

ОТЗЫВ

**официального оппонента - кандидата технических наук, доктора педагогических наук,
профессора Семеновой Натальи Геннадьевны - 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

Диссертационное исследование Пехоты Дмитрия Андреевича посвящено решению актуальной научно-технической задачи — повышению эффективности автоматического управления нагрузкой в локальных интеллектуальных системах электроснабжения. Соискатель предлагает применение эвристических методов, в частности адаптивного генетического алгоритма, для решения задачи выбора объёма и состава автоматически отключаемой нагрузки. Несмотря на то, что подобные подходы находят применение в зарубежной практике построения микрогридов, в отечественной научной литературе они до настоящего времени не получили должного освещения.

Объектом исследования является активный энергетический комплекс (АЭК), представляющий собой частный случай локальных интеллектуальных систем электроснабжения. Именно для АЭК, включающих распределённую генерацию, накопители энергии и управляемую нагрузку, вопросы обеспечения устойчивости и надёжности электроснабжения при аварийных возмущениях приобретают в настоящее время важное значение.

Учитывая, что существующие подходы к автоматическому отключению нагрузки, разработанные для крупных энергосистем, не обеспечивают должной эффективности при работе в локальных системах, а также то, что в отечественных исследованиях проблема разработки адаптивных алгоритмов систем автоматического отключения нагрузки (САОН) для локальных систем электроснабжения остаётся недостаточно изученной, поэтому тема диссертационной работы, является своевременной и имеющей существенное значение для развития теории и практики управления локальными энергетическими системами.

2. Анализ содержания диссертации

Диссертационная работа представляет собой завершённое научное исследование, выполненное на качественном уровне. Она состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка сокращений, списка литературы, содержащего 89 наименований, и 4 приложений.

Общий объём диссертации составляет 202 страницы. Работа содержит 45 рисунков и 10 таблиц.

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

Первая глава носит аналитический характер. Соискателем рассмотрены структура и режимы функционирования активных энергетических комплексов, выявлены проблемы устойчивости и баланса мощности при изменении генерации и нагрузки. Проведённый обзор существующих систем автоматического отключения нагрузки как в отечественной, так и в зарубежной практике позволил автору сделать аргументированный вывод о необходимости разработки специализированных алгоритмов для локальных интеллектуальных систем электроснабжения и поставить задачи дальнейшего 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. Выбраны сценарии моделирования и сформулированы критерии качества функционирования системы.

Третья глава заслуживает особого внимания, поскольку в ней разработаны модульная архитектура системы автоматического отключения нагрузки, а также математическая модель оптимизационной задачи, решаемой на базе генетического алгоритма по выбору объёма и состава отключаемой нагрузки по критерию минимума экономического ущерба потребителей. Принципиально новым является разработанный автором подход к использованию метагенетического алгоритма для адаптивной настройки параметров и операторов генетического алгоритма без участия оператора. Впервые предложена интеграция работы двух генетических алгоритмов, позволяющая одновременно определять оптимальные параметры и операторы работы ГА, обеспечивающие оптимальный выбор отключаемой нагрузки в АЭК.

В четвёртой главе представлены основные результаты имитационного моделирования. Разработана методика проведения эксперимента и алгоритм формирования тестовых наборов для проверки работы генетического алгоритма при решении задачи оптимизации объёма и состава отключаемой нагрузки. Проведена сравнительная оценка эффективности генетического алгоритма при эмпирически подобранных настройках и при настройках, полученных с помощью метагенетического алгоритма. Полученные результаты свидетельствуют о значительном повышении доли нахождения оптимального решения и снижении величины ошибки при использовании метагенетического подхода.

В заключении сформулированы основные научные и практические результаты диссертационной работы. В приложениях содержатся структурные схемы, примеры работы системы, копии актов внедрения и свидетельств о регистрации программ для ЭВМ.

3. Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Автореферат диссертации Пехоты Дмитрия Андреевича в целом соответствует тексту диссертационной работы. В нём последовательно изложены основные идеи, результаты и выводы исследования, отражены научная новизна и практическая значимость работы.

4. Новизна научных положений и выводов

Выполненная диссертационная работа имеет несомненную научную новизну, которую можно представить с нескольких позиций.

Во-первых, автором впервые разработан алгоритм оптимизации выбора объема и состава отключаемой нагрузки с использованием адаптивного алгоритма по критерию минимального экономического ущерба потребителей.

Во-вторых, разработан алгоритм проверки эффективности работы эвристических алгоритмов в задаче нахождения оптимального объема и состава отключаемой нагрузки по критерию минимального экономического ущерба потребителей, основанный на сравнительном анализе результатов функционирования алгоритмов на множестве сценариев моделирования.

В-третьих, предложен 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.

В четвертых, впервые предложена интеграция работы двух генетических алгоритмов, позволяющая одновременно определять оптимальные параметры и операторы работы ГА, обеспечивающие оптимальный выбор отключаемой нагрузки в АЭК по критерию минимального экономического ущерба потребителей.

5. Практическая значимость

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.

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.

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.

6. Теоретическая значимость

Теоретическая значимость выполненного исследования выражается в нескольких аспектах.

Во-первых, разработана математическая модель оптимизационной задачи по выбору объёма и состава отключаемой нагрузки, позволяющая снизить экономический ущерб от вынужденного отключения активной мощности.

Во-вторых, 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.

В-третьих, определены основные закономерности изменения эффективности работы генетического алгоритма при изменении параметров и операторов.

В-четвертых, разработана стратегия использования метагенетического алгоритма для решения задачи оптимизации совокупности параметров и операторов генетического алгоритма

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

Необходимая степень достоверности научных достижений, выводов и рекомендаций в диссертации обеспечивается методологическим обоснованием исходных теоретических позиций, базирующихся на фундаментальных положениях теории электроэнергетических систем, теоретических основ электротехники, теории автоматического управления и методов оптимизации. Она также определяется рациональным сочетанием выбранных и использованных методов теоретического и эмпирического познания, включая методы математического и имитационного моделирования.

Сравнение результатов работы алгоритма с эталонными оптимальными решениями, полученными с помощью разработанного метода формирования тестовых наборов энергопринимающих устройств, служит надёжным основанием для утверждений о состоятельности сформулированных автором положений, выводов по главам и заключения

работы в целом. Использование методов статистической обработки полученных результатов также подтверждает объективность и обоснованность выводов диссертационной работы.

8. Публикация основных результатов диссертационной работы

По результатам исследования опубликовано 8 печатных работ, в том числе 3 научных статьи в рецензируемых журналах, входящих в перечень рекомендованных ВАК РФ, 3 публикаций в международных и российских изданиях, материалах международных и всероссийских конференций. Получено 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

9. Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертация Пехоты Дмитрия Андреевича 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».

10. Замечания по диссертационной работе

1. Название параграфа 2.5 диссертации не соответствует его содержанию. Параграф назван «Математическая модель активного энергетического комплекса и средства оценки работы системы автоматического отключения нагрузки», однако в параграфе не приведено ни одного математического уравнения, а представлено только описание функционирования структурных компонентов АЭК.

2. В параграфе 3.3, в котором представлено описание работы генетического алгоритма (ГА) по выбору оптимального состава отключаемой нагрузки, не ясно, что является геном, хромосомой, особью разработанного ГА.

3. На стр.119 выражение для целевой функции оптимизационной задачи, решаемую метаГА, записано неверно. Общеизвестно, что целевая функция оптимизационной задачи

является функцией поиска экстремума, т.е. определения максимума или минимума искомой(ых) переменной(ых). Однако соискатель в символьном виде записал целевую функцию, как простую функцию четырех переменных $F(t) = (-p_i, \varepsilon_i, \delta_i, t_i)$. В то же время, на стр. 115 в текстовом виде целевая функция оптимизационной задачи сформулирована верно.

Также соискатель не указал ограничения и граничные условия решения оптимизационной задачи, что является в решении оптимизационной задачи некорректным. Таким образом, математическая модель оптимизационной задачи метаГА представлена не в полном объеме.

4. Не ясно, почему в выражении целевой функции $F(t)$, в диссертации на стр. 119 и в автореферате на стр.13, соискатель переменную p_i (вероятность нахождения оптимального ответа) записывает со знаком «минус».

5. Следует уточнить, какой математический метод использует автор научного исследования в решении оптимизационной задачи метаГА. Отсылка к лексикографическому порядку является не совсем корректной, т.к. этот способ чаще всего используется в исследованиях гуманитарной области научного знания.

6. Для более весомой аргументации о целесообразности применения ГА в системах автоматического отключения нагрузки по сравнению с другими альтернативными эвристическими методами, такими как метод роя частиц или муравьиный алгоритм, следовало бы привести количественное сравнение результатов этих методов на одних и тех же тестовых наборах данных.

7. В работе отсутствует анализ чувствительности результатов работы генетического алгоритма к погрешностям входных данных, включая вариации активных мощностей нагрузок и ошибок телеметрических измерений, что необходимо для оценки практической надежности алгоритма в условиях реальной эксплуатации энергосистемы.

8. В работе не отражено на каком языке написаны зарегистрированные программы для ЭВМ, реализующие работу ГА, и их объемы.

9. Исследуемый моделируемый АЭК в 4-й главе – это гипотетически виртуальный или физически реальный объект?

10. По какому принципу создавались первичные типовые сценарии отключения нагрузок?

11. Как определено оптимальное решение с которым сравнивается результат работы ГА (стр.142, рис. 4.2)?

12. Замечания по оформлению диссертации: отсутствует нумерация формул; много повторов в тексте; присутствуют опечатки, несогласованность слов и словосочетаний в предложениях.

13. Замечания по автореферату:

- стр. 10: символьная запись второй формулы снизу не соответствует написанному выше тексту;
- стр. 12: первая формула сверху: почему j (порядковый номер ЭПУ) не входит в область Ω (множество допустимых к отключению ЭПУ)?
- стр.16: не дано пояснение к таблице1;
- стр.17: отсутствует таблица 2.

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

Диссертация Пехоты Дмитрия Андреевича «Разработка адаптивного генетического алгоритма автоматического отключения нагрузки в локальных системах электроснабжения» соответствует требованиям пунктов 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в актуальной редакции):

пункт 9: диссертация Пехоты Дмитрия Андреевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны алгоритмы и методы, позволяющие эффективно решать задачу выбора объема и состава отключения нагрузки в локальных интеллектуальных системах электроснабжения, имеющую существенное значение для развития электроэнергетики;

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

пункты 11–13: основные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях: 3 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК. Технические решения подтверждены 2-мя свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ;

пункт 14: диссертация соответствует требованию указания ссылок на заимствованные материалы или отдельные результаты.

12. Общее заключение

Диссертационная работа Пехоты Дмитрия Андреевича на тему «Разработка адаптивного генетического алгоритма автоматического отключения нагрузки в локальных системах электроснабжения» является завершённой, самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой на актуальную тему.

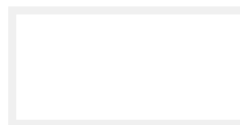
Диссертация написана технически грамотным языком, выводы изложены аргументированно. Основные научные результаты работы опубликованы в рецензируемых отечественных и зарубежных изданиях, входящих в перечень, установленный Министерством науки и высшего образования Российской Федерации.

Сделанные замечания не снижают научной и практической значимости результатов диссертационной работы и в основном носят характер уточнений и пожеланий.

Учитывая актуальность выполненных исследований, научную новизну и практическую значимость полученных результатов, считаю, что Пехота Дмитрий Андреевич заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.4.3 – «Электроэнергетика».

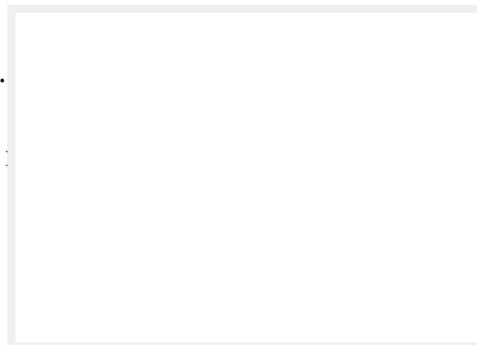
Официальный оппонент

Профессор кафедры автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники
ФГБОУ ВО «ОГУ имени В. А. Бондаренко», д.п.н.,
к.т.н., профессор



Семенова Н.Г.
«15» сентября 2026 г.

Сведения (подпись) Семеновой Н.Г. заверяю.
Главный ученый секретарь – начальник
диссертационных советов ФГБОУ ВО «ОГУ
В. А. Бондаренко»



Фот А.П.
бря 2026 г.

Семенова Наталья Геннадьевна, профессор кафедры автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники Института энергетики, электроники и связи

Место работы: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко»

Юридический адрес: 460018, Оренбургская область, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13.

Телефон организации: +7 (35-32) 77-67-70

Сайт организации: <http://www.osu.ru/>

E-mail организации: post@mail.osu.ru

E-mail оппонента: ng_sem@mail.ru

Отзыв написан 25.09.2026г. Проф. / Семенов А.А. /
С отзывом ознакомлен 25.09.2026
Пехота Д.А.