



Некоммерческое партнерство «Российский национальный комитет Международного Совета по большим электрическим системам высокого напряжения» (РНК СИГРЭ)

109074, Россия, г. Москва, Китайгородский проезд, дом 7, стр.3. ОГРН 1037704033817.
ИНН 7704266666 / КПП 770501001. Тел.: +7 (495) 627-85-70. E-mail: cigre@cigre.ru

**Подкомитет Технического комитета РНК СИГРЭ
по тематическому направлению С6
«Системы распределения электроэнергии и распределенная генерация»**

ОТЧЕТ

**об участии в 45-ой сессии Международного Совета по большим
электрическим системам высокого напряжения (СИГРЭ)
(Париж, Франция, 23-29 августа 2014 г.)**

Представитель РНК СИГРЭ в
исследовательском комитете С6
"Распределительные сети и распределенная
генерация", к.т.н.

П.В. Чусовитин

Екатеринбург, 2014

Оглавление

Введение.....	3
1. Заседание исследовательского комитета.....	3
2. Организационная встреча комитета.....	6
3. Собрания рабочих групп.....	11
4. Секция стендовых докладов.....	12
Заключение.....	16

Введение

С 23 по 29 августа 2014 года в Париже (Франция) прошла очередная 45-я сессия Международного Совета по большим электрическим системам высокого напряжения. В рамках 45-ой сессии прошло заседание исследовательского комитета С6 (28 августа с 8:45 до 18:00 в зале "Grand Amphitheatre"), организационная встреча комитета С6 (27 августа с 9:00 до 16:30 в аудитории 253), встречи шести рабочих групп, а также были представлены стендовые доклады (26 августа с 9:00 до 12:30 в аудитории "Hall Passy").

1. Заседание исследовательского комитета

В ходе одной из организационных встреч исследовательского комитета С6 для обсуждения на 45-ой сессии были предложены предпочтительные темы:

1. Планирование в распределительных сетях с большой долей ВИЭ и новых видов нагрузки;
2. Управление режимом активной распределительной сети;
3. Новые функции и услуги, которые распределительная сеть может предоставлять системообразующей сети.

По этим темам для обсуждения на 45-ой сессии было выбрано 29 статей. От Российского Национального Комитета (РНК) СИГРЭ была направлена одна статья:

С6-106 *Ю. Кучеров, П. Илюшин, С. Некрасов, С. Филиппов и др.*

Особенности интеграции малых распределенных ТЭЦ в энергосистему.

Основные вопросы, обсуждаемые в рамках предпочтительной темы "**Планирование в распределительных сетях с большой долей ВИЭ и новых видов нагрузки**" заседания исследовательского комитета:

- Планирование;
- Моделирование нагрузок и генерации;
- Управление режимом распределительной сети.

Статьи о **планировании** были в основном посвящены обозначению новых возможностей, которая дает распределенная генерация для обеспечения надежности электроснабжения и повышения энергоэффективности. Обсуждались вопросы: организации взаимодействия системных операторов и сетевых компаний с целью безопасной интеграции распределенной генерации в энергосистему; необходимости новых способов

управления (в том числе оперативного) распределительной сетью; создания новых моделей ВИЭ, основанных на вероятностном подходе, а не на моделировании отдельных установок; создания информационной инфраструктуры распределительной сети. По этим вопросам было шесть выступлений, в том числе представителя от РНК СИГРЭ в исследовательском комитете С4 Ю.Н. Кучерова.

В статьях посвященных *моделированию нагрузок и генерации* представлены возможности применения агрегированных моделей совмещающих в себе район нагрузки с локальной генерацией и системой управления, обеспечивающей оптимизацию рассматриваемого района. Кроме того, описаны возможности создания универсальных моделей распределенной генерации, содержащих в себе различные урны детализации для моделирования процессов различного масштаба (по времени и по размеру анализируемой энергосистемы). На заседании обсуждались вопросы: возможности создания универсальных моделей для зарядных станций электромобилей, могут ли модели пробок и другие модели городской инфраструктуры быть интегрированы в контур оперативного управления распределительной сетью; стандартизации моделей распределенной генерации. По этим вопросам было 4 выступления.

Управление режимом распределительной сети было представлено в контексте управления сетями низкого напряжения: снижение колебаний напряжения за счет оптимизации режимов заряда/разряда накопителей энергии; поддержание напряжения в низковольтных сетях, роль реактивной мощности; создание системы передачи данных от низковольтной сети. На заседании обсуждались вопросы: оправданности использования цифровых систем моделирования в темпе процесса для верификации моделей устройств, устанавливаемых в распределительной сети; выбора наилучших способов передачи данных для управления распределительной сетью; организации систем поддержания напряжения в низковольтных сетях. По этим вопросам было 7 выступлений.

Основные вопросы, обсуждаемые в рамках предпочтительной темы "**Управление режимом активной распределительной сети**" заседания исследовательского комитета:

- Новые методы оперативного управления и регулирования в распределительных сетях;
- Накопители энергии и электромобили;

- Требования к подключению распределенной генерации и применение радиосвязи для организации релейной защиты и автоматики.

Статьи посвященные *новым методам оперативного управления и регулирования в распределительных сетях* касались кластерного масштабированного управления распределительной сетью; проблем регулирования напряжения распределительной сети; оптимизации режима сети для минимизации потерь активной мощности и повышения надежности электроснабжения потребителей. Много внимания в статьях посвященных этой тематике уделялось организации современных систем сбора данных, а также организации взаимодействия системных операторов и сетевых компаний по управлению режимом. В рамках этой тематике обсуждались вопросы: возможности создания алгоритма оценивания состояния распределительной сети с учетом малого числа доступных измерений в таких сетях; способов передачи данных в системах автоматизированного сбора информации со счетчиков; создания моделей прогнозирования выработки распределенной генерации; создания алгоритмов разгрузки установок распределенной генерации для ограничения перегрузки сетевых элементов. По этим вопросам было 11 выступлений.

В статьях посвященных *накопителям энергии и электромобилям* рассматривались проблемы создания систем управления режимом распределительной сети, которые учитывают возможность изменения режима заряда/разряда накопителей. В качестве целей этого дополнительного управления рассматривались: решение задачи оптимального потокораспределения; снижение амплитуды колебаний напряжения; снижение реверсивных потоков в распределительной сети; снижение коэффициента неравномерности графика нагрузки. В рамках этой тематике обсуждались вопросы возможности возврата инвестиций в установку накопителей энергии за счет выравнивания графика нагрузки, а также методы управления режимом заряда/разряда накопителей для поддержания режимных параметров распределительной сети. По этим вопросам было 5 выступлений.

По вопросу *требований к подключению распределенной генерации и применение радиосвязи для организации релейной защиты и автоматики* было принято две статьи. Одна посвящена обзору требований к подключению установок распределенной генерации. Другая представляет результат опробования различных технологий беспроводной передачи для

сбора и передачи информации в распределительной сети. По этим темам было два выступления в которых авторы статей отвечали на уточняющие вопросы.

Предпочтительная тема **"Новые функции и услуги, которые распределительная сеть может предоставлять системообразующей сети"** не вызвала интереса на 45-ой сессии. По этой теме было принято две статьи. Одна посвящена опыту Франции по созданию рыночной площадки, на которой сетевые компании конкурируют между собой по предоставлению услуг по снижению потребления/генерации на уровне распределительной сети для выполнения режимных ограничений. Покупателем на этом рынке является системный оператор Франции. В проекте предлагается ввести на рынке известную роль "Агрегатор", которая должна обеспечивать функционирование рыночной модели аналогично Администратору Торговой Системы.

Германская статья описывает попытки организации взаимодействия между системными операторами и сетевыми компаниями по управлению перетоками реактивной мощности из распределительной сети. В данной статье рассматривается возможность использования распределительной сети, как источника реактивной мощности, который может быть конкурентноспособен по сравнению с традиционными средствами компенсации.

В данной теме не было обсуждений.

В целом по результатам дискуссии можно отметить, что ввиду увеличения доли распределенной генерации и других экологичных технологий (электромобили, накопители энергии) сложность задач, решаемых при планировании и оперативном управлении распределительной сетью приближается к задачам, стоящим перед системообразующей сетью. При этом вопрос об экономической (рыночной) оправданности создания сложных систем управления распределительной сетью остается открытым. Однако новые возможности управления распределительной сетью активной обсуждаются и представляются привлекательными. В том числе интересны те рычаги технологического управления, которые может предоставлять распределительная сеть оперативно-диспетчерскому управлению.

2. Организационная встреча комитета

Организационная встреча исследовательского комитета С6 собрала около 60 человек.

Программа встречи:

- 1) Доклад председателя С6 о результатах заседания технического комитета.
- 2) Доклады действующих рабочих групп о завершенности их работы.
- 3) Представление предложений о создании новых рабочих групп.
- 4) Обсуждение места проведения симпозиума в 2015 году. Представление для голосования мест проведения симпозиума в 2017 году.
- 5) Представление мер по совершенствованию интернет-сайта С6.
- 6) Обсуждение предпочтительных тем и вопросов для Сессии 2016 года.

В *докладе председателя С6* было озвучено пожелание активнее организовывать обучающие семинары. В 2013 году CIGRE провел 7 обучающих семинаром, но ни одного по направлению С6.

Была отмечена активизация взаимодействия с другими энергетическими объединениями (CIRED, IEEE). В последние годы было создано 7 совместных рабочих групп CIGRE-CIRED. Все чаще симпозиумы CIGRE проводятся совместно с мероприятиями IEEE.

Новый проект CIGRE "Зеленые книги" был начат с участием С6. Книги освещают результаты работы CIGRE в какой-либо предметной области. Первые две книги были опубликованы комитетами С6 и В2. Кроме того, было анонсировано начало выпуска журнала "Scientific Electra" с более теоретическим, научным уклоном.

Было озвучено требование к рабочим группам по ограничению числа представителей от одного национального комитета (не более 2 экспертов).

Доклады о завершенности работы представили следующие рабочие группы:

WG С6.19 - Методы планирования и оптимизации в активных распределительных сетях. Группа начала работу в 2010 году (планировалось завершить в 2012 году) и на заседании доложила о завершении работ в 2014 году. По результатам будет опубликована техническая брошюра, статья на Сессии 2016 года и организован обучающий семинар. Основные выводы к которым пришла группа: необходимо переходить от детерминистских методов планирования к вероятностным и от подходов, основанных на затратах, к подходам, основанным на рисках. Такой вывод не удивителен для

распределительной сети т.к. в ней существует множество малых источников, число и выдачу которых невозможно определить точно.

WG C6.20 - Интеграция электромобилей в энергосистему. Группа начала работать в 2010 (планировалось завершить в 2012 году) и на заседании доложила о завершении работ в 2014 году. Результатом работы станет техническая брошюра (объемом около 200 страниц). Идея интеграции электромобилей заключается в объединении их в "виртуальную электростанцию" и реализации различных возможностей управления режимом, свойственных электростанции (например статическое регулирование частоты).

WG C6.21 - Интеллектуальные системы измерений - текущий уровень технологий, стандарты и требования к устройствам в будущем. Группа начала работать в 2010 (планировалось завершить в 2012 году). На заседании не было представлено презентации, а завершенность работ была охарактеризована как "финальная стадия" без конкретных сроков и результатов.

WG C6.22 - Микросети. Группа начала работать в 2010 (планировалось завершить в 2012 году). Доклад группы заключался в том что подготовленный материал слишком велик для одной брошюры и его предлагается разделить на две. Материал был назван "Дорожная карта развития микросетей". При этом срок завершения даже первой брошюры не был объявлен.

WG C6.23 - Терминология. Группа была преобразована из консультативной группы с тем же названием. О результатах не было доложено.

WG C6.24 - Пропускная способность распределительных фидеров для подключения распределенной генерации. Группа начала работать в 2011 (планировалось завершить в 2013 году). Проект технической брошюры разослан в июле 2013 года, собираются замечания и брошюра готовится к публикации.

JWG - C6.25/B5/CIRED - Системы управления и автоматизации для распределительных электрических систем будущего. Группа начала работать в 2011 (планировалось завершить в 2014 году). В докладе было обозначено, что тема группы слишком обширна и предлагается ее уменьшить до вопросов координации управления между системными операторами и сетевыми компаниями. Сроки завершения не обозначены.

JWG - C6.26/B5/CIREД - Релейная защита распределительных систем с распределенной генерацией. Группа начала работать в 2011 (планировалось завершить в 2014 году). Было доложено о завершающей стадии работ - брошюра готова, проходит вычитку и согласование.

WG C6.27 - Управление активами в распределительных сетях с большой долей распределенной генерации. Группа начала работать в 2012 (планировалось завершить в 2014 году). В докладе был обозначен перенос завершения работ на август 2015 года.

JWG C4/C6.35/CIREД - Моделирование и динамические характеристики генерации с использованием выпрямителей в исследованиях передающей и распределительной сети энергосистемы. Доклад не был представлен.

У двух рабочих групп на Сессии 2014 года собрания прошли впервые:

- WG C6.28 - Гибридные системы для автономного электроснабжения. В группу вошли два представителя от РНК СИГРЭ: Павел Чусовитин, Дмитрий Корев.
- WG C6.30 - Влияние систем накопления энергии на работу распределительной сети. В группу вошли три представителя от РНК СИГРЭ: Николай Шубин, Юрий Кучеров, Константин Никишин.

На встрече поступили *предложения по созданию новых рабочих групп*:

- Применение статических компенсаторов реактивной мощности в сетях среднего и низкого напряжения. Статические компенсаторы могут применяться для поддержания напряжения, улучшения качества электроэнергии, оптимизации режимов работы распределительной сети. В ходе обсуждения было предложено ограничить предметную область группы до регулирования напряжения. Была поставлена задача готовить круг полномочий группы.
- Применение измерений от интеллектуальных счетчиков для управления распределительной сетью. Предложение поступило от представителей Китая, были представлены наработки по этой теме. Обсуждались разные временные интервалы управления: управление в реальном времени (выявление участка повреждения), секундные интервалы (регулирование напряжения), планирование

(анализ не в темпе процесса). Была поставлена задача готовить круг полномочий группы.

- Сети среднего и низкого напряжения на постоянном токе. В ходе обсуждения было принято решение, что эта тема не слишком актуальна. Существует несколько исследовательских плотных проектов из которых не очевидна выгода таких систем. Было принято решение не создавать группу.
- Проблемы и новые возможности управления для системных операторов, связанные с появлением распределенной генерации в распределительной сети. Группа будет посвящена изучению возможностей применения распределенной генерации, находящейся в распределительной сети для управления режимом системообразующей сети, а также сложностей управления связанных с появлением этой генерации. Основным организационным инструментом здесь представляется "виртуальная электростанция". Была отмечена актуальность данного вопроса и тот факт, что в IEEE работает аналогичная группа. Поставлена задача готовить круг полномочий группы.

На встрече было анонсировано *место проведения симпозиума CIGRE С6* в 2015 году - столица Южно-Африканской республики: г. Кейптаун. Также представители нескольких национальных исследовательских комитетов предложили провести симпозиум 2017 года в своих странах: Ирландия, Бразилия, Испания. Материалы для голосования по вопросу места проведения симпозиума 2017 года будут разосланы позднее.

Состояние сайта комитета С6 оставляет желать лучшего. На сайте отсутствует актуальная информация о деятельности комитета. На встрече было объявлено, что долгое время не удавалось найти кандидатуру на роль администратора интернет-сайта. Эта проблема вскоре решится и содержание сайта существенно улучшится.

На встрече обсуждался *проект предпочтительных тем (ПТ)* для Сессии 2016 года. Были обозначены и откорректированы сами темы и входящие в них вопросы:

ПТ1: Комплексное планирование и эксплуатация активных распределительных сетей:

- Новые методы для интегрирования процессов планирования и эксплуатации, управления и защиты;

- Необходимые технологии в условиях роста доли возобновляемых источников энергии, включая накопители энергии и технологии интеграции потребителя;
- Взаимодействие системных операторов, сетевых компаний, агрегаторов и будущих участников рынка; вклад распределенной генерации в системную надежность; требования по присоединению и коммуникации.

ПТ2: Энергетическая инфраструктура для современных сетей

- Умные Города (Smart Cities);
- Мульти-энергетические системы (электричество, тепло, холод, газ, вода, транспорт);
- Разработки, меняющие «правила игры» (умные счетчики, новые энерготехнологии, постоянный ток, ...).

ПТ3: Микроэнергосистемы и изолированные гибридные системы

- Технологические вызовы;
- Реальные проекты;
- Бизнес модели проектов и Дорожные карты.

Проект предпочтительных тем не был утвержден на встрече и будет дорабатываться. Окончательная версия будет разослана представителям национальных комитетов.

3. Собрания рабочих групп

В ходе Сессии 2014 года прошли собрания рабочих групп.

- 25 августа:
 - WG C6.21 - Интеллектуальные системы измерений - текущий уровень технологий, стандарты и требования к устройствам в будущем (аудитория 315, весь день).
 - WG C6.28 - Гибридные системы для автономного электроснабжения (аудитория 124, 10:00 - 12:00). На собрании обсуждался проект содержания итогового отчета по работе группы (брошюры). В ходе обсуждения более четко вырисовывалась предметная область группы. Работа будет посвящена изучению опыта эксплуатации автономных систем электроснабжения удаленных территорий, анализу современных технологий (основного оборудования и систем управления) для организации такого электроснабжения. Будет проанализирован мировой опыт и выделены лучшие решения,

даны рекомендации по применению современных технологий в будущем. Также будут проанализированы стандарты управления и выделены отличия от аналогичных стандартов крупных энергосистем. При разработке рекомендаций по организации автономного электроснабжения будет делаться упор на минимизацию генерирующих источников на органическом топливе за счет внедрения возобновляемых источников и накопителей электроэнергии.

- 26 августа:
 - JWG C6.25/B5/CIREN - Системы управления и автоматизации для распределительных электрических систем будущего (аудитория 314, 13:45 - 18:00).
 - WG C6.30 - Влияние систем накопления энергии на работу распределительной сети (аудитория 352 А, 15:00 - 18:00).
 - WG C6.22 - Микросети (аудитория 104, итоговая встреча).
- 27 августа:
 - JWG C4/C6.35/CIREN - Моделирование и динамические характеристики генерации с использованием выпрямителей в исследованиях передающей и распределительной сети энергосистемы (аудитория 332, 9:00 - 18:00).

4. Секция стендовых докладов

Основное внимание на секции стендовых докладов было уделено управлению режимом распределительной сети преследующее различные цели. Регулировать режим распределительной сети можно за счет установок на органическом топливе, накопителей электроэнергии и устройств силовой электроники.

С появлением в распределительной сети источников электроэнергии амплитуда колебаний напряжения в ней стала существенно больше. Возникла задачи стабилизации напряжения и поддержания его значений в допустимом диапазоне. На рисунке 1 представлен пример влияния статических компенсаторов реактивной мощности на напряжение в распределительной сети.

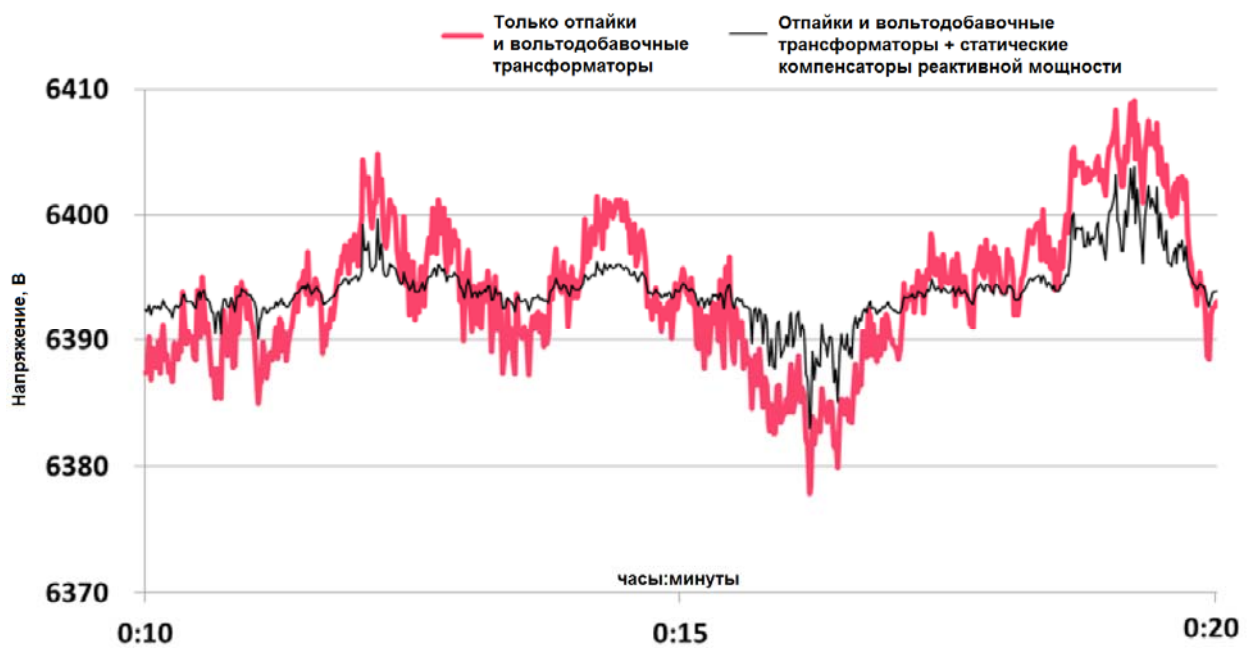
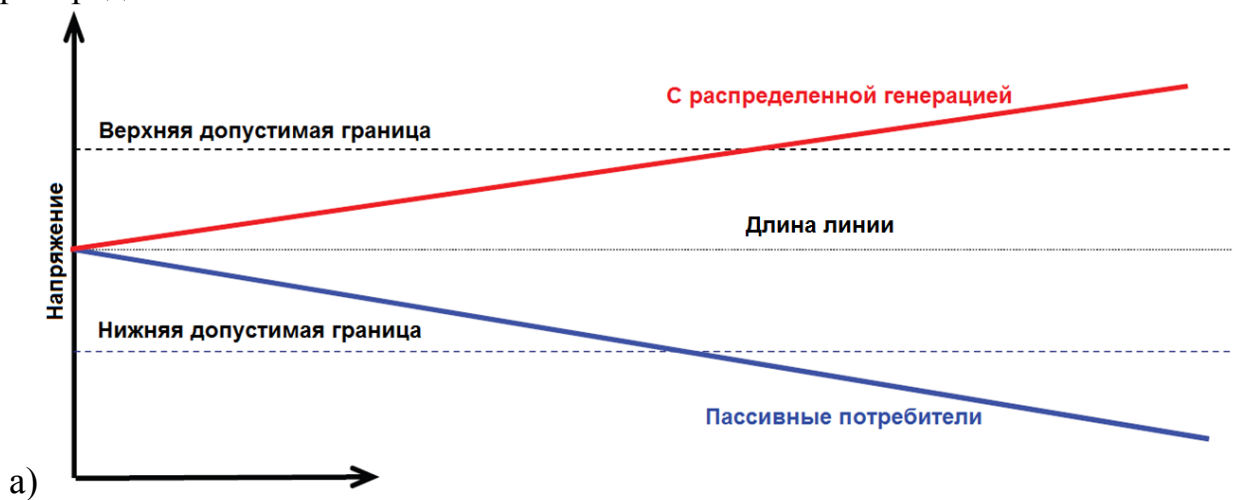
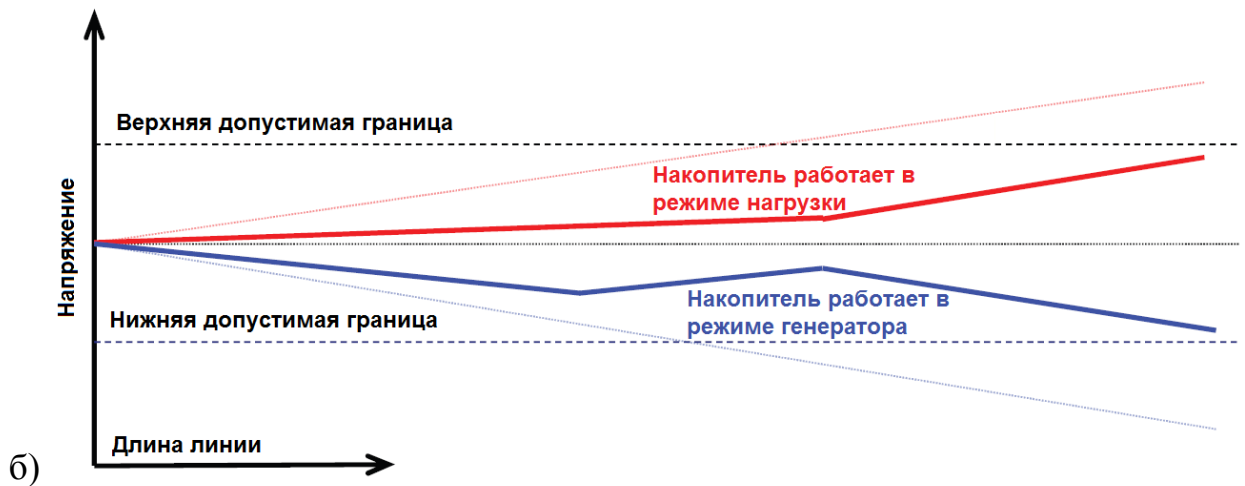


Рисунок 1 - Профиль напряжения распределительной сети

Применяя быстродействующие компенсаторы реактивной мощности можно добиться стабилизации напряжения в распределительной сети и в некоторых случаях обеспечить изменение напряжения в допустимом диапазоне, когда без средств компенсации это невозможно.

На рисунке 2 показана возможность применения системы накопления энергии для обеспечения требуемого диапазона напряжений в распределительной сети.





б) Рисунок 2 - Профиль напряжения вдоль питающей линии распределительной сети: а) пассивная нагрузка и распределенная генерация; б) с накопителями электроэнергии

Традиционно в распределительной сети напряжение вдоль питающих линий падает. С появлением распределенной генерации профиль напряжения вдоль питающей линии может быть больше чем в начале и превышать допустимые границы. При наличии соответствующей системы управления, системы накопления энергии позволяют обеспечить допустимость уровней напряжения в распределительной сети.

Кроме того, управление накопителями энергии позволяет выравнять график нагрузки распределительной сети. На рисунке 3 показан эффект выравнивания графика нагрузки за счет применения когенерационных установок и накопителей электроэнергии.

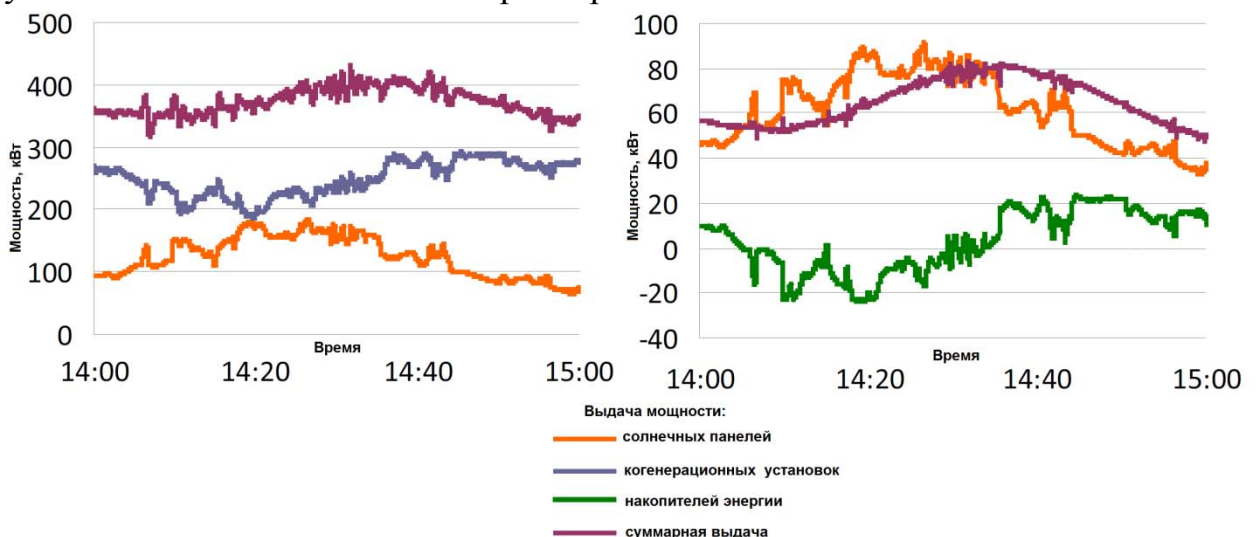


Рисунок 3 - Часовой график выдачи мощности

Из графика на рисунке видно, что накопители энергии обеспечивают безинерционный отклик и точнее поддерживают баланс мощности. Накопители могут быть экономически оправданными для выравнивания

графика нагрузки при накоплении в часы минимума и выдаче в часы максимума нагрузки. На рисунке 4 представлен пример такого управления.

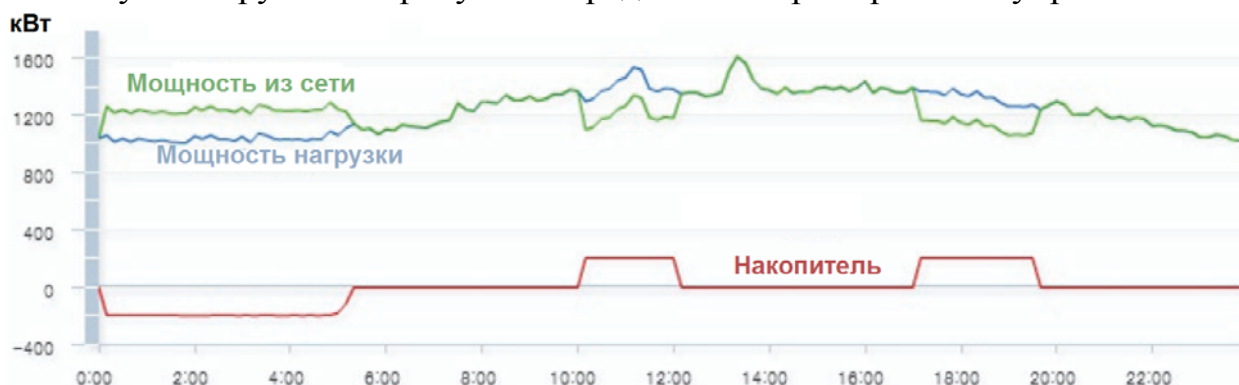


Рисунок 4 - Суточный график мощности

В случае большой разницы между ценами в ночной минимум и дневной максимум накопители могут окупать себя. Кроме того, при соответствующем управлении потребитель может существенно экономить на плате за мощность.

Также на секции стедновых докладов были представлены варианты решения задачи ввода режима в допустимую область (ВРДО). На рисунке 5 представлен пример реализации этой задачи.

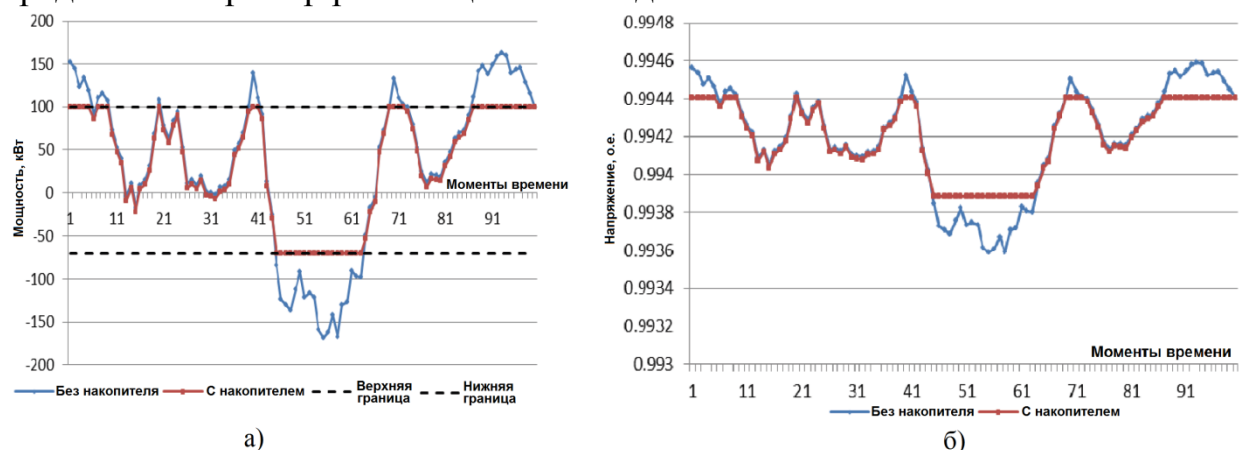


Рисунок 5 - Графики изменения параметров режима распределительной сети с учетом ВРДО и без него: а) мощность; б) напряжение

Кроме ограничения за счет применения накопителей на секции были представлены проекты в которых реализуется ограничение выдачи мощности источников распределенной генерации для обеспечения режимных требований. В этом случае решается оптимизационная задача минимизации отключаемой генерации.

Также на секции были представлены методы оценки пропускной способности питающих линий распределительной сети для определения допустимых объемов подключения распределенной генерации.

Отдельно рассматривалось применение электромобилей для решения тех же задач, которые решаются с помощью накопителей энергии с тем

исключением что для электромобилей необходимо формировать сложные ограничения на режимы заряда/разряда. В целом интеграцию электромобилей в контур управления распределительной сетью предлагается осуществлять на основе концепции "виртуальной электростанции".

Другой темой представленной на секции стендовых докладов является организация систем сбора и передачи данных для систем управления распределительной сетью. Очевидно, эти системы должны быть основаны на более простых и дешевых технологиях чем системы сбора и передачи информации в системообразующих сетях. В этом случае надежность ниже, но риск не так велик и потому снижение надежности информационной системы допустимо. Большинство предложений для организации систем сбора и передачи данных в распределительной сети основано на беспроводных технологиях.

В целом можно сделать вывод, что развитие распределенной генерации вызывает в мировом научно-техническом сообществе те же вопросы, что и в отечественном. Отличие заключается в том, что в большинстве случаев распределенная генерация за рубежом это возобновляемая генерация, а в отечественной практике это генерация, основанная на органическом топливе. Таким образом, подходы предлагаемые за рубежом и отечественными исследователями во многом схожи. Основным отличием работ представленных на секции является то, что большинство проектов это пилотные проекты, тестируемые на реальном оборудовании.

Заключение

Сессия 2014 года показала множество проблем, связанных с появлением распределенной генерации, общих для отечественной и зарубежной энергетики. Не смотря на то, что источником этих проблем являются разные виды генерации (возобновляемая и на органическом топливе) подходы к их решению во многом близки. Однако не стоит заимствовать зарубежные решения полностью.

Во-первых, в отечественной научно-технической среде есть не менее прогрессивные идеи. Нужно наоборот стремиться донести их до мирового энергетического сообщества. Однако, для представления этих идей необходимо создание пилотных проектов, поскольку решения протестированные на простых моделях энергосистем не представляют большой ценности для CIGRE, как организации ориентированной в большей степени на практическую реализацию научных разработок.

Во-вторых, ориентация зарубежной энергетики на собственника (сохранность оборудования потребителя или/и владельца генерации) делает невозможным применение некоторых решений в отечественной энергетике, которая ориентирована на обеспечение надежности системы в целом.