Виртуальная электростанция



Ольга Селляхова
заместитель председателя правления Ассоциации ГП и ЭСК по развитию



Олеся Тарновская
менеджер по развитию АО «РГК-1»



Елена Фатеева
первый заместитель председателя правления Ассоциации ГП и ЭСК



Ольга Юрчук
директор по развитию АО «РГК-1»

Виртуальные электростанции (ВЭ) используются за рубежом в основном в целях агрегирования распределенных генераторов на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и потребителей с регулируемой нагрузкой и их интеграции в структуру оптового рынка электроэнергии. В Российской Федерации доля распределенной генерации от ВИЭ невелика, поэтому аналогичные драйверы построения ВЭ в России не столь сильны. По этой и другим причинам зарубежные бизнес-модели ВЭ на наших рынках электроэнергии неприменимы.

Тем не менее развитие распределенной генерации (в основном не на базе ВИЭ) и в России становится все более значимым процессом, что создает предпосылки для разработки моделей рыночных отношений по агрегированному управлению нагрузкой потребителей и объектами распределенной генерации [1]. В настоящей статье представлена концепция бизнес-модели возможного функционирования ВЭ в рамках российского энергорынка. Упомянутые ниже источники размещены на сайте АО «Первая розничная генерирующая компания» — *www.rgk1.ru*.

Примеры реализации и классификации виртуальных электростанций за рубежом

Поскольку доля распределенной генерации в некоторых зарубежных энергосистемах уже приближается к 20—50%, большинство крупных энергокомпаний активно занимаются реализацией проектов виртуальных электростанций различного масштаба. Комплексные решения и необходимое технологическое оборудование для построения различных видов ВЭ предлагают *Siemens, Bosch, Cisco, ABB, GE, Schneider Electric, Toshiba,* другие крупные производители энергетического оборудования, а также поставщики, специализирующиеся на создании, поддержке эксплуатации и сервисном обслуживании ВЭ, например *Cyber Grid, Kisters, PSI, Restore* и пр. Главный коммерческий результат, к которому стремятся при внедрении ВЭ, — интеграция в структуру оптового рынка электроэнергии (ОРЭМ) растущего количества распределенных источников, в основном на платформе ВИЭ, и потребителей с регулируемой нагрузкой.

Важнейшими предпосылками столь интенсивной деятельности по формированию концепций, технологической и нормативной базы ВЭ и практической отработке ключевых организационно-технических решений на протяжении последних 15—20 лет являются:

- массовое строительство объектов распределенной генерации, в том числе микрогенерации, на основе ВИЭ, когенерационных и тригенерационных энергоустановок на базе новых (более доступных и дешевых) технологий, сопровождаемое гарантиями присоединения таких объектов к сетям и сбыта произведенной ими электроэнергии;
- развитие и масштабное внедрение комплекса технологий *Smart Grid,* ожидаемый в ближайшей

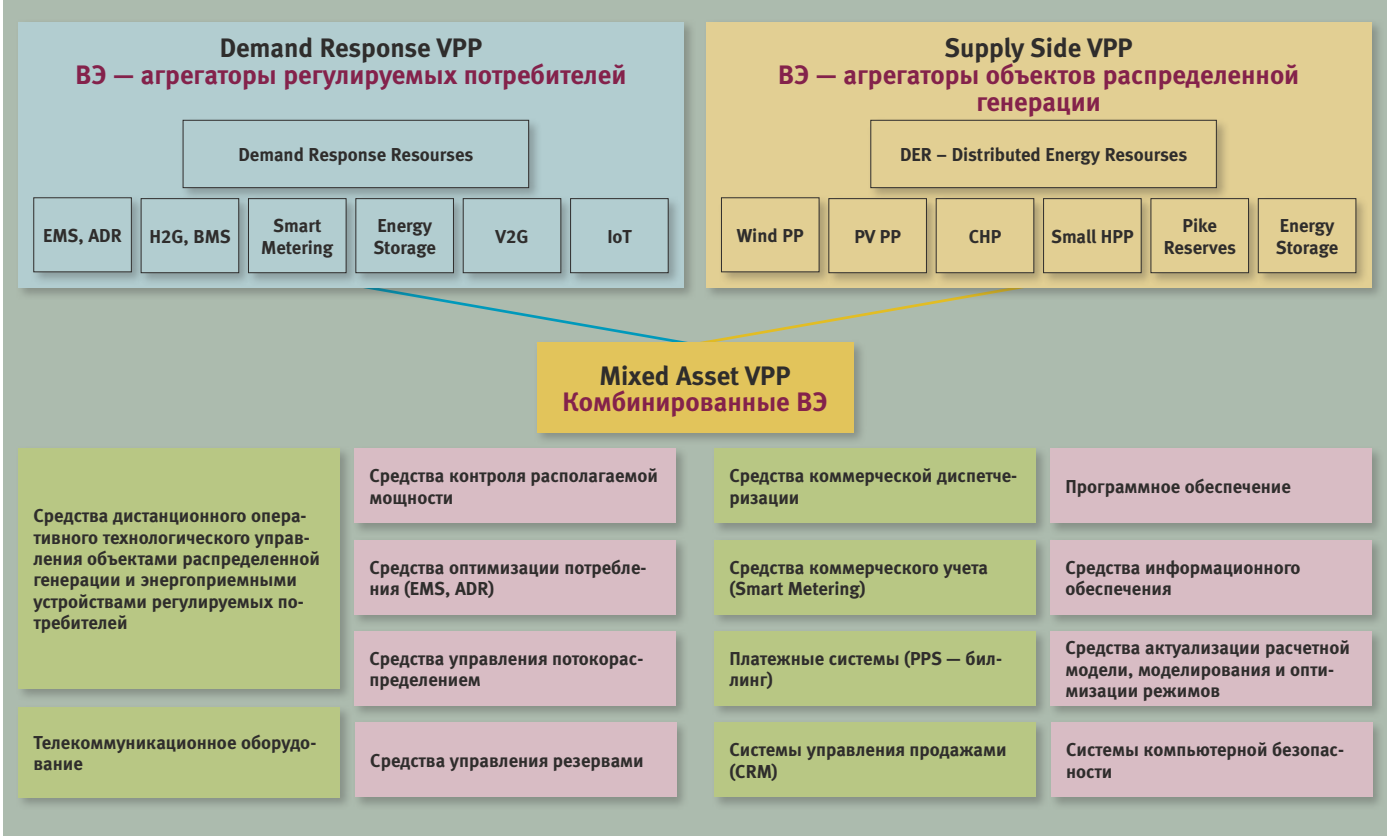
перспективе выход на рынок технологий *Plug&Play,* обеспечивающих быстрое подключение и автоматическое функционирование объектов микрогенерации в составе активно-адаптивной сети. В условиях, когда количество потребителей с управляемой нагрузкой, объектов микрогенерации и распределенных накопителей электроэнергии сопоставимо с общим числом розничных абонентов, а доля совокупной мощности источников со стохастическими режимами генерации достигает 20—50% суммарной установленной генерирующей мощности в энергосистеме, необходимый уровень управляемости систем энергоснабжения, устойчивое функционирование рынков электроэнергии достигается за счет широкого применения комплекса технологий *Smart Grid* и их ключевых компонентов — ВЭ и средств управления спросом *(DR — Demand Response)*;

- ускоренное увеличение числа активных потребителей, включая электромобили, коммунальные и промышленные системы энергоснабжения, и связанная с этим масштабная модернизация территориальных систем энергоснабжения.

Традиционно выделяют следующие положительные стороны создания ВЭ для участников рынка:

- для потребителей — повышение экономической и энергетической эффективности энергоснабжения; снижение стоимости энергоснабжения для некоторых абонентов; поддержание необходимого класса надежности и качества энергоснабжения при использовании объектов распределенной генерации; параллельная работа с сетью, обеспечение резервным источником питания; покрытие пиков системы (без больших инвестиционных затрат);
- для сетевых организаций — наличие возможности подключения новых потребителей в «закрытых» центрах питания (без существенных инвестиционных затрат); повышение надежности энергоснабжения потребителей; сокращение капитальных затрат на реконструкцию центров питания; присоединение распределенной генерации к сети и доступ на рынок; дополнительный доход от владельцев распределенной генерации;
- для объектов распределенной генерации и ВИЭ — продажа электроэнергии на рознице в рамках ВЭ; продажа агрегированной мощности и «излишков» электроэнергии на ОРЭМ; максимизация прибыли как баланс между стоимостью собственной распределенной генерации, возможно-

Рис. 1. Классификация ВЭ по видам агрегируемых объектов и назначению



стями по управлению нагрузкой, возможностями покупки/продажи на ОРЭМ; балансировка объектов распределенной генерации (устранение стохастичности пула агрегированных объектов ВИЭ); монетизация прогнозирования, оптимизации, планирования выработки электроэнергии объектами в составе ВЭ; резервирование источников ВИЭ.

Действующие в настоящее время ВЭ, обзоры по вопросам создания и применения которых представлены в [2—9], можно условно классифицировать:

а) по назначению
   - на технологические (ТВЭ), предназначенные для оперативного технологического управления режимами объектов распределенной генерации в составе микросетей и территориальных систем электроснабжения (потребителями услуг ТВЭ, как правило, являются системные операторы, сетевые и генерирующие компании);
   - коммерческие (КВЭ), обеспечивающие совместное участие агрегированных объектов распределенной генерации в рынке электроэнергии (потребители услуг КВЭ — энергосбытовые и генерирующие компании, коммерческие операторы розничных рынков);

б) по типу агрегируемых объектов
   - на ВЭ, агрегирующие потребителей (активные потребители, устройства с управляемой нагрузкой, в том числе мобильные устройства);
   - ВЭ, агрегирующие объекты распределенной генерации;
   - комбинированные ВЭ (рис. 1).

По прогнозам, рынок зарубежных ВЭ вырастет с 1,0—1,1 млрд долл. в 2015 г. до 5,2—5,5 млрд долл. в 2025 г. Мировыми лидерами по его продвижению являются США, Германия, Дания, Великобритания, Япония. В развитии технологий ВЭ участвует большинство ведущих мировых производителей энергетического оборудования и энергетических компаний.

Основные технологические проблемы дальнейшего развития распределенной генерации и управляемого потребления за рубежом связаны с необходимостью:

- выполнения требований к надежности и качеству электроснабжения в энергосистемах с высокой долей распределенной и микрогенерации, в том числе со стохастическими режимами;
- полной интеграции распределенных источников и управляемых потребителей электроэнергии в рынок электроэнергии.

Отсюда вытекают и стратегические цели проектов по созданию ВЭ в энергосистемах зарубежных стран:

- повышение надежности электроснабжения и качества электроэнергии в территориальных системах электроснабжения, микросетях с большой долей генерации со стохастическими режимами производства электроэнергии;
- снижение цен на электроэнергию в период пиковых нагрузок.

Потенциальный рынок и потребители услуг ВЭ в России. Целевые и сопутствующие эффекты

В российской электроэнергетике количество и структура объектов распределенной генерации в данный момент и в обозримом будущем существенно отличаются от показателей, характерных для энергосистем зарубежных стран. Доля распределенной генерации на основе ВИЭ (солнечные и ветровые ЭС) в ЕЭС России относительно невелика (на горизонте 2025—2030 гг. — до 3% установленной генерирующей мощности). Принятые организационно-технические решения по их интеграции в структуру рынка электроэнергии в настоящее время не предполагают создание ВЭ.

Технологической и коммерческой базой развития ВЭ в российской электроэнергетике должны стать мощности объектов распределенной генерации на основе тепловых электростанций, в том числе когенерационных ТЭС промышленных и коммунальных потребителей (в первую очередь — новые мощности и существующие свободные резервы мощности).

Оптимальной формой взаимоотношений в электроэнергетике России в перспективе должен стать симбиоз традиционной (централизованной) и распределенной энергетики.

Как известно, распределительные электрические сети в России в значительной степени морально устарели, крайне изношены и по большей части не автоматизированы. Обеспечение надежности электроснабжения и качества электроэнергии в территориальных системах при подключении к ним объектов распределенной генерации становится серьезной проблемой, особенно в условиях слабой автоматизации распределительных сетей. Один из возможных путей ее решения — создание ТВЭ, ориентированной на групповое управление объектами распределенной генерации.

Также существенным стимулом развития ВЭ является возможность применения технологий КВЭ в целях реализации практически не используемого сегодня потенциала добровольного изменения нагрузки потребителя. По инициативе ОАО «СО ЕЭС» в 2014 г. начата разработка нормативной базы и организационно-технических решений по применению на оптовом рынке технологий ценозависимого потребления [10]. Основной объем работ в рамках этой программы планируется выпол-

нить в период до 2017 г., результатом чего станет участие группы потребителей с управляемой нагрузкой, в том числе с собственными источниками энергоснабжения, в конкурентном отборе мощности на 2018 г.

На наш взгляд, наличие КВЭ позволит решить одну из существенных технических и коммерческих задач — интеграции объектов малой распределенной энергетики, используемых в когенерационном режиме в составе промышленных и коммунальных систем теплоснабжения.

Реализуемый в настоящее время с участием авторов и при поддержке ИЦ «Сколково» пилотный проект по созданию ВЭ направлен на:

- повышение надежности электроснабжения и качества электроэнергии в территориальных системах электроснабжения при подключении к ним объектов распределенной генерации в условиях слабой автоматизации и сильного износа распределительных сетей (путем построения ТВЭ);
- агрегирование свободной мощности объектов малой распределенной энергетики, в том числе принадлежащих различным собственникам и используемых в когенерационном или пиково-резервном режиме в составе локальных систем, а также на розничных и оптовом рынках (путем создания КВЭ).

В пилотном проекте предусмотрена разработка бизнес-моделей трех видов (или уровней) ВЭ, которые будут различаться как по субъектному составу и структуре, так и по принципам функционирования: верхний уровень — это ОРЭМ, средний уровень (региональный) — розничные рынки электроэнергии (мощности) в региональном масштабе и нижний уровень (локальный) — локальные системы электро- и теплоснабжения на розничных рынках электроэнергии (мощности).

При этом предполагаемые выгодоприобретатели от внедрения ВЭ всех уровней — генерирующие, энергосбытовые компании (ЭСК) и гарантирующие поставщики, потребители, в том числе потребители с регулируемой нагрузкой, энергосервисные компании, операторы ВЭ.

На розничных рынках электроэнергии (мощности) и в локальных системах к ним добавляются субъекты коммунальной и промышленной энергетики, собственники систем внутреннего энергоснабжения зданий и сооружений.

В части управления технологическими комплексами региональных энергосистем — региональные диспетчерские управления и центры управления распределительных сетевых компаний.

Создание ВЭ будет способствовать появлению субъектов с новым функционалом на рынках электроэнергии — операторов ВЭ, которые подразделяются на технологических и коммерческих (могут быть объединены). Коммерческие операторы должны обеспечивать управление групповым спросом субъектов ВЭ с целью минимизации совокупных затрат на энергоресурсы участников ВЭ (в том числе на собственную выработку), а также заниматься продажей (покупкой) ресурсов и услуг на внешнем рынке, т.е. фактически выполнять сбытовые функции. Задачей технологических операторов должно стать оперативно-технологическое управление объектами ВЭ, в том числе резервирование, вывод из аварий.

Структура и основные технико-экономические характеристики бизнес-моделей ВЭ

Необходимое условие успешной реализации пилотного проекта ВЭ — разработка адаптированных к российским условиям бизнес-моделей в рамках существующих электроэнергетических рынков.

Основными параметрами или показателями капитализации бизнеса по созданию и применению ВЭ могут служить располагаемая мощность ВЭ и планируемые (обоснованные) доходы от операционной деятельности.

Бизнес-модели верхнего уровня ВЭ должны удовлетворять требованиям регламентов ОРЭМ и предоставлять возможность участия ВЭ в рынке мощности (КОМ, СДМ), рынках электроэнергии (РСВ, СДД, БР), рынке системных услуг (участие в НПРЧ и АВРЧМ, регулировании реактивной мощности с использованием генерирующего оборудования электростанций, на которых в течение периода оказания услуг не производится электроэнергия, развитие систем противоаварийного управления).

Бизнес-модели среднего уровня ВЭ должны соответствовать правилам функционирования розничных рынков электроэнергии, удовлетворять требованиям технических регламентов СО и РСК, правилам технологического функционирования ЭЭС (проект) и обеспечивать управление свободными, ремонтными и аварийными резервами, а также совместное участие агрегированных в составе ВЭ объектов генерации и регулируемых потребителей, территориальных сетевых организаций в розничном рынке электроэнергии (мощности).

Наконец, в бизнес-модели локального уровня ВЭ реализуется взаимодействие ряда промышленных и коммунальных объектов (предприятий, зданий, сооружений), регулируемых потребителей, объектов распределенной генерации, которое должно отвечать требованиям (правилам) розничных рынков электроэнергии (мощности) и рынка теплоэнергии (рис. 2).

При этом все уровни ВЭ должны иметь собственные внутренние технологические и коммерческие регламенты, согласованные и подписанные участниками такой ВЭ (аналог договора о присоединении к торговой системе оптового рынка), на основе которых будут действовать операторы ВЭ и в которых закреплены права и обязанности участников ВЭ. Указанные внутренние регламенты ВЭ должны быть совместимы с регламентами ОРЭМ, правилами оптового и розничных рынков электроэнер-

гии в необходимой части, а в части коммерческого учета соответствовать Правилам организации учета электрической энергии на розничных рынках, а также нормативным требованиям в сфере коммунальных услуг.

Структурно-функциональные схемы ВЭ, основные технологические процессы и решения

Технологический комплекс ВЭ обеспечивает реализацию коммерческих целей и получение экономических и технологических эффектов. Исходно-разрешительная документация и нормативные документы для создания технологического комплекса ВЭ включают:

- нормативные требования в сфере электроэнергетики, закрепленные на уровне законодательства, постановлений и методик;
- требования к техническим условиям присоединения и договорным обязательствам агрегированных в составе ВЭ субъектов электроэнергетики и теплоснабжения;
- установленные минимальные требования к внутренним технологическим и коммерческим регламентам ВЭ (возможно принятие примерных регламентов на уровне нормативной базы).

В Российской Федерации пока нет необходимых нормативных правовых актов для внедрения ВЭ, но процесс пошел, и разработка требований, а также соответствующих им регламентов планируется в ходе начатой в 2016 г. НИОКР по созданию пилотной ВЭ.

Обобщенная структурно-функциональная схема ВЭ представлена на рис. 3. С различными вариантами предполагаемых схем ВЭ можно ознакомиться также в [6—9].

Основу технологического комплекса ВЭ составляют:

- располагаемая мощность ВЭ, сформированная на базе интегрированной в состав ВЭ свободной мощности объектов распределенной генерации;
- технологическое оборудование ВЭ.

Как правило, главное технологическое оборудование ВЭ включает:

- программно-технологический комплекс ВЭ, в том числе средства дистанционного оперативного технологического управления объектами распределенной генерации и энергопринимающими устройствами регулируемых потребителей, включая телекоммуникационное оборудование;
- программное и информационное обеспечение, в том числе средства актуализации расчетной модели, моделирования и оптимиза-

Рис. 2. Структура бизнес-моделей ВЭ

ВЭ (верхний уровень): оптовый рынок электрической энергии и мощности (ОРЭМ).

Функция: совместное участие агрегированных в ВЭ объектов в ОРЭМ, в составе субъектов ОРЭМ.

Требования: согласно регламентам ОРЭМ, в том числе разрабатываемым регламентам перспективного рынка ценозависимого потребления.

ВЭ (средний уровень): розничный рынок электрической энергии. Распределительные электрические сети.

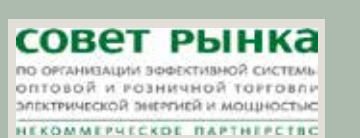
Функции: совместное участие агрегированных в ВЭ объектов в розничных рынках электроэнергии. Оперативное технологическое управление режимами агрегированных объектов и электрических сетей в зоне ответственности. Управление резервами в составе ВЭ.

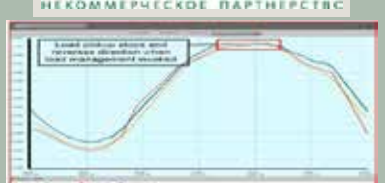
Требования: согласно регламентам СО и РСК, правилам розничного рынка, правилам технологического функционирования ЭЭС (проект).

ВЭ (нижний уровень): системы энергоснабжения промышленных и коммунальных объектов, зданий и сооружений. ТСО. Объекты распределенной энергетики, регулируемые потребители, в том числе в составе схем выдачи мощности и внешнего энергоснабжения.

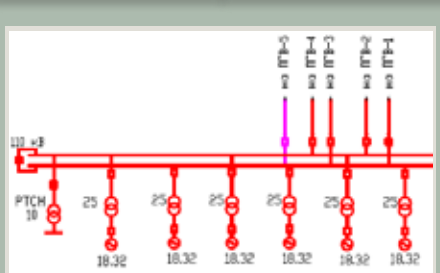
Функции: управление энергоснабжением, потреблением и внутренними источниками энергоснабжения, автоматизация технологического присоединения.

Требования: соответствие договорам (ТУ) о технологическом присоединении агрегированных объектов, регламентам ВЭ верхних уровней.









ции режимов, системы компьютерной безопасности и др.;
- комплекс средств управления режимами энергоснабжения и регулирования потребления (технологии *ADS, EMS*);
- средства коммерческого учета (технологии *Smart Metering,* в том числе учета располагаемой мощности ВЭ);
- средства управления продажами и автоматизации взаиморасчетов (технологии *CRM — Customer Relationship Management*).

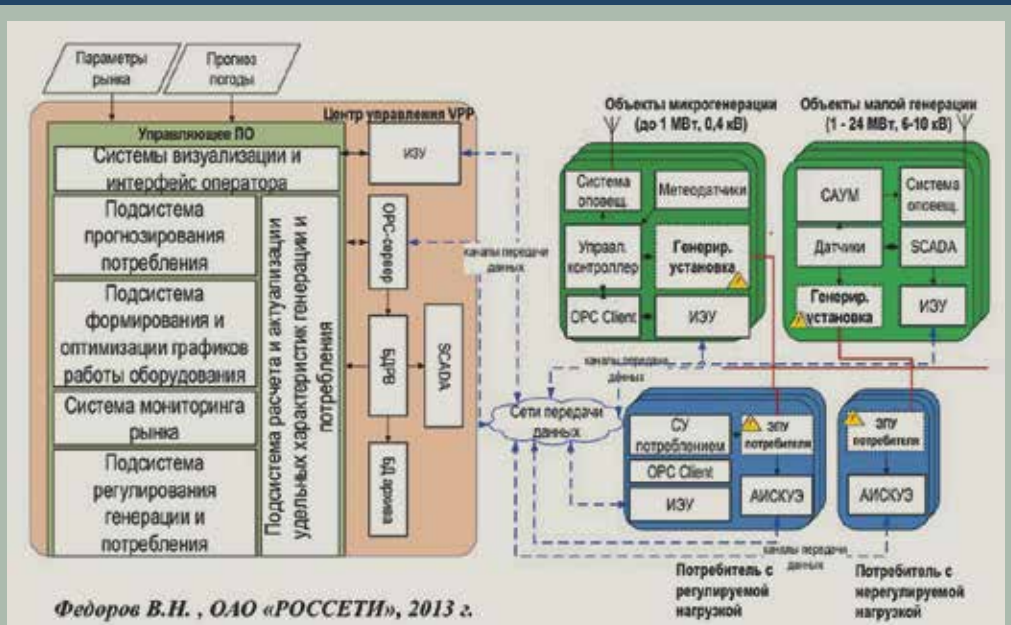
Нормативное регулирование. Управление рисками

На текущем этапе становления ВЭ в России самыми серьезными являются нормативные риски, которые заключаются в том, что большая энергетика не замечает роста числа объектов распределенной генерации и их интеграции с потребителями, а следовательно, отрицается сама необходимость разработки нормативных правил для ВЭ. Такая защитная реакция традиционной энергетики понятна. Однако развитие распределенной генерации и уход потребителей от централизованного энергоснабжения — общемировая тенденция, которая затронула и Россию. Это подтверждается статистикой. По данным ОАО «СО ЕЭС», в 2014 г. доля выработки электростанций промышленных предприятий составила 5,5% общего объема произведенной электроэнергии в ЕЭС России (в 2013 г. — 5,3%, в 2012 г. — 5,0%). Если в первом варианте Энергетической стратегии России на период до 2030 г. распределенная генерация не учитывалась, то сейчас это один из ключевых ее элементов. В Стратегии [11] указано, что до 2030 г. «доля распределенной генерации может достичь 15% в производстве электроэнергии на тепловых электростанциях».

Оптимальной формой взаимоотношений в электроэнергетике России в перспективе должен стать симбиоз традиционной (централизованной) и распределенной энергетики. В этой связи важно содействовать развитию ВЭ, признав ее неотъемлемым элементом рынка. Для этого необходимо сформировать основные понятия и определения, связанные с моделью ВЭ, и закрепить их на нормативном уровне.

Кроме того, требуется создать внешние рамочные условия, в которых ВЭ сможет развиваться самостоятельно, включив технологические и коммерческие аспекты функционирования ВЭ в действующую модель рынка. Особенность функционирования ВЭ обусловлена тем, что распределенные источники и объекты регулируемого потребления в составе ВЭ рассматриваются с точки зрения рынка не как отдельные объекты, принадлежащие разным юридическим лицам, а как единый объект. При этом взаимоотношения между субъектами и операторами ВЭ регулируются только внутренними регламентами ВЭ и

Рис. 3. Структурно-функциональная схема технологического комплекса ВЭ



Создаваемое технологическое оборудование (ТО)

- Программно-технологический комплекс ВЭ
- Средства управления потокораспределением
- Система учета располагаемой мощности и актуализации расчетной модели
- Средства автоматизации присоединения агрегируемых объектов
- Средства автоматического управления объектами микросети

Приобретаемое (серийно производимое) ТО

- EMS, ADR
- H2G, BMS
- Средства дистанционного управления в составе АСУ ТП малых ТЭС
- АИИС КУЭ, Smart Metering
- PPS
- Телекоммуникационное оборудование

строятся на основе свободных договоров и нерегулируемых цен.

Для начала можно внедрять пилотные проекты ВЭ на базе кластеров для новых промышленных потребителей. Авторы уверены, что развитие таких кластеров может происходить с выгодой для потребителей и рынка в целом.

Немаловажная составляющая проектов ВЭ — интеллектуальные технологии управления спросом и генерацией и формирование энергетического кластера на базе технологии активно-адаптивных сетей. Внедрение таких технологий должно так же положительно повлиять на создание технологической базы большой энергетики.

Еще одна существенная группа рисков для ВЭ — экономические угрозы. Помимо стандартных рисков, характерных для обычного инвестиционного проекта, ВЭ свойственны риски, напрямую связанные с указанным нормативном риском. При построении нормативной базы для нового объекта ВЭ можно либо установить такие правила его работы, при которых участие данных объектов в рынке будут заведомо невыгодным или чересчур рискованным, а можно позволить ВЭ вписаться в существующую модель рынка электроэнергии с экономической точки зрения.

Если начинать внедрение ВЭ с нового потребления, то положение существующих абонентов как минимум не ухудшится, а возможно, даже удастся избежать для них роста тарифа на передачу из-за строительства дополнительных сетевых мощностей в системе. Положение потребителей ВЭ заведомо улучшается, и гарантией этого служит их добровольное присоединение (или не присоединение) к ВЭ.

Какие выгоды у потребителей ВЭ? Такие же, как во всех странах. Речь идет об оптимизации стоимости энергоресурсов, а использование в составе ВЭ адаптивных микросетей и объектов распределенной генерации будет способствовать повышению динамической устойчивости,



оптимизации режимов, включая покрытие или сглаживание стохастичности.

Перспективы развития ВЭ в российской электроэнергетике. Пилотный проект ВЭ

Основные предпосылки создания ВЭ в российской электроэнергетике:

- прогнозируемое в среднесрочной перспективе техническое перевооружение распределительного сетевого комплекса и систем энергоснабжения потребителей, связанное с постепенным увеличением масштабов применения современных информационных и телекоммуникационных технологий, средств управления нагрузкой;
- появление новых поколений тепловых энергоустановок средней, малой и сверхмалой мощности, эффективность которых соответствует среднерыночному уровню, используемых в составе объектов распределенной генерации и микросетей, а также технологий группового дистанционного управления такими объектами;
- как дополнительный экономический фактор — реакция потребителей на удорожание электроэнергии и повышение платы за технологическое присоединение к сети, ценовые диспропорции и неопределенность в части регулирования отрасли.

Планируемые результаты применения ВЭ:

- рост капитализации субъектов электроэнергетики и потребителей электрической энергии, владеющих ВЭ (энергетических, энергосбытовых и энергсервисных компаний, операторов мобильной связи и интернет-провайдеров, коммерческих операторов розничного рынка электроэнергии, потребителей с управляемой нагрузкой, операторов микросетей, территориальных сетевых компаний);
- повышение энергетической эффективности территориальных систем энергоснабжения, увеличение выработки электрической и тепловой энергии в когенерационном режиме с помощью объектов малой распределенной энергетики, повышение рентабельности объектов малой распределенной энергетики, надежности электроснабжения и качества электроэнергии в распределительной сети.

По инициативе АО «Первая розничная генерирующая компания» и при поддержке ИЦ «Сколково», Ассоциации ГП и ЭСК, АО «Институт энергетических систем», ООО «Инженерный центр — Газотурбинные тех-

нологии», АО «НТЦ ФСК ЕЭС», корпорации *Wartsila* в 2015 г. были начаты работы по созданию в Первой ценовой зоне ОРЭМ виртуальной электростанции располагаемой мощностью от 100 до 200 МВт (пилотный проект). В качестве ресурсной базы проекта предлагается использовать свободные резервы мощности расположенных в нескольких регионах РФ объектов распределенной генерации суммарной установленной мощностью не менее 500 МВт, в том числе функционирующих в когенерационном режиме.

Результаты пилотного проекта должны заложить организационно-методические и нормативные основы эффективного применения технологий ВЭ в российской электроэнергетике.

Достижимый уровень капитализации ВЭ, оцененный на основании подтвержденных доходов, для ВЭ располагаемой мощностью 50—100 МВт, действующих в энергосистемах ЕС, составляет около 100 евро/кВт располагаемой мощности.

Выводы

1. Формирование российского рынка ВЭ в среднесрочной перспективе может идти по следующим основным направлениям:
   - интеграция объектов распределенной генерации, включая электростанции промышленных и коммунальных потребителей, в структуру оптового рынка электроэнергии и мощности, в том числе с применением разрабатываемых технологий ценозависимого потребления;
   - расширение технологической базы розничных рынков электроэнергии, в том числе в части агрегирования малой и микрогенерации, регулируемых потребителей, включая ресурсы, формируемые на базе развивающихся технологий *H2G, V2G, IoT*;
   - техническое перевооружение систем оперативного технологического управления распределительными электрическими сетями и резервными источниками энергоснабжения;
   - создание систем энергоснабжения промышленных и коммунальных объектов с использованием микросетей и собственной генерации.
2. Коммерческие и технологические регламенты ВЭ, развивающихся в рамках указанных направлений, строятся на существенно различающихся бизнес-моделях. Структурно-функциональные схемы представленных в статье бизнес-моделей должны обеспечить совместимость различных уровней ВЭ, возможность их эффективной вертикальной и территориальной интеграции, а также селективного применения.
3. Наиболее значимые риски, связанные с применением ВЭ, определяются недостатком необходимой нормативной базы и должны быть отрегулированы на стадии НИОКР и в ходе реализации пилотного проекта.
4. Капитализация бизнеса ВЭ:
   - основные объекты капитализации — располагаемая мощность и клиентская база ВЭ, подтвержденные доходы от операционной деятельности в соответствии с представленными бизнес-моделями;
   - достижимый уровень капитализации (целевой ориентир) — не менее 100 долл. за 1 кВт располагаемой мощности в составе ВЭ на основе оценок для зарубежных ВЭ (для российских ВЭ оценка будет получена по результатам ТЭО пилотного проекта). эр

Список источников

1. *Фатеева Е.И.* Использование распределенной генерации дает позитивный эффект для развития ЕЭС // ЭнергоРынок. — №2. Март.
2. Virtual Power Plants: Demand Response, Supply Side, and Mixed Asset VPPs. Global Market Analysis and Forecasts // Navigant Consulting Inc. // Пресс-релиз. — USA, 2014. P.99.
3. ENTSO-E Network Code for Requirements for Grid Connection Applicable to all Generators // ENTSO-E AISBI. — Brussels, 2013.
4. Mapping Demand Response in Europe Today // SEDC, 2014. 92 p.
5. *Сидоровская Н.В.* Управление спросом на мировых рынках электроэнергии // ЭнергоРынок. — 2015. — №8.
6. *Marra F., Sacchetti D., Pedersen A.B., Andersen P.B., Træholt C., Larsen E.* Implementation of an Electric Vehicle Test Bed Controlled by a Virtual Power Plant for Contributing to Regulating Power Reserves // Proc. 2012 IEEE PES, Power Engineering Society General Meeting, San Diego, July 22—26, 2012.
7. *Nikonovitcz L., Milewsky J.* Virtual Power Plants — general revue: structure, application and optimization // Journal of Power Technologies. 2012. 92(3). P. 135—149.
8. *Корзитцке Р.* Управление спросом, распределенная генерация и виртуальные электростанции: экономические сигналы // РЭУ им. Г. В. Плеханова, Финансовая академия при Правительстве РФ // Материалы НТС «Управление эффективностью и результативностью». Вып. 11. Февраль 2013 г.
9. *Федоров В.Н.* Virtual Power Plant (VPP) как механизм повышения эффективности использования сетевой мощности // ОАО «Россети» // Москва, октябрь 2013 г.
10. О внесении изменений в Правила оптового рынка электрической энергии и мощности по вопросам ценозависимого снижения потребления // Проект постановления Правительства Российской Федерации, 2014—2015 гг. // Опубликован на интернет-сайте ОАО «СО ЕЭС».
11. Энергетическая стратегия России на период до 2030 г.: Утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 13.11.09 № 1715-р.