

Skoltech

Сколковский институт науки и технологий

**ЦЕНТР
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
СИСТЕМ**



02.12.2016

г. Москва, ул. Нобеля, д. 3,
Сколтех, 3 этаж, ауд. 303

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ СЕМИНАР НА ТЕМУ:
«Презентация результатов научно-исследовательских работ Центра энергетических систем и открытие лаборатории интеллектуальных сетей (Smart Grids lab)»

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ СЕМИНАР НА ТЕМУ:

«Презентация результатов научно-исследовательских работ Центра энергетических систем и открытие лаборатории интеллектуальных сетей (Smart Grids lab)»

Целью данного мероприятия является обзор результатов исследований Центра энергетических систем с момента начала его работы (с 2014 г.) и открытие лаборатории интеллектуальных сетей (Smart Grids lab). Центр энергетических систем Сколтеха ведет исследования по четырем основным направлениям: интеллектуальные сети, связанные энергетические инфраструктуры, рынки и их регулирование и тепловые установки. Предстоящий семинар будет посвящен первым двум направлениям. Более подробную информацию о Центре, его сотрудниках и основных направлениях проводимых исследований можно найти на сайте:



crei.skoltech.ru/energysystems

Уникальной особенностью Центра является его междисциплинарный характер, который подразумевает тесное сотрудничество инженеров с математиками и физиками и позволяет быть уверенным в том, что основные математические достижения и идеи имеют практическое значение и могут быть применены в промышленности в скором будущем. Центр энергетических систем работает в тесном сотрудничестве с зарубежными партнерами: Массачусетский технологический институт (MIT, США), Калифорнийский технологический институт (Caltech, США), Ньюкаслский университет (Newcastle University, Великобритания), и российскими партнерами: Московский энергетический институт (МЭИ), Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН (ИПУ РАН), Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева (ИСЭМ РАН).

- **Первая половина** дня мероприятия будет посвящена презентациям основных научно-исследовательских достижений Центра. Они будут охватывать методы оценки сетевой безопасности, анализ устойчивости энергосистем, планирование развития сетей электроснабжения, оптимальное регулирование частоты в энергосистемах будущего, управление спросом, регулирование напряжения в распределительных сетях, а также механизмы стимулирования интеграции распределенной генерации в энергетическую систему.
- **Вторая половина** мероприятия будет посвящена открытию лаборатории интеллектуальных сетей (**Smart Grids lab**) и обсуждению сотрудничества Центра энергетических систем с промышленными компаниями.

Лаборатория Smart Grids lab предоставляет возможность протестировать любое оборудование в интеллектуальной миниэнергосистеме (микросеть). Установленное оборудование включает: два блока генерации возобновляемых источников энергии, которые могут как работать в режиме эмулирования, так и быть подключены к реальным солнечным батареям и ветряной электростанции; дизель-генератор; энергоаккумулирующую систему; активную и реактивную нагрузки; линии электропередачи. Используя генераторы возобновляемых источников энергии мы можем тестировать различные сценарии работы системы, т.е. измерять данные и испытывать микросеть для разных погодных условий лишь настраивая профили солнечного и ветряного генераторов.

ЦЕЛЬ МЕРОПРИЯТИЯ

Дизель генератор работает как дублирующая система, так же как в энергосетях для удаленных населенных участков. Энергоаккумулирующая система (накопители) одна из важнейших частей микрогрида, включающая в себя генераторы возобновляемой энергии. Лаборатория **Smart Grids lab** представляет возможность моделировать различные типы систем накопления энергии основанных на батареях или суперконденсаторах.

Последний по счету, но не по важности элемент – программируемая нагрузка, которая может эмулировать потребление энергии промышленными объектами или жилыми кварталами, а линии электропередачи позволяют нам протестировать систему распределения энергии.

Более того, микрогрид может быть подключен к основной электросети или может работать в изолированном режиме. С одной стороны, работая с подключенной сетью, возможно развивать систему управления энергопотреблением и тестировать ее в сети. Тем самым, мы можем точно оценить энергосбережения для заданной энергосистемы. С другой стороны, работая в изолированном режиме, лаборатория **Smart Grids lab** предоставляет возможность измерять и тестировать режим работы сети для удаленных областей.



ПРОГРАММА

- 09.00 – 09.20** **РЕГИСТРАЦИЯ**
- 09.20 – 09.30** **Вступительное слово**
А.К. Пономарев, Вице-президент по стратегии и связям с индустрией
Я. Биалек, Директор Центра энергетических систем, Сколтех
- 09.30 – 09.45** **Единая схема управления для регулирования частоты и управления сетевыми ограничениями.**
Я. Биалек, Директор Центра энергетических систем, Сколтех
- 09.45 – 10.00** **Вычислительная эвристика для практического планирования, размещения и определения емкостей устройств продольной компенсации и компенсации реактивной мощности в магистральных электрических сетях.**
Владимир Фролов, Сколтех
- 10.00 – 10.45** **Анализ устойчивости энергосистем в условиях неопределенности. Выявление опасных N-2 сценариев развития аварий. Диагностика и идентификация источников вынужденных колебаний.**
Константин Турицын, MIT
- 10.45 – 11.00** **Повышение гибкости систем передачи сети с использованием управляемых устройств**
Пряנקо Гуха Такурта, Януш Биалек, Сколтех
- 11.00 – 11.15** **Улучшенный алгоритм Ньютона-Рапсона для быстрого вычисления предела по нагрузке**
Константин Турицын, Мажар Али, MIT/Сколтех
- 11.15 – 11.30** **Комбинированное охлаждение, теплоэлектроустановки: от оптимального планирования и проектирования до разработки технологий.**
Альдо Биски, Сколтех
- 11.30 – 11.45** **Разработка комплекса мероприятий по повышению адаптивности воздушных линий электропередачи к гололедообразованию на их элементах. Диагностика состояния изолирующих подвесок в сетях с эффективно-заземленной нейтралью.**
Дмитрий Титов, Сколтех

- 11.45 – 12.00** **Участие Сколтеха в моделировании Азиатского энергокольца.**
Януш Биалек, Ксения Летова, Андрей Чуркин, Сколтех
- 12.00 – 12.30** **Презентация результатов совместной работы: Сколтех – ИПУ РАН:**
Разработка автоматизированных систем Стабилизаторов энергетической системы оптимальной настройки для генератора с установленной мощностью более 40 МВт (для ОАО «Системный оператор ЕЭС»).
Разработка автоматизированных систем мониторинга рентабельности стабильности в магистральных электрических сетях (для ПАО «Россети»).
Игорь Ядыкин, Михаил Губко, ИПУ РАН
- 12.00 – 12.30** **Презентация результатов совместной работы: Сколтех – МЭИ:**
Модернизация системы управления режимами в распределительных сетях на основе концепции Smart Grid.
Стимулирование интеграции автономных объектов распределенной генерации в Единую энергетическую систему.
Артем Ванин, Олег Бахмисов, МЭИ
- 13.00 – 13.30** **ОБСУЖДЕНИЕ:**
1. Возможности применения результатов проводимых научных исследований для решения практических задач российских и зарубежных энергетических компаний и организаций
2. Предложения по усовершенствованию проводимых исследований для решения практических задач российских и зарубежных энергетических компаний и организаций
- 13.30 – 14.00** **ЛАНЧ**
- 14.00 – 15.00** **ОТКРЫТИЕ ЛАБОРАТОРИИ ИНТЕЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ**
- 14.00 – 14.10** **Вступительное слово**
Кулешов А.П., Ректор Сколковского Института Науки и Технологий
- 14.10 – 15.00** **Презентация лаборатории**
Федерико Ибаниес, Михаил Афонин, Сколтех

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

Описание представляемых проектов

ЕДИНАЯ СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ И УПРАВЛЕНИЯ СЕТЕВЫМИ ОГРАНИЧЕНИЯМИ

Януш Биалек

Используемая в настоящее время схема регулирования частоты и управления сетевыми ограничениями производится в три различных временных масштаба, в виде первичного, вторичного и третичного регулирования частоты. Третичное регулирование оптимизирует распределение генерации с соблюдением сетевых ограничений путем решения задачи потокораспределения с учетом N-1 критерия надежности. Рост использования распределенных и возобновляемых источников энергии уменьшает инерцию системы, подвергая опасности основы современного управления в силу того, что поведение системы становится более непредсказуемым ввиду непостоянной работы возобновляемых источников и активного потребления. Это является поводом для кардинального пересмотра принципа регулирования частоты в мире с низкой инерцией.

В данном проекте представлен новый подход, позволяющий не только объединить первичное и вторичное регулирование частоты, но и дополнительно провести управление сетевыми ограничениями во временных рамках регулирования частоты. Данная новая схема является распределенной, масштабируемой и позволяет использовать активные нагрузки и бытовые приборы с положительным воздействием на сеть. Мы используем модель сети с линеаризованными уравнениями качаний для генераторных шин, перетоков на линиях и линеаризованными величинами воздействия управления на шинах (на генераторах и нагрузках), если они участвуют в управлении. Мы определяем вид контроллера через постановку оптимизационной задачи, решение которой позволяет произвести балансировку мощности (первичное регулирование), восстановить номинальную частоту и межобластные перетоки (вторичное регулирование), а также сохранить перетоки на линиях в пределах допустимых значений (управление сетевыми ограничениями) способом, позволяющим минимизировать работу управления (уменьшить бесполезность участия шины в управлении). Мы разрабатываем наш контроллер таким образом, что замкнутая система описывает распределенный прямо-двойственный алгоритм для решения оптимизационной задачи и двойственной задачи для функции Лагранжа. Другими словами, мы используем динамику сети для работы прямо-двойственного алгоритма на энергосети в реальном времени. Это позволяет осуществить полностью децентрализованное первичное регулирование без необходимости сообщения между шинами, и распределенное вторичное и третичное регулирование, когда необходимо лишь наличие связи между соседями. Асимптотическая устойчивость прямо-двойственного алгоритма предполагает наличие устойчивости у предложенного управления на произвольной сети. Мы демонстрируем на симуляциях, что, в сравнении с традиционной схемой, единое управление не только позволяет проводить управление сетевыми ограничениями быстрее, но также улучшает и динамическое поведение.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ЭВРИСТИКА ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ, РАЗМЕЩЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЕМКОСТЕЙ УСТРОЙСТВ ПРОДОЛЬНОЙ КОМПЕНСАЦИИ И КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В МАГИСТРАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Владимир Фролов

Системные операторы или же другие структуры, отвечающие за планирование магистральной сети, часто нуждаются в укреплении существующей системы для подготовки ее к работе в условиях будущих спрогнозированных уровней нагрузки наряду с другими факторами, учитываемыми при планировании. При этом возможности строительства новых магистральных линий часто ограничены временем постройки, ценой и часто разрешением на постройку. Вместо этого хорошей альтернативой для оптимизации режимов в сети по активной и реактивной мощности может быть использование FACTS – устройств компенсации, которые могут быть настроены и позволяют использовать существующую магистральную сеть более гибко.

Расположение и емкости устройств компенсации должны быть определены в процессе планирования перед тем, как инвестировать деньги в их постройку. При этом должны быть одновременно учтены различные будущие режимы в сети. Другими словами, устройства должны быть расположены в тех местах и иметь такие емкости, чтобы быть наиболее полезными для будущего использования с учетом неопределенности связанной с уровнем и распределением нагрузки в будущем.

Нами предлагается метод планирования расположений и емкостей устройств компенсации двух типов (продольной и компенсации реактивной мощности), который учитывает изменение уровня нагрузки в будущем и неопределенность, связанную с распределением нагрузок. Решение сформулированной нелинейной задачи заключается в последовательном решении задач квадратичного программирования с линейными условиями. Разработанный подход продемонстрирован на модельных сетях от 30 до порядка 3000 узлов. Подход позволяет использовать систему более гибко, дополнительные степени свободы устройств компенсации внедрены в задачу распределения генераций. То есть для каждого состояния сети (режима) одновременно настраиваются индуктивности линий, напряжения в узлах, значения компенсации реактивной мощности и распределение активной и реактивной генерации.

Что было разработано:

1. Метод планирования постройки FACTS, основанный на сэмплинге конфигураций нагрузок (сценариев), который позволяет одновременно снизить стоимость генерации путем снижения нагрузки линий и укрепить систему, подготовить ее к возросшим нагрузкам в будущем. При этом в среднесрочной и долгосрочной перспективе не требуются инвестиции в постройку новых линий. В зависимости от системы, нагрузка может быть увеличена вплоть до того момента, когда не станет хватать емкости генерации.
2. Предложенный метод математически формализован в виде оптимизационной задачи, разработан алгоритм ее решения.
3. Продемонстрирована масштабируемость подхода. Метод и алгоритм в текущем состоянии может быть применим к системам размером в тысячи – десятки тысяч узлов.
4. Показана нетривиальность, разреженность и нелокальность полученных решений.
5. Разработано ПО для автоматической визуализации решений и состояний (режимов) сети в общем. В том числе возможна динамическая визуализация.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

Описание представляемых проектов

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Константин Турицын

В отличие от генераторов, динамические модели нагрузки характеризуются большой степенью неопределенности. Использование неадекватных моделей нагрузки приводит к ошибочным результатам анализа устойчивости и повышает риски возникновения аварийных ситуаций. Для решения этой проблемы разработан подход к анализу устойчивости малых колебаний энергосистемы в условиях неопределенности в динамической модели нагрузки. Подход основан на современных методах выпуклой оптимизации и позволяет оператором идентифицировать устойчивые области режимов с гарантированной устойчивостью.

ВЫЯВЛЕНИЕ ОПАСНЫХ N-2 СЦЕНАРИЕВ РАЗВИТИЯ АВАРИЙ

Константин Турицын

Практически все из крупных современных энергосистем планируются и управляются исходя из критерия N-1 надежности. В рамках этого критерия, система должна поддерживать бесперебойное снабжение электроэнергией при выходе из строя любого из N элементов (генераторов и линий). Таким образом, реальные риски каскадных аварий связаны с менее вероятными, но регулярно наблюдаемыми N-2 событиями. Выявление опасных N-2 сценариев - это вычислительно сложная задача, которая была решена с помощью уникального алгоритма, позволяющего эффективно отсеивать безопасные сценарии с помощью современных результатов линейной алгебры. Имплементация алгоритма указывает на тысячекратное ускорения процесса выявления сценариев, и возможность решать эту сложную задачу даже на небольших вычислительных станциях.

ДИАГНОСТИКА И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ

Константин Турицын

Анализ синхронизированных векторных измерений в боль показал, что реальные системы подвергаются возбуждающим воздействиям приводящим к колебаниям энергосистемы. Идентификация механизма и источника подобных колебаний является на данный момент открытой задачей, привлекающий интерес ученых по всему миру. Нашей группой был разработан оригинальный подход к определению механизма и идентификации источника возбуждения. Алгоритм основан на статистическом анализе высоких моментов векторных измерений отличном от стандартных подходов к определению мод в системе.

ПОВЫШЕНИЕ ГИБКОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СЕТЯМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УПРАВЛЯЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Прярко Гуха Такурта

Управление электроэнергетическими системами становится всё более трудной задачей для системных операторов во многих странах ввиду увеличивающейся сложности и изменчивости систем, вызванных интеграцией Возобновляемых Источников Энергии (ВИЭ).

Необходимо принимать всё больше мер для устранения угроз безопасности сети. Более того, для регулирования активной мощностью в сети система должна обладать лучшей управляемостью.

Устройства управления потокораспределением, такие как фазоповоротные трансформаторы и вставки постоянного тока высокого напряжения способны увеличить возможность управления потокораспределением в системе. Однако использование этих устройств должно быть согласовано, так как они могут значительно влиять на потокораспределение в сложноразветвленной электрической сети. Согласованное использование этого оборудования позволяет устранить перегрузку сети путем перераспределения потока из перегруженных частей сети в неперегруженные и таким образом помочь уменьшить влияние на функционирование энергетического рынка, а также интегрировать большее количество ВИЭ в сеть без необходимости расширения сети, что является особенно актуальным для Европы.

В контексте этой задачи были разработаны алгоритмы, позволяющие помочь системным операторам в планировании режимов на сутки вперед или в режиме реального времени, а также планировании правильных предупредительных мер и корректирующих действий, которые могут применяться как в реальном времени, так и на сутки вперед. Подобные алгоритмы используются операторами в региональном координационном сервисном центре Центрально-Западной Европы (Coreso).

УЛУЧШЕННЫЙ АЛГОРИТМ НЬЮТОНА-РАПСОНА ДЛЯ БЫСТРОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ ПРЕДЕЛА ПО НАГРУЗКЕ

Мажар Али

В настоящее время, в результате различных экономических и экологических ограничений, режимы в магистральных сетях все ближе подходят к пределу по статической устойчивости. Поддержание устойчивого режима в сети становится все более вычислительно сложной задачей.

Наиболее значительным вкладом данной работы является разработка вычислительных методов для нахождения границы статической устойчивости по напряжению, после которой пропадает решение уравнений балансов мощностей в системе (режим перестает существовать). Предлагается модифицировать стандартный солвер для решения задачи Load Flow (который работает с использованием метода Ньютона-Рапсона) для более быстрого вычисления пределов по нагрузке и пределов по пропускной способности. Новый алгоритм дополняет стандартные уравнения для балансов мощностей условиями на ограничения напряжений и дополнительными ограничениями (Transversality constraints). Дополнительные ограничения заключаются в условии вырожденности матрицы Якоби для системы уравнений балансов мощностей. Дополнительные ограничения определяют то, что решение новой задачи обязательно лежит на кривой, определяющей предел по нагрузке. В результате, новая задача получается невырожденной и может быть решена лишь некоторыми итерациями стандартного метода Ньютона-Рапсона. Различные способы выбора дополнительных ограничений были предложены наряду с быстрыми алгоритмами для анализа условий и их градиентов. Метод протестирован на нескольких моделях сетей (IEEE модели).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

Описание представляемых проектов

Различные модели были прорешены новым методом с использованием различных дополнительных ограничений в задаче поиска предела по нагрузке. Подтверждено, что алгоритм сходится к корректному решению (проведено сравнение с последовательным методом Ньютона-Рапсона). Большинство дополнительных условий ускоряют сходимость и позволяют найти решение, выполнив меньшее число итераций.

Ключевым достоинством разработанного метода перед традиционным итеративным методом Ньютона-Рапсона или более продвинутым методом последовательного решения уравнений балансов мощностей (Continuation Power Flow) заключается в его высокой вычислительной эффективности и простой применимости, которая не требует адаптации формулировки проблемы поиска границы устойчивости по нагрузке.

Метод позволяет естественно внедрить ограничения, которые обычно нарушаются до того как стабильность по напряжению пропадает. При этом новый метод вычислительно устойчив и основан на типичных разложениях матриц, значит имеет минимальную вычислительную сложность по сравнению с обычным анализом уравнений режима. Существует несколько путей развития данной идеи, которые могут быть исследованы в будущем. Во-первых, существует несколько способов введения дополнительных условий, которые по-разному влияют на скорость сходимости и вычислительную стабильность. Остается вопросом, существует ли наиболее эффективный выбор дополнительных условий.

КОМБИНИРОВАННОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ, ТЕПЛОЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ: ОТ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДО РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЙ

Альдо Биски

Представленный доклад будет посвящен теме электрической, тепловой генерации и хранению энергии. С одной стороны, мероприятия по моделированию продолжают в отношении характеристик производительности современных энергетических систем, хранения электрической энергии, хранения тепловой энергии, гибридных энергетических циклов геотермальные-биомассы и термоэлектричества. С другой стороны, совместные экспериментальные мероприятия были проведены в лаборатории Миланского политехнического университета (Италия), в отношении микро- когенерации, как Двигатель Стирлинга и протонный обмен мембраны (PEM), топливные элементы. Процесс комбинированного охлаждения, тепловой и электрической энергии (CCHP) генерирующих единиц также оптимизирован, опираясь на точную характеристику единиц, исходя из вышеуказанных видов деятельности, а также интеграция с национальной электрической и газовой сетью вместе с централизованным теплоснабжением сетевых ограничений и нагрузок неопределенности.

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ АДАПТИВНОСТИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И ЭЛЕКТРОТЯГОВЫХ СЕТЕЙ К ГОЛОЛЕДООБРАЗОВАНИЮ НА ИХ ЭЛЕМЕНТАХ

Дмитрий Титов

Первый проект направлен на снижение потока отказов высоковольтных линий по причине гололедообразования и связанного с этим недоотпуска электроэнергии (в настоящее время гололед - причина до 80% недоотпуска в регионах юга, Дальнего Востока, Поволжья и

Северо-Запада). Проект позволит повысить своевременность проведения противогололедных мероприятий и проводить подогрев провода без отключения потребителей. Инновационные решения, применяемые в проекте, позволят значительно снизить стоимость обоих процессов.

Цель реализации второго проекта: снижение времени поиска перекрытого полимерного изолятора и проведение диагностики состояния стеклянных, фарфоровых и полимерных изоляторов при плановых осмотрах высоковольтных линий линейным персоналом. Проект предполагает создание программно-аппаратного комплекса, измеряющего и транслирующего информацию о величине токов утечки в подвеске, а также проводящего оценку состояния изолятора на основе результатов измерений.

Обе разработки могут быть интересны сетевым организациям, таким, как ПАО «Россети» и «Роснефть», а также их ДЗО. Отдельные элементы первого проекта проходят опытно-промышленную эксплуатацию в ПАО «МРСК Юга», входят в реестр инновационных продуктов «Россети». Второй проект входит в программу инновационного развития ПАО «ФСК ЕЭС».

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ SMART GRID

Артем Ванин, Олег Бахмисов, МЭИ

В ходе презентации будут рассмотрены следующие вопросы:

- Состояние отечественных распределительных сетей;
- Перспективы внедрения распределенной генерации в отечественных распределительных сетях;
- Современные подходы к управлению режимами в распределительных сетях;
- Моделирование функционирования интеллектуальной системы управления режимом в распределительной сети.

СТИМУЛИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЦИИ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ В ЕДИНУЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ

Артем Ванин, Олег Бахмисов, МЭИ

В ходе презентации будут рассмотрены следующие вопросы:

- Децентрализация единой энергосистемы и развитие распределенной генерации в России;
- Механизмы стимулирования интеграции объектов распределенной генерации в Единую энергетическую систему;
- Новые способы поддержки возобновляемых источников энергии при технологическом присоединении;
- Участие объектов распределенной генерации в рынке системных услуг и управлении спросом.

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ПО ВОПРОСАМ УЧАСТИЯ:

Годунова Виктория V.Godunova@skoltech.ru,
тел.: + 7 495 280 14 81 (доб. 3502)

Рабочий язык семинара - русский.

*Синхронный перевод на русский и английский языки будет
обеспечен во время представления докладов.*



КОНТАКТНЫЕ ДАННЫЕ:

г. Москва, ул. Нобеля, д. 3, Сколтех,
3 этаж, ауд. 303

crei.skoltech.ru/energysystems