



**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

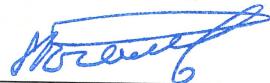


Основана в 1724 году

**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

 24 февраля 2022 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 на тему: **«Обоснование применения
технологии СВИ в распределительных сетях среднего напряжения, в том
числе сетях с распределенной генерацией»**

08 февраля 2022 года

г. Москва

Присутствовали: члены секции «Активные системы распределения
электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы», сотрудники
НП «НТС ЕЭС», ПАО «Россети ФСК ЕЭС», АО «НТЦ ФСК ЕЭС», ФГБУН
«ИИЭИ РАН», АО «РАСУ», ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ», ИСЭиЭПС ФИЦ Коми
НЦ УрО РАН, ФГАОУ ВО «УрФУ», ГБОУ ВО «Нижегородский
государственный инженерно-экономический университет», ФГБОУ ВО
«Нижегородский ГТУ им. Р.Е. Алексеева», Комитет ВИЭ РосСНИО, ООО
«Интеллэнергия», ООО «РТСофт-СГ», ООО НПП «ЭКРА», всего **57** 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 в России на протяжении последнего десятилетия массово внедряются объекты распределенной генерации, которые интегрируются, как правило, в распределительные сети среднего напряжения или сети внутреннего электроснабжения предприятий. Величина перетоков мощности и уровни напряжений в узлах сети при этом определяются в основном режимами генерации и потребления объектов распределенной генерации. Следует констатировать тот факт, что сети среднего напряжения на текущий момент слабо наблюдаемы и в них отсутствуют системы автоматического управления режимами. Управление режимами осуществляется в ручном режиме либо оперативно-технологическим персоналом, при наличии средств телемеханизации, либо персоналом оперативно-выездных бригад. Второй способ управления режимами встречается наиболее часто. Учитывая перспективы широкого внедрения микрогенерации в сетях 0,4 кВ и возобновляемых источников энергии в сетях среднего напряжения, вопрос повышения наблюдаемости и управляемости распределительных сетей является крайне актуальным. Внедрение устройств, обеспечивающих повышение наблюдаемости и управляемости режимами, позволит обеспечить надежность функционирования распределительных сетей и электроснабжения потребителей. Таким образом, применение технологий синхронизированный векторных измерений (СВИ) и устройств синхронизированных векторных изменений (УСВИ) в распределительных сетях среднего напряжения является перспективным направлением их развития. Следовательно, рассматриваемая на сегодняшнем совместном заседании секций тема является крайне актуальной.

С докладом **«Обоснование применения технологии СВИ в распределительных сетях среднего напряжения, в том числе сетях с распределенной генерацией»** выступил Пискунов Сергей Александрович, инженер группы комплексного проектирования ООО «Инженерный центр «Энергосервис».

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

1. В настоящее время применение технологии СВИ является перспективным для совершенствования систем управления, защиты и мониторинга электрооборудования в распределительных сетях. В то же время, как в отечественной, так и зарубежной практике, существует ряд проблем, ограничивающих возможность внедрения УСВИ в сетях среднего напряжения.

2. Анализ научных публикаций в научометрических базах данных, таких как Scopus, Web of Science, РИНЦ, показывает, что количество релевантных

материалов относительно применения технологий СВИ в распределительных электрических сетях (РЭС) с каждым годом увеличивается. С другой стороны, необходимо отметить, что доля научных материалов по рассматриваемой теме в общем количестве материалов по применению технологий СВИ в электроэнергетике относительно мала (не превышает 12 % в Scopus и 16 % в РИНЦ), кроме того, очевидным является малое количество материалов по практическому опыту применения технологий СВИ в РЭС.

3. Существует целый ряд как зарубежных, так и отечественных производителей УСВИ различных исполнений и модификаций. Эти устройства в большинстве случаев ориентированы на применение в сетях высокого напряжения для реализации работы систем WAMS (СМПР), WAMPAC. За рубежом представлены модификации УСВИ – microPMU и μ PMU, которые ориентированы на сети среднего и низкого напряжения, в том числе на сети с распределенной генерацией. Но общей для большей части различных УСВИ особенностью можно назвать их относительно высокую стоимость, применительно к сетям среднего напряжения, а также существование организационных и технических ограничений на применение технологий СВИ в РЭС (отсутствие необходимой информационной инфраструктуры в сетях, низкий уровень государственного стимулирования и др.). Поэтому основной задачей повышения инвестиционной привлекательности УСВИ в РЭС является, по мнению авторов доклада, разработка специализированных УСВИ для таких сетей среднего напряжения.

4. На базе технологии СВИ в РЭС могут быть реализованы различные системы автоматизации: релейная защита и автоматика, телемеханика, система учета электроэнергии и система контроля показателей качества электроэнергии (ПКЭ), мониторинг и диагностика технического состояния оборудования. Для автоматизации центров питания РЭС, в особенности сетей с распределенной генерацией, особое значение имеет разработка новых устройств релейной защиты и автоматики с поддержкой технологии СВИ. Применение СВИ позволяет реализовать принципы защиты с абсолютной селективностью для сборных шин ПС/РП, отходящих линий, силовых трансформаторов. Кроме того, на базе СВИ реализуются алгоритмы работы устройств автоматики управления режимами сетей (АЛАР, АЧР, контроль перегрузочной способности линий электропередачи, синхронизация энергорайонов и др.), что в значительной степени позволяет повысить наблюдаемость и надежность работы этих сетей.

5. Предлагаемая авторами концепция применения УСВИ в РЭС заключается в использовании как системных, так и локальных решений для автоматизации центров питания РЭС и непосредственно кабельных и воздушных сетей. Для автоматизации центров питания РЭС предлагается комплексный

подход, который заключается в применении двух многофункциональных устройств (микропроцессорного устройства РЗА и многофункционального интеллектуального электронного устройства – ИЭУ) с поддержкой СВИ на одно присоединение ПС/РП, что позволяет реализовать все необходимые, согласно нормативным требованиям, подсистемы автоматизации (РЗА, телемеханика, учет электроэнергии и ПКЭ, мониторинг и диагностика технического состояния оборудования и др.). Такой подход позволяет снизить относительную стоимость УСВИ применительно к стоимости реализации отдельных подсистем.

6. В докладе авторами представлен практический опыт реализации УСВИ в распределительных сетях среднего напряжения. Во-первых, это реализация системы мониторинга состояния силовых трансформаторов с применением технологии СВИ. Как известно, существующие системы мониторинга и диагностики технического состояния силовых трансформаторов ориентированы, согласно нормативным требованиям (СТО 56947007-29.200.10.011-2008), на силовые трансформаторы большой мощности классов напряжения 110 кВ и выше. Такие системы контролируют ряд электрических и неэлектрических параметров силового трансформатора и имеют высокую стоимость. В то же время, значительная доля диагностических параметров силового трансформатора может быть вычислена путем измерения его фазных токов и напряжений в векторной форме. Поэтому, согласно предложенной концепции применения технологии СВИ в составе многофункциональных устройств РЗА и ИЭУ, на базе СВИ может быть реализована система мониторинга и диагностики технического состояния силовых трансформаторов РЭС средней и малой мощности, для которых, по экономическим соображениям, традиционные системы мониторинга и диагностики неприменимы. Приведенные в докладе результаты физического и математического моделирования, а также опыт промышленной эксплуатации системы мониторинга и диагностики силового трансформатора на базе УСВИ показывает, что это решение является эффективным и перспективным для РЭС.

7. Вторым направлением применения технологии СВИ в РЭС, представленным в докладе, является автоматизация кабельных распределительных сетей. Авторами предложен функциональный подход для решения задачи повышения наблюдаемости кабельных сетей: разработано специализированное устройство для локализации однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) и КЗ с поддержкой СВИ, которое позволяет реализовать принципы распределенных измерений и обработки данных сети (WAMPAC). Для автоматизации кабельных сетей предлагается использовать размыкаемые датчики тока нулевой последовательности, индикаторы тока КЗ, что позволяет значительно снизить затраты на установку системы локализации ОЗЗ/КЗ и исключить проведение повторных испытаний оборудования. Применение УСВИ

позволяет эффективно реализовать систему локализации ОЗЗ в сетях с изолированной и компенсированной нейтралью. Проведенный экономический анализ эффективности специализированных УСВИ в составе системы автоматического восстановления электроснабжения потребителей (САВС), а также результаты опытно-промышленной эксплуатации предложенных решений, позволяют сделать вывод о том, что применение УСВИ в РЭС может быть обосновано как экономически, так и технически.

8. Особое значение технологии СВИ приобретает для сетей с распределенной генерацией. В настоящее время доля распределенной генерации в отечественной электроэнергетике относительно невелика. С другой стороны, существует значительный интерес к распределенной генерации у бизнессообщества, а мировые тренды показывают, что доля распределенной генерации по отношению к централизованной с каждым годом будет увеличиваться. Существуют определенные сложности в реализации объектов распределенной генерации, связанные с отсутствием доступных и специализированных устройств релайной защиты и автоматики. Предложенные в докладе подходы по разработке системных и локальных решений по автоматизации РЭС с применением УСВИ имеют прямое отношение к сетям с распределенной генерацией, в том числе, на базе возобновляемых источников энергии.

В обсуждении доклада и прениях выступили: Родионов В.А. (АО «РАСУ»), Бердин А.С. (ФГАОУ ВО «УрФУ»), Шамонов Р.Г. (ПАО «Россети ФСК ЕЭС»), Воротницкий В.Э. (АО «НТЦ ФСК ЕЭС»), Бык Ф.Л. (ООО «Интеллэнергия»), Симонов А.В. (ООО «РТСофт-СГ»), Безруких П.П. (Комитет ВИЭ РосСНИО), Паздерин А.В. (ФГАОУ ВО «УрФУ»), Илюшин П.В. (председатель секции).

Родионов В.А. – Главный эксперт АО «Русатом Автоматизированные системы управления».

Отметил, что при реализации решений в РЭС на базе СВИ, которые имеют системный характер, таких как использование комплексного подхода для автоматизации центров питания РЭС (два многофункциональных устройства на одно присоединение), необходимо особое внимание уделять экономическим показателям таких решений. Это связано с тем, что зачастую для РЭС предполагаемая экономическая эффективность модернизации ПС/РП значительно снижается из-за применения устройств разных производителей, что влечет за собой дополнительные расходы на установку оборудования, обеспечивающего совместную работу этих устройств.

Обратил внимание, что для реализации устройств РЗА с поддержкой СВИ необходимо детально проработать вопрос о требованиях к динамическим характеристикам УСВИ, так как эффективность работы релейной защиты во многом определяется ее быстродействием.

Бердин А.С. – Профессор кафедры «Автоматизированные электрические системы» Уральского федерального университета, д.т.н., профессор.

Обратил внимание, что применение технологии СВИ в составе устройств релейной защиты обязывает производителей соблюдать определенные требования к быстродействию первичных измерений, точности работы АЦП, величине допустимых задержек и др. В настоящее время для традиционных УСВИ требования к темпам передачи данных несколько отличаются от требований для современных устройств РЗА.

Отметил, что применение УСВИ в составе сетей с распределенной генерацией еще больше ужесточает требования к их динамическим характеристикам.

Шамонов Р.Г. – Начальник управления сопровождения ОТУ и режимов Департамента оперативно-технологического управления ПАО «Россети ФСК ЕЭС», к.т.н.

Высказал мнение, что для распространения УСВИ в РЭС и повышения их инвестиционной привлекательности необходимо в большем объеме публиковать статьи (материалы) и демонстрировать примеры успешной реализации подобного рода проектов (системы мониторинга и диагностики оборудования, идентификация параметров линий электропередачи и др.).

Отметил, что одной из основных причин, ограничивающих применение УСВИ в РЭС, является неудовлетворительный опыт реализации первых пилотных проектов их внедрения в электросетевых компаниях.

Возможной причиной неудовлетворительных результатов внедрения УСВИ являются метрологические характеристики находящихся в эксплуатации электромагнитных трансформаторов тока и напряжения, которые не позволяют в полной мере раскрыть достоинства применения технологии СВИ.

Отметил, что перспективным решением для авторов доклада было бы проведение научной работы по сравнению технических характеристик и эффективности систем мониторинга и диагностики электрооборудования сетей на базе СВИ с применением различных измерительных комплексов (традиционных электромагнитных трансформаторов тока и напряжения, современных электронных и оптических датчиков).

Воротницкий В.Э. – Главный научный сотрудник АО «НТЦ ФСК ЕЭС», д.т.н., профессор.

Выразил мнение, что приоритетным направлением для применения УСВИ являются сети с распределенной генерацией и возобновляемыми источниками энергии, так как именно в таких сетях остро стоит вопрос повышения наблюдаемости, управляемости и надежности функционирования и электроснабжения потребителей.

Отметил, что возможна разработка доступных и эффективных решений в области релейной защиты и автоматики на основе технологии СВИ, однако это требует детальной проработки всех вопросов, включая вопросы быстродействия.

Бык Ф.Л. – Директор ООО «Интеллэнергия», к.т.н., доцент.

Отметил, что при разработке технических решений по применению УСВИ в РЭС нужно обращать внимание, в первую очередь, на возможные преимущества технологии СВИ перед существующими принципами реализации устройств релейной защиты и автоматики.

Отметил, что основной задачей применения УСВИ в РЭС является повышение наблюдаемости, управляемости и надежности функционирования сетей среднего напряжения, реализация распределенных измерений параметров режимов в сети, что особенно важно в сетях с распределенной генерацией.

Симонов А.В. – Директор обособленного подразделения ООО «РТСофт-СГ» в г. Екатеринбург.

Отметил, что необходимы практические примеры успешной реализации устройств релейной защиты и автоматики с использованием технологии СВИ в сетях с распределенной генерацией.

Обратил внимание на сложности реализации защиты коллекторной сети ветровых электростанций (вопросы обеспечения чувствительности в условиях не полного состава включенных ветроэнергетических установок), которые могли бы быть решены за счет эффективного применения УСВИ.

Безруких П.П. – Председатель комитета ВИЭ РосСНИО, академик РИА, д.т.н.

Обратил внимание, что в аспекте реализации систем мониторинга и диагностики технического состояния силовых трансформаторов на базе УСВИ важным вопросом является реализация подсистемы мониторинга перегрузочной способности силового трансформатора, так как именно перегрузки силовых трансформаторов являются одной из основных причин ускоренного старения их изоляции и сокращения срока службы.

Паздерин А.В. – заведующий кафедрой «Автоматизированные электрические системы» Уральского федерального университета, д.т.н., профессор.

Обратил внимание, что применение УСВИ в РЭС является необходимым условием для успешного решения задачи оценки состояния режимов работы сети в трехфазной постановке, а также анализа сложных режимов работы распределительных сетей.

Отметил, что также важным является решение системных задач, например, вопроса сбора, структурирования и хранения данных от УСВИ на уровне РЭС.

Илюшин П.В. – Председатель секции «АСРЭ и РЭР», руководитель Центра интеллектуальных электроэнергетических систем и распределенной энергетики ФГБУН «Институт энергетических исследований РАН», д.т.н.

Отметил, что в российской электроэнергетике существуют определенные организационные и технические барьеры, которые препятствуют распространению современных технологий и решений, в том числе применению УСВИ в распределительных сетях. Важной задачей, как производителей УСВИ, так и научного сообщества, является реализация пилотных проектов, где на реальных примерах будет доказана эффективность внедрения УСВИ в РЭС и системы электроснабжения с распределенной генерацией.

Обратил внимание, что при внедрении новых технологий зачастую на первый план выходят экономические показатели эффективности применяемых решений, поэтому важно показать в конкретных стоимостных категориях, насколько применение технологии УСВИ может быть эффективным в РЭС, в сетях с распределенной генерацией и возобновляемыми источниками энергии. Важной задачей в комплексе с автоматизацией и цифровизацией центров питания РЭС является повышение наблюдаемости и управляемости сети.

Отметил, что при разработке УСВИ для РЭС важным является правильный выбор климатических характеристик и соблюдение требований по электромагнитной совместимости на электросетевых объектах.

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

1. Важность и актуальность поднятой в докладе темы применения УСВИ в распределительных сетях среднего напряжения, в том числе в сетях с распределенной генерацией.

2. Необходимость обмена результатами реализации успешных пилотных проектов по внедрению технологии СВИ в РЭС как в научно-техническом сообществе, так и совместно с представителями субъектов электроэнергетики, включая распределительные сетевые компании.

3. Важность решения как системных, так и локальных задач, при внедрении УСВИ в РЭС, в том числе задачи повышения наблюдаемости, управляемости и надежности функционирования сетей среднего напряжения, а также надежности электроснабжения потребителей.

4. Возможность разработки специализированных устройств релейной защиты и автоматики с применением СВИ для активных распределительных сетей с распределенной генерацией и возобновляемыми источниками энергии.

5. Важность поиска технически и экономически эффективных решений, которые бы позволили повысить инвестиционную привлекательность проектов внедрения устройств с поддержкой технологии СВИ в РЭС.

6. Необходимость решения технических и организационных вопросов, ограничивающих применение УСВИ в РЭС.

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

1. Рекомендовать авторам доклада продолжить исследования в области применения УСВИ в распределительных сетях среднего напряжения и опубликовать материалы по реализации пилотных проектов применения УСВИ в РЭС совместно с представителями распределительных сетевых компаний.

2. Рекомендовать распределительным сетевым компаниям рассмотреть возможность применения специализированных устройств синхронизированных векторных измерений, как представленных в докладе, так и вновь разрабатываемых, для автоматизации РЭС, в том числе в планируемых к реализации пилотных проектах.

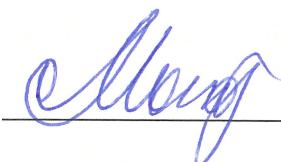
3. Рекомендовать организациям, занятым вопросами проектирования, строительства и ввода в эксплуатацию объектов распределительного сетевого комплекса и систем электроснабжения предприятий, использовать предложенные в докладе комплексный и функциональный подходы к автоматизации распределительных сетей среднего напряжения, в том числе сетей с распределенной генерацией.

4. Рекомендовать организациям, занятым разработкой устройств синхронизированных векторных измерений, современных оптических и электронных датчиков тока и напряжения рассмотреть возможность проведения

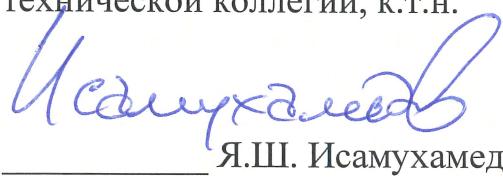
совместных научно-исследовательских работ по разработке доступных и эффективных решений по автоматизации РЭС с применением УСВИ.

С заключительным словом выступил председатель секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы», д.т.н. Илюшин П.В., в котором отметил, что внедрение УСВИ в распределительных сетях среднего напряжения является перспективным направлением их развития. Повышение наблюдаемости, управляемости и надежности функционирования распределительных сетей и надежности электроснабжения потребителей являются крайне важными задачами в условиях внедрения распределенной генерации, в том числе на основе возобновляемых источников энергии. Успешная реализация пилотных проектов применения УСВИ для решения различных задач, подтверждающих заявленные технико-экономические показатели, позволит обеспечить более широкое внедрение данных устройств и технологии СВИ в целом.

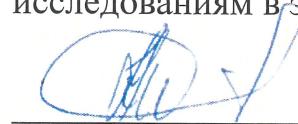
Первый заместитель Председателя
Научно-технической коллегии,
д.т.н., профессор

 В.В. Молодюк

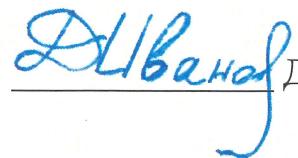
Ученый секретарь Научно-
технической коллегии, к.т.н.

 Я.Ш. Исамухамедов

Председатель секции «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