

ОТЗЫВ

официального оппонента – кандидата технических наук
Илюшина Павла Владимировича на диссертационную работу
Гайсина Булата Маратовича на тему «Разработка методик определения влияния неоднородности электроэнергетических систем на возникновение и развитие аварийных каскадных процессов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы»

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Создание более мощных энергообъединений в странах и регионах мира влечёт за собой структурные и функциональные изменения в объединяемых электроэнергетических системах (ЭЭС). Тенденция к либерализации мировой энергетической отрасли, а также необходимость увеличения объемов передачи электроэнергии, вследствие роста нагрузки или строительства новой генерации, в т.ч. на основе возобновляемых источников электроэнергии (ВИЭ), приводит к необходимости эксплуатировать оборудование электрических сетей в критических режимах, близких к границе области допустимых режимов.

Учитывая изложенное, проблема обеспечения надежности и живучести ЭЭС была и остается актуальной, при том, что подходы к ее решению достаточно многоплановые. Это относится к обоснованию выбора тех или иных способов и объемов резервирования элементов энергосистем (мощности; пропускной способности), принимаемым расчетным условиям (расчетные режимы; возмущения), а также выбору средств противоаварийного управления (ПАУ) и др.

Автором диссертации указанная проблема рассмотрена с позиции выявления закономерностей развития потенциальных каскадных (т.е. развивающихся последовательно во времени) аварий и способов их предотвращения. Таким образом, актуальность решаемой в диссертации задачи не вызывает сомнений.

С учетом изложенного, в диссертационной работе Гайсина Б.М. детально рассматривается вопрос повышения надежности и живучести ЭЭС с целью предотвращения возможности возникновения и развития каскадных процессов, оканчивающихся системными или каскадными авариями.

Объектом исследований в диссертационной работе Гайсина Б.М. является неоднородная ЭЭС. Предметом исследований является ее структура, параметры и возможность возникновения и развития каскадных процессов в ЭЭС.

В рамках диссертационной работы соискатель непосредственно участвовал в разработке теоретических и методических основ обеспечения живучести неоднородных ЭЭС, получении данных численных экспериментов и расчетных примеров, а также принимал участие в разработке концептуальных положений

диссертационной работы, постановке задач и анализе полученных результатов.

При обосновании актуальности выбранной тематики исследования соискателем показано, что развитие теории и разработка практических методов повышения надежности и живучести протяженных и развитых неоднородных ЭЭС не обеспечивает полноценной защиты от возникновения аварийных процессов различного уровня сложности, в том числе каскадного типа, что влечет за собой существенные по масштабу потери. На основании этого Гайсиным Б.М. была осуществлена постановка целей и задач исследования.

2. НОВИЗНА ИССЛЕДОВАНИЙ И ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Новизна представленной диссертационной работы определяется в первую очередь тем, что разработаны методики определения влияния неоднородности ЭЭС на возможность возникновения и развития аварийных каскадных процессов. Кроме того, соискателем предложен комплексный подход к технико-экономическому обоснованию размещения, с целью сохранения и повышения живучести ЭЭС, объектов генерации, а также устройств, относящихся к технологиям интеллектуальных энергосистем, в рамках реализации отдельных положений концепции построения активно-адаптивных сетей.

Наиболее значимые новые результаты, полученные в рамках диссертационной работы, следующие:

- исследованы параметры неоднородных ЭЭС и их связи с возникновением и развитием каскадных процессов;
- разработана методика построения и определения областей допустимых режимов неоднородных ЭЭС;
- разработаны методики математического и 3D-графического анализа влияния параметров неоднородных ЭЭС на возникновение и развитие аварийных каскадных процессов;
- разработан программный комплекс для поиска путей развития каскадных процессов в ЭЭС.

Представленные результаты диссертационной работы являются новыми и в известных научных разработках и научно-технических публикациях не встречаются.

3. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ И РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

Диссертационная работа Гайсина Б.М. имеет конкретную практическую направленность, заключающуюся во внедрении в распределительных сетевых компаниях разработанных методик определения влияния неоднородности ЭЭС на возникновение и развитие аварийных каскадных процессов. Это позволит определять возможный ход развития каскадных аварий, разрабатывать

мероприятия по обеспечению живучести (надежности) и экономичности работы энергоузлов и электрических сетей, а также содействовать повышению эффективности решений, принимаемых при оперативном управлении режимами и проектировании развития ЭЭС.

Основные итоги и перспективы внедрения результатов диссертационной работы:

– разработанные в рамках диссертации методики и программный комплекс внедрены и используются персоналом Отдела моделирования сетей АО «Башкирская электросетевая компания» в процессе моделирования при планировании режимов распределительных сетей напряжением 35, 110 кВ;

– предложенные в диссертационной работе подходы по поиску путей возможного развития каскадных процессов в ЭЭС используются в ООО «БЭСК Инжиниринг» при корректировке анализируемых и разработке перспективных проектных решений;

– разработанные методики и программный комплекс внедрены и используются в учебном процессе на кафедре электромеханики ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет».

4. ОБОСНОВАННОСТЬ И ДОСТОВЕРНОСТЬ НАУЧНЫХ ВЫВОДОВ, ПОЛОЖЕНИЙ И РЕКОМЕНДАЦИЙ

Выполнение требований достоверности и обоснованности выводов и рекомендаций обеспечивается корректным использованием методов системного анализа, методов математического моделирования, методов параметрической оптимизации, математической статистики, теоретических основ электротехники, а также соответствием результатов теоретического анализа и выполненных вычислительных экспериментов.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ О СООТВЕТСТВИИ ДИССЕРТАЦИИ УСТАНОВЛЕННЫМ КРИТЕРИЯМ

Диссертационная работа Гайсина Б.М. в полном объеме отвечает критериям, которые установлены в «Положение о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в редакции от 01.10.2018). В ней соблюдены следующие принципы соответствия:

5.1. Указанная соискателем *цель работы* – разработка методик определения влияния параметров неоднородных ЭЭС на возникновение и развитие аварийных каскадных процессов, а также на формирование границ предельно допустимых режимов – *реализована в рамках представленной диссертационной работы*.

5.2. *Автореферат* диссертации Гайсина Б.М. соответствует *диссертационной работе* по всем квалификационным признакам: по цели, задачам исследования, основным положениям, определению актуальности, научной новизны, практической значимости и др.

5.3. *Основные выводы и результаты* по диссертационной работе соответствуют поставленным задачам исследования и сформулированы соискателем структурно-содержательно.

5.4. *Научные публикации* Гайсина Б.М., изданные в период с 2012 по 2018 гг., соответствуют *диссертационной работе* и с достаточной полнотой отражают ее суть, основные результаты и выводы по каждой из глав.

5.5. *Тема и содержание* диссертации Гайсина Б.М. соответствует *паспорту* специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы» (далее курсивом по тексту паспорта):

– *по направлению исследования*, связанному с обеспечением надежности и живучести неоднородных электроэнергетических систем, и реализующему получение существенных научно-технических результатов «...по связям и закономерностям при планировании развития, проектировании и эксплуатации электроэнергетических систем, электрических сетей...;...по развитию и совершенствованию теоретической... 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* как «разработка методов анализа структурной и функциональной надежности электроэнергетических систем и систем электроснабжения».

Диссертационная работа Гайсина Б.М. написана доступным языком, корректным в научном и техническом отношении. Материалы и результаты исследований изложены в объеме, достаточном для понимания, четко, доступно и репрезентативно. Результаты, полученные соискателем, являются вкладом в разработку принципов и методов обеспечения надежности и живучести неоднородных электроэнергетических систем.

6. АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационная работа Гайсина Б.М. состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 123 наименований. Работа изложена на 156 страницах и содержит 65 рисунков, 23 таблицы и 12 приложений объемом 30 страниц.

Первая глава «*Обзор возникновения и развития аварийных процессов и их связь с неоднородностью электроэнергетических систем*» посвящена

аналитическому обзору методов предотвращения каскадных процессов в ЭЭС, а также методов обеспечения надежности и живучести энергосистем. В ней выполнен сравнительный анализ и критический обзор публикаций по данной проблематике. Выполнена общая постановка задачи. Сформулирована методологическая направленность исследований. Для критерия надежности $N - X$, где X – количество расчетных нормативных возмущений из N возможных, показано, что применение методов, базирующихся на балансовом способе отстройки от потери устойчивости, не позволяет в полной мере обеспечить живучесть (надежность) работы энергоузлов.

Вторая глава *«Разработка методик определения влияния неоднородности на возникновение и развитие аварийных каскадных процессов в электроэнергетических системах»* посвящена разработке и обоснованию методики построения и определения областей допустимых режимов с учетом неоднородности электроэнергетических систем, а также методик математического и 3D-графического анализа влияния параметров неоднородных ЭЭС на возникновение и развитие аварийных каскадных процессов.

В третьей главе *«Исследование влияния неоднородности электроэнергетических систем на возникновение и развитие аварийных каскадных процессов»* проведены вычислительные эксперименты для анализа и выявления влияния неоднородностей тестовых ЭЭС на формирование предельных границ области допустимых значений параметров режима с возможностью развития аварийного каскадного процесса и последующего перехода режима в область допустимых или недопустимых значений. Показана возможность формирования каскадного процесса в тестовой неоднородной ЭЭС по заданной траектории путем изменения параметров неоднородности.

В четвертой главе *«Практическое применение разработанных методик, выявления влияния неоднородности параметров электроэнергетических систем на возникновение и развитие аварийных каскадных процессов»* показано:

- что на основе разработанных методик можно экономически обоснованно принимать более эффективные управленческие решения по развитию ЭЭС в дополнение к методическим указаниям по устойчивости энергосистем;
- что разработанные методики позволяют повысить живучесть ЭЭС и предотвратить на первом шаге развитие каскадного процесса заканчивающегося в области недопустимых режимов за счет определения наиболее рационального с точки зрения живучести ЭЭС расположения объектов генерации, а также места установки устройств FACTS, в сравнении с традиционным решением, связанным со строительством новой линии электропередачи (ЛЭП);

– практическое применение методики математического и 3D-графического анализа влияния неоднородности ЭЭС на возникновение и развитие аварийного каскадного процесса, произошедшего в ЭЭС республики Башкортостан 02.07.2016 г.;

– практическое применение разработанных методик при анализе влияния схемы выдачи мощности Ново-Салаватской ТЭЦ на формирование режимов в южной части ЭЭС республики Башкортостан с точки зрения возможности возникновения каскадных процессов;

– практическое применение разработанных методик для проведения анализа влияния полного демонтажа генерирующих установок Урусинской ГРЭС на работу прилегающей сети и обеспечение системной надежности энергосистем республик Татарстан и Башкортостан.

Заключение содержит основные выводы по результатам анализа влияния неоднородности ЭЭС на возникновение и развитие аварийных каскадных процессов, основные рекомендации по применению разработанных методик для ведения режимов оперативно-диспетчерским и оперативно-технологическим персоналом, а также проектирования схем развития ЭЭС.

7. ВОПРОСЫ И ЗАМЕЧАНИЯ ПО СОДЕРЖАНИЮ ДИССЕРТАЦИИ

Несмотря на очевидные достоинства диссертационной работы Гайсина Б.М. имеются отдельные вопросы и обнаруживаются некоторые недостатки, которые существенно не влияют на представленные выводы и результаты:

7.1. В работе отмечается, что причинами крупных системных аварий в мировой электроэнергетике в 25–28% (стр. 25) являются отказы устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики. В России этот показатель доходит до 40%, при этом более 25% случаев приходится на неправильные действия персонала служб релейной защиты и автоматики (РЗА) при организации и подготовке рабочего места, производстве работ в цепях устройств РЗА и настройке параметров устройств РЗА. *Правильно ли относить отказы (излишние, ложные срабатывания) устройств РЗА в условиях России к несовершенству технических систем? Следует ли основное внимание уделять реализации организационных мероприятий, в том числе переподготовке персонала служб РЗА субъектов электроэнергетики и привлекаемых подрядных организаций?*

7.2. На рис. 1.7 (глава 1, стр. 26) рассматривается «фаза медленного развития системной аварии», в процессе которой оперативно-диспетчерский персонал субъектов оперативно-диспетчерского управления или оперативно-технологический персонал сетевых компаний должен принять необходимые меры. Однако, в распределительном сетевом комплексе ПАО «РОССЕТИ»

принята за основу концепция развития сети с подстанциями, обслуживаемыми оперативно-выездными бригадами. Кроме того, на электростанциях широкое применение получает современное генерирующее оборудование с минимальной перегрузочной способностью по величине и длительности. Поэтому, у дежурного персонала не остается времени на реализацию мероприятий по введению параметров режима в область допустимых значений. *Правильно ли в указанной фазе развития системной аварии рассматривать в качестве основных реализуемых мероприятий действия устройств противоаварийной и режимной автоматики, а не дежурного персонала?*

7.3. Одним из основных факторов, который приводит к значительному утяжелению режима, является отключение в процессе развития аварийного процесса генерирующих установок (ГУ). При этом, большинство современных ГУ зарубежных заводов-изготовителей по условиям механической прочности не допускают асинхронных режимов (АР) и отключаются от сети действием собственных защит до возникновения первого проворота (до 180°), с целью предотвращения перехода ГУ в АР. *Следует ли в сложившихся условиях ужесточать требования к устройствам РЗ элементов прилегающей сети и применяемым высоковольтным выключателям для предотвращения возмущений такой длительности, при которых отключения ГУ становятся неизбежными?*

7.4. По статистическим данным, более 50 раз в год в ЕЭС России различные энергорайоны, находящиеся в зоне централизованного электроснабжения, выделяются в островной режим работы, что происходит либо в ремонтной схеме, в результате аварийного отключения ЛЭП или силового трансформатора, либо в результате неправильных действий персонала, осуществляющего плановое техническое обслуживание оборудования. *Применимы ли разработанные методики и созданный программный комплекс для анализа каскадных процессов в островном режиме работы энергорайонов?*

7.5. В диссертационной работе делаются ссылки на документы, которые либо претерпели существенные изменения [17], либо упразднены [39-41]. Например, взамен Методических указаний по устойчивости энергосистем, утвержденных приказом Минэнерго РФ от 30.06.2003 г. № 277, выпущены ГОСТ Р 58058–2018 «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Устойчивость энергосистем. Нормы и требования», а также Приказ Минэнерго России от 03 августа 2018 г. № 630 «Об утверждении требований к обеспечению надежности электроэнергетических систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок». Ряд положений направлен на упрощение принимаемых в процессе проектирования технических решений при новом строительстве, техническом перевооружении и реконструкции элементов ЭЭС, что в целом снижает

показатели структурной надежности. *Претерпят ли изменения разработанные в диссертационной работе методики, с учетом применения положений указанных в новых нормативных документах?*

7.6. В главе 2 указано, что можно полностью детерминировано определять последствия управляющих воздействий (УВ). В действительности УВ действующие на отключение элементов сети можно условно рассматривать в качестве таковых, а вот при реализации других УВ (изменение режима СКРМ; изменение режима работы ГУ; изменение режима электропотребления), особенно в сетях среднего напряжения, будет проявляться неоднозначность. *Следует ли при анализе каскадных процессов рассматривать различные сценарии частичной реализации (не реализации) сформированных УВ, с учетом вероятностных показателей?*

7.7. В формуле 2.13 (стр. 49) для правильного учета влияния каждой из групп рассматриваемых факторов предложено введение коэффициента участия (к) с диапазоном возможных изменений от 0 до 1. При этом, автором не дано никаких рекомендаций (примеров) по его выбору, хотя от этого зависит характер протекания переходного процесса и выбор видов и объемов УВ. *Следовало ли ввести некоторые рекомендованные диапазоны для каждой из групп факторов на основании опыта проведения расчетов режимов на реальных моделях сети?*

7.8. *Необходимо пояснить, почему в главах 2 и 4 в рассматриваемых вариантах тестовых схем ЭЭС с неоднородными параметрами выбираются номинальные напряжения 115 и 515 кВ?* В соответствии с ГОСТ Р 57382-2017 «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Электроэнергетические системы. Стандартный ряд номинальных и наибольших рабочих напряжений» в России приняты соответственно напряжения 110 (126) и 500 (525) кВ. Следует отметить, что завышение напряжений в расчетах приводит к росту электропотребления в узлах нагрузки и соответственно вызывает перегрузки ЛЭП и трансформаторов в сети, утяжеляя режим.

7.9. *Необходимо пояснить, почему в разделе 4.1.7 используется цена электроэнергии в размере 3,9 руб. за 1 кВт*ч (дешевая генерация) и 5,0 руб. за 1 кВт*ч (дорогая генерация)?* Стоимость 1 кВт*ч на оптовом рынке электроэнергии в первой ценовой зоне составляет около 1,5 руб., а в сопоставительных расчетах учитывать расходы на передачу и распределение электроэнергии нецелесообразно, так как объемы разгрузки одних генерирующих мощностей и загрузки других одинаковы (617 МВт).

7.10. В главе 4 (стр. 93) используется термин «напряженный режим работы оборудования», однако в утвержденной русскоязычной терминологии в электроэнергетике данный термин не используется. *Следует употреблять более корректные термины, например, «аварийный режим», «послеаварийный*

режим», «систематическая перегрузка», «аварийная перегрузка» и т.п.

Вышеуказанные вопросы и выявленные недостатки обоснованы тем обстоятельством, что диссертационное исследование Гайсина Б.М. посвящено актуальному вопросу предотвращения возможности возникновения и развития каскадных процессов в неоднородных ЭЭС. Однако, они никак не умаляют достоинств полученных научных и практических результатов представленной соискателем диссертационной работы.

8. ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная диссертационная работа Гайсина Б.М. является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, обладающей как признаками актуальности и новизны, так и практической значимостью полученных результатов. В диссертационной работе решена важная научно-техническая задача системного значения, непосредственно затрагивающая неоднородные ЭЭС, а именно, разработаны методики определения влияния неоднородности ЭЭС на возможность возникновения и развития аварийных каскадных процессов. Кроме того, соискателем предложен комплексный подход к технико-экономическому обоснованию размещения объектов генерации, а также устройств, относящихся к технологиям интеллектуальных энергосистем, в рамках реализации отдельных положений концепции построения активно-адаптивных сетей, с целью обеспечения и повышения живучести ЭЭС.

Задачи, решаемые в диссертационной работе, объединены общей научной идеей, направленной на совершенствование принципов и методов обеспечения надежности и живучести неоднородных ЭЭС. Конечными целями являются: определение областей допустимых режимов для пошагового сценария развития траектории аварийных каскадных отключений, а также принятие эффективных технико-экономически обоснованных управленческих решений, содействующих недопущению возникновения крупных системных аварий каскадного характера в ЭЭС.

Основные научные выводы и практические рекомендации сформулированы соискателем на основе глубокого анализа особенностей функционирования неоднородных ЭЭС, в том числе с примерами анализа крупных системных аварий, что позволяет сделать вывод о том, что содержание представленной диссертационной работы полностью соответствует паспорту специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Содержание диссертационной работы соответствует поставленным задачам и подробно отражает последовательность их решения. Текст диссертационной работы написан логичным, понятным языком, выводы и рекомендации, к которым пришел ее автор, аргументированы.

Основные научные результаты диссертационной работы Гайсина Б.М. изложены в 18 публикациях. Диссертантом опубликованы 9 статей в изданиях, рекомендованных ВАК, 2 статьи в источниках, индексируемых международными базами *Scopus* и *Web of Science*. Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 6 конференциях международного уровня, а также на 5 всероссийских конференциях и семинарах. Содержание автореферата диссертационной работы соответствует основным положениям, результатам и выводам, представленным в основном тексте диссертации.

Диссертационная работа Гайсина Булата Маратовича «Разработка методик определения влияния неоднородности электроэнергетических систем на возникновение и развитие аварийных каскадных процессов» 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 заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ

Проректор по научной работе Федерального государственного автономного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Петербургский энергетический институт повышения квалификации», кандидат технических наук, действительный член АЭН РФ

Павел Владимирович Илюшин

Дата: 24.05.2019 г.

Адрес: 196135, г. Санкт-Петербург, ул. Авиационная, д. 23

Тел. +7 (812) 708-48-46. E-mail: ilyushin.pv@mail.ru

Подпись Илюшина П.В. заверяю:

Назаров

Дата:

24.05.2019



Сведения об официальном оппоненте

ФИО	Илюшин Павел Владимирович
Ученая степень и наименование отрасли науки, научных специальностей, по которым защищена диссертация	Кандидат технических наук 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы
Ученое звание	Не имеет
Полное наименование организации, являющейся основным местом работы, должность	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Петербургский энергетический институт повышения квалификации», проректор по научной работе
Почтовый адрес организации	196135, г. Санкт-Петербург, ул. Авиационная, д. 23
Телефон	8 (915) 092-98-33
Адрес электронной почты	ilyushin.pv@mail.ru
Основные публикации по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Илюшин П.В., Мокеев А.В., Наровлянский В.Г. Инновационный адаптивный комплекс автоматики ликвидации асинхронного режима электроэнергетического объекта // Электрические станции. 2019. № 1 (1050). С. 52-59. 2. Ilyushin P.V. Analysis of the specifics of selecting relay protection and automatic (RPA) equipment in distributed networks with auxiliary low-power generating facilities // Power Technology and Engineering. 2018. Т. 51. № 6. С. 713-718. 3. Илюшин П.В. Расширение области допустимых режимов для генерирующих установок объектов распределённой генерации при провалах напряжения // Энергетик. 2018. № 11. С. 21-27. 4. Илюшин П.В. Анализ влияния распределённой генерации на алгоритмы работы и параметры настройки устройств автоматики энергосистем // Энергетик. 2018. № 7. С. 21-26. 5. Илюшин П.В. Особенности организации противоаварийного управления в сетях с современными генерирующими установками // Вестник Иркутского государственного технического

- университета. 2018. Т. 22. № 5 (136). С. 134-151.
6. Илюшин П.В., Паздерин А.В. Требования к делительной автоматике объектов распределенной генерации с учетом влияния параметров прилегающей сети и нагрузки // Электроэнергия. Передача и распределение. 2018. № 4 (49). С. 42-47.
 7. Илюшин П.В. Особенности учета параметров нагрузки при анализе переходных процессов в сетях с объектами распределенной генерации // Электроэнергия. Передача и распределение. 2018. № 6 (51). С. 54-61.
 8. Илюшин П.В. Особенности реализации многопараметрической делительной автоматики в энергорайонах с объектами распределенной генерации // Релейная защита и автоматизация. 2018. № 2 (31). С. 12-24.
 9. Илюшин П.В. Особенности функционирования устройств автоматической частотной разгрузки в энергорайонах с объектами распределенной генерации // Релейная защита и автоматизация. 2018. № 3. С. 20-27.
 10. Илюшин П.В., Музалев С.Г. Анализ эффективности технических решений, обеспечивающих динамическую устойчивость нагрузки по напряжению // Энергетик. 2017. № 12. С. 11-15.
 11. Илюшин П.В., Небера А.А., Федоров О.А. Перспективы развития и инструменты автоматизации задач эксплуатации устройств РЗА // Релейная защита и автоматизация. 2017. № 2 (27). С. 28-37.
 12. Илюшин П.В., Королев Я.М., Симонов А.В. Комплексный подход к моделированию устройств РЗ и ПА, расчету уставок и анализу правильности их работы // Релейная защита и автоматизация. 2017. № 3 (28). С. 13-19.
 13. Илюшин П.В. О влиянии распределенной генерации на работу устройств автоматического включения резервного питания // Релейная защита и автоматизация. 2017. №4 - С. 28-36
 14. Илюшин П.В. Особенности противоаварийного управления при аварийных дефицитах мощности в автономных энергосистемах // Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. 2016. № 5. С. 2-11.

Проректор по научной работе
ФГАОУ ДПО «ПЭИПК», к.т.н.

Павел Владимирович Илюшин

Дата: 24.05.2019 г.

Подпись Илюшина П.В. заверяю:

Назаров

Дата:

24.09.2019



В.В. Орловский