



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



Российская Академия Наук
Научный совет РАН по системным
исследованиям в энергетике



Исполнительный комитет
Электроэнергетического совета СНГ

УТВЕРЖДАЮ
Президент НП «НТС ЕЭС»,
д.т.н., профессор

Н. Д. Рогалев

ПРОТОКОЛ

совместного заседания Научно-технической коллегии НП «НТС ЕЭС»,
секций «Активные системы распределения электроэнергии и распределённые
энергетические ресурсы» и «Малая и нетрадиционная энергетика
НП «НТС ЕЭС», секций по проблемам НТП в энергетике и по проблемам
надёжности и безопасности больших систем в энергетике Научного совета РАН
по системным исследованиям в энергетике
на тему: **«Обзор трендов развития и опыта использования распределённых
энергетических ресурсов по состоянию на 2022 год»**

02 ноября 2022

№ 4/22

г. Москва

Заседание подготовлено секцией «Активные системы распределения
электроэнергии и распределённые энергетические ресурсы» НП «НТС ЕЭС»
(председатель Секции д.т.н. **Илюшин П. В.**)

Приняли участие очно и онлайн: члены Научно-технической коллегии НП
«НТС ЕЭС», члены секций «Активные системы распределения электроэнергии и
распределённые энергетические ресурсы» и «Малая и нетрадиционная энергетика
НП «НТС ЕЭС», секций по проблемам НТП в энергетике и по проблемам
надёжности и безопасности больших систем в энергетике Научного совета РАН по
системным исследованиям в энергетике, АО «СО ЕЭС», представители ПАО

«Россети», ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ», АО «НТЦ ФСК ЕЭС», НИК С6 РНК СИГРЭ, ФГБУН «ИНЭИ РАН», ФГБУН «ИСЭМСО РАН», ФГБУН «ИРФЭ ОНЦ СО РАН», Комитета ВИЭ РосСНИО, ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет», ИСЭиЭПС ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, ФГБОУ ВО «НГТУ», ФГАОУ ВО «ИрНИТУ», Общевоинской академии ВС РФ, ФГБОУ ВО «Нижегородский ГТУ им. Р. Е. Алексеева», ФГАОУ ВО «УрФУ», ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М. И. Платова», ФГБОУ ВО «Сибирский федеральный университет», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет», ФГБОУ ВО «Севастопольский государственный университет», филиал ООО «Энерго-Юг» – «Южэнергосетьпроект», ООО НПП «ЭКРА», ООО «РТСофт-СГ», всего 107 человек.

Приняли участие онлайн эксперты Научно-экспертного совета ЭЭС СНГ: РУП «БЕЛТЭИ», ИЭ НАН Беларуси, Казахстанская национальная компании по управлению электрическим сетями АО «KEGOC», ГГТУ им. П. О. Сухого, ГПО «Белэнерго», ЗАО «НИИЭ Республики Армения».

Со вступительным словом выступил Президент НП «НТС ЕЭС», д.т.н., профессор **Рогалев Н. Д.** В своём вступительном слове он отметил, что деятельность CIGRE вносит значительный вклад в развитие научных направлений мировой энергетики. Сессии CIGRE позволяют научному сообществу рассматривать и обсуждать инновационные разработки и передовые идеи, которые будут в последующем внедряться в энергосистемах различных стран. Анализ и обобщение международного опыта по разным научным направлениям позволяют российским ученым и специалистам ознакомиться с наиболее интересными и перспективными разработками, которые могут быть использованы в отечественной электроэнергетике.

На сегодняшнем заседании представлен обзор трендов развития и опыта использования распределённых энергетических ресурсов, подготовленный на основании докладов 49-й сессии CIGRE, которая прошла в период с 28 августа по 2 сентября 2022 г. в Париже.

В 49-й сессии CIGRE приняло участие более 2300 делегатов и представителей мировых энергетических компаний, научно-исследовательских организаций, регулирующих структур, производителей оборудования и материалов для электроэнергетики, проектных институтов и высших учебных заведений из 80 стран мира, в том числе из России. В рамках пленарной сессии были рассмотрены проблемы трансформации энергосистем, направления дальнейшего развития технологий и оборудования в отрасли, возможности и перспективы внедрения новых рыночных и управленческих механизмов, а также процессов управления.

С докладом **«Обзор трендов развития и опыта использования распределённых энергетических ресурсов по состоянию на 2022 год»** выступил **Самойленко В. О.**, к.т.н., представитель РФ в SC С6 CIGRE, доцент кафедры «Автоматизированные электрические системы» УралЭНИН ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н.

Ельцина».

Доклад состоит из 6 разделов, основное содержание которых представлено ниже.

Раздел 1. Накопители энергии

Описываются существующие и вводимые накопители энергии на основе литиевых аккумуляторных батарей. Накопители энергии успешно применяются в различных проектах в разных странах мира для:

- вторичного и третичного регулирования частоты и мощности (часто в островных, территориальных энергосистемах и энергосистемах с ограниченной пропускной способностью сечений связи с другими энергообъединениями);
- поддержания баланса активной мощности в условиях неравномерной и резкопеременной выработки возобновляемых источников энергии и снижения скорости набора/сброса нагрузки электростанций на углеводородном топливе;
- резервирования электроснабжения маломощных потребителей;
- поддержания напряжения в прилегающей распределительной сети.

Раздел 2. Вопросы перспективного развития энергосистем и новых технологий

Отмечены следующие важные аспекты:

- многие страны мира переходят на практику выдачи распределённым энергоресурсам технических условий на технологическое присоединение без фиксированной величины разрешённой к выдаче мощности. Мощность определяется фактическими схемно-режимными условиями и контролируется устройствами автоматики;
- положения принятых концепций абсолютной децентрализации энергоресурсов, углубления взаимной интеграции стран, минимизации воздействия на климат и электрификации всех отраслей промышленности на практике противоречат друг другу;
- синтезируемое водородное топливо, рассматриваемое в качестве альтернативы углеводородному, требует стабильного высокоэнергетического и экологичного источника энергии для электролиза, однако такой источник не предложен ни в одном докладе;
- аналогичная проблема возникает и при массовом переводе легкового автотранспорта на электротягу в странах, в которых используется завозное топливо и отсутствуют соответствующие выбывающие мощности нефтепереработки;
- требуется снизить себестоимость систем производства и накопления водорода, которая на текущий момент в 2,5–3 раза выше, чем даже для дорогостоящих накопителей на основе литиевых аккумуляторных батарей;
- ежегодно в мире реализуется до нескольких десятков технико-экономически эффективных проектов распределительных сетей и систем электроснабжения на постоянном токе, что становится возможным благодаря интегрированному планированию энергетических ресурсов.

Раздел 3. Регулирование напряжения в распределительных сетях и активных распределительных системах

Содержание раздела:

- бытовые сети среднего и низкого напряжения довольствуются централизованным регулированием напряжения вольтодобавочной техникой и местным не очень точным регулированием с помощью инверторов распределённых энергоресурсов;

- в зарубежных странах обосновывается не повышение, а снижение напряжения в соответствии со статическими характеристиками нагрузки по напряжению для экономии энергоресурсов;

- напряжение на шинах центров питания в распределительных сетях поддерживается в основном за счёт установки простой, но массовой конденсаторной техники, что оставляет потенциал для оптимизации размещения подобных источников;

- внедрение современных производительных и высокоэффективных устройств FACTS в активные распределительные системы происходит в промышленных системах электроснабжения и железнодорожных тяговых сетях.

Раздел 4. Информационное обеспечение балансовых и рыночных задач электроэнергетики

Основные положения:

- при работе с распределёнными энергетическими ресурсами мощностью несколько МВт информационное обеспечение балансовых задач должно поддерживать дискретность 1–5 мин., а для задач качества электроэнергии дискретность должна составлять 1–3 с;

- при использовании получасовых или часовых измерений SCADA/EMS погрешность расчётов на основе измеренных данных может превышать 50 %;

- важен высокоточный прогноз погоды и обеспечение метеопараметрами с высоким пространственным разрешением для прогнозирования мощности и выработки ВИЭ;

- для создания активной распределительной системы недостаточно создания объектовых систем сбора и передачи информации, обязательным является развитие телекоммуникационных систем, информационных сервисов и финансовых технологий.

Раздел 5. Идентификация параметров схемы замещения. Определение места повреждения электрической сети

Ключевые выводы по материалам раздела:

- поскольку переходные процессы с распределёнными энергетическими ресурсами и особенно в микроэнергосистемах происходят в очень широкой части частотного спектра, а не только при 50/60 Гц, при идентификации стремятся получить первичные эквивалентные параметры как $\rho(0)$, L и C , а не вторичные как R и X ;

- распределённые энергетические ресурсы влияют на подпитку ТКЗ по нетривиальным закономерностям, включая метеопараметры, долю занятых машиномест электрозаправок, степень их загрузки и т.п., что требует сложного математического аппарата для устройства определения места повреждения;

- погрешность определения места повреждения составляет около 5 % по трассе ЛЭП при использовании методов искусственного интеллекта, при этом

традиционными схмотехническими методами — кратно выше.

Раздел 6. Обзор деятельности рабочих групп по научному направлению SC C6 CIGRE

Подготовлены к публикации две технические брошюры.

Техническая брошюра C1.C6.37 описывает возможную процедуру планирования капиталовложений в магистральные и распределительные сети в условиях неопределённости сценариев развития электрических нагрузок и распределённых энергоресурсов.

Техническая брошюра C6.36 посвящена описанию моделирования распределённых энергетических ресурсов временными рядами квазиустановившихся режимов.

По докладу сделаны следующие основные выводы

1. Распределённые энергетические ресурсы находятся в стадии качественного и количественного роста и развития в большинстве стран.

2. Развитие распределённых энергетических ресурсов в корне меняет технические, технико-экономические и технологические свойства электроэнергетических систем.

В обсуждении доклада и прениях выступили

Илюшин П. В., председатель секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределённые энергетические ресурсы» НП «НТС ЕЭС»; **Суслов К. В.**, заведующий кафедрой «Электроснабжение и электротехника» ФГБОУ ВО «ИрНИТУ», д.т.н., доцент; **Елистратов В. В.**, профессор Высшей школы гидротехнического и энергетического строительства, директор научно-образовательного центра «Возобновляемые виды энергии и установки на их основе», д.т.н., профессор; **Гусев Ю. П.**, профессор кафедры «Электрические станции» ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ», к.т.н.; **Федотов А. И.**, профессор кафедры «Электрические станции» ФГБОУ ВО «КГЭУ», д.т.н., профессор; **Бык Ф. Л.**, доцент кафедры «Автоматизированные электроэнергетические системы», ведущий научный сотрудник научно-образовательного центра «Интеллектуальная энергия» ФГБОУ ВО «НГТУ (НЭТИ)», к.т.н.; **Косарев Б. А.**, доцент кафедры «Электрическая техника» ФГБОУ ВО «ОмГТУ», к.т.н.; **Безруких П. П.**, руководитель Комитета ВИЭ РосСНИО, д.т.н., профессор; **Николаев В. Г.**, директор АНО НИЦ «Атмограф», д.т.н., профессор; **Бобыль А. В.**, ведущий научный сотрудник лаборатории физико-химических свойств полупроводников Физико-технического института имени А. Ф. Иоффе РАН, д. ф.-м. н., профессор; **Федоров Ю. Г.**, начальник отдела стандартизации Департамента параллельной работы и стандартизации АО «СО ЕЭС», ответственный секретарь ТК 016 «Электроэнергетика» Росстандарта.

Илюшин П. В. отметил обзорный характер доклада, отнесение доклада строго к тематике активных распределительных систем и распределённых энергоресурсов, а также необходимость адаптации международного опыта к российским условиям.

Суслов К. В. инициировал обсуждение принципа действия технических условий на технологическое присоединение без фиксированной величины

разрешённой к выдаче мощности.

Елистратов В. В. задал вопросы о величине погрешности прогноза возобновляемых источников энергии и масштабах использования накопителей энергии.

Гусев Ю. П. высказал суждения о возможных режимах работы нейтралей трансформаторов в распределительных сетях и активных распределительных системах в различных странах.

Федотов А. И. задал вопросы о ресурсе накопителей энергии и стандартизации напряжения на стороне постоянного тока накопителя.

Бык Ф. Л. уточнил условия и критерии необходимости участия накопителей энергии в регулировании частоты и напряжения в изолированных энергосистемах, высказал сомнение в детальности проработке планов по использованию водорода в современных энергетических концепциях. Он также запросил информацию об использовании проточных накопителей энергии.

Косарев Б. А. проявил интерес к наличию публикаций CIGRE об электроснабжении резкопеременной и толчковой нагрузки.

Безруких П. П. отметил важность выбора моделей электрической нагрузки, используемых для моделирования нагрузки в изолированных энергосистемах.

Николаев В. Г. инициировал обсуждение степени востребованности различных видов накопителей энергии в странах мира.

Бобыль А. В. предложил обсудить особенности управления фотоэлектрических станций в энергосистеме CAISO, Калифорния, США.

Федоров Ю. Г. задал вопросы о стандартизации выбора мощности и ёмкости накопителей энергии для ВИЭ.

Совместное заседание отмечает

1. Российским субъектам электроэнергетики важно знакомится с передовым опытом использования распределённых энергетических ресурсов и учитывать их при формировании перспективных планов своего развития.

2. Учёт положительных и отрицательных аспектов применения распределённых энергетических ресурсов в других стран позволит избежать применения неудачных технических решений, а также адаптировать наиболее удачные решения к особенностям отечественной энергетики.

3. Предоставить желающим возможность более подробно ознакомиться со статьями и докладами, использованными докладчиком в представленном обзоре.

Совместное заседание решило

1. Рекомендовать докладчику продолжить исследования и разработки в данном научном направлении как индивидуальные, так и выполнение обзоров по рассматриваемой тематике.

2. Рекомендовать докладчику продолжить периодическое представление обзоров докладов на совместных заседаниях Научно-технической коллегии НП «НТС ЕЭС», секций «Активные системы распределения электроэнергии и распределённые энергетические ресурсы» и «Малая и нетрадиционная энергетика НП «НТС ЕЭС», секций по проблемам НТП в энергетике и по проблемам

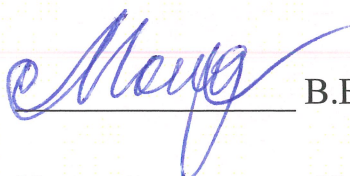
надёжности и безопасности больших систем в энергетике Научного совета РАН по системным исследованиям в энергетике.

3. Рекомендовать научному сообществу проанализировать, какие из рассмотренных тематик являются наиболее перспективными для дальнейшей проработки в области распределённых энергетических ресурсов в России.

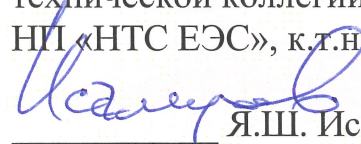
4. Рекомендовать научным руководителям аспирантов и научным консультантам докторантов прорабатывать темы диссертационных исследований, связанных с распределёнными энергетическими ресурсами, с учётом представленного международного опыта.

С заключительным словом выступил д.т.н. **Илюшин П. В.**, председатель секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределённые энергетические ресурсы» НП «НТС ЕЭС», руководитель Центра интеллектуальных электроэнергетических систем и распределённой энергетики ФГБУН «Институт энергетических исследований РАН». Он отметил, что обзоры опыта использования распределённых энергетических ресурсов являются полезными как с научной, так и образовательной точек зрения. Обзоры применения в динамике за 10 лет предоставляют возможность установить направления развития науки и техники в рассматриваемой научной области. Международный опыт может быть весьма ценным при развитии территориальных и изолированных энергосистем в России.

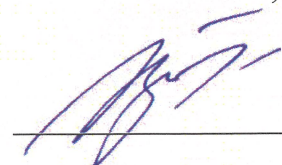
Первый заместитель Председателя
Научно-технической коллегии
НП «НТС ЕЭС»,
д.т.н., профессор

 В.В. Молодюк

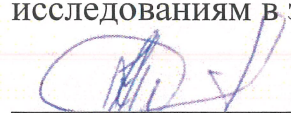
Ученый секретарь Научно-
технической коллегии
НП «НТС ЕЭС», к.т.н.

 Я.И. Исамухамедов

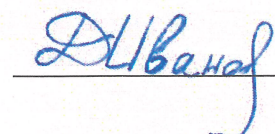
Председатель секции «В и НЭ»
НП «НТС ЕЭС», д.т.н., профессор

 М.Г. Тягунов

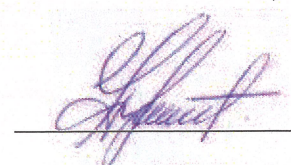
Председатель секции «АСРЭ и РЭР»
НП «НТС ЕЭС», ученый секретарь Секции
по проблемам НТП в энергетике
Научного совета РАН по системным
исследованиям в энергетике, д.т.н.

 П.В. Илюшин

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

 Д.А. Ивановский

Ученый секретарь секции «В и НЭ»
НП «НТС ЕЭС», к.ф.-м.н.

 Н.А. Рустамов