

Отзыв официального оппонента на диссертацию Пехоты Дмитрия Андреевича
«РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОГО ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА АВТОМАТИЧЕСКОГО
ОТКЛЮЧЕНИЯ НАГРУЗКИ В ЛОКАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.4.3 – «Электроэнергетика»

1. Актуальность темы диссертации

Актуальность темы диссертационного исследования Пехоты Д.А. обусловлена объективными тенденциями развития электроэнергетики, связанными с широким внедрением локальных интеллектуальных систем электроснабжения (ЛИСЭ). Объектом исследования является активный энергетический комплекс (АЭК) как частный случай ЛИСЭ. Наличие четкого нормативно-правового закрепления статуса АЭК позволяет использовать данный формат в качестве базовой модели для исследования. Такие системы включают в себя распределённую генерацию, накопители энергии и управляемую нагрузку, что предъявляет повышенные требования к алгоритмам противоаварийного управления, в частности — к системам автоматического отключения нагрузки (САОН). В настоящее время отсутствуют или находятся в разработке типовые алгоритмы, адаптированные к специфике АЭК. Существующие подходы, разработанные для крупных энергосистем, не обеспечивают должной селективности, быстродействия и экономической эффективности при работе в локальных комплексах. В связи с этим разработка САОН в составе АЭК, направленного на минимизацию экономического ущерба потребителей и обеспечение устойчивости электроснабжения, является безусловно актуальной научно-технической задачей, имеющей важное значение для развития современной электроэнергетики.

2. Анализ содержания диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка литературы из 89 наименований и 4 приложений. Общий объём работы составляет 202 страницы, включая 45 рисунков и 10 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, определены объект, предмет, научная новизна и практическая значимость работы, представлены выносимые на защиту положения.

Первая глава посвящена анализу состояния и проблем управления нагрузкой в ЛИСЭ. Выявлены проблемы устойчивости и баланса мощности при изменении генерации и нагрузки в АЭК, как частном случае ЛИСЭ. Проведён обзор существующих САОН как в отечественной, так и в зарубежной практике, на основании которого сделан вывод о необходимости разработки

специализированных алгоритмов для АЭК. В завершении главы поставлены задачи исследования.

Вторая глава посвящена формированию требований к САОН и разработке методологии её исследования. Автором определены функциональные задачи системы в зависимости от режима работы АЭК, составлен перечень требований к ней (быстродействие, селективность, информационная безопасность и др.), выбраны сценарии моделирования работы САОН и сформулированы критерии оценки качества функционирования САОН. На основе этих требований разработана методика оценки работы алгоритмов, включающая использование средних показателей и кумулятивных графиков распределения ошибок для количественного анализа эффективности принимаемых решений.

В третьей главе разработана архитектура САОН, имеющая модульный состав. Обоснована целесообразность применения генетического алгоритма для решения задачи оптимизации объёма и состава отключаемой нагрузки по критерию минимума экономического ущерба. Предложены основные алгоритмы САОН, включая алгоритм распознавания аварий, алгоритм предварительного расчёта управляющих воздействий, а также разработан метод применения метагенетического алгоритма для адаптивной настройки параметров и операторов генетического алгоритма без участия оператора.

В четвёртой главе представлены результаты имитационного моделирования. Разработана методика проведения эксперимента и алгоритм формирования тестовых наборов энергопринимающих устройств с заведомо известным оптимальным решением. Проведена сравнительная оценка эффективности генетического алгоритма при эмпирически подобранных настройках и при настройках, полученных с помощью метагенетического алгоритма. Результаты моделирования показали, что применение метаГА позволяет существенно повысить долю нахождения оптимального решения (до 94,5 % в худшем случае) и снизить величину ошибки, что подтверждает эффективность предложенного подхода.

В заключении сформулированы основные научные и практические результаты диссертационной работы.

В приложениях содержатся обобщённая структурная схема САОН, метагенетического алгоритма, примеры её работы, графики изменения мощностей, а также копии актов внедрения и свидетельств о регистрации программ для ЭВМ.

3. Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертация соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности 2.4.3 – «Электроэнергетика»:

пункт 9 – «Оптимизация структуры, параметров и схем электрических соединений электростанций, подстанций и электрических сетей энергосистем, мини– и микрогрид»;

пункт 15 – «Разработка методов статической и динамической оптимизации для решения задач в электроэнергетике»;

пункт 16 – «Разработка методов анализа и синтеза систем автоматического регулирования, противоаварийной автоматики и релейной защиты в электроэнергетике»;

пункт 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».

4. Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Автореферат диссертации в полной мере отражает основное содержание диссертационного исследования.

5. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научные положения, выводы и рекомендации, изложенные в диссертационной работе, являются в полной мере обоснованными. Это достигается за счёт использования корректного математического аппарата, базирующегося на фундаментальных положениях теории электроэнергетических систем, теоретических основ электротехники и методов оптимизации.

Обоснованность подтверждается результатами многократных имитационных экспериментов, проведённых на разработанной цифровой модели АЭК. Автором выполнено более 5 миллионов независимых запусков генетического алгоритма в различных сценариях, что обеспечило статистическую достоверность полученных результатов. Сравнение результатов работы алгоритма с эталонными оптимальными решениями, полученными с помощью разработанного метода формирования тестовых наборов энергопринимающих устройств, подтверждает корректность сделанных выводов. Достоверность также обеспечена применением методов статистической обработки данных.

6. Новизна научных положений и выводов

В диссертационной работе Пехоты Д.А. получены следующие новые научные результаты:

Впервые разработан алгоритм оптимизации выбора объема и состава отключаемой нагрузки, основанный на нахождении значения оптимального объема и состава отключаемой нагрузки с использованием адаптивного алгоритма по критерию минимального экономического ущерба потребителей.

Разработан алгоритм проверки эффективности работы эвристических алгоритмов в задаче нахождения необходимого объема и состава отключаемой нагрузки по критерию минимального экономического ущерба потребителей, заключающийся в сравнительном анализе результатов функционирования алгоритмов на множестве сценариев моделирования.

Разработан универсальный алгоритм принятия решений в системе автоматического отключения нагрузки в зависимости от вида аварии и режима работы локальной интеллектуальной системы электроснабжения, основанный на анализе режимных параметров и выборе объема и состава отключаемой нагрузки с учетом ограничений по активной мощности.

7. Практическая и теоретическая значимость

Теоретическая значимость результатов работы заключается в следующем:

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

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

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

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

Практическая значимость результатов 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, которая 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 системе автоматического отключения нагрузки соответствие разработанным критериям качества функционирования.

8. Публикация основных результатов диссертационной работы

Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в достаточном объеме. По теме диссертации опубликовано 8 печатных работ, в том числе:

- 3 научные статьи в рецензируемых научных журналах, включённых в перечень ВАК РФ;
- 3 публикации в международных и российских изданиях, материалах международных и всероссийских конференций;
- Автором получено 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Публикации в полной мере отражают основные результаты диссертационного исследования, а их содержание соответствует научным положениям, выносимым на защиту.

9. Замечания по диссертационной работе

1. В научной новизне написано «Впервые разработан алгоритм оптимизации выбора объема и состава отключаемой нагрузки...». В пункте Основные положения, выносимые на защиту «Повышение эффективности алгоритма выбора объема и состава отключаемой нагрузки». Следует пояснить, что сделано автором диссертации: разработан алгоритм или повышена эффективность уже разработанного (кем-то) алгоритма.

2. В разделе 2.5. «Математическая модель АЭК...» перечислены все элементы, которые входят в математическую модель АЭК, но сами модели отсутствуют. При расчете режимов с учетом накопителей энергии и с учетом управляемых ЭПУ результаты вычислений зависят от выбранных моделей и принятых стратегий управления накопителями и ЭПУ. Автору следует представить математическое описание всех элементов АЭК, что повысит качество восприятия материала диссертации.

3. При описании пятого сценария моделирования работы САОН автор указывает, что «возникает риск нарушения устойчивости...». Требуется пояснить, устойчивость какого именно объекта подразумевается (стр.60).

4. Каким образом определяется, что ответ оптимальный? Как определяется эталонное оптимальное решение в данной работе (стр.66)?

5. В представленном модуле обработки данных (стр.80) не предусмотрены процедуры обнаружения ошибок и расчета неизмеренных параметров режима. Отсутствие указанных функций существенно снижает надежность системы и создает риски нецелевого или ложного срабатывания САОН.

6. В тексте диссертации отсутствует нумерация формул. Целевая функция (стр.107) будет минимальной при отключении всех потребителей. Для исключения подобной интерпретации математическую модель необходимо дополнить системой ограничений.

7. Вывод 4 следует расширить. Необходимо дополнить информацию о том какие конкретно комбинации параметров ГА рекомендуются автором для решения поставленной задачи (стр.167).

8. В диссертации по техническим наукам недостаточно полно представлен математический аппарат. Из-за отсутствия описания методов в математическом виде снижается научная строгость и усложняется понимание работы.

9. Архитектура САОН представляет собой взаимосвязь нескольких модулей. (стр.79). Необходимо пояснить личный вклад автора в разработку архитектуры САОН и каждого входящего в нее модуля.

10. В диссертации отсутствует описание методики расчета экономического ущерба для каждого энергопринимающего устройства, включая структуру составляющих этого ущерба и способ его определения для различных категорий потребителей, что делает данный показатель недостаточно объективным.

10. Соответствие диссертации критериям «Положения о присуждении ученых степеней»

Диссертационная работа соответствует требованиям п.п. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в актуальной редакции):

п.9. 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.

п.10. Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, свидетельствующие о личном вкладе автора диссертации в науку. В диссертации представлены сведения о практической полезности результатов и рекомендации по использованию научных выводов.

пп.11–13. Основные результаты диссертации опубликованы в 3 рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, а также в ряде других изданий и подтверждены 2 свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ.

п.14. Диссертация соответствует требованию указания ссылок на заимствованные материалы или отдельные результаты.

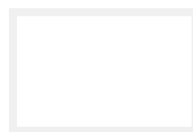
11. Общее заключение

В диссертационной работе изложены новые научно-обоснованные технические и алгоритмические решения, направленные на повышение эффективности систем автоматического отключения нагрузки в локальных интеллектуальных системах электроснабжения. Разработанные алгоритмы позволяют минимизировать экономический ущерб от отключения потребителей и обеспечивают быстроедействие и адаптивность противоаварийного управления в условиях изменяющихся режимов работы активных энергетических комплексов. Сделанные замечания не снижают научной и практической значимости результатов диссертационной работы, и, в основном, носят характер уточнений и пожеланий.

Основываясь на вышеизложенном, считаю, что диссертационная работа «РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОГО ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ НАГРУЗКИ В ЛОКАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ» полностью соответствует требованиям п.п. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в актуальной редакции), а её автор, Пехота Дмитрий Андреевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.4.3 – «Электроэнергетика».

Официальный оппонент

старший научный сотрудник отдела
электроэнергетических систем №40 ИСЭМ
СО РАН, доктор технических наук, доцент



Глазунова Анна Михайловна

15.09.2026

Сведения:

Полное наименование органа

Федеральное государственное
«Институт систем энергетики им.
академии наук.

Юридический адрес: 664033,

Телефон: +7(3952) 500-646

Адрес электронной почты: glazunova@isem.irk.ru

Должность: старший научный сотрудник отдела электроэнергетических систем №40

Ф.И.О.: Глазунова Анна Михайловна

Озв. поучен 25.09.2026г.

С отзывом ознакомлен 25.09.2026

Пехота Д.А.