

# КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ «ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ»

АВТОР:

ПЕТРОВ М.М.

**П**ервая конференция молодых ученых (специалистов) «Энергия единой сети» пройдет 22 июня 2013 г. в Санкт-Петербурге в конференц-зале ОАО «Силовые машины» (Ленинградский металлический завод). Организованная ОАО «ФСК ЕЭС», ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» и Российской

академией наук, она призвана возродить советскую традицию ежегодных смотров новых идей в электроэнергетике. Лучшие молодые специалисты получат реальный шанс обсудить свои результаты с коллегами, получить оценку авторитетных ученых и продолжить свои работы на более высоком уровне.



Фото ИТАР-ТАСС

Ежегодное проведение конференции будет способствовать популяризации науки в целом, активизации научной деятельности молодых кадров, предоставит возможности проявить себя ученым из регионов

## ТЕМАТИКА 1. ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Всего в рамках открытого конкурса на участие в конференции было подано около 60 заявок от ведущих научно-исследовательских институтов, профильных вузов и энергетических компаний со всей страны. Молодые ученые поделятся с коллегами новыми идеями в области технологий передачи электроэнергии, присоединения альтернативных источников энергии, а также силовой электроники. Лучшие по мнению аудитории докладчики получат денежные премии, а их достижения будут рекомендованы к включению в программы НИОКР ОАО «Россети» и ОАО «ФСК ЕЭС».

Из 42 представленных конкурсантами работ конкурсной комиссией для презентации на конференции были отобраны девять докладов. Члены конкурсной комиссии оценивали прежде всего личный вклад автора в работу, интересный подход, оригинальность и инновационность проведенных исследований, представленные методики и технологии. Выбирать лучшие работы по итогам самой конференции будут уже как сами начинающие специалисты, так и президиум конференции, состоящий из мэтров российской электроэнергетики: Владимира Фортова, президента Российской академии наук; Михаила Федорова, д.т.н., академика, члена президиума СПб. Научного центра РАН; Эдуарда Сона, члена-корреспондента РАН, и Юрия Шакаряна, доктора технических наук, профессора, научного руководителя ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС».

Доклады на конференции будут представлены по трем направлениям: технологии передачи электроэнергии, присоединение альтернативных (возобновляемых) источников энергии в энергетической системе и управление большими потоками мощности. Силовая электроника.

В первой секции будут представлены доклады, освещающие современные идеи и концепции передачи электроэнергии: организацию энергосистемы мегаполисов с применением кабельных линий электропередачи, ограничение токов короткого замыкания с помощью вакуумных управляемых разрядников и применение компактных высоковольтных линий.

*Группой ученых под руководством главного инженера проекта Дмитрия Кузнецова из ЗАО «Роспроект» предложена концепция новой организации энергосистемы мегаполисов на примере Санкт-Петербурга, которую он озвучит на конференции.*

На развитие энергосистем мегаполисов накладываются многие специфические черты городской среды: высокая плотность застройки, значительная стоимость свободной земли, строгие требования к электромагнитной (ЭМ) совместимости с коммуникационными сетями, токсичные выбросы крупных производств и автотранспорта, нарушающие изоляцию линий электропередачи. Кроме того, в этих сложных условиях объекты энергосистемы должны планироваться с учетом эстетических требований к архитектурному облику города и, конечно, минимизации нежелательных воздействий ЭМ полей на здоровье человека.

В западных странах совместить все эти требования зачастую помогает использование кабельных линий электропередачи, которые могут прокладываться по городу без уже ставших привычными опор и висящих проводов. Утвержден-

### ИНФОРМАЦИЯ

#### СТАТИСТИКА

Количество присланных докладов: 42 доклада  
 Возраст участников: от 23 до 35 лет  
 Количество компаний-участников: 25 компаний  
 Количество участников-кандидатов наук: 12 участников  
 Количество слушателей: порядка 400 человек  
 Количество городов-участников: 10 городов

ный Генеральный план Санкт-Петербурга в известной мере использует западный опыт: в нем накладывается запрет на строительство новых высоковольтных линий (ВЛ) электропередачи 110 кВ и выше в черте города, а программа реконструкции уже существующих ВЛ предполагает их перевод на кабельную технологию.

Оптимальным оборудованием для такого технического решения, по мнению авторов работы, являются элегазовые распределительные устройства для распределительных подстанций и новые высоковольтные кабели, с изоляцией из сшитого полиэтилена. При этом анализ схемы существующей энергосистемы Санкт-Петербурга допускает два принципиальных варианта реализации Генерального плана:

- Тотальный перевод всех существующих ВЛ 35–330 кВ в кабельное исполнение с сохранением существующей конфигурации системы.
- Тотальный перевод всех существующих ВЛ 35–330 кВ в кабельное

## РЕГИОНАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАЯВОК, ПОДАННЫХ НА КОНФЕРЕНЦИЮ

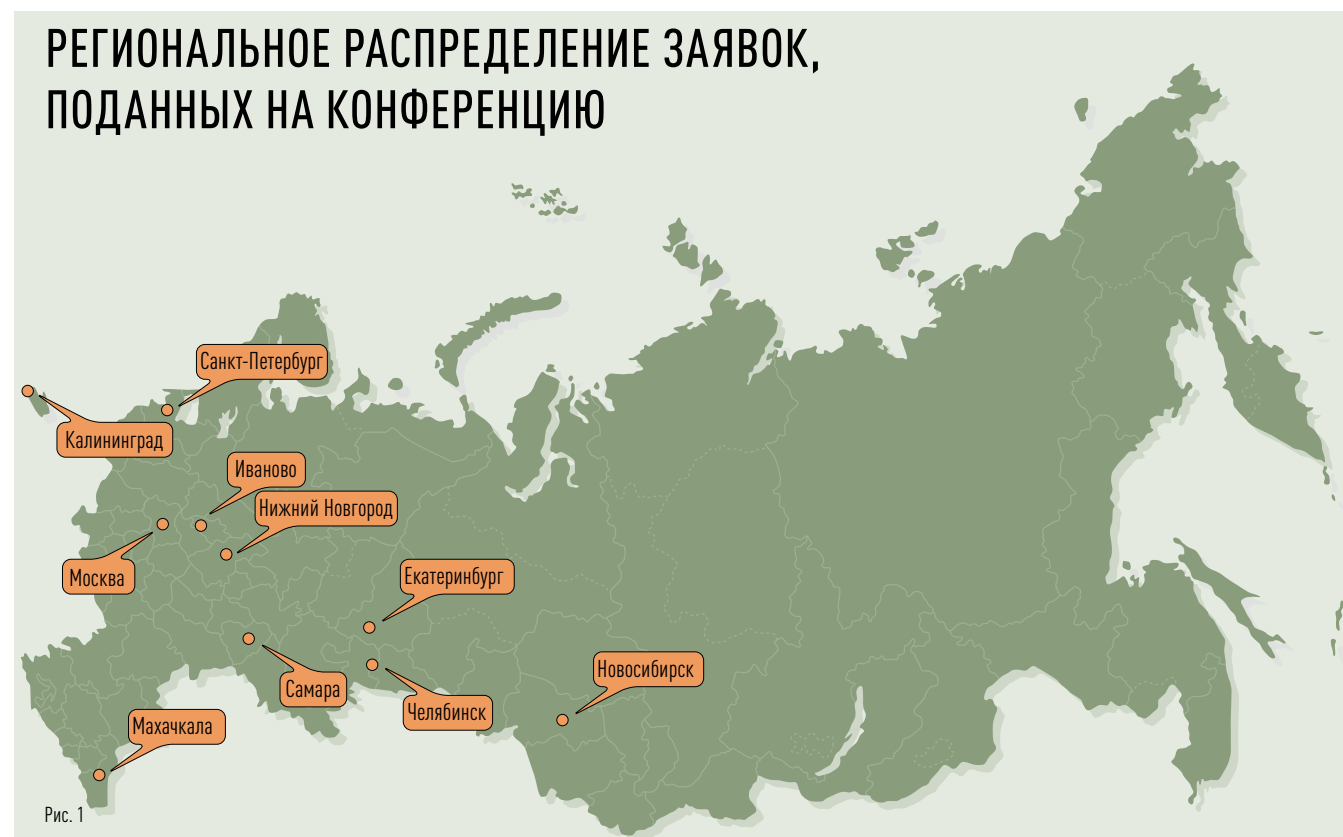


Рис. 1

исполнение с определением новой оптимальной конфигурации.

Оптимальная конфигурация энергосистем позволит улучшить ее живучесть и эксплуатационную надежность, одновременно отказавшись от части избыточных воздушных линий и строительства новых распределительных подстанций. Одно из возможных оптимальных решений в своем докладе представит Дмитрий Кузнецов.

Рассчитанная инженерами ЗАО «Роспроект» конфигурация сетеобразующей сети удовлетворяет требованиям к надежности из Методических рекомендаций по устойчивости энергосистем. Кроме того, будут приведены основные этапы реализации проекта и сравнение с двумя возможными вариантами конфигураций.

**Антон Косолапов, заведующий сектором ОАО «Институт «Энергосеть-проект», представит уникальную даже на мировом уровне разработку на базе вакуумных управляемых разрядников для ограничения токов короткого замыкания и переходных напряжений.**

Как уже сказано выше, развитие мегаполисов приводит к большой концентрации энергопотребления на малых площадях. Это приводит к возрастанию токов короткого замыкания (КЗ), а потому разработка систем контроля токов КЗ является одной из самых актуальных задач для современных электрических сетей. В основе таких систем лежат различные токоограничивающие устройства (ТОУ), в том числе и отечественные разработки на базе вакуумных управляемых разрядников (РВУ).

РВУ представляет собой безнакаль-

ный трехэлектродный герметизированный прибор. Принцип ограничения токов основан на том, что требуемый набор РВУ, образующий вакуумный быстродействующий коммутатор (ВБК), подключается к шинам, у соединений которых требуется ограничение токов КЗ. При их возникновении срабатывает быстродействующий пусковой механизм (время реакции 2-3 мс) - включается ВБК, который шунтирует опасное присоединение, что приводит к перераспределению токов.

Важным преимуществом такого конструктивного решения является возможность не только ограничения тока в присоединении, но и снижения воздействия переходного восстанавливающегося напряжения. По существу, оно единственное на сегодня осуществляет отстройку от броска апериодической составляющей ударного тока при КЗ.

По завершении разработки предполагается включение в эксплуатацию опытного образца на пилотном объекте одной из подстанций МЭС Центра.

**Последним в рамках первой секции будет доклад инженера Центра электротехнического оборудования ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» Светланы Каревой «Применение в ЕНЭС компактных управляемых линий электропередачи».**

Компактизация ВЛ достигается за счет сокращения междупазных расстояний: уменьшения расстояний между проводниками с учетом минимально допустимых по диэлектрической прочности воздушных промежутков «фаза-фаза» при наибольших рабочих напряжениях, а также внутренних и грозовых перенапряжениях.

По мнению автора, компактные ВЛ 220 и 500 кВ идеальны для многих энергосистем России, а их внедрение может принести ощутимый технико-экономический эффект по сравнению с ВЛ традиционной конструкции.

Оптимальное расположение фаз обеспечивает изменение конфигурации электромагнитного поля в междупазном и окружающем линию пространстве. Ведь за счет сближения фаз происходит усиление поля внутри линии, что повышает ее пропускную способность и устойчивость, а сопутствующее ослабление ЭМ поля во внешнем пространстве улучшает экологическую обстановку и снижает негативное воздействие на здоровье людей.

В докладе будут представлены результаты проведенных расчетов по определению величины передаваемой мощности в зависимости от конфигурации ВЛ 220 и 550 кВ: числа проводов в фазе, радиуса расщепления, междупазных расстояний

и других параметров. Найденные наиболее эффективные варианты компактных ВЛ по своим технико-экономическим показателям значительно превосходят ВЛ традиционной конструкции.

## ТЕМАТИКА 2. ПРИСОЕДИНЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ (ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ) ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Нерегулярный характер возобновляемой энергии снижает качество электроэнергии, а перебои с ее подачей влияют на устойчивость всей энергосистемы. Поэтому растущий из года в год интерес к альтернативной энергетике должен подкрепляться поисками оптимальных способов включения возобновляемых источников в сложившуюся энергосистему. Два доклада второй секции посвящены именно этим задачам.

**Заведующий сектором ОИВТ РАН Алексей Долуденко в своем докладе проанализирует перспективы возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и представит программу для оценки потенциально эффективных ВИЭ в различных регионах России.**

В соответствии с распоряжением правительства РФ от 08 января 2009 г. к 2020 г. в нашей стране предписано достичь вклада ВИЭ в производстве электроэнергии (без ГЭС мощностью более 25 МВт) на уровне 4,5% или ввести в эксплуатацию энергоустановки суммарной мощностью более 25 ГВт. На сегодня это число не превышает 2,2 ГВт,

а ежегодная выработка возобновляемой энергии составляет менее 1% от общего объема.

Продвижение ВИЭ пока сдерживается относительно высокой стоимостью получаемой с их помощью электроэнергии или тепла, что связано прежде всего с характерными низкими плотностями энергетических потоков и их нестабильностью (производство возобновляемой энергии сильно зависит от случайных природных факторов и климатических условий). В результате для внедрения ВИЭ требуются большие начальные затраты на оборудование для сбора, аккумулирования и зачастую преобразования энергии.

Однако все эти недостатки ВИЭ компенсируются низкими эксплуатационными расходами и экологическими преимуществами, поэтому выполнение амбициозных планов, по мнению докладчика, вполне возможно, но требует гибкого и грамотного стимулирования частных инвестиций.

Решение этих задач требует оценки потенциальной эффективности ВИЭ для различных регионов и потребителей страны. Алексей Долуденко представит разработанную в его институте геоинформационную систему (ГИС), которая позволяет одновременно анализировать информацию о природных ресурсах и экономических характеристиках различных частей страны. При этом модульность ГИС позволят связывать воедино всю информацию, от муниципальных районов до федеральных округов.

Разработанная ГИС создана в виде карты РФ. Она визуализирует наиболее благоприятные места расположения основных видов ВИЭ (солнечной, ветровой, приливной, геотермальной), выделяет цветом или маркером субъект РФ, на территории которого возможно использование выбранного типа ВИЭ, и одновременно выводит инфор-

## ИНФОРМАЦИЯ

### ЦЕЛЬ КОНФЕРЕНЦИИ

Целью конференции молодых ученых «Энергия единой сети» является содействие развитию исследований и разработок новых технологий передачи электроэнергии в Российской Федерации и формирование перспективного сообщества в среде молодых ученых в электроэнергетической отрасли

мацию о доступных климатических параметрах (солнечной радиации, скорости ветра, температуре окружающей среды).

**Доцентом ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет», кандидатом технических наук Андреем Никишиным разработана математическая модель электроэнергетической системы с ветроэнергетической установкой (ВЭУ) на базе асинхронных машин. В своем докладе он докажет адекватность модели, подтвержденную результатами экспериментальных исследований режимов работы ветропарка в прибрежной зоне Балтийского моря Калининградской области.**

В современных ВЭУ преимущественно используются ВЭУ двух типов: на основе асинхронных генераторов двойного питания (называемые в России асинхронизированными) и безредукторные ВЭУ на основе синхронного генератора. Основным преимуществом ВЭУ на основе асинхронного генератора является использование полупроводникового преобразователя меньшей мощности (около 30% от мощности ВЭУ), что позволяет значительно снизить его стоимость и потери. Благодаря этому при достаточно высоких средних скоростях ветра (более 7,5 м/с) такие

ВЭУ могут быть более эффективны, чем их аналоги.

ВЭУ может быть представлена как комплекс взаимодействующих систем, которые описываются системой дифференциальных уравнений. Решение этой системы в явном виде представляет значительные трудности, поэтому для подготовки модели использовался пакет MatLab. Для описания ветровой нагрузки, аэродинамики ротора и механического привода ВЭУ использовались блоки приложения Wind Turbine Blockset. Ряд других блоков, описывающих, например, систему компенсации реактивной мощности, был доработан.

Оценка достоверности разработанных моделей показала сходимость с расчетными данными во всех режимах работы с инженерной точностью.

## ТЕМАТИКА 3. УПРАВЛЕНИЕ БОЛЬШИМИ ПОТОКАМИ МОЩНОСТИ. СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

В третьей секции речь пойдет о разработке различных устройств силовой электроники, которые могут способствовать внедрению линий передач постоянного тока, генераторов возобновляемой энергии и реализации концепции активно-адаптивной сети с управляемыми энергетическими потоками.

**Молодые ученые из ОАО «Энергетический институт им. Г. М. Кржижановского» Михаил Асташев и Михаил Новиков предлагают использовать для активно-адаптивных электрических сетей фазоповоротные устройства с тири-**

**сторными коммутаторами.**

Активное управление потоками мощности в линиях электропередачи (ЛЭП) возможно за счет использования фазоповоротных трансформаторов (ФПТ), воздействующих на величину фазового сдвига напряжений различных участков ЛЭП. При этом в основе большинства ФПТ лежат регуляторы под нагрузкой (РПН), отличающиеся сравнительно невысоким быстродействием и надежностью.

Улучшить эти характеристики фазоповоротных устройств (ФПУ) можно за счет применения коммутаторов, построенных на основе силовых полупроводниковых приборов. В своем докладе авторы рассматривают варианты одной из таких схемотехнических реализаций ФПУ, с тиристорным коммутатором и микропроцессорным управлением. В ОАО «ЭНИН» была создана физическая модель системы, которая позволила проверить и отработать основные принципы ее работы.

Как было показано авторами, в аварийных ситуациях подобные ФПУ могут управлять процессами в ЛЭП в каждом периоде работы и при необходимости оперативно ограничивать токи в послеаварийных периодах работы сети. Ограничение токов и другие преимущества в конечном счете определяют высокий технико-экономический эффект от внедрения полупроводниковых коммутаторов ФПУ.

**В докладе Константина Герасименко, инженера ОАО «НТЦ ЭЭС» будет предложена методика создания адаптивной модели ЭС для оперативной оценки состояния системы в виде уточненных уравнений режима по данным системы мониторинга переходных режимов (СМПР).**

СМПР предполагает измерение параметров переходных режимов на объектах ЭС, которое осуществ-

ляется специализированными регистраторами: они устанавливаются во всех крупных энергоузлах и фиксируют такие величины, как комплексные векторы напряжения и токов, с минимальным периодом 0,02 с. Далее полученные данные архивами передаются в региональные центры сбора информации и в центральную диспетчерскую ЭЭС, а синхронность всех измерений обеспечивается приемниками спутниковой связи GPS.

СМПР широко используется в энергосистемах США, Западной Европы и Китая, и в перспективе этот подход позволяет грамотно регулировать реальные энергопотоки по данным каркасной математической модели. Однако при достаточно развитом теоретическом аппарате на сегодня практически отсутствуют конкретные рекомендации для оперативной оценки состояния ЭС по данным регистраторов СМПР.

В докладе Константина Герасименко будет предложена методика анализа нестационарных электромеханических процессов с использованием сингулярного разложения исходного сигнала на квазистационарные составляющие. Она позволит в режиме реального времени выполнять циклическую настройку адаптивной модели ЭЭС и оперативно оценивать и корректировать запасы аperiodической устойчивости по информации.

**Управление режимами Единой энергетической системы России с помощью устройств FACTS представит в своем докладе на конференции специалист из ОАО «СО ЭЭС» Елена Репина.**

В настоящее время повышение эффективности функционирования энергосистем ведущих мировых стран осуществляется за счет развития и широкомасштабного внедрения технологий FACTS. Самыми распространенными из них являются фазоповоротные устройства (ФПУ),

устройства продольной компенсации (УПК), вставки постоянного тока на тиристорных преобразователях (ВПТ) и асинхронизированных турбогенераторов (АСТГ).

Активные сети обладают функциями оптимального потокораспределения, повышенной пропускной способностью и способностью гибко выдавать требуемые различными потребителями напряжения. Поэтому в российских условиях передачи больших объемов электроэнергии на дальние расстояния, неравномерности загрузки и неминусового возникновения транзитных перетоков концепция активно-адаптивной сети, невозможная без использования FACTS, является очень важной и перспективной.

При этом в определенных случаях FACTS является альтернативой созданию новых линий электропередачи. В своем докладе Елена Репина приведет обобщенные и систематизированные результаты исследований, иллюстрирующие техническую эффективность применения устройств FACTS на конкретных объектах ЭЭС России.

**С докладом о новом подходе к управлению потоками мощности в интеллектуальных энергосистемах (ИЭС) с активно-адаптивной сетью (ААС) выступит аспирант ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет» Николай Беляев.**

По мнению ученого, эффективная эксплуатация ААС может быть обеспечена только при использовании всех управляющих элементов. При этом регулирование и оптимизация потоков мощностей могут быть затруднены, особенно в сетях сложной конфигурации, поскольку все потоки мощности в энергосистеме взаимосвязаны. Поэтому в ААС большой протяженности и сложной конфигурации с большим количеством

управляющих элементов моделирование потоков мощности становится весьма сложной задачей.

В предлагаемом подходе используется тот факт, что все управляющие элементы сети имеют ограниченную зону влияния, то есть оказывают воздействие на распределение потоков мощности и значения ключевых параметров режима только для определенного участка сети. Такая локальность значительно уменьшает объемы модельных расчетов, а о математическом нахождении зон влияния за счет анализа зависимостей потоков мощности от ключевых параметров автор расскажет в своем докладе.

Предложенная модель может быть использована для планирования новых ЭС, а также для корректировки работы существующих ЭС в режиме реального времени. В рамках конференции Николай Беляев представит результаты применения своего математического метода в оптимизации режимов схемы ЭС Санкт-Петербурга и Ленинградской области, которые подтверждают экономическую эффективность внедрения ААС.

Все участники конференции будут поощрены и отмечены. Работы конкурсантов, которые не были отобраны на конференцию, также не будут оставлены без внимания. Мы выражаем искреннюю надежду на то, что ежегодное проведение конференции будет способствовать популяризации науки в целом, активизации научной деятельности молодых кадров, предоставит ученым из регионов возможности проявить себя, а также позволит сформировать перспективное научное сообщество. Будем рады видеть вас на конференции молодых ученых «Энергия единой сети» в качестве слушателей.

Надеемся, что данная традиция приживется и мы встретимся более широким составом в 2014 г.