

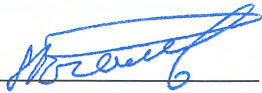


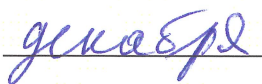
**Некоммерческое партнерство
«НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ
Единой энергетической системы»**

109044 г.Москва, Воронцовский пер., дом 2
Тел. (495) 912-1078, 912-5799, факс (495) 632-7285
E-mail: dtv@nts-ees.ru, <http://www.nts-ees.ru/>
ИНН 7717150757

УТВЕРЖДАЮ

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

 Н.Д. Роголев

«04»  2019 г.

ПРОТОКОЛ № 9

совместного заседания секций «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы» и «Возобновляемая и нетрадиционная энергетика» НП «НТС ЕЭС» для рассмотрения доклада по теме: **«Применение трансформаторов отбора мощности для электроснабжения малых энергорайонов и интеграции объектов микрогенерации»**

14 ноября 2019 года

г. Москва

Присутствовали: члены секций «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы» и «Возобновляемая и нетрадиционная энергетика» НП «НТС ЕЭС», сотрудники НП «НТС ЕЭС», ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ», НИК С6 РНК СИГРЭ, ФГАОУ ДПО «ПЭИПК», АО «Техническая инспекция ЕЭС», ООО МНПП «АНТРАКС», филиала «Русатом – Электротехника», ОАО «РЭТЗ Энергия», всего 18 чел. (дополнительно 13 подключений по видеоконференцсвязи).

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 отмечено, что актуальным в России остается вопрос электроснабжения удаленных населенных пунктов, не имеющих технической возможности для технологического присоединения к электрическим сетям напряжением 0,4 кВ распределительных сетевых компаний. Это связано с отсутствием распределительных сетей низкого напряжения вблизи данных населенных пунктов, а экономическая целесообразность строительства новой подстанции (ПС) 110-220 кВ при максимальных нагрузках в населенных пунктах 50-200 кВт отсутствует.

В настоящее время проблема электроснабжения удаленных населенных пунктов решается за счет ввода в эксплуатацию объектов распределенной генерации, так как стоимость их сооружения и эксплуатации, с учетом потерь электрической энергии, значительно ниже, чем строительство новой ПС, однако при этом бесперебойность электроснабжения полностью зависит от поставок топлива для генерирующих установок. Особенно данный вопрос актуален для территорий, расположенных на Крайнем Севере и Дальнем Востоке.

Одним из перспективных технических решений, позволяющих обеспечить электроснабжение удаленных территорий и населенных пунктов, является подключение к линиям электропередачи напряжением 110-220 кВ трансформаторов отбора мощности.

С докладом **«Применение трансформаторов отбора мощности для электроснабжения малых энергорайонов и интеграции объектов микрогенерации»** выступил заместитель генерального директора по науке ОАО «РЭТЗ Энергия» Д.А. Матвеев.

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

1. Представлено описание особого вида трансформаторного оборудования – трансформаторов отбора мощности (ТОМ) – однофазных индуктивных трансформаторов прямого подключения к ВЛ 110–500 кВ, предназначенных для применения в качестве основного или резервного источника питания собственных нужд ПС, электроснабжения удаленных потребителей и имеющего потенциал применения для интеграции в ЭЭС небольших энергорайонов с собственной генерацией, включая ВИЭ.

2. Отмечено, что при использовании ТОМ в качестве источника резервного питания систем собственных нужд ПС он составляет альтернативу традиционным решениям:

- строительству отдельной линии электропередачи среднего напряжения;
- использованию третичной обмотки силового трансформатора;
- применению дизель-генераторов.

В случае применения ТОМ обеспечивается снижение потерь за счет исключения промежуточной ступени трансформации, быстрое время ввода в эксплуатацию, а также высокие экономические и экологические показатели.

3. Отмечено, что использование ТОМ позволяет существенно упростить и удешевить конструкцию силовых автотрансформаторов за счет отсутствия необходимости применения в них третичных (стабилизационных) обмоток, рассчитанных на ток сквозного КЗ на стороне НН (с выводом наружу бака только двух вершин треугольника для контроля их изоляции).

4. Отмечено, что новые нормативные документы ПАО «ФСК ЕЭС» открывают возможность для применения ТОМ в качестве резервных источников

питания систем СН подстанций – СТО 56947007-29.240.10.248-2017 «Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ». Нормы допускают организацию питания собственных нужд от трансформаторов напряжения с увеличенной мощностью вторичной обмотки.

Кроме того, СТО 56947007-29.240.40.263-2018 «Системы собственных нужд подстанций. Типовые проектные решения» регламентирует типовые схемы применения ТОМ с решением задач регулирования напряжения на стороне НН ТОМ, применение автоматических выключателей или предохранителей для защиты от токов КЗ кабельной линии, подключаемой к выводам НН ТОМ, а также предусматривает возможность перегрузки ТОМ в послеаварийных режимах и систему заземления нейтрали участка сети от выводов обмоток НН ТОМ до регулировочного трансформатора.

5. Показана возможность использования ТОМ при непосредственном присоединении к ВЛ 110-220 кВ для электроснабжения потребителей, удаленных от централизованной электрической сети, взамен строительства ЛЭП 6–35 кВ и понижающей подстанции 6–35/0,4 кВ.

6. Представлена типовая компоновка центра питания на базе ТОМ для электроснабжения удаленных потребителей, а также опыт применения трехфазной группы ТОМ производства АО «РЭТЗ Энергия» для электроснабжения ретранслятора сотовой связи от ВЛ 110 кВ на о. Сахалин.

7. Отмечены области перспективного применения ТОМ для электроснабжения удаленных потребителей:

- в нефтегазовой отрасли ТОМ позволяют запитать технологические пункты учета на трубопроводах, места обогрева персонала и оборудования, насосные, пункты мониторинга, связи. Для систем обогрева трубопроводов, использующих принцип скин-эффекта возможно применение ТОМ с напряжением обмотки НН 2–3 кВ;

- в электросетевых компаниях ТОМ могут обеспечить организацию питания для освещения ВЛ, в частности, больших переходов, постов секционирования и выключателей отпайки ВЛ 110-220 кВ, пунктов защиты протяженных ВЛ с малыми токами КЗ, пунктов плавки гололеда (постов короткозамыкателей), пунктов отдыха бригад на ВЛ, пунктов временного пребывания персонала в безлюдной местности (согласно п. 2.5.19. ПУЭ-7). В мобильном варианте ТОМ могут обеспечить строительство ПС и их первый пуск, организацию временного пункта электроснабжения от действующей ВЛ при выполнении ремонтных работ на «погашенных» ПС с ВЛ, находящихся под охраняемым напряжением;

- для населения, сельского хозяйства, государственных органов и инфраструктуры ТОМ могут обеспечить электроснабжение удаленных

домовладений и небольших поселений, включая организацию индивидуального электроснабжения, фермерских хозяйств, отгонных пастбищ, охотничьих домиков и баз, гостевых домов, вышек сотовой связи и метеостанций, пунктов базирования геологов, пунктов обогрева, постов ГИБДД и МЧС на пересечениях автодорог и ВЛ в удаленных районах;

– для электротранспорта ТОМ могут обеспечить электроснабжение электрозаправок на пересечениях автомагистралей с ВЛ 110-220 кВ. При этом становится возможной организация инфраструктурного дорожного центра: пункта обогрева в зимнее время, поста ГИБДД, пункта медицины катастроф, базы для дорожных служб, придорожного кафе и др.

8. Отмечено, что затраты на закупку оборудования и монтаж трансформаторной центра питания на базе трехфазной группы ТОМ мощностью 60–300 кВА эквивалентно затратам на строительство участка ВЛ 6–10 кВ длиной в несколько километров. Для потребителей, удаленных от центров питания на большее расстояние, применение ТОМ оказывается предпочтительным. При этом дополнительно сокращаются технические потери электроэнергии за счет исключения ВЛ 6–10 кВ и многоступенчатой трансформации, эксплуатационные затраты, связанные с содержанием ВЛ.

9. Представлен мировой опыт применения ТОМ:

– проект компании АВВ по обеспечению электроэнергией семи деревень в юго-восточной части республики Конго с численностью населения от 200 до 1500 человек, с подключением ТОМ к ВЛ 220 кВ;

– опыт применения ТОМ в Австралии, где с 2006 г. установлено примерно 70 аппаратов для питания собственных нужд ПС электроснабжения шахт и рудников, а также удаленных бытовых потребителей. За прошедшие 10 лет не было ни одного случая аварийного выхода аппаратов из строя. Отмечено, что маслонаполненные ТОМ подключаются к ВЛ через разъединитель, а элегазовые – без такового.

– в Канаде компания AltaLink начала применять ТОМ в качестве источников резервного питания собственных нужд ПС (пример – трехфазная группа ТОМ мощностью 150 кВА на подстанции 138 кВ), а также для прямого подключения к ВЛ маломощной нагрузки (пример – Национальный парк Банф в провинции Онтарио). Отличительными особенностями этих решений является проведение предварительного анализа возможности возникновения феррорезонансных перенапряжений, с реализацией мероприятий по его недопущению, а также применение в конструкции ТОМ измерительных обмоток, работающих в классе точности в ограниченном диапазоне мощности нагрузки силовых обмоток.

10. Отмечено, что широкое применение ТОМ в мире сдерживается отсутствием нормативно-технической базы, в первую очередь общих

технических условий. В ТК38 МЭК создана и начинает действовать рабочая группа по разработке стандарта МЭК на ТОМ. В IEEE группа WGC57.13.8 (Standard Requirements for Station Service Voltage Transformers) работает с 2013 года и близка к завершению разработки стандарта IEEE. В России разработка ГОСТ Р «Трансформаторы отбора мощности» целесообразна после анализа опыта эксплуатации ТОМ в зарубежных и отечественных проектах.

11. Сформулирован перечень вопросов, требующий дополнительной проработки на стадии проектирования центров питания на базе ТОМ для электроснабжения удаленных потребителей и интеграции малых энергорайонов с собственной генерацией:

- обеспечение регулирования напряжения;
- заземление центров питания должно удовлетворять требованиям, установленным для традиционных подстанций;
- при большом числе отпаяк от ВЛ 110-220 кВ для трехфазного отбора мощности необходима организация ВЧ-обхода (однофазное присоединение возможно организовывать на фазе, не обработанной ВЧ-связью);
- обеспечение оперативной блокировки разъединителей;
- исключение возможности возникновения феррорезонанса (имеется запрет на применение ТН на отпайках);
- для локализации повреждений, обусловленных воздействием токов КЗ (ПУЭ п. 4.2.17), возможна защита мини-подстанции стреляющими предохранителями на стороне ВН;
- обеспечение автоматики разгрузки в энергорайоне при возникновении перегрузки ТОМ;
- обеспечение освещения (в частности, видимых разрывов разъединителей);
- организация подъезда автомобильного транспорта.

12. Представлены разработки АО «РЭТЗ Энергия». Кроме установленных в опытной эксплуатации ТОМ на класс напряжения 110 кВ, имеющих номинальную однофазную мощность 20 кВА, завершена разработка:

- ТОМ 220 кВ каскадного исполнения с номинальным напряжением НН $11/\sqrt{3}$ кВ;
- ТОМ 110 кВ номинальной мощностью 60 кВА.

13. Отмечено, что ведется разработка опытных образцов ТОМ для питания собственных нужд переключательной подстанции на ВЛ 500 кВ и ТОМ мощностью 100 и 167 кВА на напряжения 110–220 кВ.

14. Отмечено, что при выполнении вышеуказанных разработок проведены НИР по исследованию на макетах электрической прочности изоляционных узлов ТОМ и сформулированы критерии электрической прочности, позволившие сократить конструктивные габариты ТОМ и улучшить их технические

характеристики. Проведены экспериментальные исследования электромагнитных процессов в ТОМ при импульсных и высокочастотных воздействиях и предусмотрена защита от резонансных перенапряжений при взаимодействии ТОМ с внешней сетью.

В обсуждении доклада и прениях выступили: Перминов Э.М. (председатель секции ВиНЭ), Гусев Ю.П., Удинцев Д.Н., Арцишевский Я.Л. (ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ»), Щепетков С.К. (АО «Техническая инспекция ЕЭС»), Горожанкин П.А. (ООО МНПП «АНТРАКС»), Рустамов Н.А. (ученый секретарь секции ВиНЭ), Родионов В.А. (филиала «Русатом – Электротехника»), Илюшин П.В. (председатель секции АСРЭиРЭР).

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

Перминов Э.М. – Председатель секции ВиНЭ, к.т.н., ст.н.с.

Обратил внимание на целесообразность применения данной технологии для организации электроснабжения потребителей первой, в том числе особой категории надежности, либо обеспечения электроснабжения электроприемников, входящих в перечень аварийной и технологической брони.

Отметил, что при отключении ВЛ, к которой присоединен ТОМ, время восстановления электроснабжения полностью зависит от времени устранения повреждения на ВЛ.

Обратил внимание, что перспективным решением представляется предложение на рынке комплексного решения по установке ТОМ со всем вспомогательным оборудованием.

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

Обратил внимание, что в качестве предохранителя в некоторых случаях экспериментально применялся роговый разрядник, в котором в искровой промежуток добавлялся плавкий элемент. При этом отмечалась высокая надежность и низкая себестоимость данной конструкции.

Обратил внимание на целесообразность технического решения по применению ТОМ в качестве организации временного электроснабжения различных энергообъектов на период до окончания строительства полноценных питающих центров согласно программа развития.

Обратил внимание на полную заводскую готовность к производству и установке данного технического решения в распределительных электрических сетях напряжением 110-220 кВ, на разные величины мощности нагрузки.

Арцишевский Я.Л. – Заместитель заведующего кафедрой «Релейная защита и автоматизация энергосистем» ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ», к.т.н., доцент.

Обратил внимание, что для электросетевых компаний целесообразность установки ТОМ на подстанции заключается в его использовании в качестве резервного источника электроснабжения собственных нужд.

Отметил, что ранее в АО «НТЦ ФСК ЕЭС» велась разработка устройств отбора мощности с открытым магнитопроводом, однако в настоящее время результаты данной разработки не внедрены на энергообъектах.

Обратил внимание, что при совместной работе ТОМ и объектов ВИЭ, присоединенных к обмотке НН, возникает второй источник питания, в связи с чем, на стороне НН ТОМ должна быть предусмотрена установка устройств РЗА.

Отметил, что при выявлении витковых замыканий отключение ТОМ может производиться соответствующим разъединителем, а в случае перехода виткового замыкания во внутреннее КЗ отключение ТОМ будет произведено либо предохранителем, а в случае его отсутствия посредством отключения выключателей по концам ВЛ.

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

Обратил внимание, что КПД ТОМ составляет около 98–99%, а перегрузочная способность ТОМ около 30% при двухчасовой работе с нагрузкой выше номинального значения.

Отметил, что при внутреннем КЗ в ТОМ имеется техническая возможность его отключения отделителем в бестоковую паузу АПВ на питающей ВЛ.

Обратил внимание на широкие перспективы применения ТОМ, как для обеспечения электроснабжения удаленных поселков, так и для организации выдачи мощности от объектов микрогенерации.

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

Обратил внимание, что максимальная единичная мощность ТОМ, целесообразность изготовления которых в настоящее время оправдана, составляет 330 кВА на фазу, что позволяет собрать трехфазную группу мощностью 1000 кВА.

Отметил, что параллельная работа ТОМ осуществляется аналогично параллельной работе силовых трансформаторов, что позволяет осуществить подключение нагрузки промышленных предприятий мощностью 2–5МВт к ВЛ напряжением 110-220 кВ, без строительства типовой подстанции.

Обратил внимание что ТОМ, установленные в Австралии, не имеют защитных устройств на стороне ВН, поэтому требуется изучить данный опыт и возможность его тиражирования в условиях России.

Родионов В.А. – Главный эксперт Филиала «Русатом – Электротехника».

Обратил внимание, что доля стоимости ТОМ мощностью 100 кВА в общей стоимости центра питания на их базе составляет около 20–25%.

Отметил, что стоимость строительства центра питания на базе ТОМ может варьироваться в зависимости от применяемых технических решений.

Обратил внимание, что при классическом присоединении удаленных районов к электрическим сетям необходимо строительство протяженных трасс ВЛ и организация нескольких ступеней трансформации. При установке ТОМ необходимость в подобных технических решениях отсутствует, поэтому стоимость строительства будет значительно ниже. Однако ТОМ не конкурирует с классическими распределительными сетями, а предназначен для решения конкретных задач.

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

Отметил, что дополнительным преимуществом применения ТОМ, по сравнению со строительством новой ВЛ, является отсутствие необходимости проведения мероприятий по землеотводу (в ряде случаев отсутствуют коридоры для строительства ВЛ и осуществить технологическое присоединение потребителя не представляется возможным), а также организации просек ВЛ.

Отметил, что при положительном опыте реализации пилотных проектов по интеграции ТОМ в отечественные распределительные сети открываются широкие перспективы по созданию различных инфраструктурных проектов вдоль трасс ВЛ 110-220 кВ, особенно в местах пересечения с автомагистралями, трубопроводами, газопроводами и нефтепроводами.

Обратил внимание, что максимальный технико-экономический эффект от установки ТОМ может быть достигнут при корректном проектировании центра питания на его базе, с учетом высоких показателей аппаратной надежности, так как в противном случае затраты на установку ТОМ будут соизмеримы с затратами на строительство новой подстанции 110-220 кВ.

Заслушав выступления и мнения экспертов по результатам дискуссии **совместное заседание секций «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы» и «Возобновляемая и нетрадиционная энергетика»** отмечает:

1. Актуальность, целесообразность и перспективу разработки ТОМ и ее применения как для электроснабжения потребителей, удаленных от центров питания напряжением 6-35 кВ, так и в качестве источника основного и резервного питания систем собственных нужд подстанций.

2. Необходимость определения области применения ТОМ с позиций технико-экономической эффективности. С учетом достаточно высокой

надежности конструкции ТОМ, его применение с подключением к ВЛ 110-220 кВ не должно отвечать всем требованиям, предъявляемым к традиционным подстанциям, в первую очередь, относительно установки защитных устройств на стороне ВН. Необходимо, чтобы решение оставалось экономически выгодным при сохранении требуемых показателей надежности.

3. Необходимость проработки вопроса организации защиты ТОМ от коротких замыканий в случае возникновения внутренних повреждений, при применении для интеграции в сеть малых энергорайонов с собственной генерацией, в частности солнечных электростанций небольшой мощности. После легитимизации микрогенерации применение ТОМ для интеграции в сеть таких объектов может оказаться широко востребованным техническим решением.

4. Перспективы применения ТОМ для электроснабжения изолированных энергорайонов со строительством ВЛ 110 кВ и размещением ТОМ на отпайках.

5. Значимость наличия конструктивной проработки ТОМ и необходимость сосредоточиться на решении проектных задач. Необходимость проработки типовых проектных решений по применению ТОМ для электроснабжения удаленных потребителей и утверждения их в нормативно-технических документах.

6. Перспективы применения ТОМ для электроснабжения потребителей, сжатые сроки реализации технического присоединения для которых не позволяют реализовать подключение со строительством отдельного центра питания 6-35 кВ.

7. Перспективы применения ТОМ в качестве источника питания собственных нужд для обеспечения строительства объектов ВИЭ.

8. Перспективы применения ТОМ в качестве аварийного источника питания объектов сельского хозяйства.

Совместное заседание секций «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы» и «Возобновляемая и нетрадиционная энергетика» решило:

1. Положительно оценить опыт АО «РЭТЗ Энергия» в области разработки серии трансформаторов отбора мощности, и инициативу по их внедрению для решения проблемных задач в электроэнергетике.

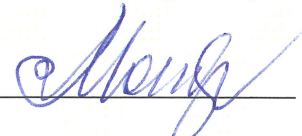
2. Рекомендовать электросетевым компаниям рассмотреть возможность применения, в рамках пилотных проектов, трансформаторов отбора мощности в качестве резервных источников питания собственных нужд ПС 110-500 кВ.

3. Рекомендовать электросетевым компаниям в целях организации технологического присоединения потребителей, удаленных от центров питания напряжением 6-35 кВ, рассмотреть возможность применения трансформаторов отбора мощности 110-220 кВ.

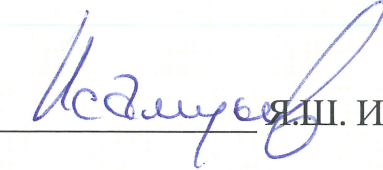
4. Рекомендовать АО «РЭТЗ Энергия» совместно с проектными организациями разработать типовые проектные решения по применению трансформаторов отбора мощности.

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 внедрение ТОМ является перспективным техническим решением для электросетевых компаний в части технологического присоединения потребителей электроэнергии, которые не могли быть ранее присоединены к электрическим сетям по разным причинам, а также для обеспечения аварийной и технологической брони для потребителей первой и особой категории надежности электроснабжения. Так как данное техническое решение достаточно новое для отечественной электроэнергетики, то для разработки типовых технических решений и требований к ТОМ требуется провести детальный анализ опыта эксплуатации ТОМ как в России (необходима реализация пилотных проектов в различных регионах страны), так и в зарубежной электроэнергетике.

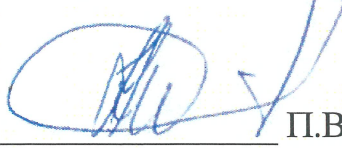
Первый заместитель Председателя
Научно-технической коллегии,
д.т.н., профессор


В.В. Молодюк

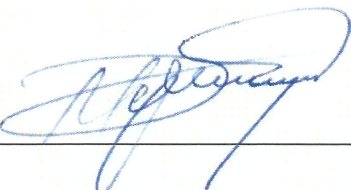
Ученый секретарь
Научно-технической коллегии, к.т.н.


Я.И. Исамухамедов

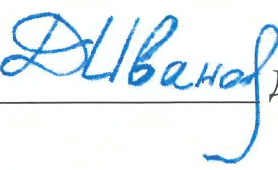
Председатель секции «Активные
системы распределения ЭЭ и РЭР»
НП «НТС ЕЭС», к.т.н.


П.В. Илюшин


Председатель секции «Возобновляемая
и нетрадиционная энергетика»
НП «НТС ЕЭС», к.т.н., ст.н.с.


Э.М. Перминов

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


Д.А. Ивановский

Ученый секретарь секции
«Возобновляемая и нетрадиционная
энергетика» НП «НТС ЕЭС», к.ф.-м.н.


Н.А. Рустамов