

ОТЗЫВ

официального оппонента – доктора технических наук, профессора
Фишова Александра Георгиевича 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

1. Актуальность темы

В настоящее время суммарная установленная мощность генерирующих установок (ГУ) объектов малой генерации (МГ) в России (без учета возобновляемых источников энергии – ВИЭ) составляет около 17,5–18 ГВт (т.е. около 8% от общей суммарной генерирующей мощности).

Ежегодно в России вводятся в эксплуатацию десятки новых объектов МГ, а крупные промышленные предприятия увеличивают долю выработки электроэнергии в балансе собственного электропотребления.

Применение МГ является эффективным инструментом оптимизации инвестиций в развитие/реконструкцию распределительных сетей и модернизацию генерирующего оборудования на традиционных тепловых электростанциях. В ряде случаев экономически более эффективен ввод МГ взамен строительства сетей для технологического присоединения электроустановок потребителей, реконструкции перегруженных и закрытых центров питания.

Привлечение МГ к участию в противоаварийном и режимном управлении распределительных сетей позволяет реализовать целый ряд положительных системных эффектов, как по экономичности передачи и распределения энергии, так и по надежности электроснабжения потребителей, однако, для этого необходимо решить ряд новых задач, не решаемых в рамках существующих технологий управления.

Для энергорайонов с МГ должны быть созданы качественно новые интеллектуальные системы управления нормальными и аварийными режимами.

Такая задача в том или в ином виде поставлена в проекте Энергетической стратегии России на период до 2035 года, предусмотрена «дорожной картой» Национальной технологической инициативы «Энерджинет» и в национальном проекте «Интеллектуальная энергетическая система России» (ИЭСР). Таким образом, актуальность темы сомнений не вызывает.

Цель работы заключается в разработке 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.

Для достижения цели автором были поставлены и решены три основные задачи с представленными ниже по каждой результатами:

1. Разработка методологии расчета и анализа переходных процессов в электрических сетях с распределенной малой генерацией, определяющих требования к режимной и противоаварийной автоматикам.

1.1. Предложена Методика анализа особенностей электрических режимов в энергорайонах электрической сети с МГ.

1.2. Предложена Методика выполнения расчетов электрических режимов при проектировании схем выдачи мощности МГ.

1.3. Проведен анализ эффективности существующих алгоритмов и параметров настройки устройств автоматики энергосистем (сетевой; противоаварийной и режимной) в энергорайонах с МГ.

1.4. Развита принцип последовательного принятия решений для повышения быстродействия и точности идентификации классов и границ режимных областей.

1.5. Предложена Методика выполнения натуральных испытаний и измерений в энергорайонах с распределенной малой генерацией.

1.6. Развита теория управления режимами ЭЭС применительно к противоаварийному и режимному управлению энергорайонов с МГ.

2. Разработка комплекса технических решений и способов режимного и противоаварийного управления в электрических сетях с распределенной малой генерацией.

2.1. Предложены новые способы определения параметров режима пусковыми органами автоматики управления нормальными и аварийными режимами (АУН и АР) для повышения быстродействия и надежности срабатывания в условиях быстрых переходных процессов.

2.2. Предложен способ расширения области допустимых режимов ГУ МГ с помощью накопителей электрической энергии (НЭЭ).

2.3. Предложен эффективный способ выделения энергорайонов с МГ в островной режим.

2.4. Предложены схемные решения для совершенствования устройств линейного и секционного автоматического ввода резерва (АВР), используемых в энергорайонах с МГ и сетях внешнего электроснабжения.

2.5. Предложен способ адаптации автоматических регуляторов частоты вращения (АРЧВ) зарубежных ГУ к особенностям электрических режимов в энергорайонах с МГ России.

2.6. Предложен способ адаптации автоматических регуляторов возбуждения (АРВ) зарубежных ГУ к особенностям электрических режимов в энергорайонах с МГ России.

3. Разработка комплекса алгоритмов и технических средств противоаварийного управления режимами электрических сетей с распределенной малой генерацией.

3.1. Разработан специализированный алгоритм функционирования устройства автоматической частотной разгрузки (АЧР) в энергорайонах с МГ.

3.2. Разработан специализированный алгоритм автоматики ограничения снижения напряжения (АОСН) для предотвращения лавины напряжения в энергорайонах с МГ.

3.3. Разработан специализированный алгоритм выбора параметров срабатывания для автоматики ограничения перегрузки оборудования (АОПО) для силовых трансформаторов с учетом фактического технического состояния при полном использовании нагрузочной способности.

3.4. Разработан специализированный алгоритм выбора параметров срабатывания для автоматики ограничения перегрузки оборудования (АОПО) для кабельных линий электропередачи напряжением 110 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена при полном использовании перегрузочной способности с учетом их фактического технического состояния.

3.5. Создан программно-аппаратный комплекс автоматики управления нормальными и аварийными режимами энергорайонов с МГ.

2. Научной новизной обладают следующие результаты работы:

1. Методы оценки параметров режима в условиях быстрых переходных процессов в энергорайонах с РГ на основе методов максимального правдоподобия и дискриминаторного.

2. Метод последовательного принятия решений автоматикой управления нормальными и аварийными режимами энергорайонов с использованием процедуры Вальда.

3. Способ превентивного или непреднамеренного выделения энергорайонов с МГ в островной режим при дефиците активной мощности.

4. Метод расширения области допустимых режимов ГУ МГ за счет применения НЭЭ с независимым регулированием по активной и реактивной мощности.

5. Специализированные алгоритмы устройств АЧР, АОСН, АОПО с учетом особенностей режимов энергорайонов с распределенной МГ.

6. Схемные решения по совершенствованию устройств линейного и секционного АВР энергорайонов с распределенной МГ.

7. Способы адаптации АРЧВ и АРВ ГУ зарубежных заводов-изготовителей к особенностям режимов энергорайонов с распределенной МГ.

8. Методика проведения натуральных испытаний и измерений в энергорайонах с распределенной МГ.

9. Методика выполнения расчетов и анализа особенностей электрических режимов при проектировании схем выдачи мощности распределенной МГ.

3. Теоретическая и практическая значимость

1. Метод оценки параметров режима пусковыми органами АУН и АР энергорайонов позволяет обеспечить требуемые для управления режимами энергорайонов с МГ точность и быстродействие.

2. Метод принятия решений логическим блоком АУН и АР с применением процедуры Вальда позволяет обеспечить необходимое быстродействие идентификации класса режима для оптимального выбора видов, объемов и мест реализации УВ.

3. Алгоритм многопараметрической делительной автоматики (МДА) дает возможность отказаться от дополнительного ОН (сверх начального дефицита активной мощности), обеспечив надежное электроснабжение потребителей энергорайона в островном режиме.

4. Метод расширения области допустимых режимов ГУ МГ позволяет предотвратить излишние отключения ГУ при существенных отклонениях режимных параметров (частота; напряжение) в процессе ликвидации КЗ устройствами РЗ,

значительных набросах/сбросах нагрузки, обеспечивая надежное электроснабжение потребителей энергорайона.

5. Адаптивный алгоритм АЧР в энергорайонах с МГ позволяет минимизировать ее объемы, предотвращая возможность возникновения лавины частоты и напряжения.

6. Адаптивный алгоритм АОСН позволяет отказаться от ОН или минимизировать его объемы, содействуя надежному электроснабжению максимально возможного числа электроприемников.

7. Адаптивный алгоритм АОПО КЛ позволяет использовать МГ и средства компенсации реактивной мощности (СКРМ) для отказа от ОН или минимизации ее объемов, сокращения ущербов потребителей.

8. Адаптивный алгоритм АОПО СТ создает условия для отказа от ОН или минимизации его объемов.

9. Адаптивные алгоритмы линейного и секционного АВР позволяют снизить длительность перерывов электроснабжения и предотвратить повреждения ГУ МГ от несинхронных включений.

10. Разработанный способ адаптации АРЧВ ГУ зарубежных заводов-изготовителей позволяет содействовать предотвращению значительных отклонений частоты в различных схемно-режимных условиях и срабатыванию устройств РЗ и ПА с действием на отключение ГУ и нагрузки.

11. Разработанный способ адаптации АРВ ГУ зарубежных заводов-изготовителей позволяет содействовать предотвращению возникновения лавины напряжения в узлах промышленной нагрузки и обеспечению надежного электроснабжения электроприемников потребителей энергорайона.

12. Разработанная методика проведения натуральных испытаний и измерений в энергорайонах с МГ содействует повышению достоверности результатов расчетов и обоснованности принятия основных технических решений при проектировании.

13. Предложенная методика выполнения расчетов и анализа особенностей электрических режимов при проектировании схем выдачи мощности позволяет формировать технические требования к ГУ для выбора их вида и типа, оценивать пригодность ГУ для работы в конкретных схемно-режимных условиях.

14. Разработанные методы, способы, алгоритмы реализованы в программно-аппаратном комплексе автоматики управления нормальными и аварийными режимами энергорайонов с распределенной МГ на базе отечественных промышленных компьютеров, с использованием специализированного программного обеспечения с протоколом обмена, соответствующего требованиям МЭК 61850.

4. Методология и методы исследования

В работе использовались методология системного анализа, методы математической статистики, математического моделирования технических систем, математического анализа, теории принятия решений, надежности, устойчивости ЭЭС и противоаварийного управления в ЭЭС. Математическое моделирование установившихся режимов и переходных процессов, анализ алгоритмов работы и параметров настройки устройств автоматики энергосистем выполнялось в ПК RastrWin и ПК Мустанг, ПК Mathcad.

5. Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Соответствие формуле специальности. Основные научные положения и полученные результаты диссертационной работы соответствуют 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 МГ, а также технических требований к ГУ и проектированию схем выдачи мощности объектов МГ 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 оценки 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 для потребителей количестве и требуемого качества»;*

– по области исследования – в части разработки метода оценки параметров режима в условиях быстрых переходных процессов с флуктуациями, алгоритма последовательного принятия решений АУН и АР, что соответствует *«разработке методов анализа режимных параметров основного оборудования электростанций» (п. 2);* в части разработки методов анализа алгоритмов работы и параметров настройки устройств автоматики энергосистем с проведением математического моделирования установившихся режимов и переходных процессов в ПК RastrWin и ПК Мустанг, методов оценки параметров режима в ПК Mathcad, что соответствует *«разработке методов математического и физического 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 и релейной защиты в электроэнергетике» (п. 9).*

6. Достоверность результатов

Достоверность полученных результатов подтверждается применением апробированных теорий и методов анализа надежности и устойчивости ЭЭС, противоаварийного управления в ЭЭС, корректностью применения математических моделей, их адекватностью по критериям оценки изучаемых процессов, использованием известных положений фундаментальных и прикладных наук, сходимостью полученных теоретических результатов с данными экспериментов и результатами исследований других авторов.

7. Апробация результатов

Основные положения диссертационной работы и её отдельные 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.

8. Публикации

По теме диссертационной работы опубликовано 104 научные статьи, из них 49 единолично, 55 в соавторстве, в том числе: 42 в журналах по списку, рекомендованному ВАК, 12 статей в рецензируемых изданиях, входящих в базы научного цитирования Web of Science и Scopus, 50 в других журналах, сборниках докладов и тезисов. Опубликовано 2 монографии, получено 10 патентов (6 на изобретения, 4 на полезные модели).

9. Структура и объём работы

Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения, библиографии из 435 наименований, 3 приложений, и включает 188 рисунков и 15 таблиц. Объём диссертации – 331 страница текста без библиографии и приложений, общий объём работы – 499 страниц.

10. Личный вклад автора состоит в теоретической и практической разработке и обосновании основных идей и положений диссертационной работы, предложенных методов, алгоритмов, схемных решений и рекомендаций по совершенствованию алгоритмов и параметров настройки устройств автоматики управления нормальными и аварийными режимами, планировании расчетных задач и анализе их результатов.

11. Основное содержание работы

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 анализируется проблема управления нормальными и аварийными режимами энергорайонов с распределенной МГ и перспективные направления совершенствования автоматики в современных условиях развития отечественной электроэнергетики.

Во второй главе разрабатываются новые методы определения параметров режима в условиях быстрых переходных процессах на основе методов максимального правдоподобия и дискриминаторного, а также алгоритм последовательного принятия решений АУН и АР с использованием процедуры Вальда.

В третьей главе разрабатывается способ превентивного или непреднамеренного его выделения в островной режим энергорайонов с объектами МГ многопараметрической делительной автоматикой, в том числе с дефицитом активной мощности.

В четвертой главе представлен разработанный способ расширения области

допустимых режимов ГУ объектов РГ за счет применения НЭЭ с независимым регулированием по активной и реактивной мощности.

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

В шестой главе разрабатываются схемные решения по совершенствованию алгоритмов устройств линейного и секционного АВР энергорайонов с объектами распределенной МГ, а также методы адаптации АРЧВ и АРВ зарубежных ГУ.

Седьмая глава посвящена разработке методик проведения натуральных испытаний и измерений в энергорайонах с распределенной МГ, а также выполнения расчетов и анализа особенностей электрических режимов при проектировании схем выдачи мощности распределенной МГ, с учетом особенностей современных ГУ и нагрузки.

В Заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

12. Вопросы и замечания по диссертационной работе

1. Нечётким представляется определение островного и автономного режима энергорайонов, т.к. и в первом, и во втором определении возможно отделение (изолированный режим) одной электростанции с нагрузкой. Для дискуссии предлагается использовать другие сущности, так, для островного режима это – режим энергорайона с собственной генерацией, возникающий после аварийного отделения от внешней энергосистемы, а автономный – это режим энергорайона с собственной генерацией, не имеющего или не использующего в нормальных режимах электрические связи с внешней энергосистемой.

2. Неудачным представляется использование выражения «Идентификация режимных областей», т.к. в каждом конкретном случае (режиме) определяется не режимная область (с её границами), а принадлежность режима к определенной области, то есть идентифицируется класс режима.

3. В работе недостаточно внимания уделено сбалансированности энергорайонов, как одной из основных тенденций их развития. Мировая и отечественные практики показывают, что выгода от сбалансированности энергорайонов (локальных систем энергоснабжения) побуждает инвесторов создавать сбалансированные объекты с малой генерацией (Просьюмеры), способные к нормальной автономной работе и экономически выгодной параллельной работе с внешней энергосистемой за счёт общего электрического режима и обменов мощностью и энергией. Эта тенденция закреплена в концепции «Интернет энергии (IoE)» в виде электрической сети с распределённой генерацией, как системы систем.

4. В работе основное внимание уделено задачам выбора оборудования для электростанций малой мощности и управления режимами энергорайонов при появлении в них электростанций, однако, не менее значимой является задача интеграции в сети сбалансированных локальных систем электроснабжения на базе электростанций малой мощности (MiniGrid), например, локальных систем электроснабжения жилых массивов в городах, систем электроснабжения районных центров и т.д.

5. Недостаточно внимания уделено выделению и анализу положительных системных эффектов от развития распределённой малой генерации в электрических сетях.

6. Сравнение эффективности применяемых методов максимального правдоподобия (МП) и дискретного преобразования Фурье (ДПФ) при определении частоты и напряжений в переходных процессах выполнено без учета их быстродействия, по крайней мере, результаты такого сравнения не представлены.

7. Автор широко использует методологию кластерного анализа применительно к определению классов режимов энергорайонов и идентификации их принадлежности, однако, недостаточно использует язык кластерного анализа.

8. В работе тщательно исследуется противоаварийное выделение энергорайонов в островной режим при дефицитах мощности с балансирующими управляющими воздействиями на отключение нагрузки, однако, не уделено внимания возможностям использования для балансирования энергорайонов переменных сечений для деления.

9. В главе 4 недостаточно внимания уделено особенностям режимов накопителей электроэнергии, связанных с сетью посредством инверторов. Остаётся неясным, какие режимы инверторов рассматриваются (режим источника тока или напряжения), а так же учитывается ли работа защит самих инверторов.

10. Включение в работу автоматики ограничения перегрузки кабельной линии (АОПО КЛ) трансформатора (СТ) представляется излишним, так как нарушается её логическая стройность, хотя само содержание раздела несомненно интересно и полезно.

13. Соответствие критериям «Положения о присуждении учёных степеней»

Диссертационная работа Илюшина П.В. отвечает требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней»:

п. 9. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой автором предложены научно обоснованные технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие малой генерации в электрических сетях.

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.

п. 11-13. Основные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях: 42 статей в изданиях, рекомендованных ВАК, 12 работ в изданиях, индексируемых базами данных Scopus и Web of Science.

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

14. Общее заключение

В диссертационной работе изложены научно обоснованные технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие электроэнергетических систем, как основы экономики страны. Сделанные замечания не

снижают научной и практической значимости результатов диссертационной работы и, в основном, носят характер уточнений и пожеланий.

Содержание диссертационной работы Илюшина П.В. полностью соответствует заявленной цели и поставленным задачам, а также детально отражает последовательность их решения. Сделанные соискателем выводы и рекомендации по работе изложены аргументировано.

Диссертационная работа полностью соответствует паспорту специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы, а также отвечает требованиям п. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842.

Основываясь на вышеизложенном, считаю, что диссертационная работа «Совершенствование противоаварийного и режимного управления энергорайонов с распределенной генерацией» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему и содержащей значимые для отрасли научные и практические результаты, а её автор, Илюшин Павел Владимирович, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Официальный оппонент,
профессор кафедры «Автоматизированные
электроэнергетические системы»
ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный
технический университет», доктор технических наук
по специальности 05.14.02 – Электрические станции и
электроэнергетические системы, профессор

Фишов Александр Георгиевич

«13» 01 2020 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет».

Юридический адрес: 630073, Россия, г. Новосибирск, проспект Карла Маркса, 20.

Телефон: 8 (383) 346-13-34

Эл. адрес: fishov@corp.nstu.ru

Подпись д.т.н., профессора А.Г. Фишова удостоверяю



А.Г. Фишова

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	Фишов Александр Георгиевич
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 «Новосибирский государственный технический университет», профессор кафедры «Автоматизированные электроэнергетические системы»
Почтовый адрес организации	630073, Россия, г. Новосибирск, проспект Карла Маркса, 20
Телефон	+7 (913) 937-01-16
Адрес электронной почты	fishov@corp.nstu.ru
Основные публикации по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Фишов А.Г., Петрищев А.В., Сердюков О.В. Идентификация классов состояния автономной системы энергоснабжения для управления режимом ее параллельной работы с централизованной электрической сетью // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т. 22. № 1. С. 168-185. 2. Фишов А.Г., Карджаубаев Н.А. Децентрализованное мультиагентное регулирование напряжения в электрических сетях // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т. 22. № 6. С. 183-195. 3. Fishov A.G., Karjaubayev N.A., Klavsuts I.L., Klavsuts D.A. Decentralized smart multi-agent voltage regulation in electric grids. Ideology and modeling // Proceedings 2018 53rd International Universities Power Engineering Conference (UPEC 2018). С. 1-5. 4. Семендяев Р.Ю., Фишов А.Г., Энхсайхан Э. Восстановление нормального режима в локальных системах энергоснабжения, работающих автономно или параллельно с региональными электрическими сетями // Новое в российской электроэнергетике. 2018. № 11. С. 50-61. 5. Fishov A., Marchenko A., Murashkina I., Erdenebat E., Serdyukov O., Ivkin Ye. Automation of unmanned low capacity power plant

	<p>with synchronized generation // Proceedings 14th International scientific-technical conference Actual problems of electronic instrument engineering (APEIE 2018). Novosibirsk, 2018. С. 108-114.</p> <p>6. Fishov A.G., Klavsuts I.L., Klavsuts D.A., Khayrullina M.V. Multi-agent compromising management of voltage mode of electric grids in the context of smart grids // Proceedings 2017 International conference on modern Power Systems (MPS 2017). С. 1-6.</p> <p>7. Mukatov B., Fishov A. Disintegration of power grid as part of the task of increasing functionality of electric system // Сборник: E3S Web of Conferences 2017. С. 1-5.</p> <p>8. Фролов М.Ю., Фишов А.Г. Идентификация электрических параметров синхронного генератора при включении в распределительную сеть в онлайн-режиме // Новое в российской электроэнергетике. 2017. № 10. С. 38-46.</p> <p>9. Фишов А.Г., Клавсуц И.Л., Хайруллина М.В., Клавсуц Д.А., Клавсуц А.Б. Технологическое решение проблемы регулирования напряжения в распределенной энергетике // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. 2016. Т. 16. № 3. С. 41-48.</p> <p>10. Нагайцев А.Л., Семенов А.В., Федюков Р.В., Фишов А.Г., Чершова В.О. Идентификация параметров схемы замещения и контроль устойчивости нагрузки в режиме on-line // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2015. № 3. С. 198-203.</p> <p>11. Мукатов Б.Б., Карджаубаев Н.А., Фишов А.Г. Особенности обеспечения надежности электроснабжения в изолированно работающих энергосистемах с малой генерацией // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. 2015. № 4 (29). С. 94-104.</p> <p>12. Фишов А.Г., Мукатов Б.Б. Реконфигурация электрических сетей с распределенной генерацией и мультиагентным управлением. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2015. Т. 326. № 9. С. 143-152.</p>
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Официальный оппонент,
д.т.н., профессор

Фишов Александр Георгиевич