

## ОТЗЫВ

официального оппонента – доктора технических наук, профессора  
Нагая Владимира Ивановича на диссертационную работу  
**ИЛЮШИНА ПАВЛА ВЛАДИМИРОВИЧА**  
«Совершенствование противоаварийного и режимного управления  
энергорайонов с распределенной генерацией», представленную на соискание  
ученой степени доктора технических наук по специальности  
05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы

Для рассмотрения официальному оппоненту представлены:

1. Диссертационная работа на 499 страницах машинописного текста формата А4, состоящая из введения, семи глав, заключения, библиографического списка и 3 (трех) приложений.
2. Автореферат на 48 страницах формата А5.

### *Актуальность темы диссертационной работы*

Актуальность темы диссертационной работы П.В. Илюшина для науки, техники и эксплуатации высокая и достаточно обоснована, что обусловлено следующими важными аспектами:

- значительным интересом к распределенной генерации (РГ) в России, так как ее внедрение позволяет получать более дешевые энергоресурсы для снижения себестоимости и повышения конкурентоспособности производимой продукции на внешнем и внутреннем рынках;
- ежегодным введением в эксплуатацию в России десятков объектов РГ, посредством чего крупные промышленные предприятия увеличивают долю выработки электрической и тепловой энергии объектами РГ в балансе собственного энергопотребления;
- ежегодным ростом объема производства электроэнергии на объектах РГ в России, превышающим годовой объем выработки крупных генерирующих компаний, например, ПАО «Т Плюс», ПАО «Юнипро», ПАО «Энел Россия»;
- применение технологий РГ является эффективным инструментом оптимизации инвестиций в техническое перевооружение (реконструкцию) оборудования и новое строительство распределительных сетей и крупных тепловых электростанций;
- интеграция в сети объектов РГ содействует электрическому приближению генерирующих установок (ГУ) к нагрузке, следовательно, переходные процессы для них становятся общими, а их параметры существенно зависят от технических характеристик как ГУ, так и нагрузки;
- существенное влияние объектов РГ на режимы работы сетей 0,4-110 кВ требует совершенствования алгоритмов работы и адаптации параметров настройки находящихся в эксплуатации устройств автоматики и релейной

защиты энергосистем, а также необходимость разработки новых принципов их построения;

– при интеграции количество объектов управления в сетях становится значительно больше, скорость развития нарушений нормального режима выше, в связи с малыми значениями механических постоянных инерции ГУ, реверсивные потоки мощности являются нормально допустимыми, что определяется режимами генерации и электропотребления в узлах нагрузки;

– имеются возможности для привлечения объектов РГ к участию в реализации алгоритмов противоаварийной и режимной автоматики распределительных сетей, а также к использованию в качестве резервных источников электроснабжения.

Выполненные в диссертационной работе П.В. Илюшина разработки предназначены для внедрения в распределительных сетях и сетях внутреннего электроснабжения энергорайонов напряжением 0,4–110 кВ с объектами РГ, на заводах-изготовителях устройств и систем противоаварийного и режимного управления, а также систем автоматического управления ГУ, в проектных организациях, осуществляющих проектирование энергорайонов с объектами РГ.

### ***Оценка структуры содержания работы***

Содержание глав диссертации объединено внутренним единством, направленным на достижение поставленной цели и решение широкого круга теоретических и практических задач, заключающихся в разработке способов и средств противоаварийного и режимного управления, структурных и схемно-алгоритмических решений, методик проведения натурных испытаний и измерений, а также расчетов электрических режимов, для обеспечения надежного функционирования ГУ объектов РГ и электроснабжения потребителей в различных схемно-режимных условиях с жесткими временными ограничениями.

***Во введении*** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель, задачи исследования, определены объект и предмет исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, методология и методы исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту, описаны реализация и апробация результатов работы.

***В первой главе*** выполнен анализ современного состояния и проблем управления нормальными и аварийными режимами в энергорайонах с объектами РГ. Определены перспективные направления совершенствования средств противоаварийного и режимного управления в современных условиях развития электроэнергетики.

***Во второй главе*** разработаны новые способы определения параметров режима в условиях быстрых переходных процессах с флуктуациями на основе методов максимального правдоподобия и дискриминаторного, а также способ последовательного принятия решений логическим блоком автоматики

управления нормальными и аварийными режимами (АУНиАР) на основе процедуры Вальда.

Разработанные способы определения параметров режима, основанные на применении методов максимального правдоподобия и дискриминаторного, позволяют перейти в АУНиАР от измерения параметров режима к их оценке с высокой точностью результатов ( $< 1\%$ ), повысив быстродействие до  $0,02-0,035$  с и надежность срабатывания в условиях быстрых переходных процессов, при снижении погрешности по сравнению с алгоритмами на основе ДПФ (до 4 раз).

Разработанный способ последовательного принятия решений логическим блоком АУНиАР, основанный на использовании процедуры Вальда, позволяет повысить быстродействие до  $0,02-0,035$  с и обеспечить высокую точность идентификации классов и границ режимных областей для оптимального выбора видов, объемов и мест реализации УВ.

*В третьей главе* разработан способ реализации многопараметрической делительной автоматики (МДА) энергорайонов с объектами РГ для обеспечения успешного превентивного или непреднамеренного его выделения в островной режим работы, в том числе с дефицитом активной мощности.

Разработанный способ реализации МДА позволяет осуществлять выделение энергорайона с объектами РГ от энергосистемы в случаях возникновения аварий (режимов высоких рисков нарушения электроснабжения), с целью предотвращения отключений ГУ объектов РГ и особо ответственных электроприемников, развития лавины напряжения, а также обеспечения надежного электроснабжения вплоть до момента ликвидации аварии в энергосистеме и нормализации параметров режима.

Разработанный способ реализации МДА для энергорайонов с объектами РГ предусматривает наличие необходимого набора пусковых органов (частота; напряжение; реактивная мощность и ее направление; положение коммутационных аппаратов), действует как превентивно по параметрам режима, так и при непреднамеренном выделении (с КЗ; без КЗ), обеспечивая надежное выделение энергорайона с дефицитом активной мощности до  $60\%$ . Быстродействие МДА ( $0,1-0,2$  с) и реализации управляющих воздействий на отключение нагрузки ( $0,2-0,5$  с) позволяет отказаться от отключения нагрузки сверх начального дефицита мощности, обеспечив надежное электроснабжение ответственных электроприемников.

*В четвертой главе* выполнена разработка способа расширения области допустимых режимов (ОДР) ГУ объектов РГ за счет применения НЭЭ с независимым регулированием по активной и реактивной мощности.

Способ расширения ОДР предназначен для предотвращения излишних отключений ГУ объектов РГ при правильных действиях устройств РЗ с выдержками времени (основных; резервных; дальнего резервирования) в прилегающей сети, в условиях значительных набросов/сбросов нагрузки, как при

параллельной работе с энергосистемой, так и в островном (автономном) режиме.

Разработанный способ расширения ОДР ГУ объектов РГ за счет управления НЭЭ с независимым управлением  $\Delta P_{\text{НЭЭ}}$  и  $\Delta Q_{\text{НЭЭ}}$  позволяет предотвращать отключения ГУ при значительных отклонениях параметров режима, в том числе при ликвидации внешних КЗ устройствами РЗ с выдержками времени (основными; резервными; дальнего резервирования), значительных набросах и сбросах нагрузки, обеспечивая надежное электроснабжение потребителей энергорайона в различных схемно-режимных условиях.

*В пятой главе* разработаны варианты совершенствования алгоритмов устройств противоаварийной автоматики АЧР, АОСН, АОПО, с учетом особенностей схемно-режимных ситуаций в энергорайонах с объектами РГ, а также возможностей использования ГУ в реализации алгоритмов устройств ПА.

Предложенный усовершенствованный алгоритм АЧР позволяет более точно идентифицировать режимную область для выбора видов УВ, а также обеспечивает фиксацию параметров режима (частота; напряжение) для определения необходимых объемов УВ.

Разработанное схемно-алгоритмическое решение по совершенствованию АОСН позволяет повысить его эффективность и быстродействие, содействуя обеспечению надежного электроснабжения максимально количества электроприемников.

Предложенный усовершенствованный алгоритм АОПО кабельной линии электропередачи напряжением 110 кВ позволяет реализовывать УВ на автоматическую загрузку ГУ объектов РГ, изменение конфигурации сети и др., реализуя отключение нагрузки в минимальных объемах для обеспечения надежного электроснабжения потребителей.

Разработанное схемно-алгоритмическое решение по совершенствованию АОПО силового трансформатора (СТ) позволяет осуществлять автоматическое ограничения перегрузки СТ в аварийных ситуациях, реализуя оптимальные управляющие воздействия для минимизации объемов отключения нагрузки и времени нарушения электроснабжения электроприемников потребителей.

*В шестой главе* разработаны схемные решения по совершенствованию алгоритмов устройств линейного и секционного АВР энергорайонов с объектами РГ, а также методы адаптации автоматических регуляторов частоты вращения (АРЧВ) и автоматических регуляторов возбуждения (АРВ) зарубежных ГУ к особенностям режимов энергорайонов.

Предложенные схемные решения по совершенствованию алгоритмов линейного и секционного АВР, с учетом высокого быстродействия, позволяют снизить длительность перерывов электроснабжения и, предотвращая повреждения ГУ от несинхронных включений при снижении напряжения на рабочем вводе без его отключения.

Предложенный способ адаптации АРЧВ позволяет предотвращать значительные отклонения частоты в различных схемно-режимных условиях, а также срабатывание устройств РЗА с действием на отключение ГУ и нагрузки.

Разработанный способ адаптации АРВ позволяет осуществить блокировку модуля согласования нагрузки (изменить параметры настройки) для предотвращения возникновения лавины напряжения и обеспечения надежного электроснабжения электроприемников потребителей энергорайона.

*В седьмой главе* разработаны методика проведения натуральных испытаний и измерений в энергорайонах с объектами РГ, методика выполнения расчетов электрических режимов в энергорайонах с объектами РГ, с учетом особенностей современных ГУ и нагрузки, а также описаны особенности разработки программно-аппаратного комплекса АУНиАР энергорайонов с объектами РГ.

*В заключении* сформулированы основные результаты выполненной диссертационной работы.

*Достоверность* полученных в диссертационной работе научных результатов и обоснованность выводов подтверждается применением апробированных положений теории надежности и устойчивости ЭЭС, применением теории и методов противоаварийного управления в ЭЭС, корректностью применения математических моделей, их адекватностью по критериям определения изучаемых процессов, использованием известных положений фундаментальных и прикладных наук, сходимостью полученных теоретических результатов с данными экспериментов и результатами исследований других авторов.

### *Научная новизна результатов*

Научная новизна заключается в разработке теоретических положений и способов, обеспечивающих надежное функционирование ГУ объектов РГ и электроснабжение потребителей в различных схемно-режимных условиях с жесткими временными ограничениями. Получены новые научные результаты:

1. Разработаны способы определения параметров режима пусковыми органами АУНиАР, отличающиеся тем, что основаны на применении методов максимального правдоподобия и дискриминаторного, позволяющие повысить быстродействие до 0,02–0,035 с и снизить погрешность измерений по сравнению с алгоритмами на основе дискретного преобразования Фурье до 4 раз (ошибка <1%).

2. Предложен способ принятия решений логическим блоком АУНиАР, отличающийся тем, что основан на использовании последовательной процедуры Вальда, позволяющий повысить быстродействие до 0,02–0,035 с и обеспечить высокую точность идентификации классов и границ режимных областей.

3. Разработан способ реализации многопараметрической делительной автоматики (МДА) энергорайонов с объектами РГ, отличающийся тем, что

предусматривает набор пусковых органов (частота; напряжение; реактивная мощность и ее направление; положение коммутационных аппаратов – КА), действующий как превентивно по параметрам режима, так и в случае непреднамеренного выделения (с КЗ; без КЗ). Способ обладает повышенным быстродействием выделения (0,1–0,2 с) и реализации УВ на ОН (0,2–0,5 с), имеет блокирующие алгоритмы и обеспечивает надежное выделение энергорайона с дефицитом активной мощности до 60 %.

4. Предложен способ расширения области допустимых режимов (ОДР) ГУ объектов РГ за счет применения накопителей электрической энергии с независимым регулированием по активной и реактивной мощности, отличающийся тем, что позволяет предотвращать излишние отключения ГУ при существенных отклонениях параметров режима (частота; напряжение), в том числе при ликвидации внешних КЗ устройствами релейной защиты (РЗ), значительных набросах/сбросах нагрузки.

5. Разработан усовершенствованный алгоритм АЧР, отличающийся тем, что использует информацию о напряжении в узле нагрузки, схемно-режимной ситуации в прилегающей сети, данные от блоков контроля предшествующего режима (КПР) и результаты комплексных расчетов режимов. Алгоритм обладает повышенным быстродействием (до 0,02–0,035 с), что позволяет предотвращать возможность возникновения лавины частоты и напряжения в островном режиме энергорайона.

6. Предложено схемно-алгоритмическое решение по совершенствованию АОСН, отличающееся тем, что использует информацию о схемно-режимной ситуации в прилегающей сети, данные от блоков КПР и результаты комплексных расчетов режимов. Решение обеспечивает повышенное быстродействие (до 0,02–0,035 с), что позволяет минимизировать объемы отключения нагрузки за счет ввода превентивных управляющих воздействий.

7. Усовершенствован алгоритм АОПО кабельной линии электропередачи (КЛ) напряжением 110 кВ, отличающийся интеграцией с системой мониторинга температуры (СМТ) фаз кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ), что позволяет осуществлять выбор параметров срабатывания с учетом фактического технического состояния при полном использовании перегрузочной способности, эффективно используя объекты РГ.

8. Разработано схемно-алгоритмическое решение по совершенствованию АОПО силового трансформатора (СТ), отличающееся интеграцией с системой мониторинга и диагностики (СМиД) и блоком управления системой охлаждения, что позволяет осуществлять выбор параметров срабатывания с учетом фактического технического состояния при полном использовании перегрузочной способности СТ, превентивно охлаждать трансформатор до момента возникновения перегрузки.

9. Предложены схемные решения по совершенствованию алгоритмов

линейного и секционного АВР, отличающиеся тем, что используют информацию о схемно-режимной ситуации в прилегающей сети и результаты комплексных расчетов режимов, имеют пусковые органы по напряжению (ПОН) и частоте (ПОЧ), блокирующие органы по углу и величине располагаемой мощности резервного ввода, высокое быстродействие (до одного-двух периодов промышленной частоты) и надежно срабатывают при снижении напряжения на рабочем вводе без его отключения.

10. Разработан способ адаптации АРЧВ зарубежных ГУ к особенностям режимов энергорайонов с объектами РГ, осуществляющий блокировку системы переключения алгоритмов АРЧВ с выбором величины статизма регулирования частоты в диапазоне 4–5% во всех режимах работы ГУ, позволяющий предотвращать значительные отклонения частоты в различных схемно-режимных условиях, а также срабатывания устройств РЗ и ПА с действием на отключение ГУ и нагрузки.

11. Предложен способ адаптации АРВ зарубежных ГУ к особенностям режимов энергорайонов с объектами РГ, осуществляющий блокировку модуля согласования нагрузки (изменение параметров настройки) на основании результатов расчетов электрических режимов, позволяющий предотвратить возможность возникновения лавины напряжения в узлах нагрузки.

12. Разработана методика проведения натуральных испытаний и измерений в энергорайонах с объектами РГ, позволяющая восполнять недостающую условно-переменную информацию для расчетной схемы энергорайона, содействовать повышению точности результатов расчетов режимов, посредством проведения натуральных испытаний и измерений в различных схемно-режимных условиях.

13. Предложена методика выполнения расчетов электрических режимов в энергорайонах с объектами РГ, позволяющая проводить комплексные расчеты режимов при разработке схем выдачи мощности с учетом особенностей современных ГУ и нагрузки для формирования технических требований (ТТ) к ГУ, с последующей проверкой пригодности выбранных ГУ к функционированию в конкретных схемно-режимных условиях.

14. Развита общая теория управления режимами ЭЭС применительно к противоаварийному и режимному управлению энергорайонов с РГ в виде выявленных режимных особенностей, разработанных способов противоаварийного и режимного управления, структурных и схемно-алгоритмических решений, методик проведения натуральных испытаний и измерений, а также выполнения расчетов электрических режимов с целью обеспечения надежного функционирования ГУ и электроснабжения потребителей в различных схемно-режимных условиях с жесткими временными ограничениями.

## *Теоретическая и практическая ценность*

Теоретическая и практическая ценность диссертационной работы заключается в реализации разработанных способов и средств противоаварийного и режимного управления в созданном программно-аппаратном комплексе АУНиАР, а также в совершенствовании методических основ проектирования энергорайонов с объектами РГ, а именно:

1. Способы определения параметров режима пусковыми органами АУНиАР, основанные на применении методов максимального правдоподобия и дискриминаторного, позволяют перейти от измерений параметров режима к их оценке с высокой точностью, с целью повышения быстродействия в условиях быстрых переходных процессов с флуктуациями.

2. Способ принятия решений логическим блоком АУНиАР, основанный на применении последовательной процедуры Вальда, позволяет повысить быстродействие и обеспечить высокую точность идентификации классов и границ режимных областей для оптимального выбора видов, объемов и мест реализации управляющих воздействий.

3. Способ реализации многопараметрической делительной автоматики позволяет обеспечить успешное выделение энергорайона с объектами РГ как превентивно по параметрам режима, так и в случае непреднамеренного отключения линий связи с энергосистемой, что благодаря быстродействию выделения и реализации УВ дает возможность отказаться от дополнительного ОН (сверх начального дефицита активной мощности), обеспечив надежное электроснабжение потребителей энергорайона в островном режиме.

4. Способ расширения области допустимых режимов ГУ объектов РГ, основанный на применении НЭЭ с независимым регулированием по активной и реактивной мощности, позволяет предотвратить излишние отключения ГУ при существенных отклонениях режимных параметров (частота; напряжение) в процессе ликвидации КЗ устройствами РЗ (основными; резервными; дальнего резервирования), значительных набросах/сбросах нагрузки, обеспечивая надежное электроснабжение потребителей энергорайона.

5. Усовершенствованный алгоритм АЧР позволяет идентифицировать режимные области, где помимо снижения частоты фиксируется снижение напряжения, обусловленное составом нагрузки и величиной начального дефицита активной мощности, и, благодаря быстродействию реализации ОН минимизировать ее объемы, предотвращая возможность возникновения лавины частоты и напряжения.

6. Схемно-алгоритмическое решение по совершенствованию АОСН за счет использования информации о схемно-режимной ситуации в прилегающей сети, данные от блоков КПП и результаты комплексных расчетов режимов, позволяет за счет реализации превентивных УВ полностью отказаться от



отключения нагрузки или, с учетом высокого быстродействия, минимизировать ее объемы, содействуя надежному электроснабжению максимально возможного числа потребителей.

7. Усовершенствованный алгоритм АОПО КЛ, благодаря интеграции с СМТ фаз кабеля, позволяет осуществлять выбор параметров срабатывания с учетом фактического технического состояния при полном использовании перегрузочной способности кабеля, а также эффективно использовать объекты РГ для минимизации объемов ОН с целью сокращения ущерба у потребителей.

8. Схемное-алгоритмическое решение по совершенствованию АОПО СТ, благодаря интеграции с СМиД и блоком управления системой охлаждения, позволяет осуществлять выбор параметров срабатывания с учетом фактического технического состояния при полном использовании перегрузочной способности СТ, превентивно охлаждать СТ перед возникновением перегрузки, что позволяет минимизировать объемы отключения нагрузки.

9. Схемные решения по совершенствованию алгоритмов линейного и секционного АВР, использующие информацию о схемно-режимной ситуации в прилегающей сети, результаты комплексных расчетов режимов, ПОН и ПОЧ, блокирующие органы по углу и величине располагаемой мощности резервного ввода, с учетом высокого быстродействия позволяют снизить длительность перерывов электроснабжения и предотвратить повреждения ГУ.

10. Способ адаптации АРЧВ зарубежных ГУ за счет блокировки системы переключения алгоритмов АРЧВ и выбора величины статизма регулирования частоты в диапазоне (4–5)% во всех режимах работы ГУ (параллельный; островной; автономный) позволяет предотвращать значительные отклонения частоты в различных схемно-режимных условиях и срабатывания устройств РЗ и ПА с действием на отключение ГУ и нагрузки.

11. Способ адаптации АРВ зарубежных ГУ за счет блокировки работа модуля согласования нагрузки (изменения параметров настройки) на основании результатов расчетов электромеханических переходных процессов в конкретных схемно-режимных условиях позволяет содействовать предотвращению возникновения лавины напряжения в узлах промышленной нагрузки и обеспечению надежного электроснабжения потребителей.

12. Методика проведения натуральных испытаний и измерений в энергорайонах с объектами РГ позволяет восполнять недостающую условно-переменную информацию для расчетной схемы энергорайона, посредством проведения натуральных испытаний и измерений первого и второго типа, что содействует повышению точности результатов расчетов режимов и обоснованности принятия основных технических решений в процессе проектирования энергорайонов.

13. Методика выполнения расчетов электрических режимов в энергорайонах с объектами РГ позволяет проводить комплексные расчеты

режимов при разработке схем выдачи мощности, с учетом особенностей современных ГУ и нагрузки, по результатам которых формировать технические требования к ГУ для выбора их вида и типа, а также оценивать пригодность ГУ для работы в конкретных схемно-режимных условиях.

14. Разработанные способы противоаварийного и режимного управления, структурные и схемно-алгоритмические решения по совершенствованию алгоритмов устройств автоматики реализованы в ПАК АУНиАР энергорайонов с объектами РГ на базе отечественных промышленных компьютеров со специализированным программным обеспечением (ПО) и протоколом обмена данных, соответствующим требованиям МЭК 61850.

### ***Внедрение и реализация результатов работы***

Результаты диссертационного исследования внедрены в ПАО «МОЭСК» (г. Москва), АО «Региональные электрические сети» (Новосибирская обл.), ПАО «НК «РОСНЕФТЬ» (г. Москва), АО «НИПОМ» (г. Дзержинск), ООО «НПП АЛИМП» (г. Нижний Новгород), АО «Техническая инспекция ЕЭС» (г. Москва), Ассоциация малой энергетики (г. Челябинск), Общероссийская общественная организация «Деловая Россия» (г. Москва), ООО «МКС» (г. Челябинск), ООО «Научно-инженерный центр «ВИНДЭК» (г. Москва), ООО «ЛУКОЙЛ – энергоинжиниринг» (г. Москва), ООО «ИСМ», ООО «Энерган» и ФГАОУ ДПО «ПЭИПК» (г. Санкт-Петербург), НГТУ им. Р.Е. Алексеева (г. Нижний Новгород), использованы в двух Государственных контрактах, что подтверждается актами внедрения, приведенных в приложении 1 (стр. 381-405).

### ***Апробация работы***

Основные положения диссертационной работы П.В. Илюшина и её результаты были представлены в 110 докладах, из них 15 на зарубежных, 44 на международных и 51 на российских научных, научно-технических и научно-практических конференциях и семинарах в период 2012 – 2019 г.г.

### ***Вопросы и замечания по содержанию диссертации***

В процессе ознакомления с диссертацией и авторефератом был отмечен ряд вопросов и замечаний.

1. Из диссертации и автореферата не совсем ясно, предполагается ли объединение функций релейной защиты присоединений с функциями противоаварийной и режимной автоматики (автоматики управления нормальными и аварийными режимами) в одних устройствах?

2. Предусматривается ли реализация нескольких пилотных проектов автоматики управления нормальными и аварийными режимами в распределительных сетях и сетях внутреннего электроснабжения потребителей с объектами РГ для выявления в процессе эксплуатации отдельных аспектов, подлежащих аппаратной или алгоритмической корректировке и доработке?

3. В диссертации и автореферате не указано, необходимо ли для реализации разработанной идеологии осуществлять полную замену устройств противоаварийной и режимной автоматики в энергорайоне при интеграции объекта РГ? Если да, то возможно ли проведение поэтапной замены устройств?

4. Как следует из глав 5 и 6 для реализации части алгоритмов противоаварийной и режимной автоматики, например АОСН, АВР, помимо измерения параметров режима в месте их установки, должны получать информацию от других устройств, размещенных как в сети энергорайона, так и в энергосистеме. Не приведет ли это к существенному усложнению сети передачи данных и ужесточению требований к ней?

5. Часть современных генерирующих установок (газотурбинных, газопоршневых) конструктивно не допускают возникновения кратковременных асинхронных режимов, поэтому предотвратить их отключения при возникновении даже нормативных возмущений не представляется возможным. В этом случае применение НЭЭ не позволит достичь желаемого результата.

6. В главах 3-6 описываются случаи, в том числе, преднамеренного выделения распределенной генерации в островной режим работы с дефицитом активной мощности, что противоречит российским и международным нормативным требованиям.

7. Отказ в распределительных электрических сетях от применения резервных защит с выдержками времени, реализующих функции ближнего и дальнего резервирования, может привести к излишним отключениям электросетевого оборудования и электроприемников потребителей.

8. В главе 7 разработана методика выполнения расчетов электрических режимов в энергорайонах с объектами РГ, с учетом особенностей современных генерирующих установок и нагрузки. Достаточно ли технических возможностей широко распространенных программных комплексов расчетов установившихся режимов и переходных процессов для их проведения или требуются какие-то специализированные программные комплексы?

Вышеперечисленные вопросы и замечания не влияют на представленные в диссертации выводы и полученные результаты, а также не снижают значимости и положительной оценки работы в целом.

### ***Заключение о соответствии диссертации установленным критериям***

Диссертация Илюшина Павла Владимировича, представленная на соискание ученой степени доктора технических наук, полностью отвечает квалификационным признакам и принципам соответствия, которые установлены пунктами 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней».

Заявленная автором цель работы – разработка способов и средств противоаварийного и режимного управления в энергорайонах с распределенной генерацией для обеспечения надежного функционирования генерирующих

установок и электроснабжения потребителей в различных схемно-режимных условиях с жесткими временными ограничениями – полностью достигнута, что реализовано в проведенных исследованиях, отражено в полученных результатах и публикациях, а также апробировано.

По мнению официального оппонента, тема и содержание диссертации П.В. Илюшина соответствует паспорту специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы» (далее *курсивом* по тексту паспорта):

– по формуле специальности – в части разработки и совершенствования методов и средств автоматики управления нормальными и аварийными режимами энергорайонов с объектами РГ, а также технических требований к ГУ и проектирования схем выдачи мощности объектов РГ в распределительные сети или сети внутреннего электроснабжения, что соответствует *«исследованиям по связям и закономерностям при планировании развития, проектировании и эксплуатации электрических станций, электроэнергетических систем, электрических сетей и систем электроснабжения»;*

– по направлению исследования, в части разработки методов определения параметров режима в условиях быстрых переходных процессов с флуктуациями, алгоритма последовательного принятия решений устройствами автоматики управления режимами, метода расширения области допустимых режимов ГУ, способа реализации многопараметрической делительной автоматики, а также совершенствования методов и средств автоматики управления нормальными и аварийными режимами, что соответствует *«развитию и совершенствованию теоретической и технической базы электроэнергетики с целью обеспечения экономичного и надежного производства электроэнергии, ее транспортировки и снабжения потребителей электроэнергией в необходимом количестве»;*

по области исследования – в части разработки способов определения параметров режима в условиях быстрых переходных процессов с флуктуациями, последовательного принятия решений логическим блоком автоматики, что соответствует *«разработке методов анализа режимных параметров основного оборудования электростанций» (п. 2);* в части разработки способов анализа алгоритмов работы и параметров настройки устройств автоматики энергосистем, математического моделирования современных ГУ и нагрузки, что соответствует *«разработке методов математического моделирования в электроэнергетике» (п. 6);* в части разработки метода расширения ОДР ГУ объектов РГ за счет применения НЭЭ с независимым регулированием по активной и реактивной мощности, что соответствует *«разработке методов анализа и синтеза систем автоматического регулирования, противоаварийной автоматики» (п. 9).*

Автореферат диссертации П.В. Илюшина соответствует диссертационной работе по всем существенным признакам, а именно: цели, задачам, обоснованию актуальности, новизны и достоверности, научной и практической значимости и

основным положениям выдвигаемым на защиту.

Выводы, сформулированные П.В. Илюшиным по диссертационной работе, полностью отвечают результатам работы. В них достаточно полно отражена научная новизна, теоретическая и практическая ценность проведенных исследований в плане оценки разработанных способов противоаварийного и режимного управления, структурных и схемно-алгоритмических решений, а также методик, применительно к энергорайонам с объектами РГ.

Основные результаты диссертационной работы освещены в научных публикациях автора, изданных в период 2012 – 2019 г.г. (42 статья в изданиях из перечня ВАК, 12 статья в рецензируемых изданиях, индексируемых в базах научного цитирования Web of Science и Scopus, 6 патентах Российской Федерации на изобретение и 4 патентах на полезные модели). Они с достаточной полнотой отражают основные положения оппонируемой работы.

Сведения о практическом использовании полученных автором диссертации научных результатов приведены в актах внедрения (приложение 1 диссертации).

Стиль изложения содержания диссертации корректен с научной и технической точки зрения и сохраняет доступность при высоком научно-техническом уровне. Главы диссертации имеют самостоятельное значение без нарушения ее единства в целом.

Построение и редакционное оформление диссертации и автореферата соответствует требованиям, предъявляемым к данным документам. Предложенные автором способы и решения аргументированы, а также корректно оценены по сравнению с другими техническими решениями.

Диссертация выполнена автором лично, представляет собой законченную научную работу, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, что свидетельствует о вкладе автора в развитие научных знаний.

### ***Общее заключение по диссертационной работе***

Считаю, что диссертационная работа Илюшина Павла Владимировича представляет собой законченную научно-квалификационную работу на соискание ученой степени доктора технических наук, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема управления нормальными и аварийными режимами в энергорайонах с распределенной генерацией, имеющая важное хозяйственное значение для развития электроэнергетики страны.

Диссертационная работа П.В. Илюшина соответствует заявленной специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Представленная диссертационная работа «Совершенствование противоаварийного и режимного управления энергорайонов с распределенной

генерацией» соответствует критериям пунктов 9–14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в редакции от 01.10.2018), а её автор Илюшин Павел Владимирович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Официальный оппонент, доктор технических наук по научной специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы», профессор, заведующий кафедрой «Электрические станции и электроэнергетические системы» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»



Нагай Владимир Иванович

E-mail: v.nagai@npi-tu.ru, nvi53@mail.ru

Телефон: +7 (8635) 25-52-11

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (ЮРГПУ(НПИ)).

Адрес: 346428, Россия, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132

Подпись д.т.н., профессора Нагая В.И. удостоверяю.

Ученый секретарь Совета вуза



Холодкова Нина Николаевна

**Сведения об официальном оппоненте**  
 по диссертационной работе Илюшина Павла Владимировича  
 «Совершенствование противоаварийного и режимного управления  
 энергорайонов с распределенной генерацией», представленной на соискание  
 ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.02 –  
 Электрические станции и электроэнергетические системы

ФИО	Нагай Владимир Иванович
Ученая степень и наименование отрасли науки, научных специальностей, по которым защищена диссертация	Доктор технических наук 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы
Ученое звание	Профессор
Полное наименование организации, являющейся основным местом работы, должность	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», заведующий кафедрой «Электрические станции и электроэнергетические системы»
Почтовый адрес организации	346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132
Телефон	+7 (8635) 255-211
Адрес электронной почты	v.nagai@npi-tu.ru, nvi53@mail.ru
Основные публикации по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Кужеков С.Л., Нагай В.И., Дегтярев А.А., Нагай И.В., Антонов Д.Б., Кокоулин Д.Н., Литаш Б.С., Харун Г.В. Дифференциально-фазная защита воздушных линий с функцией дальнего резервирования релейной защиты силовых трансформаторов и коммутационных аппаратов подстанций, подключенных к ответвлениям // Электроэнергия. Передача и распределение. 2019. № 1 (52). С. 108-115.</li> <li>2. Nagay V.I., Nagay I.V., Ukraintsev A.V. Designing of a protection and monitoring system against the developing fault in medium voltage electrical installations // Proceedings 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon 2018). p. 1-6.</li> <li>3. Kireev P.S., Nagay V.I., Nagay I.V. The possibility of recognizing electrically remote fault in the multidimensional space of information signs // Proceedings 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon 2018). p. 1-6.</li> <li>4. Kireev P.S., Nagai V.I, Nagai I.V. Mathematical model of electric arc column taking into account the thermodynamic processes in the current-carrying parts of damaged equipment // 2018 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering (APEDE), 2018. p. 334-340.</li> </ol>

5. Nagai I.V., Nagai V.I., Tsigulev N.I. Asymmetry in three-phase short circuit through electric arc in electrical installations with voltage of 6-10 kV // 2018 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering (APEDE), 2018. p. 328-333.
6. Нагай И.В., Нагай В.И., Сарры С.В., Березкина С.Ю. Методика оценки информационных признаков, характеризующих режимы работы электрических сетей, по критерию распознаваемости релейной защитой // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2017. № 4 (196). С. 27-33.
7. Нагай И.В., Нагай В.И., Сарры С.В., Киреев П.С., Украинцев А.В. Информационные признаки аварийного режима в высоковольтных электроустановках при наличии переходного сопротивления электрической дуги // Известия вузов. Электромеханика. 2017. № 6(60). С. 84-90.
8. Nagay I., Nagay V., Kireev P., Sarry S. Relay protection designing as a solution to the problem of recognizing the regimes of the electrical grid // Proceedings 9th International Scientific Symposium on Electrical Power Engineering, ELEKTROENERGETIKA. 2017. С. 409-413.
9. Киреев П.С., Нагай И.В., Нагай В.И., Сарры С.В., Украинцев А.В. Оценка информационных признаков для распознавания повреждений за электрически удаленными объектами // Материалы XXXVIII сессии Всероссийского научного семинара «Кибернетика энергетических систем». 2016. С. 260-263.
10. Nagay V.I., Nagay I.V., Kireev P.S. Accounting for the longitudinal regimes of asymmetry to designing the backup protection of power distribution grid // 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM 2016), DOI: 10.1109/ICIEAM.2016.7910977.
11. Berezkin E.D., Nagay V.I., Sarry S.V. Evaluation method of the spatial configuration of induction interference // 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM 2016), DOI: 10.1109/ICIEAM.2016.7910978.
12. Кравченко В.Ф., Нагай В.И., Бураков И.Ф., Золоев Б.П. Определение статических характеристик мощности нагрузок узлов сети на основе активного эксперимента // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2015. № 1. С. 54-59.
13. Nagay V.I., Chmihalov G.N., Kireev P.S., Nagay I.V., Sarry S.V. Problems and possible ways to improve backup protection of the electrical distribution networks // Proceedings 8th International scientific symposium on electrical power engineering (ELEKTROENERGETIKA 2015). С. 360-363.
14. Nagay I.V., Nagay V.I., Kireev P.S. Recognition of the fault regimes for the remote electrical objects // Procedia Engineering, vol. 129, 2015, pp. 595-600.
15. Nagay V.I., Nagay I.V., Sarry S.V. Methods of assessing information signs describing the regimes of electrical networks // Procedia Engineering, vol. 129, 2015, pp. 601-606.

Официальный оппонент,  
д.т.н., профессор  
Ученый секретарь Совета вуза



23.01.2020

Нагай Владимир Иванович  
Холодкова Нина Николаевна