



**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

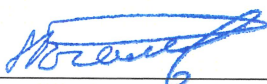


Основана в 1724 году

**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. Роголев

«17» мая 2024 г.

ПРОТОКОЛ № 3

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

21 марта 2024 г.

г. Москва

Присутствовали: члены 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, ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ», ФГБУН «ИНЭИ РАН»,
Комитет ВИЭ РосСНИО, 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 (НЭТИ)», ФГАОУ ВО «Уральский
федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический
университет», ФГБОУ ВО «Сибирский федеральный университет», ВУЗ
«Институт энергетики Таджикистана», ООО «НИЦ Атмограф», ООО НПП
«ЭКРА», ООО «РТСофт-СГ», всего **54** человека.

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 отмечено, что устройства силовой электроники играют важную роль в активных электрических сетях. Это связано с тем, что с помощью инверторных преобразователей, которые являются устройствами силовой электроники, осуществляется технологическое присоединение к электрическим сетям объектов возобновляемой энергетики, таких как ветровые и солнечные электростанции. Кроме того, устройства силовой электроники являются одним из эффективных инструментов управления режимами электрических сетей, которые обеспечивают решение ряда актуальных задач, например, повышение качества электроэнергии, снижение потерь электроэнергии при ее передаче и распределении, увеличение пропускной способности линий электропередачи, а также повышение устойчивости энергосистем в различных схемно-режимных ситуациях. Применяемые в настоящее время в региональных энергосистемах устройства силовой электроники, как правило, зарубежного производства, поэтому анализ опыта проектирования, изготовления и эксплуатации отечественных устройств силовой электроники представляет значительный интерес для всего научно-технического сообщества и электросетевых компаний нашей страны.

С докладом **«Применение устройств силовой электроники отечественной разработки и изготовления для управления режимами работы активных электрических сетей»** выступил Асташев Михаил Георгиевич, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой промышленной электроники ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ».

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

Устройства силовой электроники (УСЭ) являются эффективным, надёжным и проверенным десятилетиями инструментом, применяемым в энергосистемах России и мира, который позволяет решать широкий спектр задач, включающий: уменьшение потерь энергии при её транспортировке и распределении, улучшение показателей качества электроэнергии (ПКЭ) у потребителей, увеличение пропускной способности линий электропередачи (ЛЭП), повышение устойчивости энергосистем в нормальных и аварийных режимах работы и др.

До начала 90-х годов XX века Советский Союз занимал лидирующие позиции по масштабам внедрения УСЭ в энергосистемах. Во 2-й половине XX века в СССР был реализован ряд крупных проектов (сооружение электропередач постоянного тока: «Кашира-Москва» (1950 г.), «Волгоград – Донбасс» (1961 г.), «Экибастуз – Центр» (1981 г.), вставки постоянного тока «Россия – Финляндия»

и др.), которые продемонстрировали эффективность применения технологий силовой электроники в электроэнергетике. В настоящее время рынок устройств силовой энергетической электроники (УСЭЭ) различных типов также имеет тенденцию к непрерывному росту.

В основе подходов к построению и управлению современных УСЭЭ лежат возможности и ограничения современной силовой полупроводниковой элементной базы, которая представлена однооперационными тиристорами (ООТ), биполярными транзисторами с изолированным затвором – IGBT, запираемыми тиристорами с интегрированным блоком управления – IGCT.

УСЭЭ на основе ООТ имеют следующие особенности: доступная компонентная база, широко производимая в России; высокие предельные параметры приборов по напряжению и току; большой положительный опыт и значительные объёмы внедрения в сетях; неполная управляемость и ограниченные динамические свойства приборов и преобразователей на их основе; наличие широкого спектра гармоник при регулировании; ограниченный круг решаемых в энергетике задач и др. К особенностям УСЭЭ на основе IGBT и IGCT можно отнести: широкий спектр функциональных возможностей; универсальность; возможность комплексного решения различных сетевых задач; высокие динамические потери энергии в приборах; генерацию высших гармоник тока и напряжения; относительно высокую стоимость приборов и слабое развитие их производства в России.

Представленные в докладе технологии построения и управления УСЭЭ основываются на применении ООТ. Отличительными особенностями данных технологий являются: высокий рабочий ресурс оборудования; обеспечение достаточной дискретности регулирования при минимально-возможных аппаратных затратах; отсутствие негативного влияния на гармонический состав токов и напряжений сети без использования фильтров; быстрое действие регулирования параметров на уровне 1-2 периодов промышленной частоты; масштабируемость; использование отечественной элементной базы; наличие цифровых систем управления, реализующих адаптивные алгоритмы функционирования устройств в составе электрических сетей и интеграцию в информационную структуру цифровых активных электрических сетей.

Номенклатура представленных в докладе УСЭЭ включает в себя:

- тиристорные регуляторы переменного напряжения;
- управляемые источники реактивной мощности с тиристорными коммутаторами;
- фазоповоротные устройства с тиристорными коммутаторами;
- устройства симметрирования с тиристорными коммутаторами;
- управляемые устройства продольной компенсации с тиристорными коммутаторами.

Все устройства реализованы на основе ограниченной номенклатуры оборудования силовой электротехники и электроники, доступной на отечественном рынке и включающей: трансформаторы с секционированными обмотками, тиристорные коммутаторы и реактивные элементы.

1. Тиристорные регуляторы переменного напряжения (ТРПН).

В области регуляторов переменного напряжения наиболее перспективными являются направления исследований и разработок: создание средств регулирования напряжения на трансформаторных подстанциях (ТП) и разработка современных надёжных линейных регуляторов напряжения.

В современных распределительных сетях автоматическое регулирование напряжения может реализовываться только на уровне центров питания (ЦП) посредством устройств регулирования под нагрузкой (РПН) силовых трансформаторов. Устройства РПН одновременно оказывают влияние на значительное количество ТП и ЛЭП 0,4 кВ с разнородной динамически изменяемой нагрузкой. Непосредственно на ТП регулирование напряжения в режиме реального времени сегодня технически нереализуемо. В этих условиях практически невозможно обеспечить нормированный ГОСТ 32144-2013 уровень напряжения у всех потребителей, запитанных от ЦП.

В свою очередь силовые трансформаторы ТП имеют регулировочные ответвления, предназначенные для изменения коэффициента трансформации устройствами переключения без возбуждения (ПБВ), т.е. с отключением трансформаторов (снятие напряжения). При этом ответвления ПБВ у силовых трансформаторов сухого типа доступны для внешнего подключения.

В рамках реализации Постановления Правительства РФ от 09 апреля 2010 г. №218 в НИУ «МЭИ» совместно с АО ВО «Электроаппарат» была разработана технология быстродействующих полупроводниковых устройств регулирования выходного напряжения трансформаторов под нагрузкой (ПУРНТ). ПУРНТ предназначены для подключения к регулировочным ответвлениям обмоток высокого напряжения (ВН) серийно выпускаемых силовых трансформаторов напряжением 6-10/0,4 кВ сухого типа. В рамках диапазона $\pm 5\%$ с шагом 2,5% ПУРНТ обеспечивают регулирование напряжения на стороне 0,4 кВ трансформатора независимо в каждой фазе.

В основе ПУРНТ лежит тиристорный коммутатор (ТК), построенный на основе двунаправленных тиристорных ключей (ДТК), не имеющих ограничений на коммутационный ресурс. Устройство не влияет на гармонический состав токов и напряжений сети и обеспечивает регулирование без прерываний и провалов напряжения. Быстродействие регулирования напряжения составляет 20 мс. Разработанные варианты схемотехнической реализации и алгоритмы адаптивного управления ПУРНТ обеспечивают надёжное автоматическое регулирование напряжения на стороне 0,4 кВ в любых режимах работы нагрузки и защиту устройства от аварийных режимов работы сети.

НИУ «МЭИ» и АО ВО «Электроаппарат» изготовлены опытно-промышленные образцы ПУРНТ 10 кВ мощностью 2 МВА и опытно-промышленный образец комплектной трансформаторной подстанции, предназначенной для размещения ПУРНТ. Проведены расчетные исследования, подтверждающие технико-экономическую целесообразность применения ПУРНТ в распределительных сетях.

Проблема низкого напряжения на ЛЭП 0,4 кВ у удаленных от ТП потребителей может быть решена либо посредством реконструкции сетей 0,4 кВ, либо применением линейных регуляторов-стабилизаторов напряжения (РСН). Как правило, РСН строятся на основе вольтодобавочных трансформаторов (ВДТ). При проектировании современных РСН важно обеспечить решение следующего ряда задач: достижение высокого быстродействия регулирования напряжения, расширение диапазона входных напряжений, большого рабочего ресурса (до 25 лет), реализация независимого регулирования напряжений по фазам в 3-фазной сети, обеспечение устойчивости к аварийным режимам работы сети (КЗ; перенапряжения), снижение стоимости владения для заказчика, использование отечественной компонентной базы, интеграция в цифровые сети по протоколам МЭК 60870-5-104 или МЭК 61850, обеспечение достаточной дискретности регулирования напряжения.

Технологии, разработанные в НИУ «МЭИ» в области реализации РСН направлены на комплексное решение перечисленных задач. РСН реализуются с использованием ВДТ с секционированными обмотками и коммутаторов на основе ООТ и реле. Разработанные инновационные схемотехника и алгоритмы управления позволяют использовать только механический коммутационный ресурс реле, который составляет 10^7 коммутаций, что достаточно для работы устройства в течение 25 лет эксплуатации.

Серийное производство РСН реализовано на опытном заводе НИУ «МЭИ» и в АО ВО «Электроаппарат». Устройства реализованы в классе напряжения 0,4 кВ, диапазон мощностей составляет 50-200 кВт, реализуется независимое регулирование напряжений по фазам, отсутствует негативное влияние РСН на гармонический состав токов и напряжений, телеуправление и телесигнализация реализуются по протоколу МЭК 60870-5-104 посредством GSM – связи.

Опыт эксплуатации РСН имеется в сетях АО «ОЭК», ПАО «Россети Центр» (Белгородэнерго и Ярэнерго), что подтверждает высокую эффективность технологий НИУ «МЭИ» в области реализации устройств данного класса.

2. Управляемые источники реактивной мощности (УИРМ).

УИРМ являются классом высокоэффективных устройств силовой энергетической электроники, которые активно применяются в электросетевом комплексе для снижения потерь электроэнергии за счёт разгрузки оборудования от перетоков реактивной мощности. УИРМ используются как средство регулирования напряжения в электрических сетях.

В докладе представлено две инновационные технологии построения УИРМ: технология управления величиной эквивалентного реактивного элемента и технология управления величиной напряжения на реактивном элементе. Основные особенности технологий реализации УИРМ: обеспечение синусоидальной формы реактивного тока в полном диапазоне его регулирования без использования фильтров, высокое быстродействие, обеспечивающее возможность управления потоками реактивной мощности в темпе процесса, высокая дискретность регулирования реактивной мощности при минимально возможной установленной мощности оборудования, высокий рабочий ресурс, независимое автоматическое управление реактивной мощностью в каждой фазе.

Совместно с ПАО «Электровыпрямитель» в рамках ФЦП Минобрнауки РФ и НИОКР по заказу ПАО «Россети Ленэнерго» созданы опытно-промышленные образцы УИРМ по технологии управления величиной эквивалентного реактивного элемента, представляющие собой тиристорно-переключаемые конденсаторные и реакторные группы. Класс напряжения УИРМ – 0,4 кВ, диапазон номинальных мощностей – 50-200 кВар. На электросетевом объекте ПАО «Россети Ленэнерго» проведена опытно-промышленная эксплуатация конденсаторного УИРМ 0,4 кВ мощностью 50 кВар, подтвердившая эффективность предложенных технических решений по реализации УИРМ. В ходе опытно-промышленной эксплуатации показано, что разработанные схемотехнические решения и алгоритмы управления УИРМ обеспечивают надёжное функционирование устройства в различных режимах работы сети. УИРМ не оказывает негативного влияния на гармонический состав токов и напряжений сети. Реализуемые цифровой системой управления адаптивные алгоритмы управления, на основе цифровых двойников электрической сети и устройства, позволяют в режиме реального времени актуализировать регулировочную характеристику УИРМ и предварительно оценивать эффект от реализации управляющих воздействий в функции минимизации потерь электроэнергии в сети и обеспечения нормированных уровней напряжения по фазам. В настоящее время совместно с партнером НИУ «МЭИ» – ООО «Энервик» разработано решение по размещению УИРМ на опорах ЛЭП.

В рамках исследования технологии управления напряжением на реактивном элементе в Центре энергетической электроники НИУ «МЭИ» создан опытный образец однофазного УИРМ на напряжение 10 кВ, номинальной мощностью 5 МВар. В настоящее время проводятся испытания опытного образца.

3. Устройства симметрирования режимов работы трёхфазных электрических сетей.

Несимметрия токов и напряжений в трёхфазных электрических сетях является причиной роста потерь электроэнергии, выхода из строя электросетевого оборудования, отклонения ПКЭ от нормированных значений. По этим причинам проблеме несимметрии токов и напряжений в электрических

сетях уделяется повышенное внимание со стороны как потребителей электроэнергии, так и электросетевых компаний. Первопричиной несимметрии является несимметрия токов в фазах сети, вызываемая несимметричными трёхфазными, однофазными или неполнофазными нагрузками.

Технологии построения и управления устройств симметрирования для трёхфазных трёхпроводных и четырехпроводных сетей различаются. Представленная в докладе технология симметрирования токов в трёхпроводной сети основана на использовании трёх управляемых реактивных элементов, подключаемых между её фазами. Устройство в процессе работы формирует такую собственную систему токов, которая находится в противофазе с системой токов обратной последовательности несимметричной нагрузки сети. Дополнительно устройством симметрирования осуществляется полная компенсация реактивной мощности нагрузки.

Технология симметрирования токов в четырехпроводных электрических сетях основана на применении фильтров нулевой последовательности, устраняющих в точке подключения к сети токи нулевой последовательности несимметричной нагрузки, совместно с предложенной технологией симметрирования трёхпроводных сетей. Подобная комбинация устройств позволяет полностью симметрировать режим работы четырехпроводной сети и компенсировать в ней реактивную мощность.

Важно отметить, что на цифровые системы управления устройств симметрирования возложены сложные функции, включающие непрерывный мониторинг и оцифровку систем токов сети и нагрузки, разложение их на отдельные симметричные составляющие, вычисление параметров системы токов, которая должна быть сформирована устройством симметрирования для устранения токов обратной и нулевой последовательности, вычисление и реализация управляющих воздействий на ДТК, обеспечение интеграции устройства в информационную структуру управления цифровых сетей.

На базе Центра энергетической электроники НИУ «МЭИ» на опытных образцах проведено исследование технологий устройств симметрирования, подтвердившее эффективность предложенных технических решений.

4. Фазоповоротные устройства с тиристорными коммутаторами и малогабаритные устройства распределенной продольной компенсации.

В период с 2011 по 2016 гг. коллективами НИУ «МЭИ» и АО «ЭНИН» совместно с промышленными партнерами (ООО «Тольяттинский трансформатор», ПАО «Электровыпрямитель», АО «НТЦ ФСК ЕЭС» и др.) был реализован ряд проектов для управления режимами работы магистральных ЛЭП напряжением 220 кВ. Среди них в докладе выделены НИОКР по разработке опытно-промышленного образца фазоповоротного устройства с тиристорным коммутатором для ВЛ 220 кВ, а также НИОКР по разработке опытных образцов малогабаритных устройств распределенной продольной компенсации для ВЛ

220 кВ. Технологии отличаются инновационностью технических решений как в области топологий построения устройств, так и в области адаптивных алгоритмов их управления при функционировании в составе активных электрических сетей. Эффективность технологий подтверждена результатами расчетных исследований режимов электрических сетей и энергосистем, результатами заводских приемо-сдаточных испытаний, а также результатами опытно-промышленной эксплуатации на объектах электросетевых компаний.

В настоящее время разработка, апробация и внедрение технологий силовой электроники, направленных на решение задач по управлению режимами работы активных электрических сетей, реализуются в НИУ «МЭИ» на базе Центра энергетической электроники. В число основных направлений деятельности центра входят: создание комплексных инновационных технических решений в области мониторинга, управления и защиты цифровых электрических сетей на основе технологий силовой электроники и микроэлектроники; разработка технологий, оборудования и программного обеспечения; координация и реализация совместно с партнерами комплексных НИОКР по разработке и внедрению устройств энергетической электроники для цифровой энергетики; демонстрация, популяризация и продвижение новых отечественных технологий в области энергетической электроники; аккумулирование профессиональных компетенций и организация дополнительного профессионального образования в области разработки и внедрения технологий энергетической электроники.

В обсуждении доклада и прениях выступили:

Воротницкий В.Э. (АО «НТЦ ФСК ЕЭС»), Чивенков А.И., Куликов А.Л (ФГБОУ ВО «НГТУ им. Р.Е. Алексеева»), Безруких П.П., Грибков С.В. (Комитет ВИЭ РосСНИО), Носиров И.С. (ВУЗ «Институт энергетики Таджикистана»), Николаев В.Г. (ООО «НИЦ Атмограф»), Илюшин П.В. (ИНЭИ РАН).

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

Отметил, что срок службы и гарантийный срок тиристорных коммутаторов составляет, 25 лет и 3 года соответственно.

Обратил внимание, что при решении задачи по повышению качества электроснабжения потребителей электросетевая компания может использовать два подхода: проведение реконструкции существующей электрической сети, либо установка тиристорных регуляторов переменного напряжения.

Отметил, что заявленный докладчиком срок возврата инвестиций, около 4-5 лет, в установку тиристорных регуляторов переменного напряжения является вполне приемлемым для электросетевых компаний.

Обратил внимание, что тиристорные регуляторы переменного напряжения устанавливаются в электрических сетях напряжением 6-10 кВ, а устройства

симметрирования в сети 0,4 кВ.

Отметил, что в настоящее время в электросетевые компании ведется поставка отдельных видов устройств силовой электроники, которые были рассмотрены в докладе. Однако опытно-промышленная эксплуатация всего комплекса рассмотренных устройств не проводилась, а именно такой подход может дать наиболее значимый технико-экономический эффект.

Чивенков А.И. – Заместитель заведующего кафедрой «Теоретическая и общая электротехника» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», д.т.н., профессор.

Обратил внимание, что в Нижнем Новгороде построена и эксплуатируется экспериментальная цифровая подстанция, на которой применено разработанное в НГТУ им. Р.Е. Алексеева современное электротехническое оборудование на базе устройств силовой электроники. Отметил, что цифровая подстанция девятый год функционирует полностью в автоматическом режиме без участия оперативного персонала, что подчеркивает аппаратную и элементную надежность тиристоров отечественного изготовления.

Обратил внимание, что низкий спрос на электротехническое оборудование на базе устройств силовой электроники со стороны электросетевых компаний связан с отсутствием требований к качеству электроэнергии, закрепленных в нормативно-правовых актах.

Безруких П.П. – Председатель Комитета ВИЭ РосСНИО, академик-секретарь секции «Энергетика» РИА, профессор кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ», д.т.н.

Обратил внимание, что на ветроэнергетических установках большой мощности, присоединяемых к энергосистеме, также применяются инверторные преобразователи на базе устройств силовой электроники. Отметил, что их аппаратная надежность достаточно высокая, о чем свидетельствуют высокие значения коэффициентов готовности ветроэнергетических установок на находящихся в эксплуатации ветровых электростанциях.

Грибков С.В. – Учёный секретарь Комитета ВИЭ РосСНИО, к.т.н.

Обратил внимание, что при эксплуатации тиристорные регулятора переменного напряжения обрыв нулевого провода является для установки аварийным режимом и она будет отключена.

Отметил, что IGBT-транзисторы, производимые в России, по своим характеристикам находятся в одном классе с транзисторами данного типа, производимыми за рубежом. Важно обеспечить высокое качество их изготовления для широкого применения в отечественном электротехническом оборудовании, которое будет применяться в активных электрических сетях.

Носиров И.С. – начальник учебного отдела ВУЗ «Институт энергетики Таджикистана», к.т.н., доцент.

Отметил, что опыт применения электротехнического оборудования на базе устройств силовой электроники является крайне интересным и полезным и может быть эффективно применен в странах СНГ для решения задач управления режимами активных электрических сетей.

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

Отметил, что широкое применение электротехнического оборудования на базе устройств силовой электроники в электросетевых компаниях возможно только в случае принятия соответствующих решений на уровне руководства вертикально-интегрированных компаний или при наличии соответствующих требований в нормативно-технических документах, требующих их внедрения.

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

Отметил значимость представленных разработок для развития электросетевого комплекса России, а также повышения надежности электроснабжения и качества электроэнергии для бытовых, промышленных и коммерческих потребителей.

Поддержал предложение о необходимости проведения комплексной опытно-промышленной эксплуатации всей линейки представленного в докладе электротехнического оборудования на базе устройств силовой электроники.

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 целесообразность опытно-промышленной эксплуатации комплекса электротехнического оборудования на базе устройств силовой электроники в одной из электросетевых компаний, входящих в группу компаний ПАО «России», для оценки фактических технико-экономических эффектов и последующего тиражирования полученного опыта в проектах строительства новых или реконструкции существующих распределительных сетей.

Обратил внимание, что в последнее время в сетях напряжением 0,4 кВ увеличился объем потребления реактивной мощности, примерно с 5% до 15%, что обусловлено ростом количества и мощности двигательной нагрузки (холодильники, морозильные камеры, сплит-системы и др.). Это приводит к снижению напряжений в сетях низкого напряжения и требуется внедрения

устройств компенсации реактивной мощности для снижения потерь электроэнергии по повышению уровней напряжения в указанных сетях.

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. Технологии и устройства силовой электроники являются эффективным инструментом, позволяющим в темпе процесса осуществлять управление режимами работы активных электрических сетей.

2. Широкий круг задач, включая поддержание показателей качества, уменьшение потерь электроэнергии при её транспортировке и распределении, увеличение пропускной способности ЛЭП, повышение устойчивости энергосистем в нормальных и аварийных режимах работы и др. может успешно решаться за счет применения электротехнического оборудования на базе устройств силовой электроники, освоенных в производстве отечественными заводами-изготовителями с 1-м уровнем локализации.

3. В НИУ «МЭИ» на кафедре Промышленной электроники и в Центре энергетической электроники разработан и совместно с промышленными партнерами доведен до высокой степени заводской готовности большой перечень электротехнического оборудования на базе устройств силовой энергетической электроники: тиристорные регуляторы переменного напряжения, управляемые источники реактивной мощности, фазопоротные устройства, статические регуляторы мощности, устройства симметрирования и управляемые устройства продольной компенсации с тиристорными коммутаторами.

4. Интеграция в активные электрические сети требует оснащения устройств силовой энергетической электроники высокопроизводительными цифровыми системами управления. Аппаратно-программные комплексы управления, диагностики и защиты в составе разработанных в НИУ «МЭИ» устройств реализуют активно-адаптивные алгоритмы управления, обладают средствами интеграции в информационную структуру цифровых электрических сетей, используют только доверенное ПО собственной разработки, оснащены модулями криптошифрования. В настоящее время ведется работа по переориентации аппаратно-программных комплексов на отечественные микропроцессорные системы КОМДИВ (НИИСИ РАН) и АМУР (Микрон).

5. Устройства силовой энергетической электроники, разработанные в НИУ «МЭИ», имеют достаточно высокие показатели технической и экономической эффективности, которые подтверждены результатами опытно-промышленной эксплуатации устройств на объектах электроэнергетики.

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

1. Рекомендовать автору доклада и руководимому им творческому коллективу продолжить исследования и разработки в области создания отечественных устройств силовой электроники для активных электрических сетей, что является крайне актуальным для электросетевого комплекса России.

2. Рекомендовать Минпромторгу России рассмотреть возможность создания полигона, предназначенного для проведения испытаний и демонстрации конечным заказчикам – электросетевым организациям и крупным промышленным предприятиям, технических и экономических эффектов от внедрения современных устройств силовой электроники, что придаст новый импульс развитию отечественных заводов-изготовителей.

3. Рекомендовать электросетевым компаниям рассмотреть возможность оказания содействия в части реализации пилотных проектов по внедрению разработанных и изготавливаемых промышленными партнерами устройств силовой электроники для подтверждения заявленных эффектов и принятия решений по дальнейшему тиражированию полученного опыта в проектах строительства новых и реконструкции существующих электрических сетей.

4. Рекомендовать ПАО «Россети» рассмотреть возможность определения площадки для организации комплексной опытно-промышленной эксплуатации всей линейки представленного к рассмотрению электротехнического оборудования на базе устройств силовой электроники.

5. Для увеличения масштабов внедрения устройств силовой энергетической электроники в активных электрических сетях требуется разработка технологий, отличающихся пониженной стоимостью приобретения и владения для конечных заказчиков – электросетевых компаний.

6. Для повышения степени обоснованности и достоверности подходов к анализу технико-экономической эффективности применения устройств силовой энергетической электроники в активных электрических сетях необходимо выполнение системной работы по интеграции верифицированных моделей устройств силовой энергетической электроники и преобразовательной техники в стандартные средства моделирования режимов работы энергосистем.

С заключительным 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., в котором отметил особую важность проведения анализа результатов реализации пилотных проектов по внедрению

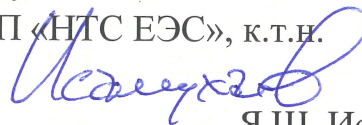
электротехнического оборудования на базе устройств силовой электроники на реальных объектах электроэнергетики. Это необходимо как для разработки актуальных технических требований к указанному оборудованию, так и для проведения всего комплекса заводских, сертификационных и аттестационных испытаний. Внедрение современного электротехнического оборудования на базе устройств силовой электроники в отечественные активные электрические сети будет содействовать повышению надежности электроснабжения потребителей, а также обеспечению соответствия показателей качества электроэнергии действующим требованиям. Рассмотренное в докладе оборудование может эффективно применяться как в проектах строительства новых, так и реконструкции существующих распределительных сетей.

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



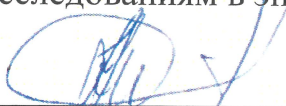
_____ В.В. Молодюк

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



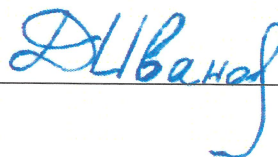
_____ Я.Ш. Исамухамедов

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