

---

УДК 621.316

А.А. АКСЕНОВА, студент гр. ЭРб-171 (КузГТУ)

Научный руководитель И.Н. ПАСКАРЬ, старший преподаватель (КузГТУ)  
г. Кемерово

**ВИРТУАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ЗА РУБЕЖОМ. ПРОБЛЕМЫ  
И ПЛЮСЫ ИХ ВНЕДРЕНИЯ В МИРЕ.**

В энергетических системах многих зарубежных стран стремительно набирают оборот виртуальные электрические станции, которые не только повышают эффективность работы энергосистемы, но и эффективность использования энергоресурсов, а также способны сбалансировать нагрузку непостоянной ВИЭ-генерации.

Виртуальные электростанции (ВЭС/VPP) – это объединенные децентрализованные электрические станции различного типа, которые управляются с помощью единой облачной платформы.

ВЭС представляет собой компьютерную систему, которая управляет потреблением и генерацией подключенных к ней энергообъектов, обеспечивая баланс мощности энергосистемы. Непрерывающийся процесс цифровизации энергетики позволил создавать электрические станции, которые не производят электроэнергию, а управляют энергопотреблением.

Рассмотрим зарубежный опыт реализации ВЭС.

Компания Fortum Corporation (Финляндия) объединила 70 частных домохозяйств в ВЭС, в которых тепло и горячая вода обеспечиваются электрочкалами. Если в энергосистеме возникает дефицит мощности, то температура воды в котлах слегка уменьшается, но не опускается ниже нормированных показателей. Диспетчерам энергосистемы представилась возможность управления мощностями бытовых потребителей с целью регулирования нагрузки энергетической системы. Эксперимент не повлиял на обогрев домов, подключенных к ВЭС, или горячее водоснабжение.

Данный проект, реализованный в Финляндии, является шагом к развитию «Умного города», где домохозяйства и цифровые технологии создают нового игрока на рынке электроэнергии. Объединив усилия, они имеют возможность снижать спрос регулированием нагрузки или генерацией мощности, что снижает потребность в электростанциях. Таким образом, каждый потребитель Финляндии может продать сэкономленную энергию.

Еще один пример – американский проект, включивший в ВЭС 1400 домов и 30 компаний. Его запустила компания New Brunswick Power, которая установила систему управления, обнаруживающую и использующую

---

гибкую нагрузку потребителей путем регулирования температуры воздуха, мощности водонагревателей и оборудования, которое может накапливать энергию, с целью балансирования нагрузки ветровой генерации.

Такой проект дал возможность легче и с меньшими потерями проходить утренние пики нагрузки на энергетическую систему, благодаря дополнительному регулировочному ресурсу в 17 МВт.

Энергетические компании New York Con Ed, SunPower и Sunverge запустили в Нью-Йорке проект по созданию ВЭС. ВЭС включит в себя 300 частных домов, с владельцами которых заключается договоренность о том, чтобы разместить на крышах их домов солнечные панели (мощность от 7 до 9 кВт) и аккумуляторы для накопления энергии.

Выгода для энергокомпаний колоссальная – им не придется тратить на участки для строительства электростанции, а установленные солнечные панели будут представлять собой единую управляемую сеть. Выгода для владельцев частных домов – генерируемая энергия для них будет бесплатной, к тому же, это экологический способ выработки энергии.

Еще один пример ВЭС – системы аккумулирования электрической энергии. Британская компания Glasgow Electric Plant Board включила в проект 165 частных дома. В ночное время суток или при падении спроса и цены на электроэнергию, аккумуляторы ВЭС осуществляли функцию накопления электроэнергии. Если спрос и цены на электроэнергию устанавливались выше среднего, то энергетическая компания посылает сигнал аккумуляторным батареям ВЭС и они начинают снабжать электроэнергией потребителей, что сокращает нужду в дополнительной генерации электрической энергии за счет традиционных ресурсов и способов генерации [1].

Также Британская компания Limejump уже успешно реализовала управление виртуальной электрической станцией. Эта компания управляет накопителями энергоресурсов мощностью 150 МВт, а также большим количеством объектов ВИЭ и распределенной генерации. В 2015 году Limejump получила лицензию на поставку электроэнергии, сейчас они имеют право быть участником балансирующего рынка электроэнергии Британии и вполне может составить конкуренцию крупным игрокам балансирующего рынка, объем которого исчисляется миллиардом фунтов стерлингов [2].

Компания Sonnen Group (Германия) реализовала ВЭС, накапливающую избыточную энергию, которая оценивается как «отходы». Дело в том, что генерация энергии Германии превышает потребление, следовательно, есть необходимость в отключении ветряных турбин, иначе энергосистема не сможет транспортировать такой большой объем генерируемой энергии.

Сама виртуальная электростанция работает на платформе Blockchain (EWT), а участники проекта могут совершать транзакции цифровой валютой. Таким образом, оператор энергосистемы может управлять энергией,

выбирая необходимые действия: генерация или накопление, что позволит исключить потери энергоресурсов [3].

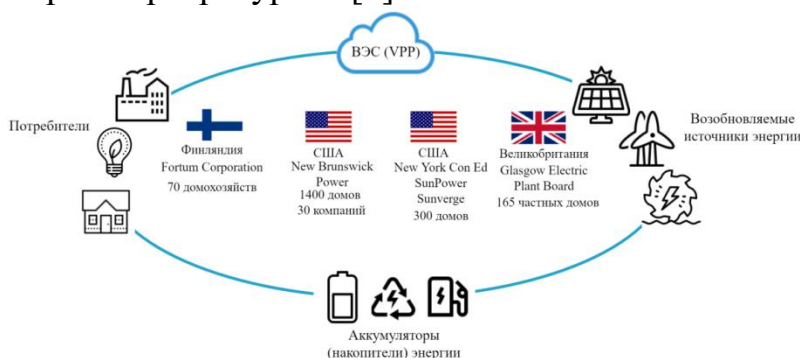


Рис. 1. Пример составляющих виртуальной электростанции

Кроме систем управления нагрузкой потребителей, в качестве ВЭ можно рассматривать кластеры распределенной генерации или системы аккумулярования энергии.

Кластеры распределенной генерации – это объединение не крупных генерирующих источников энергии, в число которых могут входить как объекты ВИЭ-генерации, так и традиционные источники генерации. Таким образом, эти объекты согласованно функционируют в единой мини-сети, а управление и координация происходит от единого управляющего центра. ВЭС такого типа широко распространены в Дании и Германии и используются не только для продажи полученной мощности на рынке энергоресурсов, но и для баланса неравномерной выработки ВИЭ-генерации [1].

По всему миру уже существует ВЭС. Самое большое распространение они получили в странах, где хорошо развита возобновляемая энергетика (США, Германия, Австралия, Дания, Япония). Реализация виртуальных электрических станций в России не приобрела такого масштаба, как за рубежом. Рассмотрим ключевые причины заторможенного развития ВЭС:

#### 1. Законодательство

Внедрение ВЭС серьезно тормозится на законодательном уровне. Во многих странах продажа электроэнергии разрешена только на государственном уровне. Организовать частую распределенную сеть без вмешательства на государственном уровне невозможно.

В Российской Федерации в 2019 году Государственная Дума приняла Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации». Этот принятый закон вносит определение «объект генерации», что упрощает установку, а также подключение к общей энергосети и продажу электрической энергии для частных лиц. Максимальная установленная мощность таких объектов микрогенерации – не более 15 кВт. Таким образом, потребители смогут

---

продавать в общую энергосеть (государству) лишь избыток генерируемой мощности, которая останется после потребления на собственные нужды.

Не смотря на то, что гарантирующие поставщики не смогут отказываться от покупки электроэнергии у владельцев объектов микрогенерации, цены сделки будут регламентироваться оптовым рынком. В то же время потребитель будет покупать электроэнергию по розничной цене у гарантирующего поставщика. В итоге потребителям станет невыгодно приобретать объекты микрогенерации с целью извлечения прибыли от продажи электрической энергии.

## **2. Стоимость**

Еще одним слабым местом ВЭС можно назвать высокую стоимость реализации самого проекта ВЭС. Для внедрения ВЭ необходимы альтернативные электрические станции (например, ВИЭ), необходимы новейшие цифровые технологии: IoT-датчики, требующие качественного интернет – соединения (сети 5G), также необходимо совершенное программное обеспечение и его постоянная поддержка и обновление. Таким образом, перечисленные факторы свидетельствуют о том, что для осуществления запуска ВЭС необходима поддержка государства или крупного инвестора [4].

## **3. Права потребителей**

Так как потребители, участвующие в реализации ВЭС, связаны одной сетью объектов генерации, работающих как мини-электростанция, то они зависят друг от друга. Так, например, одному потребителю будет необходим больший объем мощности, чем обычно, ВЭС выполнит эту задачу за счет уменьшения мощности других потребителей. Но электросети соседних потребителей могут быть итак загружены до технического предела, тогда ВЭС не сможет увеличить мощность потребителя. Получается, что потребители могут быть недовольны работой ВЭС.

## **4. Оптимизация процесса**

Самая обычная виртуальная электростанция, которая объединяет распределенных генераторов, как правило, не может оптимально использовать мощности распределенной генерации, так как ВЭС не учитывает возможные потери в электросети в режиме онлайн. Таким образом, ВЭС не может учесть потребности частных домохозяйств, а также ценовые сигналы в данный момент и в данном месте. А ПО виртуальной электростанции не учитывает равные права каждого потребителя на мощность, поэтому распределяет мощность по запросу [5].

Виртуальная электростанция – это интернет энергетики, современная цифровая технология. ВЭС требует вокруг себя «умной» инфраструктуры, то есть ПО и систем учета энергоресурсов, способных отслеживать и прогнозировать ситуацию с мощностью, которая требуется и доступна в режиме реального времени (онлайн). Все эти компоненты в будущем легко

интегрируются в проекты по «умным» городам, где «умные» сети сами будут знать, где и сколько энергии в данный момент требуется, а также как наиболее выгодно обеспечить энергобаланс.

ВЭС активно развиваются по всему миру, благодаря таким цифровым технологиям изменяется законодательство, различные технические нормативы и требования. В ближайшие 5 лет человечество сможет наблюдать видоизменение рынка электроэнергии, который будет связан с распределенной генерацией, интернетом вещей, блокчейном, ВЭС и т.д.

Системы ВЭС станут драйвером по увеличению числа альтернативных источников энергии, что будет способствовать улучшению экологической среды по всему миру, а также экономии ресурсов планеты.

Изменение энергетической инфраструктуры позволит перейти на децентрализованную сеть вместо строительства больших по размеру электростанций. Следовательно, энергосистемы будущего станут менее уязвимыми к катаклизмам. Например, поможет избежать массовых отключений электричества во время землетрясений, тайфунов и других катастроф.

Повсеместное распространение ВЭС позволит сократить потери на передачу электрической энергии, уменьшить потребность в наличии пиковых мощностей в энергетической системе, повысить надежность энергосистемы благодаря оптимизации процесса генерации энергии в режиме реального времени в соответствии со спросом на энергию.

Децентрализованная сеть, состоящая из потребителей и производителей электроэнергии, поспособствует созданию большего количества аккумуляторных станций для заряда электромобилей.

Главным плюсом от перехода на ВЭС можно считать тот факт, что чем меньше общество нуждается в мощных производителях энергоресурсов, тем меньше будет вероятность возникновения крупных техногенных катастроф.

#### Список литературы:

1. Реальные выгоды виртуальной электростанции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://peretok.ru/articles/innovations/13216/>
2. «Виртуальные энергетики» на балансирующем рынке электроэнергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://renen.ru/virtual-power-engineering-on-the-balancing-electricity-market/>
3. В Германии запускают первую виртуальную блокчейн-электростанцию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.block-chain24.com/news/novosti-blokcheyna/v-germanii-zapuskayut-pervuyu-virtualnuyu-blokcheyn-elektrostanciyu>

- 
4. Виртуальные электростанции. Можно ли управлять источниками «зелёной» энергии? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/toshibarus/blog/451950/>
  5. Виртуальные электростанции и реальные киловатты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://atomicexpert.com/virtual\\_power\\_station](https://atomicexpert.com/virtual_power_station)

Информация об авторах:

Аксенова Анастасия Александровна, студент гр. ЭРб-171, КузГТУ,  
650003, г. Кемерово, ул. Весенняя, д.28, [a.aksenova@inbox.ru](mailto:a.aksenova@inbox.ru)

Паскарь Иван Николаевич, старший преподаватель кафедры ЭГПП,  
КузГТУ, 650003, г. Кемерово, ул. Весенняя, д.28, [pin.egpp@kuzstu.ru](mailto:pin.egpp@kuzstu.ru)