



**Некоммерческое партнерство
«НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ
Единой энергетической системы»**

111 250, Москва, проезд Завода Серп и Молот,
дом 10, офис 608, Тел. (495) +7 495 012 60 07
E-mail: dtv@nts-ees.ru, <http://www.nts-ees.ru/>
ИИН 7717150757

УТВЕРЖДАЮ
Председатель Научно-технической
коллегии, д.т.н., профессор

Н.Д. Рогалев

«30 » октябрь 2020 г.

ПРОТОКОЛ № 4

заседания секции «Активные системы распределения электроэнергии и
распределенные энергетические ресурсы» НП «НТС ЕЭС» для рассмотрения
доклада по теме: **«Подходы к анализу процессов развития каскадных аварий
в электроэнергетических системах, в том числе распределительных сетях с
объектами распределенной генерации»**

30 сентября 2020 года

г. Москва

Присутствовали: члены секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы», сотрудники НП «НТС ЕЭС», ФГБУ «РЭА», ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ», АО «НТЦ ФСК ЕЭС», ООО МНПП «АНТРАКС», НИК С6 РНК СИГРЭ, АО «НТЦ ЕЭС» (Московское отделение), ФГАОУ ДПО «ПЭИПК», ООО «Интеллектуальная энергия», ФГБОУ ВО «НГТУ», АО «Техническая инспекция ЕЭС», АО «Русатом Автоматизированные системы управления», всего **25** человек.

Со вступительным словом выступил председатель секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы», проректор по научной работе ФГАОУ ДПО «ПЭИПК», к.т.н. Илюшин П.В.

Во вступительном слове было отмечено, что в дополнение к исследованию, первоначально выполненному автором доклада для магистральных электрических сетей, было проведен расширенный анализ возможностей возникновения и развития каскадных процессов в распределительных сетях с объектами распределенной генерации.

Полученные результаты представляют значительный интерес, так как в настоящее время объекты распределенной генерации, в том числе на основе ВИЭ, интегрируются в сети среднего и высокого напряжения. Выполненные автором дополнительные расчеты предоставляют возможность для проведения

более полного анализа аварийных процессов, которые затрагивают распределительные сети, в которых возможно возникновение перегрузок и недопустимых снижений напряжения в отдельных узлах, в ряде схемно-режимных ситуаций при определенных возмущениях.

Учитывая возрастание доли объектов распределенной генерации, в том числе на основе ВИЭ, в структуре генерирующих мощностей, особенно в энергорайонах со слабыми электрическими связями, а также в изолированных энергосистемах, результаты представляемого исследования обладают значительной актуальностью.

С докладом «**Подходы к анализу процессов развития каскадных аварий в электроэнергетических системах, в том числе распределительных сетях с объектами распределенной генерации**» выступил Гайсин Булат Маратович – к.т.н., доцент кафедры «Электротехника и электрооборудование предприятий» ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет».

Основные положения доклада приведены ниже. Презентация доклада прикладывается (**Приложение 1**).

В представленном исследовании на базе тестовых и реальных схем электроэнергетической системы (далее – ЭЭС), с учетом разработанных методик, рассматривается процесс формирования каскадного процесса до момента потери устойчивости. Под каскадным процессом понимается последовательность переходов из одного квазистационарного режима в другой при пошаговом отключении перегруженных по токовой загрузке элементов ЭЭС с окончанием в области допустимых или недопустимых значений режима (системная или каскадная авария). Отключения элементов ЭЭС могут продолжаться длительное время (от часов до нескольких суток) без нарушения устойчивости, при этом режим ЭЭС все более приближается к предельным границам областей устойчивости.

В исследовании под факторами, влияющими на возникновение и развитие аварий, понимаются параметры ЭЭС с учетом их изменения и неоднородного распределения по топологии системы. Неоднородность ЭЭС зависит от схемно-режимных условий на конкретный момент времени и определяется несимметричным и неоднородным распределением по схеме ЭЭС совокупности параметров, характеризующих элементы ЭЭС. В исследовании под параметрами, влияющими на неоднородность ЭЭС, понимаются сопротивления и проводимости ветвей, а также генерируемые и потребляемые мощности в узлах.

Исследования в области повышения надежности и живучести ЭЭС с целью предотвращения возможности возникновения и развития каскадных процессов, оканчивающихся системными или каскадными авариями, является актуальной

задачей.

В ходе исследования был выполнен анализ методов предотвращения каскадных процессов в ЭЭС, а также методов обеспечения надежности и живучести ЭЭС. Проведен сравнительный анализ и критический обзор публикаций по представленной проблеме. Выполнена общая постановка задачи. Сформулирована методологическая направленность исследований. В исследовании принимается, что необходимым условием существования каскадного процесса, является следующее неравенство:

$$I_{ji} + \Delta I_{ji} > I_{\text{доп},ji}, \quad (1)$$

где ΔI_{ji} – наброс тока на перегружаемый элемент, $I_{\text{доп},ji}$ – допустимое значение тока для этого элемента.

Вышеуказанное неравенство должно выполняться на каждом следующем шаге аварийного отключения элемента ЭЭС, а его невыполнение приводит к останову аварийного каскадного процесса.

Исходя из (1) и топологического расположения элементов сети, при расчете режимов ЭЭС, получаем пошаговые варианты развития каскадных процессов, что в отличие от устоявшейся точки зрения позволяет рассматривать каскадный процесс, до стадии потери управляемости (до лавинообразного снижения напряжения и (или) частоты), как последовательность зависимых установившихся режимов (далее – УР), объективно вытекающих друг из друга.

В ходе исследования были использованы две тестовые схемы ЭЭС, которые изображаются в виде сетки (совокупности четырехугольных ячеек), каждая ячейка представлена в виде четырех узлов и четырех ветвей. Подобные тестовые схемы, позволяют в результате ряда математических исследований выявить закономерности влияния расположения элементов по топологии схемы сети на возможность возникновения каскадных процессов в ЭЭС. Полученные на базе тестовых схем закономерности можно применять и к реальным схемо-режимным условиям в ЭЭС. В проведенных исследованиях рассматриваются следующие схемы:

- двадцати пяти узловая ЭЭС с номинальным напряжением $U_{\text{ном}} = 110$ кВ;
- тридцати шести узловая объединенная ЭС (далее – ОЭС), состоящая из двух ЭЭС $U_{\text{ном}} = 500$ кВ;
- сорока узловая ЭЭС с номинальными напряжениями $U_{\text{ном}} = 110$ кВ, 35 кВ, 10 кВ, включающая в себя распределительные сети (далее – РС), а также объекты распределенной генерации (далее – РГ), как фактор возможного повышения живучести ЭЭС.

При этом размерность тестовых схем может меняться в зависимости от

количества узлов и ветвей реальной эквивалентируемой схемы ЭЭС. Параметры узлов этих схем задаются в соответствии с генерируемой мощностью на электростанциях (P_g , Q_g), или потребляемой в узлах нагрузки (P_h , Q_h). Параметры ветвей определяются сопротивлением или проводимостью соответствующего элемента сети (R , X , B).

Особенность предложенных схем заключается в том, что с применением эквивалентирования к подобной тестовой схеме различной размерности можно привести практически любую схему реальной ЭЭС.

Для расчета УР в исследовании использовался сертифицированный программный комплекс «Rastr Win».

Для вариантов неоднородности тестовой 25 узловой схемы ЭЭС выполнена многовариантная серия пошаговых расчетов нормальных и предельных режимов в соответствии с траекториями (1 – 31) утяжеления по потребляемой и генерируемой мощности. Применительно к двадцати пяти узловой тестовой схеме ЭЭС показана возможность формирования каскадного процесса по заданной траектории, путем изменения параметров (X_{ij} , $P_{ij\text{ген}}$, $P_{ij\text{наг}}$) неоднородной ЭЭС влияющих на возникновение и развитие каскадного процесса.

С помощью разработанных методик был выполнен расчет, анализ и технико-экономическое сопоставление вариантов, позволяющих повысить живучесть ЭЭС (рассмотрена 36 узловая ОЭС с $U_{\text{ном}} = 500$ кВ) 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 мест установки устройств FACTS, в сравнении с традиционным решением, связанным со строительством новой ЛЭП.

Применительно к РС с элементами РГ была создана 40 узловая тестовая схема ЭЭС, в которой выполнены расчеты, указывающие на возможность предотвращения каскадного процесса за счет строительства объектов РГ для нормального режима и для ремонтной схемы ЭЭС. Также в расчетах показана возможность определения границ предельных величин мощности объектов РГ, необходимых для сохранения устойчивости ЭЭС в нормальном режиме и в ремонтных схемах.

Для моделирования условий возникновения каскадных процессов или для распознания существования таких условий разработаны методики математического и 3D-графического анализа влияния неоднородности ЭЭС на возникновение и развитие аварийных каскадных процессов. Здесь ЭЭС рассматривается как географически распределенная многопараметрическая система. Формализованная (используя любой подходящий) аппарат

формализации) до матричного типа (с матрицей A размером $i \times j$) схема ЭЭС применяется как координатное поле для выявления неоднородности параметров, влияющих на формирование условий возникновения каскадных процессов. В соответствии с методикой выбираются факторы A_{ij} , наиболее влияющие на каскадный процесс. Каждый фактор A_{ij} распределяется в соответствии с матричной формализацией ЭЭС на двухмерной плоскости схемы ЭЭС по координатам $i \times j$.

В исследовании показано 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.

В работе выполнен анализ влияния схемы выдачи мощности Ново-Салаватской теплоэлектроцентрали (далее – ТЭЦ) на формирование режимов в южной части энергосистемы Башкирии с точки зрения возможности возникновения каскадных процессов.

По результатам расчетов был выполнен анализ и сопоставление утвержденного и предлагаемого к реализации вариантов при разработке схем выдачи мощности (СВМ) ПГУ 410 МВт. Анализ режимов показал, что в соответствии с утвержденным вариантом СВМ возникает дополнительный наброс мощности на существующие линии 110 кВ, что приводит к необходимости дополнительных мероприятий по ограничению токов КЗ: установка четырех токоограничивающих реакторов и включения пятидесяти четырех вновь вводимых и реконструированных устройств противоаварийной автоматики (ПА), что в конечном итоге увеличивает стоимость проекта, а также снижает КПД вводимой ПГУ – 410 МВт за счет наличия в СВМ постоянно включенных токоограничивающих реакторов. Также анализ показал в ряде режимов возникают токовые перегрузки с возможностью возникновения и развития аварийных каскадных процессов.

В результате предлагается в соответствии с СВМ ТЭЦ по предлагаемому варианту № 2 в нормальном режиме и в режимах одиночных отключений на время ремонта ЛЭП 220 кВ и генератора (в случае, когда ремонт на ЛЭП совпадает с ремонтом генератора или любого другого оборудования) выдачу мощности ПГУ 410 МВт осуществлять по имеющимся ВЛ, учитывая, что пропускная способность ВЛ 220 кВ составляет 135 МВт. Предлагаемый вариант СВМ № 2 в масштабах страны является необходимым инструментом для снижения стоимости тарифных издержек на развитие энергосистем без ущерба для надежности электроснабжения потребителей.

Произведен анализ влияния полного демонтажа генерирующих мощностей на Уруссинской государственной районной электростанции (далее – ГРЭС) на

работу прилегающей сети и влияния на общую системную надежность энергосистем Республик Татарстан и Башкортостан.

Исходя из результатов расчетов электрических расчетов с учетом вывода из эксплуатации Уруссинской ГРЭС, следует отметить, что реконструкция ГРЭС на базе ПГУ 84 МВт позволит поддержать надёжность электроснабжения существующих потребителей электрической энергии, а также обеспечить возможность подключения перспективных производственных мощностей. В свою очередь отсутствие генерации на Уруссинской ГРЭС в ряде схемно-режимных условий приведет к отключению не менее 100 МВт потребителей в Уруссинском энергорайоне.

В ходе исследования были решены следующие задачи:

1. Исследованы топологически неоднородно распределенные параметры ЭЭС и установлена их связь с возникновением и развитием аварийных каскадных процессов.

2. Разработана методика построения и определения областей допустимых режимов при различных параметрах неоднородных ЭЭС:

- исследованы предельные границы допустимых режимов для рассмотренных вариантов неоднородности ЭЭС;

- установлено, что в ЭЭС с абсолютно однородно распределенными схемно-режимными параметрами возникновение и развитие каскадных процессов невозможно;

- для ЭЭС доказана возможность определения траектории развития аварийных отключений с возможным переходом в одну из следующих областей: каскадных процессов, допустимых или недопустимых режимов.

3. Разработаны методики математического и 3D-графического анализа влияния параметров неоднородных ЭЭС на возникновение и развитие аварийных каскадных процессов:

- дано расширенное понятие неоднородности ЭЭС для формирования или распознавания траектории развития отключений каскадного характера;

- экспериментально доказано, что на основе разработанных методик возможно экономически обоснованно принимать более эффективные управлочные решения по развитию ЭЭС в дополнение к методическим указаниям по устойчивости энергосистем. Это позволит определять наиболее рациональное, с точки зрения живучести ЭЭС, расположение объектов генерации, а также места установки устройств, относящихся к технологиям интеллектуальных энергосистем на основе активно-адаптивных сетей.

4. Сформированы рекомендации по применению разработанных методик для безаварийного ведения режимов и проектирования схем развития ЭЭС:

- при расчете режимов с учетом возможного возникновения и развития

аварийных каскадных процессов;

- для планирования режимов с учетом ввода и вывода объектов генерации при эксплуатации ЭЭС;
- для анализа схемно-режимной ситуации на момент возникновения и развития аварийного каскадного процесса, произошедшего 02.07.16 г. в ЭЭС РБ.
- при формировании схемы выдачи мощности Ново-Салаватской ТЭЦ в ЭЭС РБ;
- для поддержания надежности электроснабжения потребителей с учетом полного демонтажа мощности Уруссинской ГРЭС.

5. На основе разработанных методик создан программный комплекс (ПК), позволяющий производить пошаговый расчет траектории каскадного процесса для заданных схемно-режимных условий ЭЭС.

В обсуждении доклада и прениях выступили: Горожанкин П.А. (МНПП «АНТРАКС»), Щепетков С.К., Хазиахметов Р.М. (АО «Техническая инспекция ЕЭС»), Ивановский Д.А. (Ученый секретарь секции АСРЭиРЭР), Гусев Ю.П. (ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ»), Ефремов Д.Г. (ДАЭС АО «РАСУ»), Рабинович М.А. (АО «НТС ФСК ЕЭС»), Гельфанд А.М. – (Заслуженный работник ЕЭС России), Илюшин П.В. (председатель секции АСРЭиРЭР).

С экспертными заключениями по тематике доклада **выступили:**

Щепетков С.К. – Советник Генерального директора АО «Техническая инспекция ЕЭС».

Обратил внимание, что причины развития каскадных аварийных процессов могут быть различны: отказ или ложное срабатывание устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики, ошибки персонала, ненормативные возмущения и др.

Отметил, что в предложенном методе необходимо рассмотреть возможность учета нормальных токовых нагрузок для расчета уставок устройств релейной защиты генерирующих объектов, в частности МТЗ, которая обеспечивает защиту непосредственно генерирующего оборудования.

Обратил внимание, что в последующих исследованиях обязательно необходимо рассмотреть возможность отрицательного влияния, возникающего при отключении генераторов на развитие аварийных каскадных процессов.

Горожанкин П.А. – Руководитель департамента разработки и сопровождения НИОКР МНПП «АНТРАКС», к.т.н.

Отметил, что при анализе развития каскадных аварийных процессов

рассматривались параметры электрической схемы, актуальные на момент аварии.

Обратил внимание, что анализ отказов системы противоаварийной автоматики в представленной работе целесообразно применять при планировании режимов работы энергосистемы.

Отметил, что при планировании развития сети зачастую рассчитываются только нормативные возмущения, однако в представленной работе рассмотрены как нормативные, так и сверхнормативные возмущения, которые могут послужить катализатором развития каскадного процесса.

Гусев Ю.П. – Заведующий кафедрой «Электрические станции» ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ», к.т.н., доцент.

Обратил внимание, что результаты представленной работы в большей степени опираются на исследования, связанные с магистральными сетями, поэтому при дальнейшей работе необходимо провести более расширенное исследование в части распределительных сетей.

Отметил, что в разработанном алгоритме отрабатывается действие токов, тогда как в распределительных сетях действие токов отложено, так как оно приводит к деградации изоляции, вследствие нагрева или теплового пробоя.

Обратил внимание, что источник данных – регистратор аварийных событий (далее – РАС) включается, когда авария уже фактически началась, при этом целесообразно рассмотреть возможность учитывать информацию от РАС для мониторинга и выявления предаварийных ситуаций и отработки каких-либо действий препятствующих развитию аварий.

Ефремов Д.Г. – Главный специалист Департамента автоматизации электроэнергетических систем АО «Русатом Автоматизированные системы управления» (АО «РАСУ»).

Обратил внимание, что при анализе в составе устройств FACTS необходимо рассмотреть эффективность применения вставок или линий постоянного тока.

Отметил, что для электрических сетей напряжением 500 кВ нарушение статической устойчивости возникает значительно раньше, чем возникает токовая перегрузка, поэтому при учете предельных токовых нагрузок необходимо учитывать апериодическую статическую устойчивость.

Обратил внимание, что для идентификации текущего режима целесообразно рассмотреть возможность использования информации из системы мониторинга переходных режимов (СМПР), которую в настоящее время активно развивают в Системном операторе.

Хазиахметов Р.М. – Советник Генерального директора АО «Техническая инспекция ЕЭС», к.т.н., доцент.

Обратил внимание на необходимость анализа точности и достоверности результатов исследований по сравнению с другими методиками.

Отметил, что если проанализировать сложившиеся аварийные события, при условии достаточной точности предлагаемого метода, то его целесообразно применить с позиции планирования развития электрических сетей, а не только при планировании режимов в оперативном процессе.

Отметил, что при проектировании развития энергосистемы, проектные организации используют соответствующие методические рекомендации, однако данные рекомендации содержать только нормативные возмущения в электрической сети.

Гельфанд А.М. – Заслуженный энергетик Российской Федерации.

Обратил внимание, что несмотря на достаточно обширное исследование, в данной области достаточно большое количество нерешенных задач, которые можно рассматривать в перспективе развития данного исследования.

Отметил, что представленная работа представляет интерес не только с точки зрения анализа аварийных событий, но и с позиции рассмотрения перетоков мощности и взаимосвязей многочисленных объектов распределенной генерации.

Обратил внимание на целесообразность применения теории Марковских цепей в связи с тем, что неизвестно, насколько будут корректны результаты математического моделирования схем большей размерности, чем предложенные в исследовании.

Илюшин П.В. – Председатель секции «АСРЭиРЭР», проректор по научной работе ФГАОУ ДПО «ПЭИПК», к.т.н.

Обратил внимание на целесообразность применения предложенного подхода в распределительных сетях с объектами распределенной генерации, включая объекты ВИЭ, при проектировании и планировании режимов.

Отметил, что объекты распределенной генерации активно интегрируются в отечественную энергосистему во многих регионах, зачастую без выполнения полного комплекса расчетов режимов в различных схемно-режимных ситуациях, что негативно влияет на надежность электроснабжения потребителей и живучесть энергосистемы.

Обратил внимание, что предложенные подходы целесообразно использовать проектным организациям и распределительным сетевым компаниям, особенно при анализе ремонтных схем, которые отличаются

наиболее тяжелыми условиями, в которых возможность возникновения и развития каскадных процессов существенно возрастает.

Заслушав выступления и мнения экспертов по результатам дискуссии заседание секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы» отмечает:

1. Проведенные исследования посвящены важным вопросам разработки инструментов, направленных на повышение надежности и живучести неоднородных ЭЭС, в том числе распределительных сетей, в которых регулярно возникают аварийные процессы различного уровня сложности.
2. Актуальность представленного исследования в связи с ростом в последнее время количества системных аварий каскадного характера в ЕЭС России, а также ростом доли объектов распределенной генерации в структуре генерирующих мощностей.
3. Практическую ценность разработанной в ходе исследования методики, позволяющей анализировать неоднородность параметров ЭЭС с точки зрения распознания возможности возникновения и развития каскадных процессов.
4. Практическую ценность представленного в исследовании метода анализа возможных путей возникновения и развития каскадных процессов при принятии управленческих решений для оперативного планирования электрических режимов и проектирования развития ЭЭС.
5. Практическую ценность разработанных методик определения влияния параметров неоднородных ЭЭС на возникновение и развитие аварийных каскадных процессов, а также на формирование границ предельно допустимых режимов.
6. Целесообразность применения разработанных автором и предложенных методик и рекомендаций для безаварийного ведения режимов и проектирования развития ЭЭС.
7. Перспективу использования разработанных методик для технико-экономического обоснования эффективности управленческих решений по развитию ЭЭС в дополнение к методическим указаниям по устойчивости энергосистем.
8. Наличие выявленных закономерностей при рассмотрении параметров электрических сетей на возникновение и развитие аварийных каскадных процессов в распределительных сетях с объектами РГ.

Заседание секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы» решило:

1. Отметить положительный вклад докладчика в разработку

методических рекомендация для определения областей допустимых режимов, математического и 3D-графического анализа влияния распределения параметров неоднородных ЭЭС.

2. Отметить проведенное докладчиком исследование по совершенствованию существующих математических моделей в области представления 3D-графической гиперповерхности распределения параметров неоднородной ЭЭС, численных методов определения возможной траектории развития аварийного каскадного процесса в ЭЭС, методической базы подходов в отношении понятий: неоднородность ЭЭС и аварийный каскадный процесс.

3. Отметить актуальность представленных в докладе материалов, в которых изложен существующий опыт по предотвращению каскадных процессов в ЭЭС, методов обеспечения надежности и живучести ЭЭС, разработанной методики, программного комплекса и вариантов их применения на практике при проектировании и ведении режимов ЭЭС.

4. Рекомендовать автору продолжить аналитическую и научно-исследовательскую деятельность в части совершенствования программного комплекса поиска вероятных сценариев возникновения и развития аварийных каскадных процессов в ЭЭС, а также совершенствования методики анализа неоднородных ЭЭС с позиции рассмотрения разных классов напряжений.

5. Рекомендовать автору на базе материалов проведенных исследований рассмотреть возможность возникновения и развития аварийных каскадных процессов с позиции вероятностей отключения элементов ЭЭС.

6. Рекомендовать автору провести анализ точности и достоверности результатов исследований по сравнению с другими методиками.

7. Рекомендовать распределительным сетевым компаниям рассмотреть возможность использования разработанных методик и программного комплекса для ведения режимов и проектирования развития сети.

8. Рекомендовать преподавателями ВУЗов использовать введенное в исследовании расширенное понятие неоднородности ЭЭС для формирования или распознания траектории развития отключений каскадного характера, а также расширенное понятие о характере протекания каскадного процесса с возможным окончанием в области допустимых или недопустимых режимов.

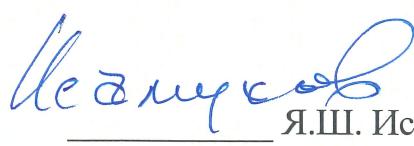
С заключительным словом выступил председатель секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы», проректор по научной работе ФГАОУ ДПО «ПЭИПК», к.т.н. Илюшин П.В. в котором отметил, что в отечественной электроэнергетике в сложившихся технико-экономических условиях дальнейший рост доли объектов распределенной генерации, в том числе на основе ВИЭ, неизбежен. Указанный

рост будет приводить к усложнению управления электроэнергетическими режимами работы электрических сетей, как распределительных, прилегающих к объектам распределенной генерации, так и магистральных. В складывающихся условиях, с целью обеспечения надежности и бесперебойности электроснабжения потребителей, возникает острая необходимость в проведении анализа произошедших аварийных ситуаций, в том числе каскадного характера, и разработки технических и организационных мероприятий по снижению рисков их возникновения. Для решения данной задачи целесообразно использовать научно-технический подход, новые методики оценки и расчетов, а также более совершенные программные средства моделирования.

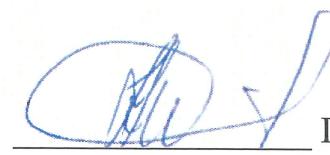
Первый заместитель Председателя
Научно-технической коллегии,
д.т.н., профессор

 В.В. Молодюк

Ученый секретарь Научно-
технической коллегии, к.т.н.

 Я.Ш. Исамухамедов

Председатель секции «Активные
системы распределения ЭЭ и РЭР»
НП «НТС ЕЭС», к.т.н.

 П.В. Илюшин

Ученый секретарь секции «Активные
системы распределения ЭЭ и РЭР»
НП «НТС ЕЭС»

 Д.А. Ивановский