СИГРЭ. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОМИТЕТ С6 «СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ГЕНЕРАЦИЯ»

АВТОРЫ:

КУЧЕРОВ Ю.Н.,
Д.Т.Н.
ОАО «СО ЕЭС»

ФЕДОРОВ Ю.Г.
ОАО «СО ЕЭС»

В августе 2012 г. в Париже прошла 44-я сессия Международного совета по большим электроэнергетическим системам СИГРЭ (Conseil International des Grands Réseaux Electriques). Это крупное событие международного уровня, которое привлекает внимание исследователей, ученых, инженеров, специалистов и менеджеров в области электроэнергетики со всего мира. Мы продолжаем рассказ о деятельности этой организации (активными членами которой являются ОАО «СО ЕЭС» и ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС») и о результатах работы 44-й сессии. В предыдущих номерах мы рассказали о деятельности двух исследовательских комитетов (ИК): А2 «Трансформаторы» и В4 «Оборудование электропередач постоянного тока высокого напряжения и мощной силовой электроники». В настоящем номере мы публикуем статью представителя Российского национального комитета СИГРЭ в ИК С6, члена президиума НП «НТС ЕЭС», руководителя департамента технического регулирования ОАО «СО ЕЭС», д.т.н. Кучерова Ю. Н. и главного специалиста ОАО «СО ЕЭС» Федорова Ю. Г. Речь пойдет о деятельности ИК С6 «Системы распределения электроэнергии и распределенная генерация».

Международный совет по большим электроэнергетическим системам СИГРЭ – постоянно действующая неправительственная и некоммерческая международная ассоциация, центральный офис которой расположен в Париже

1. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Развитие современного общества в технологически развитых странах, а также центрах бурного экономического роста осложнено рядом проблем, обусловленных ограниченностью энергоресурсов и необходимостью эффективного использования энергии в производстве и жизнедеятельности в целом. В ответ на вызовы современности изменяется направление развития электроэнергетики, которая приобретает при этом ряд особенностей: во-первых, активное стимулирование энергосбережения и снижения потерь электроэнергии и, во-вторых, стремительный рост «зеленой» генерации и распределенных источников энергии. При этом интеграция ***распределенной генерации*** в энергосистему предоставляет новые возможности по обеспечению надежного электроснабжения потребителей в сравнении с традиционной моделью централизованного энергоснабжения.

Объектами исследования ИК С6 являются системы передачи и распределения электроэнергии, а предмет исследования формулируется вокруг вопросов технического воздействия распределенной генерации на организацию структуры и управления данных систем. Область интересов ИК С6 включает вопросы применения технологий Microgrid, управления на стороне потребителей электроэнергии, использования накопителей электроэнергии и электрификации сельских областей. По определению ИК С6, распределенная генерация – это совокупность генерирующих объектов малой мощности, подключенных к распределительной сети класса напряжения до 69 кВ, производящих электроэнергию поблизости от места ее конечного потребления.

Несколько слов о структуре ИК С6. Председатель – Николаос Хатзиаргуриу (Nikolaos Hatziargyriou, Греция), секретарь – Кристина Швагерл (Christine Schwaegerl, Германия). В ИК С6 работают 24 постоянных члена, 12 наблюдателей и 39 экспертов.

В составе ИК С6 функционируют четыре консультативные группы (AG) и пять рабочих групп (WG):

- AG C6.01 «Группа по стратегии» (постоянно действующая);
- AG C6.12 «Методическая группа»;
- AG C6.17 «Группа по электрификации сельской местности»;
- AG C6.23 «Группа по терминологии»;
- WG C6.19 «Методы планирования и оптимизации активных распределительных сетей»;
- WG C6.20 «Интеграция электромобилей и электроэнергетических систем»;
- WG C6.21 «Интеллектуальный учет – состояние дел, нормы, стандарты и перспективные требования»;
- WG C6.22 «Микроэнергосистемы (Microgrid)»;
- WG C6.24 «Пропускная способность распределительных фидеров для подключения распределенной генерации» (начало работы – май 2011 г.).

В 2012 г. было образовано еще несколько новых рабочих групп:

- WG C6.25 «Системы управления и автоматизации распределительных электрических сетей будущего» (совместно с CIRED);
- WG C6.18 «Проблемы ограничений на внедре-

ИНФОРМАЦИЯ

ТЕРМИНОЛОГИЯ

Microgrid – это электрическая распределительная система, содержащая нагрузку и распределенную генерацию (распределенные генерирующие установки, устройства аккумулирования, управляемую нагрузку), которая может координированно и контролируемо работать, как будучи присоединенной к основной энергосистеме, так и в изолированном режиме. Терминология Microgrid отражает специфику условий применения: Multi-Microgrid, Milligrid, Virtual-Microgrid и др.

Малая распределенная энергетика – это совокупность организационных и технических структур в области производства и потребления электроэнергии и других видов энергии.

К малой распределенной энергетике относятся модульные генерирующие объекты малой мощности, производящие электрическую и тепловую энергию в непосредственной близости от места ее конечного потребления (не требующие сооружения дополнительных повышающих трансформаторных подстанций) с возможностью использования систем накопления энергии и технологий Smart Grid.

Рис. 1

ние большого объема возобновляемых источников энергии» (совместно с ИК С1 и С2);
– WG C6.26 «Релейная защита распределительных сетей с источниками распределенной генерации» (совместно с ИК B5 и CIRED);
– WG C6.27 «Управление основными производственными фондами в распределительных сетях с большой долей распределенной генерации» (совместно с CIRED);
– WG C6.29 «Качество электроэнергии и фотоэлектрические установки» (совместно с ИК С4).

2. ТЕМАТИКА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ В ПЛЕНАРНЫХ ДОКЛАДАХ

В пленарных докладах на 44-й сессии СИГРЭ проблеме интеграции распределенной генерации в энергосистему было уделено значительное внимание, и она вызвала активное обсуждение среди экспертов. Кроме того, что внедрение распределенной генерации в энергосистему ставит новые технические задачи, наблюдается нарастающий конфликт интересов с крупными генерирующими компаниями, которые терпят убытки от снижения доли своих установок в структуре энергосистемы и балансе электропотребления, а также с электросетевыми компаниями из-за уменьшения передаваемой мощности по распределительным сетям.

В докладе ***Бритты Бухгольц*** (***Britta Buchholz***, глава отделения Smart Grid по Центральной Европе в ABB и член ИК С6 от Германии) об эволюции распределительной сети были приведены примеры североамериканских и европейских проектов Smart Grid, которые интегрируют значительное количество установок распределенной генерации. Например, в Германии суммарная установленная мощ-

Рис. 2.
В Германии суммарная установленная мощность фотоэлектрических установок в настоящее время достигла 30 ГВт

ность фотоэлектрических установок (рис. 2) в настоящее время уже достигла 30 ГВт. В докладе также были представлены направления деятельности ИК С6 (рис. 1) по всем проблемам, возникающим при интеграции большого числа установок распределенной генерации в энергосистему.

Акихико Йокояма (***Akihiko Yokoyama***, заместитель председателя Японского национального комитета СИГРЭ и профессор Токийского университета) в докладе об экологическом воздействии энергетики остановился на основных проблемах, связанных с интеграцией распределенной генерации. В качестве таковых он отметил:

– повышение напряжения в распределительной сети;
– избытки мощности и проблема регулирования частоты;
– реверсивные потоки мощности в сетях низкого и среднего напряжения;
– обеспечение устойчивости энергосистемы при отключении большого числа установок;
– обеспечение изолированной работы разнотиповых установок;
– сложность обслуживания фидеров с активными потребителями и установками распределенной генерации.

Патрик Ваянт (***Patrick Wajant***, представитель оператора Transnet BW, Германия) в докладе «Проблема 50,2 Гц – риск для устойчивости энергосистемы и возможные решения» на специальной секции «Большие возмущения в энергосистеме» представил результаты исследований по проблеме регулирования частоты в энергосистемах с большой долей распределенной генерации (рис. 3). В качестве примера была приведена операционная зона Transnet BW, в которой мощность фотоэлектрических генерирующих установок составляет более 30% от максимума электропотребления.

Согласно ранее действовавшим техническим условиям немецкой ассоциации VDE 0126–1-1, которые

МОДЕЛИРОВАНИЕ «ПРОБЛЕМЫ 50,2 ГЦ»

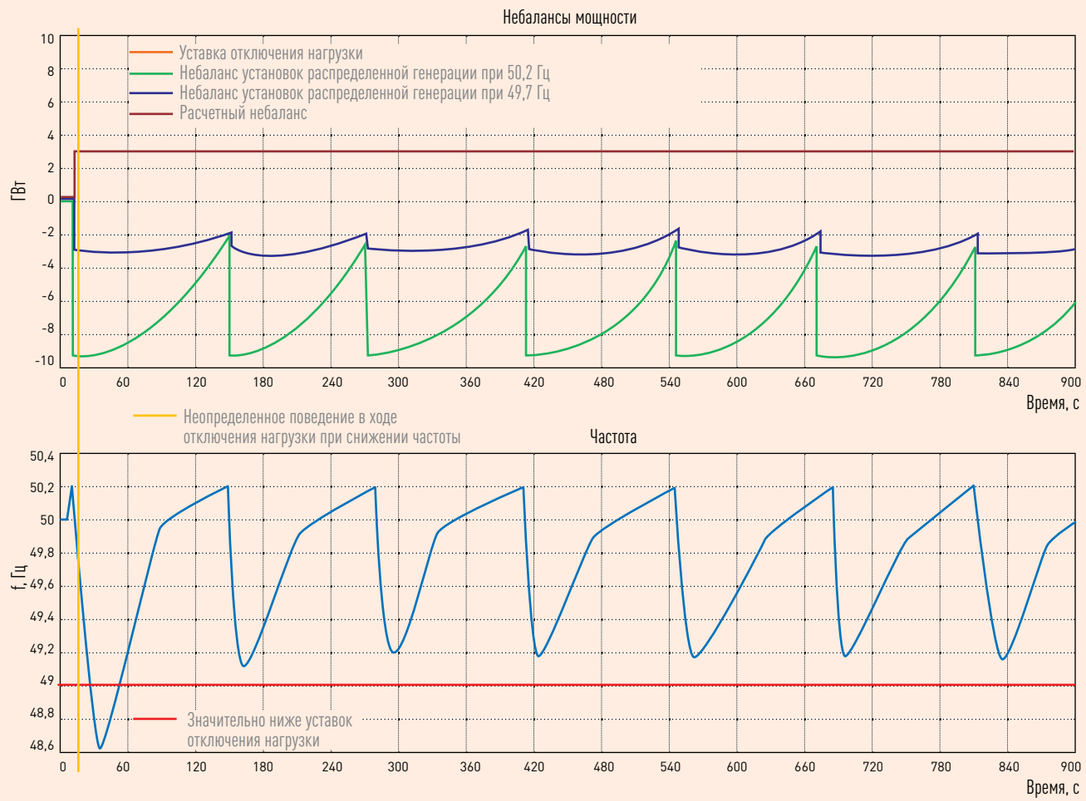


Рис. 3

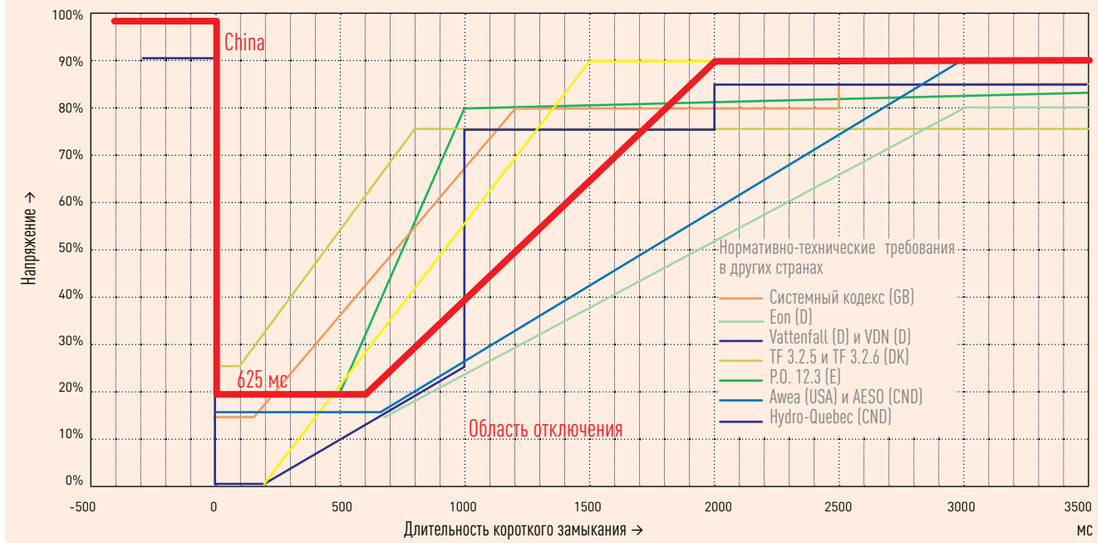
распространялись на генерирующие установки в сетях низкого напряжения, допускалось отключение установок в течение 0,2 с, если частота в энергосистеме отклоняется за пределы диапазона 47,5–50,2 Гц. Однако одновременное отключение большого числа установок может привести к резкому снижению частоты в энергосистеме и неустойчивой работе противоаварийной автоматики, что было показано в результатах моделирования. Для устранения данной проблемы в Германии были разработаны новые технические требования VDE-AR-N 4105, вступившие в силу 01.12.2012 и распространенные на все типы генерирующих установок в сетях низкого напряжения. Эти требования предусматривают плавное снижение мощности генерирующей установки в диапазоне частоты в энергосистеме 50,2–51,5 Гц.

Лингжонг Яо (***Liangzhong Yao***, вице-президент Китайского института EPRI) в своем докладе на секции «Большие возмущения в энергосистеме» рассказал о проблемах управления энергосистемой при отключении большого объема ветрогенерации. В настоящее время суммарная установленная мощность ветроустановок в Китае составляет 45 ГВт, а к 2015 г. планируется достичь величины 150 ГВт. При этом в течение 2011 г. имело место более десяти случаев аварийного отключения ветрогенерации суммарной мощностью более 500 МВт. Причиной таких отключений явилась неспособность установок сохранять устойчивую работу при временном снижении напряжения в сети в результате короткого замыкания (Low Voltage Ride Trough). По результатам анализа аварийных отключений в Китае разработан национальный стандарт с требованиями по присоединению ветрогенераторов к энергосистеме (GB/T 19963/2011), который предусматривает необходимость сохранения генерирующих установок в работе при снижении напряжения до 20% от номинального значения в течение первых 625 мс после возникновения близкого короткого замыкания в электрической сети (рис. 4).

НОРМИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ РАБОТЫ ВЕТРОГЕНЕРАЦИИ ПРИ СНИЖЕНИИ НАПРЯЖЕНИЯ

Соответствие техническим стандартам (источник: IEA Wind Task 25.2009)

State Grid
Corporation of China



УСТОЙЧИВОСТЬ К СНИЖЕНИЮ НАПРЯЖЕНИЯ

№	Название китайских стандартов	Шифр стандартов
1	Технические требования по присоединению ветроферм в энергосистеме	GB/T 19963-2011
2	Требования по проектированию крупных ветроустановок, присоединенных к энергосистеме	NB/T 31003-2011
3	Технические правила по присоединению ветрофермы к энергосистеме	Q/GDW 392-2009

Рис. 4

3. СЕКЦИОННЫЕ ДОКЛАДЫ

На 44-й сессии СИГРЭ по направлениям деятельности ИК C6 было представлено 30 докладов в следующих секциях:

PS 1 – Планирование и управление активными распределительными сетями (Active Distribution Network – ADN), включая распределенную генерацию (Dispersed Energy Resources – DER), накопители энергии и установки потребителей электроэнергии;

PS 2 – Внедрение инфраструктуры для подзарядки электромобилей (Electric Vehicles – EV) в энергосистему;

PS 3 – Электроснабжение сельских и удаленных областей, включая изолированные районы.

Тезисы докладов были обобщены специальными докладчиками ИК C6 по каждой из трех секций, а по результатам опубликован обобщающий доклад, на основе которого выполнен краткий обзор, представленный ниже.

По тематике PS 1 была заявлена наибольшая часть докладов (17 из 30) представителей энергокомпаний, науки, промышленности из стран Европы, Северной Америки, Южной Кореи, Японии и Австралии. В докладах рассматриваются методические вопросы планирования и оптимального управления ADN с технической

ИНФОРМАЦИЯ

ИЗ ДОКЛАДА РАБОЧЕЙ ГРУППЫ СИГРЭ C6.11

Распределенные энергетические ресурсы (DER) – термин, который относится к энергетическим ресурсам (распределенная генерация, управляемая нагрузка или системы накопления энергии), подключенным к распределительной сети при среднем уровне напряжения 1-69 кВ или низком напряжении <1 кВ.

Распределенная генерация (DE) – генерирующие объекты, подключенные к распределительной сети со средним уровнем напряжения 1-69 кВ или низким напряжением <1 кВ. Генерация, соединенная с сетью высокого напряжения (выше 69 кВ), в том числе крупные ветропарки, не входит в эту категорию.

Всемирный союз распределенной энергетики (WADE) определяет децентрализованную энергетику как «производство электроэнергии непосредственно в месте или вблизи от места потребления вне зависимости от мощности, технологии или типа используемого топлива – как в автономном режиме, так и параллельно с сетью».

и экономической точки зрения, анализируются проблемы интеграции возобновляемых источников энергии (ВИЭ) на базе ветроустановок и фотоэлектрических (Photovoltaics – PV) панелей, обсуждаются вопросы стандартизации информационного взаимодействия и приводятся результаты по ряду демонстрационных проектов Smart Grid. Представленные доклады могут быть сгруппированы по трем тематикам.

А) ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВНЕДРЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ, ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УЧЕТА В АКТИВНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

В докладе C6–101 [1] представлен проект Distribution Smart Zone, реализованный в окрестностях Монреаля (Канада) в рамках демонстрационного проекта института EPRI по исследованию Smart Grid. В проекте тестировались перспективные технологии, в том числе: локализация отказов, развитые средства измерения, регулирование напряжения, управление спросом и инфраструктурой подзарядки электромобилей. Среди прочего испытывались средства автоматизации распределительных сетей и оборудование релейной защиты. Также представлены результаты исследования распределительной линии в исследовательском центре Hydro-Quebec, к которой в тестовом режиме подключались различные распределенные источники.

В докладе C6–112 [2] представлен демонстрационный проект Smart Power Grid, реализованный на острове Чеджу (Южная Корея). В проекте исследуются средства автоматизации распределительных сетей, цифровые подстанции, системы передачи электроэнергии, «активная» телеметрия и множество программных возможностей, способствующих улучшению работы Smart Grid.

Доклад C6–102 [3] описывает методологию оценки надежности ADN, включающей все ключевые элементы энергосистемы, в том числе ВИЭ и информационно-коммуникационные технологии. Анализ надежности проводится в рамках моделирования на основе метода Монте-Карло. Показано, что коммуникационные беспроводные системы типа WiMax не оказывают отрицательного влияния на надежность работы энергосистемы.

В докладе C6–114 [4] обсуждается текущее состояние исследований и разработок интеллектуальных средств измерения. Описываются функциональные возможности, особенности применения, ожидаемые положительные эффекты, вопросы планирования и внедрения. Представлено заключение по внедрению проекта Irish Smart Metering в Ирландии. Отмечается, что четкое представление о минимальной спецификации по «интеллектуальному счетчику» все еще не сформировалось.

Доклад C6–110 [5] посвящен применению интеллектуальных средств учета для синхронизированных измерений и решения соответствующих задач в распределительных сетях, таких как: обнаружение перегрузки нейтральных проводников, определение места искажения напряжения, мониторинг устойчивости и т.д. Даны результаты моделирования схемы синхронизации в трехфазной сети с нейтральным проводником. Оцениваются проблемы неустойчивой синхронизации.

В докладе C6–111 [6] рассматривается вопрос целостного управления распределенной генерацией в меняющихся условиях функционирования. Рассматриваются проблемы оптимизации распределения активной и реактивной мощности, координации релейной защиты, регулирования напряжения и управления активной сетью.

Б) МОДЕЛИРОВАНИЕ, ТРЕБОВАНИЯ, ДАННЫЕ И СТАНДАРТЫ ДЛЯ АКТИВНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

В докладе C6–107 [7] рассматривается применение генетических моделей для описания и исследования распределительных Smart Grid. Акцент сделан на проблемах активного управления на стороне потребления и на стороне источников в рамках новых схем энергетических рынков. Потребителям сигналы передаются посредством гибких тарифов и механизмов управления. Им предоставляется возможность регулирования энергии ВИЭ. Предлагаемые подходы являются базисом для Smart Grid и «интеллектуального дома». Обсуждаются также вопросы создания автономного агента для мониторинга нагрузки в рамках проекта INES.

В докладе C6–104 [8] описывается европейский инфраструктурный исследовательский проект DERri, в рамках которого исследуются проблемы передачи информации и возможности обмена данными для моделирования в реальном времени. Описывается модель CRM для компонентов распределенной генерации, включающая описание интерфейса, физическое и математическое представление устройства.

В докладе C6–116 [9] предлагается методология и практическое применение инфраструктуры для расширенного обмена данными в распределительных Smart Grid (европейский проект WEB2Energy). Сформулированы требования к обмену данными и использованию стандартов МЭК. В качестве примера приведена распределительная сеть 20 кВ в Дармштадте (Германия).

В докладе C6–117 [10] рассказано о проекте GAD (Испания) по моделированию коммуникаций в среде, содержащей большое число участников. Целью проекта является эффективное сглаживание кривой потребления автоматическим образом. Дается описание архитектуры Smart Grid и агентов, структуры взаимодействия, а также средств моделирования.

В) УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ВНЕДРЕНИЯ DER, ВКЛЮЧАЯ НАКОПИТЕЛИ, ЭЛЕКТРОМОБИЛИ И УПРАВЛЕНИЕ СПРОСОМ

В докладе C6–103 [11] обсуждается влияние солнечных PV-панелей на работу ADN. Предложены четыре индекса для оценки влияния и показано, как с помощью этих индексов оценить рентабельность внедрения PV-панелей.

В докладе C6–106 [12] предложена система управления распределением электроэнергии (Distribution Management System – DMS) для операторов распределительных сетей в условиях масштабного внедрения ветрогенерации. Система представляет собой информационную поддержку, основанную на оценке текущего состояния и прогнозирования. Система также способна выдавать рекомендации (на основе экспертной оценки) по восстановительным действиям в случаях выхода сети из стандартного режима.

Доклад C6–108 [13] рассматривает проблему управления на стороне потребления в контексте виртуальной электростанции. Потенциальные возможности интеграции на стороне потребления рассматриваются в двух вариантах: активное и пассивное управление потреблением (Demand Side Management – DSM и Demand Side Response – DSR).

Доклад C6–109 [14] описывает применение централизованного регулирования напряжения в сети среднего класса напряжения при учете распределенной генерации.

ИНФОРМАЦИЯ

ИЗ ДОКЛАДА РАБОЧЕЙ ГРУППЫ СИГРЭ C6.11

Активная система распределения – система распределения электроэнергии, в которой местное или дистанционное управление (дистанционное управление может осуществляться на расстояния, превышающие при обычном регулировании напряжения) основной станции используется для того, чтобы увеличить способность распределительной сети принимать сигналы от источников распределенной генерации и потребителей, при этом не выходя за рамки закона.

Активные сети – распределительные сети, которыми управляют высокотехнологичные системы управления со способностью распознавать потоки энергии.

Активные сети – распределительные сети среднего и низкого напряжения, которые можно приравнивать к сетям связи из-за их постоянной энергии, поступающей к более высоким уровням напряжения.

Распределительная сеть считается активной, когда распределенные энергетические ресурсы (спрос и предложение на них) участвуют в обеспечении надежности энергоснабжения.

ИНФОРМАЦИЯ

МАЛАЯ РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА В РОССИИ

В электроэнергетике Российской Федерации к малой энергетике принято относить электростанции мощностью до 30 МВт и агрегаты единичной мощностью от 0,1 до 10 МВт. Малая электроэнергетика в России – это около 49 тыс. электростанций (98,6% от общего числа) общей мощностью 17 млн кВт (8% общей установленной мощности), принадлежащих 60 ведомствам, объединениям, корпорациям, концернам, работающих в энергосистеме и автономно.

Область применения малой распределенной энергетики сегодня – это потребители в децентрализованных зонах либо имеющие нестабильные электрические связи с ЕЭС России; это более 2/3 территории страны, малые поселения, 20 млн человек населения, важнейшие транспортные коридоры, приграничные и прибрежные районы, перспективные районы добычи полезных ископаемых, территории Крайнего Севера и арктической зоны России.

Показано, что точность и синхронизация измерений являются критически важными факторами.

В докладе С6–113 [15] рассматриваются подходы к регулированию напряжения в условиях наличия в распределительных сетях большой доли PV-генерации. Предложен метод координированного управления автоматическими PV-модулями с помощью регулировочных трансформаторов, ступенчатых регуляторов напряжения и СТАТКОМа. Метод апробирован с помощью компьютерного моделирования и на аналоговой модели распределительной сети, а также в реальной сети 6,6 кВ в Японии.

Доклад С6–105 [16] рассматривает воздействие на сеть низкого напряжения инфраструктуры для подзарядки электромобилей. Проведен анализ и предложены решения для пяти различных схем подзарядки электромобилей. Сделан вывод о том, что основным узким местом в инфраструктуре подзарядки являются трансформаторы.

В докладе С6–115 [17] на примере дома на одну семью рассматривается вариант комбинации накопителей энергии и управления спросом в жилом секторе. Проведено исследование, целью которого является минимизация затрат на энергию с учетом изменений цен, параметров управления спросом, наличия ВИЭ. Рассматриваются летний и зимний циклы раздельно. Предварительные результаты анализа показывают снижение влияния мощности накопителей энергии на общие затраты с ростом мощности накопителей.

По тематике PS 2 было заявлено семь докладов, в которых рассматриваются три основных вопроса: влияние инфраструктуры для подзарядки электромобилей (EV) на общую энергосистему, появление стандартов и модели бизнеса.

В докладе С6–201 [18] рассмотрен европейский проект MERGE по разработке программных средств для оценки влияния EV на процессы управления энергосистемой. Авторы обсуждают функционирование рынков Европы при одновременном развертывании Smart Grid и Microgrid. Анализируется влияние EV на графики электропотребления и управление передающими и распределительными сетями в пяти странах Европы в перспективе до 2020 г. Сделан вывод о незначительном воздействии нагрузки EV на передающие сети и существенном влиянии на распределительные сети, а также о возможности интеграции определенного числа EV в случае реализации стратегии «интеллектуальной подзарядки» (Smart Charging).

В докладе С6–203 [19] представлены новые стратегии и общие тенденции развития систем для EV, включая объединение энергосистемы с информационно-коммуникационными системами. Рассматриваются европейские исследования и промышленные проекты, приведен пример проекта Harz.EE-Mobility (Германия). Отмечается, что использование однофазной подзарядки мощностью 3,7 кВт не приводит к существенной корректировке загрузки сетей низкого и среднего напряжения, однако нескоординированная подзарядка EV приводит к искажению напряжения. В перспективе после 2020 г. при большом числе EV и мощных подзарядках (до 22 кВт в Германии) возникнут проблемы прогнозирования величины и места такой нагрузки, а также проблемы в обеспечении режимной надежности при отсутствии активных средств управления напряжением и загрузкой сети.

Доклад С6–202 [20] рассматривает вопросы бизнес-моделей и стандартизации инфраструктуры для

EV. Разработана модель рыночных сделок с возможностью создания регулируемого пула активов оператора распределительных сетей или создания отдельного пула для сети подзарядки EV. Приведен пример практической реализации модели в Ирландии. Отмечается, что стандартизация систем подзарядки является критически важным условием достижения взаимодействия. Причем уже существующие стандарты позволяют решать множество задач.

В докладе С6–204 [21] представлен экономический анализ затрат для различных вариантов подзарядки EV. Также рассматриваются вопросы совместимости оборудования.

В докладе С6–205 [22] приведен критический обзор публикаций, в которых обсуждаются вопросы негативного воздействия EV на электрические сети. Сделан вывод о том, что создание Smart Charging – это наилучшее решение в долгосрочной перспективе, а в краткосрочной перспективе оптимальным решением является использование двойного тарифа на электроэнергию. Отмечается, что в настоящее время ощущается явная нехватка стандартов МЭК/ИСО для физической и коммуникационной частей интерфейсов подзарядки EV, несмотря на то что производители, органы по стандартизации и правительственные структуры обычно поддерживают разработку международных стандартов. Отсутствие таких стандартов может привести к неконтролируемому развитию всей инфраструктуры для подзарядки EV в Европе.

Доклад С6–206 [23] посвящен проблеме оценки влияния нагрузки от систем подзарядки EV на распределительные сети, а также разработке методики определения графика нагрузки на уровне распределения электроэнергии в энергосистеме. Приведены результаты оценки дневного пика потребления для разного уровня внедрения EV.

В докладе С6–207 [24] рассматривается проблема применения сверхбыстрых подзарядок для EV, требующих использования накопителей энергии для буферизации процесса подзарядки. Воздействие сверхбыстрых подзарядок на распределительные сети анализируется в рамках стохастической модели. Анализируются различные технологии с точки зрения функциональных возможностей и затрат.

По тематике PS 3 заявлено шесть докладов по трем основным темам:

- планирование и управление системами с высокой долей ВИЭ;
- влияние накопителей энергии, гибридных систем и домовых солнечных систем;
- появление системных технических решений для содействия электрификации сельских и удаленных областей.

В докладе С6–307 [25] рассматривается проблема обеспечения резерва мощности в изолированных энергосистемах, уязвимых с точки зрения обеспечения постоянства частоты. Предложено применять системы накопления энергии (ESS) для обеспечения первичного резерва мощности как альтернативу использованию ненагруженных генерирующих мощностей. Рассмотрен опыт использования систем накопления на аккумуляторных батареях (NaS и ZnBr), установленных на Канарских островах. Представлены техническое и экономическое обоснование применительно к испанской изолированной энергосистеме, а также математическая модель распределения нагрузки между энергоблоками и ESS.

ИНФОРМАЦИЯ

ТЕРМИНОЛОГИЯ

Активные сети – распределительные сети среднего и высокого напряжения, в которых оператор имеет возможность с помощью автоматического или удаленного доступа управлять сетью и взаимодействовать с распределенными генерирующими объектами, потребителями электроэнергии и/или элементами сетевой топологии для использования и эффективного управления локальными сетями.

Такие сети оборудованы специальными устройствами (и не только на подстанциях).

Эти устройства обеспечивают возможность наблюдения за режимом работы системы, а также возможность управления ею.

Они способны взаимодействовать с другими устройствами системы или средствами централизованного управления, могут иметь различные степени автономности.

Они могут принадлежать и управляться операторами или пользователями сети, которые управляют распределенными генерирующими объектами и/или потребителями энергии.

ТЕРМИНОЛОГИЯ

МЕЖДУНАРОДНОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО ИСПОЛЬЗУЕТ СЛЕДУЮЩИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Распределенная генерация (Distributed Generation) – это генерирующий объект, вырабатывающий электроэнергию в месте нахождения потребителя или обеспечивающий поддержку распределительной сети, подключенный к сети при напряжении уровня распределения. К технологиям распределенной генерации обычно относят двигатели, малые (и микро-) турбины, топливные элементы и фотоэлектрические системы.

Рассредоточенная генерация (Dispersed Generation) – распределенная генерация плюс энергия ветра и другие виды генерации, как соединенные с распределительными сетями, так и полностью автономные.

Распределенная энергетика (Distributed Power) – это распределенная генерация плюс технологии накопления энергии, такие как супермаховик, регенеративные топливные элементы большой мощности или хранение сжатого воздуха.

Доклад C6–306 [26] посвящен методике определения оптимальной структуры мощностей в изолированной энергосистеме с целью максимизации использования энергии ВИЭ и улучшения условий работы дизель-генераторов. Путем имитационного моделирования рассмотрено несколько ситуаций на годовом интервале времени с дискретностью 1 час. Приводятся результаты расчетов, а также анализ их чувствительности к стоимости дизельного топлива и средней скорости ветра в регионе.

В докладе C6–301 [27] предложен метод снижения потребления дизельного топлива и повышения доли ветрогенерации на примере острова Кинг (Австралия). Описано применение резистивного устройства регулирования частоты, позволяющего повысить долю ветрогенерации до 40% и в то же время учесть регулировочные характеристики дизель-генераторов. Обсуждается возможность увеличения доли использования энергии ветра в случае бесперебойного дизельного электроснабжения.

В докладе C6–302 [28] представлен пример гибридной энергосистемы, расположенной на острове Эгг (Шотландия), эксплуатируемой с 2008 г. Источниками энергии являются PV-установки, гидрогенераторы, ветротурбины и дизель-генераторы. Управление в энергосистеме осуществляется инверторной установкой с аккумуляторной батареей по значению частоты с учетом состояния батареи, доступной генерации и величины электропотребления. Отмечается, что стоимость гибридной энергосистемы (2 млн евро) оказалась значительно ниже сооружения подводного кабеля для электроснабжения острова.

В докладе C6–303 [29] рассматривается система управления в изолированной энергосистеме с высокой долей ветрогенерации на примере греческого острова. Существующие системы управления ограничивают долю ВИЭ величиной порядка 19%. Новая система управления построена на полураспределенной архитектуре и позволит существенно повысить степень использования традиционных ВИЭ, а также гибридных станций и солнечных электростанций.

Доклад C6–305 [30] описывает изолированную энергосистему, которая была спроектирована как альтернатива реконструкции сельских распределительных сетей в Новой Зеландии. Законодательство страны позволяет поставщикам предоставлять альтернативу централизованному электроснабжению при удовлетворительном уровне качества и обслуживания. Концепция энергосистемы построена по принципу plug&play и включает модули накопителей энергии, PV-панели, модули управления нагрузкой, микро-гидрогенераторы и т. д. Энергосистема находится в эксплуатации с 2008 г. и показала хорошие результаты. При этом затраты на создание энергосистемы составили одну треть от стоимости реконструкции линии.

4. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПУБЛИКАЦИИ КОМИТЕТА

В заключение несколько слов о публикациях ИК C6. В рамках деятельности рабочих групп в 2010–2011 гг. опубликован ряд технических брошюр:

- «Стандартизация технической и коммерческой составляющих распределенной генерации и микро-энергосистем» [31], в которой проводится обзор стандартов для технической и коммерческой коммуникации применительно к распределенной генерации, работающей в сетях низкого напряжения;
- «Интеграция на стороне потребления» [32], в которой обсуждаются вопросы эффективного использования электричества на стороне потребителей электроэнергии;
- «Системы аккумулирования электроэнергии» [33] с анализом различных технологий, готовности к коммерческому использованию и внедрению в энергосистемы с большой долей ВИЭ;
- «Развитие и управление активными распределительными сетями» [34], в которой обсуждаются вопросы интеграции распределенной генерации, управления спросом и аккумулирования электроэнергии на уровне оператора распределительной сети, а также содержатся рекомендации по дальнейшему развитию концептуальных моделей и их применению;
- «Интеграция ветрогенерации в энергосистему» [35], описывающая проблемы и существующие решения в области планирования и оперативного управления передающими и распределительными сетями в разных странах в условиях возрастающего числа непостоянной ветрогенерации.

Следует отметить, что технические брошюры СИГРЭ являются хорошо проработанными материалами, интегрирующими передовой мировой опыт.

Кроме того, при активном участии ИК C6 в 2011 г. был выпущен доклад Технического комитета СИГРЭ «Системы электроснабжения будущего» [36], в котором освещены основные факторы и сценарии развития электрических сетей, вызовы времени и технические проблемы.

В 2013 г. рабочие группы ИК C6 планируют к выпуску ряд брошюр, в том числе по следующим вопросам:

- интеграция DER (рабочая группа WG C6.24);
- терминология DER (рабочая группа WG C6.23);
- «дорожная карта» по эволюции Microgrid (рабочая группа WG C6.22).

О последнем документе несколько подробнее. В «дорожной карте» рассматривается возможность обеспечения автономной работы микро-энергосистем с помощью установок DER. При этом под Microgrid понимается электрическая распределительная система, содержащая нагрузку и распределенную генерацию (распределенные генерирующие установки, устройства аккумулирования, управляемую нагрузку), которая может координированно и контролируемо работать как будучи присоединенной к основной энергосистеме, так и в изолированном режиме.

Важным отличием Microgrid от изолированных энергосистем (Remote Power Systems – Rgrids), имеющих практически те же технологические возможности, является возможность параллельной работы с энергосистемой. Эволюция Microgrid затрагивает развитие данной технологии для многих условий применения, специфика которых отражается в применяемых терминах: Multi-Microgrid, Milligrid, Virtual-Microgrid и др.

5. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. На основании пленарных докладов и дискуссий можно выделить следующие тенденции развития распределенной генерации и ее интеграции в энергосистему:

- формируется отдельная группа задач по интеграции ВИЭ большой мощности – ветрофермы и ветропарки, которые уже не относятся к распределенной генерации;
- большое развитие получает применение фотоэлектронных панелей у потребителей электроэнергии на низком классе напряжения;
- интеграция распределенной генерации на базе ветроустановок и фотоэлектронных панелей в энергосистему изменяет структуру генерирующих мощностей, а также вызывает проблемы режимного и противоаварийного управления энергосистемой;
- интенсивный рост распределенной генерации в ряде регионов уже приводит к конфликту интересов с традиционной энергетикой как в секторе производства, так и в области передачи электроэнергии, которая лишается все больших объемов на рынке электроэнергии;

– стратегические направления деятельности Технического комитета СИГРЭ включают: реализацию концепции «Системы электроснабжения будущего», вопросы оптимального управления энергосистемой, охраны окружающей среды и взаимодействия с органами власти. При этом провозглашен принцип гармоничного развития большой и малой энергетики;
– концепция «Системы электроснабжения будущего» задает новый уровень развития электроэнергетики по следующим направлениям: «активные» распределительные сети, развитая телекоммуникационная инфраструктура, силовая электроника на всех классах напряжения, системы аккумулирования энергии, новые подходы к планированию, релейной защите, автоматическому и оперативному управлению энергосистемой и др.

2. Масштабы использования электромобилей пока еще не оправдывают ожидания разработчиков соответствующих технологий для инфраструктуры подзарядки электромобилей, между тем масштабная интеграция такой инфраструктуры может оказать существенное влияние на развитие распределительной сети.

3. Участникам технологической платформы «Малая распределенная энергетика» (координаторы – ЗАО «АПБЭ», ОАО «ИНТЕР РАО ЕЭС» и НП «Торфяное и биоэнергетическое общество»), ОАО «Холдинг МРСК», ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» рекомендуется провести детальный анализ материалов ИК С6 и учесть положительный зарубежный опыт с целью решения организационных, научно-исследовательских и практических задач интеграции распределенной генерации в энергосистему.

4. Регламентация технических требований по интеграции в энергосистему распределенной генерации разного типа, проводимая СИГРЭ и другими международными организациями и энергокомпаниями, заслуживает внимания и может быть использована при развитии нормативно-технической базы в отечественной электроэнергетике, в т. ч. в рамках деятельности технических комитетов по стандартизации Росстандарта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Planning and operating experience of the Hydro-Québec smart zone and its role in supporting the evolution of the distribution system // C. Abbey, D. Fournier, C. Perreault / CIGRE Session 2012, pub. C6–101.
2. Operation system of smart power grid for T&D networks with dispersed generations // B. N. Ha, W. Namgung, S. W. Lee, M. J. Jang, I. Y. Seo / CIGRE Session 2012, pub. C6–112.
3. Planning of reliable active distribution systems // G. Celli, E. Ghiani, G. G. Soma, F. Pilo / CIGRE Session 2012, pub. C6–102.
4. Control of electricity networks using smart meter data // L. Thomas, A. Burchill, K. Samarakoon, Y. He, J. Wu, J. Ekanayake, N. Jenkins / CIGRE Session 2012, pub. C6–114.
5. Smart meters enable synchrophasor applications in distribution grids // S. Santos, A. Llano, A. Arzuaga, T. Arzuaga, L. Marron, M. Zamalloa / CIGRE Session 2012, pub. C6–110.
6. Universal distribution automation management for active distribution systems // Z. Jiang, J. Fan, J. Mcdonald / CIGRE Session 2012, pub. C6–111.
7. Generic model for a smart distribution grid, its evolutionary technical implementation and the energy market place of the future // P. Birkner, M. Laskowski, C. Rehtanz / CIGRE Session 2012, pub. C6–107.
8. Improving the portability and exchangeability of model data for smart grids focusing on real-time simulations – Definition of a common reference model // T. Strasser, M. Stifter, W. Hribernik, E. Lambert, P. Kotsampopoulos, P. Crolla, C. Tornelli / CIGRE Session 2012, pub. C6–104.
9. Communication infrastructure and data management for operating smart distribution systems // C. Brunner, B. M. Buchholz, A. Gelfand, I. Kamphuis, A. Naumann / CIGRE Session 2012, pub. C6–116.
10. Smart Grid – Demand management as key resource for improvement and social contribution to 2020 strategy // R. Mora, M. Ramirez, E. Garcia, M. Ordiales, A. Rodriguez, S. Banares / CIGRE Session 2012, pub. C6–117.
11. Performance analysis of distribution networks under high penetration of solar PV // M. J. E. Alam, K. M. Muttaqi, D. Sutanto, L. Elder, A. Baitch / CIGRE Session 2012, pub. C6–103.
12. Wind generation management in the distribution network // M. Bajor, R. Jankowski, K. Madajewski / CIGRE Session 2012, pub. C6–106.
13. Advanced technologies of demand side integration by VPPs and through smart metering in households – Experiences from a lighthouse project // B. Fenn, O. Hopp, M. Ahner, B. M. Buchholz, V. Buehner, A. Doss, N. Hess, W. Wagner, Z. A. Styczynski / CIGRE Session 2012, pub. C6–108.
14. Implementation of a centralised voltage control experiment in presence of distributed generation in ERDF's MV network // S. Grenard, C. Brolly, O. Devaux, O. Carré / CIGRE Session 2012, pub. C6–109.
15. Experimental verification of advanced voltage control for penetration of PV in distribution system with IT sectionalizing switches // Y. Hayashi, N. Takahashi, Y. Hanai, E. Kamiya, T. Watanabe, H. Ishii / CIGRE Session 2012, pub. C6–113.
16. Impact study of electric vehicle (EV) integration on low voltage (LV) grids // Q. Wu, S. Tae Cha, A. Hejde Nielsen, J. Ostergaard, Y. Ding / CIGRE Session 2012, pub. C6–105.
17. Combination of energy storage and demand response in the residential sector // F. A. Adamek / CIGRE Session 2012, pub. C6–115.
18. Impact of electric and plug-in hybrid vehicles on grid infrastructure – Results from the merge project // N. Hatziargyriou, J. A. Peças Lopes, E. T. Bower, K. Strunz, M. Rivier, V. Lioliou, J. Wu, S. Papathanassiou, E. Karfopoulos, A. Gonzalez Bordagaray, P. Cabral, C. Llanos Lecum, A. Walsh, K. Kanellopoulos, C. Joyce, N. Hartmann, J.-O. Willums / CIGRE Session 2012, pub. C6–201.
19. Challenges and barriers of integrating e-cars into a grid with high amount of renewable generation // Z. Styczynski, M. Stötzer, G. Müller, P. Komarnicki, R. Belmans, J. Driesen, A. Bavnhöj Hansen, J. Pecas Lopes, N. Hatziargyriou / CIGRE Session 2012, pub. C6–203.
20. Emerging electric vehicle market and business models and interoperability standards // E. Khoo, J. Gallagher / CIGRE Session 2012, pub. C6–202.
21. Polyphase charging station: Optimized integration of high power EV charging into the distribution grid // M. Zamalloa, A. Arzuaga, T. Arzuaga, M. Chan, D. Garcia-Pardo, A. Gonzalez, O. Bolado / CIGRE Session 2012, pub. C6–204.
22. Electric vehicles: The barriers to power system integration // D. Hardman, A. Rotheram, S. Jupe, D. Hawkins / CIGRE Session 2012, pub. C6–205.
23. Impact of fully electric vehicle battery charging loads on the load demand of distribution systems // K. Qian, C. Zhou, Y. Yuan / CIGRE Session 2012, pub. C6–206.
24. Towards ultrafast charging solutions of electric vehicles // H. Hoimoja, M. Vasiladiotis, S. Grioni, M. Capezzali, A. Rufer, H. B. Püttgen / CIGRE Session 2012, pub. C6–207.
25. Economic assessment of providing primary reserve service with energy storage systems in isolated systems // E. Lobato, L. Rouco, L. Sigrist, M. Cruz, P. Fontela, J. Magrina, E. Moreda / CIGRE Session 2012, pub. C6–307.
26. Optimal planning of microgrid applied in remote rural area // H. Liang, H. Liu, M. Fan / CIGRE Session 2012, pub. C6–306.
27. A road towards autonomous renewable energy supply, RAPS case // M. Piekutowski, S. Gamble, R. Willems, M. Davies / CIGRE Session 2012, pub. C6–301.
28. Operation of a large scale autonomous hybrid power supply system with renewables // M. Wollny, F. Thim / CIGRE Session 2012, pub. C6–302.
29. Energy management in the Greek islands // N. Hatziargyriou, S. Papapthanasiou, I. Vitellas, S. Makrinikas, A. Dimeas, T. Patsaka, K. Kaousias, A. Gigantidoy, N. Korres, E. Hatzoplaki / CIGRE Session 2012, pub. C6–303.
30. Stand alone power systems for remote rural areas // M. Whaley, K. Pattie / CIGRE Session 2012, pub. C6–305.
31. Technical and commercial standardisation of DER / microgrid components / CIGRE Technical Brochure №423, Working Group C6.10, 2010.
32. Demand side integration (DSI) / CIGRE Technical Brochure №475, Working Group C6.09, 2011.
33. Electric energy storage systems / CIGRE Technical Brochure №458, Working Group C6.15, 2011.
34. Development and operation of active distribution networks / CIGRE Technical Brochure №457, Working Group C6.11, 2011.
35. Grid integration of wind generation / CIGRE Technical Brochure №450, Working Group C6.08, 2011.
36. Electricity supply systems of the future // White paper on behalf of the CIGRE Technical Committee / CIGRE AG "Network of the Future", 2011.

ИНФОРМАЦИЯ

ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ ПО ЭНЕРГЕТИКЕ ПРИ КОМИТЕТЕ ПО ЭНЕРГЕТИКЕ

Экспертный совет по энергетике Государственной думы РФ предлагает следующее определение: «Малая распределенная энергетика – генерирующие объекты мощностью от 1 до 50 МВт, расположенные в непосредственной близости от потребителя с возможностью использования систем накопления энергии и технологий Smart Grid».

К распределенной энергетике относят объекты, использующие технологии когенерационной выработки энергии и возобновляемые источники энергии.

Теоретический потенциал роста производства электроэнергии при замещении когенерационным производством выработки тепловой энергии на котельных РФ составляет 500 млрд кВт·ч/год.

Для координации работ решением правительственной комиссии по высоким технологиям и инновациям в 2011 г. утверждена технологическая платформа «Малая распределенная энергетика».