритма.

Четвертая глава посвящена имитационному моделированию и сравнительной оценке эффективности решения поставленной задачи с применением как генетического, так и метагенетического алгоритмов.

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

В **приложениях** содержатся структурные схемы алгоритмов, акты внедрения и свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Новизна научных положений и выводов. Научная новизна диссертационного исследования заключается в разработке и обосновании комплекса алгоритмических решений, направленных на повышение эффективности автоматического отключения нагрузки в локальных интеллектуальных системах электроснабжения.

К числу новых результатов, полученных в ходе исследования, относится алгоритм выбора объема и состава отключаемой нагрузки, в котором оптимизация осуществляется на основе адаптивного генетического алгоритма по критерию минимизации экономического ущерба потребителей. Предложенный подход отличается от традиционных методов, ориентированных преимущественно на минимизацию отключаемой мощности, учетом стоимостных характеристик потребителей, что позволяет снизить экономические потери при вынужденных отключениях.

Разработан алгоритм проверки эффективности работы эвристических алгоритмов в задаче определения необходимого объема и состава отключаемой нагрузки. Суть подхода заключается в сравнительном анализе результатов функционирования алгоритмов на множестве сценариев моделирования с использованием специально сформированных тестовых наборов энергопринимающих устройств, имеющих единственное оптимальное решение.

Также разработан универсальный алгоритм принятия решений в системе автоматического отключения нагрузки, учитывающий вид аварийного события и режим работы локальной системы. Алгоритм основан на анализе текущих режимных параметров и выборе состава отключаемой нагрузки с учетом ограничений по активной мощности.

Практическая и теоретическая значимость работы заключается в следующем:

1. Разработан метод реализации метагенетического алгоритма, осуществляющего оптимизацию совокупности используемых параметров и операторов генетического

алгоритма, что позволяет повысить эффективность функционирования системы автоматического отключения нагрузки при возникновении аварии.

2. Разработан порядок проверки эффективности работы эвристических алгоритмов при решении задачи выбора объема и состава отключаемой нагрузки, который может послужить основой для создания коммерческого программного обеспечения, что подтверждается актом внедрения.

3. На основе проведенных экспериментов доказано, что применение метагенетического алгоритма для оптимизации совокупности параметров и операторов генетического алгоритма позволяет обеспечить соответствие системы автоматического отключения нагрузки разработанным критериям качества функционирования.

4. Предложена целевая функция генетического алгоритма, которая позволяет снизить экономический ущерб от вынужденного отключения активной мощности.

5. Сформирован перечень критериев качества функционирования системы автоматического отключения нагрузки, использование которого позволяет оценивать эффективность работы эвристических алгоритмов определения объема и состава отключаемой нагрузки по избирательности, быстродействию, вероятности нахождения оптимального решения и масштабируемости.

6. Определены основные закономерности изменения эффективности работы генетического алгоритма при изменении параметров и операторов.

7. Разработана стратегия использования метагенетического алгоритма для решения задачи оптимизации совокупности параметров и операторов генетического алгоритма.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается тем, что основой для выполнения исследований и разработки алгоритмов являются известные фундаментальные законы электротехники, теория автоматического управления и методы оптимизации. В работе указаны необходимые допущения, граничные условия и области применения разрабатываемых алгоритмов.

Обоснованность также подтверждается воспроизводимостью результатов при многократных запусках алгоритма в различных сценариях моделирования. Сопоставление результатов работы алгоритма с эталонными оптимальными решениями позволяет количественно оценить точность и надежность предложенного подхода. Достоверность выводов также обеспечивается применением методов статистической обработки данных.

Соответствие содержания диссертации указанной специальности. Диссертация соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности 2.4.3. Электроэнергетика:

- п. 9 – «Оптимизация структуры, параметров и схем электрических соединений электростанций, подстанций и электрических сетей энергосистем, мини- и микрогрид»;
- п. 15 – «Разработка методов статической и динамической оптимизации для решения задач в электроэнергетике»;
- п. 16 – «Разработка методов анализа и синтеза систем автоматического регулирования, противоаварийной автоматики и релейной защиты в электроэнергетике»;
- п. 20 – «Разработка методов использования информационных и телекоммуникационных технологий и систем, искусственного интеллекта в электроэнергетике, включая проблемы разработки и применения информационно-измерительных, геоинформационных и управляющих систем для оперативного и ретроспективного мониторинга, анализа, прогнозирования и управления электропотреблением, режимами, надежностью, уровнем потерь энергии и качеством электроэнергии».

Публикация результатов диссертационной работы. Основные результаты диссертационной работы достаточно полно опубликованы в 8 печатных работах, из которых 3 опубликованы в рецензируемых научных журналах, включенных в Перечень ВАК РФ.

Замечания по работе. К недостаткам работы можно отнести следующее:

1. Отсутствие в работе аналитической оценки вычислительной сложности предложенного алгоритма в асимптотической нотации « O большое» в зависимости от размерности задачи, что не позволяет прогнозировать время его работы при масштабировании системы на большее число управляемых энергопринимающих устройств.
2. Отсутствие в математической модели учета инерционности и особенностей регулирования различных типов генерирующих установок, в частности, дизельных, газопоршневых и газотурбинных установок, а также возобновляемых источников энергии, что может оказаться критичным для активных энергетических комплексов с высокой долей возобновляемых источников энергии.
3. Использование термина «адаптивный» в названии диссертации при том, что изменение параметров генетического алгоритма с помощью метагенетического алгоритма, работающего в фоновом режиме, представляет собой скорее оптимизацию или периодическую перенастройку, чем адаптацию в классическом понимании этого термина, предполагающую непрерывную подстройку в реальном времени в ответ на изменение внешних условий.
4. Указание времени работы алгоритма менее 150 миллисекунд только для вычислительной составляющей без учета задержек на передачу телеметрических данных и управляющих команд по цифровым каналам связи.

5. Отсутствие в работе примера практического применения разработанного алгоритма для решения задачи отключения нагрузки на реально действующем объекте или хотя бы на подробной модели, максимально приближенной к промышленному объекту.

6. Отсутствие описания поведения алгоритма при кратковременных переходных процессах, таких как пуски мощных электродвигателей и самозапуски нагрузки, которые могут вызывать кратковременные снижения частоты, не требующие отключения нагрузки.

7. Наличие на представленных графиках немонотонных участков и локальных всплесков, свидетельствующих о нестабильности работы алгоритма при определенных сочетаниях параметров, без обсуждения в диссертации причин этих аномалий.

Указанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертационной работы.

Соответствие диссертации критериям «Положения о присуждении ученых степеней». Диссертационная работа Пехоты Дмитрия Андреевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны алгоритмы и методы, позволяющие эффективно решать задачу автоматического отключения нагрузки в локальных интеллектуальных системах электроснабжения, что имеет существенное значение для развития электроэнергетики.

Общее заключение о соответствии выполненной работы требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Диссертация Пехоты Дмитрия Андреевича «Разработка адаптивного генетического алгоритма автоматического отключения нагрузки в локальных системах электроснабжения» является законченной научно-исследовательской работой, в которой представлено решение актуальной задачи разработки адаптивного генетического алгоритма автоматического отключения нагрузки в локальных интеллектуальных системах электроснабжения, основанного на применении методов эволюционной оптимизации и метаоптимизации, что имеет существенное значение для развития электроэнергетики. Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, свидетельствующие о личном вкладе автора диссертации. Содержание диссертации отражает основные идеи работы и полученные в ней результаты, а также раскрывает ее научную и практическую ценность. Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

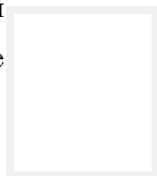
Диссертация Пехоты Дмитрия Андреевича «Разработка адаптивного генетического алгоритма автоматического отключения нагрузки в локальных системах электроснабжения» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, изложенным в п.п. 9–14 «Положения о присуждении ученых

степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (в актуальной редакции). Автор диссертации, Пехота Дмитрий Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.3 – Электроэнергетика.

Диссертационная работа Пехоты Дмитрия Андреевича, автореферат диссертации, а также отзыв ведущей организации рассмотрены и одобрены на заседании научной лаборатории цифровых двойников в электроэнергетике Уральского энергетического института ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», протокол № 7 от 02 сентября 2026 года.

Отзыв ведущей организации подготовил кандидат технических наук, доцент, заведующий научной лабораторией цифровых двойников в электроэнергетике УралЭНИН УрФУ Хальясмаа Александра Ильмаровна.

Кандидат технических наук, доцент,
заведующий научной лабораторией
цифровых двойников в электроэнергетике
УралЭНИН УрФУ,



Хальясмаа Александра Ильмаровна

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Адрес: 620062, Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19.

Сайт: <https://urfu.ru>

Тел.: 8 (800) 100-50-44

E-mail: rector@urfu.ru

Отзыв получен 10.09.2026г. Проф./Осипов А.А./

С отзывами ознакомлен 14.09.2026

Пехота Д.А.