



**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/
ИНН 7717150757



Основана в 1724 году

Российская Академия Наук
Секция по проблемам НТП в энергетике
Научного совета РАН по
системным исследованиям в энергетике

УТВЕРЖДАЮ

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

Н.Д. Рогалев

«21» февраля 2024 г.

ПРОТОКОЛ № 1

совместного заседания Секции «Активные системы распределения
электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы» НП «НТС ЕЭС» и
Секции по проблемам НТП в энергетике Научного совета РАН по системным
исследованиям в энергетике

30 января 2024 года

г. Москва

Присутствовали: члены секции «Активные системы распределения
электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы» НП «НТС ЕЭС»,
ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ», ФГБУН «ИНЭИ РАН», ФГБУН «ИСЭМ СО РАН», АО
«НТЦ ФСК ЕЭС», ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-
экономический университет», ФГБОУ ВО «Нижегородский ГТУ им. Р.Е.
Алексеева», ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический
университет», ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. Б.Н.
Ельцина», ФГБОУ ВО «Сибирский федеральный университет», ФГАОУ ВО
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет»,
АНО «НИЦ-«АТМОГРАФ», ООО «ЛУКОЙЛ-ЭНЕРГОСЕТИ», ООО НПП
«ЭКРА», ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева», ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный
университет», РУП «Белэнергосетьпроект», ООО «РТСофт-СГ», всего **58** человек.

Со вступительным словом выступил председатель секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы», руководитель Центра интеллектуальных электроэнергетических систем и распределенной энергетики ФГБУН «Институт энергетических исследований РАН», д.т.н. Илюшин П.В.

Во вступительном слове было отмечено, что вопросы технологического присоединения зарядных станций к распределительным сетям, особенно в мегаполисах и крупных городах, стоят особенно остро. Это обусловлено увеличением количества электротранспорта в указанных городах, как личного, так и общественного. Если с медленными зарядными станциями, потребляющими небольшие мощности, вопросы решаются в штатном режиме, то с технологическим присоединением быстрых и сверхбыстрых зарядных станций возникают значительные трудности. Это обусловлено перегруженностью распределительных сетей в указанных городах, особенно в часы пик, и в большинстве случаев осуществить их присоединение, без проведения комплексной реконструкции электросетевой инфраструктуры не представляется возможным. Поэтому, рассмотрение комплекса технических решений для повышения эффективности зарядной инфраструктуры является актуальным.

С докладом **«Комплекс технических решений для повышения эффективности развития зарядной инфраструктуры электротранспорта РФ в условиях импортозамещения»** выступили Воронин Вячеслав Андреевич, к.т.н., старший научный сотрудник НИЛ ЦТПМСК ФГБОУ ВО «КузГТУ» и Дубков Евгений Александрович, старший преподаватель кафедры «Электроэнергетические системы атомных станций» ФГАОУ ВО «СевГУ», научный сотрудник НИЛ ЦТПМСК ФГБОУ ВО «КузГТУ».

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

1. Представлена оценка перспектив развития рынка легкового электротранспорта и электроразрядной инфраструктуры в Российской Федерации до 2030 года:

1.1. По оценкам авторов к 2030 г. парк электромобилей в России может достигнуть 540 тыс., а электроразрядной инфраструктуры – 54 тыс. зарядных портов.

1.2. Отмечена проблема недостатка свободных трансформаторных мощностей для технологического присоединения электрозаправочных станций (ЭЗС) для электромобилей к центрам питания 6-10 кВ городских электрических сетей, что является препятствием для развития электроразрядной инфраструктуры.

2. Представлена имитационная модель электроразрядной инфраструктуры для формирования индивидуальных суточных графиков загрузки парка ЭЗС города с шагом в 1 мин. для заданного интервала моделирования, с учетом

параметров парка электромобилей, парка ЭЭС, геопространственной среды и поведенческих характеристик.

3. Показан пример применения разработанной имитационной модели для определения требуемого количества ЭЭС для города Кемерово, в зависимости от доли быстрых зарядных станций в общем парке ЭЭС.

4. Представлена классификация методов управления электрозарядной инфраструктурой по воздействию на заряд электромобиля и типу системы управления.

5. Описана модель для оценки влияния работы ЭЭС на режимы работы распределительных сетей напряжением 0,4-10 кВ. Описанная модель осуществляет квазидинамическое моделирование несимметричного электрического режима для формирования суточных профилей изменения режимных параметров моделируемой распределительной сети.

6. Рассмотрены перспективы Вольт-Вар регулирования напряжения в пригородных распределительных сетях с помощью домашних ЭЭС:

6.1. Отмечено, что увеличение количества домашних ЭЭС значительно влияет на максимум нагрузки распределительных сетей 0,4-10 кВ.

6.2. Показано, что Вольт-Вар регулирование напряжения позволяет эффективно ограничить максимум нагрузки и продолжительность отрицательных отклонений напряжения в распределительных сетях при несущественном влиянии на уровень заряда электромобилей.

7. Рассмотрено управление зарядом электромобилей в городской электрической сети при расположении ЭЭС в подземном паркинге жилого комплекса.

7.1. Отмечено, что на каждый 1% квартир жилого комплекса с личным электромобилем максимум нагрузки электросетевого оборудования повышается на 0,33-0,85 % в зависимости от номинальной мощности ЭЭС (от 3,7 до 22 кВт).

7.2. Показано, что централизованное управление зарядом электромобилей позволяет не допустить перегрузки трансформаторной подстанции, а также сократить потери мощности в распределительных сетях.

8. Показано, что динамическое управление тарифом на услуги заряда позволяет перераспределить нагрузку ЭЭС между интервалами суток таким образом, чтобы минимизировать максимум нагрузки центров питания.

9. Дана общая оценка технологии беспроводного заряда для электромобилей, представлена нормативная база и анализ рынка, включая прогноз его объемов до 2030 г.

10. Приведена информация о серийных моделях электромобилей, оснащенных системами беспроводного заряда, серийных моделях беспроводных зарядных станций, а также о результатах практического внедрения динамических систем беспроводного заряда.

11. Перечислены исследовательские команды, занимающихся разработками в области систем беспроводного заряда электромобилей в России, и показаны их основные результаты.

12. Дан обзор направлений, в которых совершенствуются технологии беспроводного заряда электромобилей, и показана география исследований.

13. Показано, что система беспроводного заряда состоит из резонансного контура, обеспечивающего беспроводную передачу энергии, приемных цепей, размещаемых непосредственно на электромобиле и питающих аккумуляторную батарею, и передающих цепей, подключенных к питающей сети. При этом схемотехническое решение, конструкция, применяемые материалы и др. элементы для каждой описанной части системы беспроводного заряда имеют широкий набор возможных реализаций.

14. Приведены примеры систем беспроводного заряда мощностью 50 кВт, отличающиеся элементами архитектуры системы и модульным подходом к обеспечению систем беспроводного заряда высокой мощности.

15. Выделен ряд перспективных направлений исследований систем беспроводного заряда электромобилей, в которых на сегодняшний день однозначных решений нет и требуется проведение дополнительных исследований. Отдельно отмечены наиболее значимые, с точки зрения практического применения, наработки в рамках перечисленных направлений, полученные в области оптимизации параметров резонансного контура и в области оценки риска воспламенения из-за индукционного нагрева.

16. При оптимизации параметров резонансного контура рассматривалась система беспроводного заряда, работающая на заданной резонансной частоте, с последовательной однокомпонентной топологией компенсационных цепей при условии односторонней прямоугольной конструкции передающей и приемной катушек заданного размера.

В результате оптимизации определяются ёмкости конденсаторов компенсационной цепи, индуктивность передающей и приемной катушек, а также взаимная индуктивность, обеспечивающие максимум КПД при передаваемой мощности не менее заданной величины и ограничении перенапряжений на конденсаторах компенсационной цепи.

17. Использована редукция многокритериальной оптимизационной задачи к однокритериальной и упрощение расчетных выражений с помощью аппроксимации полиномами Чебышева. Выделены области параметров, в которых нет решения поставленной задачи исходя из граничных условий и заданных характеристик. Также отмечено, что в диапазоне, для которого решение задачи существует, реализуемым являются только дискретный набор параметров, определяемый числом витков обмотки передающей и приемной катушек.

18. Показан алгоритм, который для указанных параметров системы беспроводного заряда и габаритных ограничений методом простого перебора получает квазиоптимальное решение, обеспечивающее в заданных ограничениях максимум КПД.

19. Предложена методика, позволяющая определить граничное амплитудное значение индукции магнитного поля, находясь ниже которого температура поверхности постороннего металлического предмета, случайно попавшего между передающей и приемной катушками, за счет индукционного нагрева гарантированно не поднимется выше предписываемой IEC 61980 максимальной температуры.

20. Приведен пример практического применения данной методики, позволяющий определить необходимую толщину слоя изоляции вокруг проводников приемной и передающей катушек, обеспечивающую выполнение требования IEC 61980 по ограничению температуры поверхности.

21. Показаны прототипы систем беспроводного заряда для электротележки и гольф-кара, планируемые к опытной эксплуатации. Приведены перспективы дальнейших исследований в данной области.

В обсуждении доклада и прениях выступили:

Николаев В.Г. (АНО «НИЦ-«АТМОГРАФ»»), Исамухамедов Я.Ш. (НП «НТС ЕЭС»), Монаков Ю.В., Шихин В.А., Шведов Г.В., Суслов К.В., Вольный В.С. (ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ»), Матисон В.А. (ООО НПП «ЭКРА»), Курбатов А.В. (ООО «ЛУКОЙЛ-ЭНЕРГОСЕТИ»), Непша Ф.С. (ООО «РТСофт-СГ»), Илюшин П.В. (НП «НТС ЕЭС», ФГБУН «ИНЭИ РАН»).

Николаев В.Г. – Директор Автономной некоммерческой организации «Научно-информационный центр – «АТМОГРАФ», д.т.н.

Задал вопрос о КПД систем беспроводного и проводного заряда электромобилей, с учетом условий эксплуатации в России, а также обратил внимание на то, что на величину КПД оказывают влияние различные факторы (мощность заряда, конструкция аккумуляторной батареи электромобиля).

Обратил внимание на технические различия бытовых розеток и домашних ЭЭС, а также целесообразность использования последних и способ их подключения к питающей распределительной сети.

Обратил внимание на отсутствие нормативно-правовых актов и нормативно-технических документов, а также неготовность розничного рынка электроэнергии к тому, чтобы владельцы электромобилей стали активно участвовать в управлении электрическими режимами энергосистем.

Обратил внимание на принципы установления цены на электроэнергию собственниками ЭЭС и их реальную величину в некоторых городах России.

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

Отметил, что предпочтения собственников электромобилей в выборе типа ЭЭС в значительной степени зависят от стоимости электроэнергии, отпускаемой быстрыми и медленными ЭЭС. Кроме того, на поведение владельцев электромобилей в России влияют социально-экономические показатели и для разных городов они могут сильно отличаться.

Шихин В.А. – Руководитель научной группы кафедры Управления и интеллектуальных технологий ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ», к.т.н., доцент.

Задал вопрос о возможности управления индуктивностью резонансного контура для предотвращения перегрева.

Предложил применение терминов рецептор и донор для описания поведения участников, обратил внимание на возможность использования мобильных электростанций для повышения надёжности. Предложил дополнить расчетную модель критериями надёжности и КПД.

Матисон В.А. – Заместитель технического директора по цифровизации электроэнергетики ООО НПП «ЭКРА», к.т.н.

Обратил внимание на возможность электромобилей влиять на выравнивание суточного графика нагрузки в энергосистемах.

Отметил необходимость развития нормативно-правовой базы и рынка системных услуг для того, чтобы владельцы электромобилей могли стать его полноправными участниками.

Шведов Г.В. – доцент кафедры Электроэнергетических систем ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ», к.т.н., доцент.

Обратил внимание на необходимость решения задачи определения количества зарядных станций и мест их расположения с учетом их текущей загруженности центров питания и фактической возможности технологического присоединения к этим центрам питания.

Отметил, что электросетевые компании в ряде регионов размещают эту информацию в открытом доступе или предоставляют по запросам.

Сулов К.В. – Профессор кафедры Гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ», д.т.н., доцент.

Отметил необходимость учета стохастического характера приезда электромобилей на общественные ЭЭС.

Обратил внимание на то, что интенсивность переходов агентов-электромобилей между состояниями заряд-разряд зависит от времени суток.

Куликов А.Л. – Профессор кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», д.т.н., профессор.

Обратил внимание, на возможность использования математического аппарата теории массового обслуживания для моделирования электрорядной инфраструктуры, а также необходимости сопоставления результатов мультиагентного моделирования с другими известными методами.

Кашин М.А. – Ведущий инженер отдела проектирования энергосистем РУП «Белэнергосетьпроект».

Отметил целесообразность использования систем накопления электроэнергии для подключения быстрых и сверхбыстрых ЭЭС и управления зарядом для сглаживания графиков нагрузки центров питания.

Обратил внимание на способы и методы подключения быстрых ЭЭС, необходимость учета потерь напряжения и потерь мощности для оптимизации мест технологического присоединения ЭЭС.

Вольный В.С. – Старший преподаватель кафедры Гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ».

Отметил, что требуется организация каналов связи между агентами для построения систем управления зарядом электромобилей.

Обратил внимание на вопрос ограничения частоты для оптимизации резонансного контура на основе международного опыта в реализации систем управления, как на стороне питания, так и на стороне электромобиля.

Курбатов А.В. – Начальник Управления по работе на оптовом рынке электроэнергии ООО «ЛУКОЙЛ-ЭНЕРГОСЕТИ».

Задал вопрос о критериях выбора рабочей частоты системы беспроводного заряда. Обратил внимание на возможность разных подходов при реализации управления беспроводной передачей энергии и их влияние на эксплуатационные показатели. Посоветовал рассмотреть в качестве высокочастотного инвертора матричные преобразователи.

Непша Ф.С. – ведущий специалист ООО «РТСофт – СГ», к.т.н.

Отметил важность продолжения исследований с учетом озвученных замечаний и предложений, а также необходимости разработки нормативно-технического документа для определения максимальной мощности технологического присоединения ЭЭС при условии установки систем накопления электроэнергии (СНЭЭ) и объектов генерации на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Илюшин П.В. – Председатель секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы» НП «НТС ЕЭС», д.т.н.

Обратил внимание на необходимость реализации пилотного проекта системы беспроводного заряда, учитывающей реальные условия эксплуатации электромобилей в России, в том числе погодные условия в зимний период, на базе которого было бы возможна организация серийного производства таких систем.

Предложил рассмотреть возможность использования СНЭЭ совместно с электростанциями для выравнивания графика загрузки центров питания и их разгрузки в часы пик. Обратил внимание на возможность использования в составе ЭЭС СНЭЭ и ВИЭ для решения проблемы ограничения максимальной мощности технологического присоединения.

Вопросы из чата:

Обратили внимание на метод формирования цены при неплоском тарифе и прогнозирование поведения электромобилей, а также предложил учесть международный опыт в этих вопросах.

Отметили влияние климатических условий на энергоёмкость аккумуляторных батарей электромобилей при оценке возможных вариантов поведения агентов и их участия в управлении режимами энергосистем.

Заслушав выступления экспертов по результатам дискуссии совместное заседание Секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы» НП «НТС ЕЭС» и Секции по проблемам НТП в энергетике Научного совета РАН по системным исследованиям в энергетике **отмечает:**

1. Важность и актуальность рассмотренной в докладе темы развития электростанционной инфраструктуры для личного и общественного электротранспорта в Российской Федерации.

2. Необходимость учета мест расположения и загруженности центров питания для точного определения места подключения электростанционных станций.

3. Необходимость разработки комплексных решений по технологическому присоединению электростанционных станций, включающих установку СНЭЭ и объектов генерации на основе ВИЭ для минимизации максимальной мощности технологического присоединения и величины разгрузки центров питания.

4. Необходимость разработки нормативно-технического документа по определению максимальной мощности объектов электростанционной инфраструктуры, с учетом установки на них распределенных энергоресурсов, например, СНЭЭ и ВИЭ.

5. Отсутствие в отечественной электроэнергетике необходимых нормативно-правовых актов и нормативно-технических документов, а также слабое развитие розничного рынка электроэнергии, для эффективного привлечения владельцев электромобилей к управления электрическими режимами распределительных сетей и энергосистем.

6. Малую емкость отечественного рынка систем беспроводного заряда электромобилей и необходимость уточнения области их эффективного применения при планировании развития электроразрядной инфраструктуры.

Совместное заседание Секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы» НП «НТС ЕЭС» и Секции по проблемам НТП в энергетике Научного совета РАН по системным исследованиям в энергетике **решило:**

1. Рекомендовать авторам учесть высказанные предложения по развитию разработанного комплексного подхода к моделированию электроразрядной инфраструктуры в части учета фактических мест размещения центров питания и данных об их загрузке.

2. Рекомендовать авторам продолжить исследование с целью оценки эффективности использования распределенных энергоресурсов (СНЭЭ, ВИЭ) в составе электротехнического комплекса электроразрядной станции для разгрузки центров питания, особенно в часы пик.

3. Рекомендовать электросетевым организациям и провайдерам услуг по заряду электротранспорта ознакомиться с предложенными в докладе решениями по моделированию развития электроразрядной инфраструктуры с целью повышения качества планирования развития электроразрядной инфраструктуры.


4. Рекомендовать РНК СИГРЭ (НИК С6 «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергоресурсы» и НИК D2 «Информационные системы, телекоммуникации и кибербезопасность») рассмотреть возможность создания проблемной рабочей группы по вопросам планирования развития электроразрядной инфраструктуры, разработке систем управления и подходов к проектированию технологического присоединения ЭЭС.

5. Рекомендовать ВУЗам, НИИ, производителям ЭЭС, провайдерам услуг по заряду электротранспорта, разработчикам систем автоматизации в энергетике и электросетевым компаниям рассмотреть возможность участия в работе проблемной рабочей группы РНК СИГРЭ после ее создания.

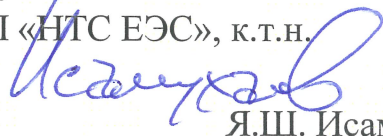
6. Рекомендовать авторам разработать технико-экономическое обоснование для систем беспроводного заряда электротранспорта с целью оценки перспектив их применения и выявления областей эффективного использования в сравнении с системами проводного заряда.

С заключительным словом выступил председатель секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы» НП «НТС ЕЭС», д.т.н. Илюшин П.В., в котором отметил важность проведения научных исследований в области развития электрозарядной инфраструктуры для расширения областей применения электротранспорта. Международный опыт позволяет выявить возникающие проблемы и ознакомиться с опытом их решения в различных странах, однако отечественные распределительные сети имеют существенные особенности, которые необходимо учитывать при развитии электрозарядной инфраструктуры, особенно в мегаполисах и крупных городах. Решение вопросов импортозамещения при развитии электрозарядной инфраструктуры, включая системы беспроводного заряда, являются актуальными. Решение большинства проблемных вопросов без разработки и реализации комплекса организационных и технических решений либо невозможно, либо потребует существенных инвестиций. Поэтому, именно комплексный подход позволит оптимально использовать привлекаемые инвестиции в развитие электрозарядной инфраструктуры. А это, в свою очередь, будет содействовать как развитию электротранспорта, так и обеспечению надежного функционирования отечественных распределительных сетей.

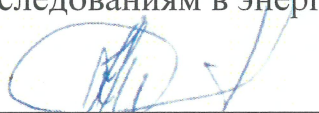
Первый заместитель Председателя
Научно-технической коллегии
НП «НТС ЕЭС», д.т.н., профессор


В.В. Молодюк

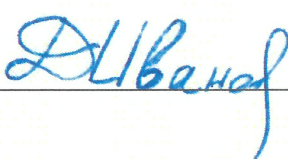
Ученый секретарь
Научно-технической коллегии
НП «НТС ЕЭС», к.т.н.


Я.Ш. Исамухамедов

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
электроэнергии и распределенные
энергетические ресурсы» НП «НТС
ЕЭС»


Д.А. Ивановский