

Раздел восьмой

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

8.2. Ветровые электростанции (ВЭС)

8.2.4. Обзор развития ВЭС по состоянию на 2014 г.

М.П. Роганков, Э.Э. Микушевич, В.М. Микушевич, ООО «Экополис», Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Среди бурно развивающихся возобновляемых источников энергии (ВИЭ) ветроэнергетика занимает лидирующее место. Согласно [1] в 2013 г. мощности ВИЭ (без всех ГЭС) достигли 560 ГВт, в том числе ветроэнергетических – 318 ГВт (или 57% всех ВИЭ без ГЭС). В 2012 г. мощности ВЭС составили 283 ГВт, т.е. за год достигнут рост на 12 %. В настоящей статье представлены технологические аспекты и информация по оборудованию для ВЭС с разбивкой на сетевые, автономные и гибридные ВЭС по состоянию на 2014 г. В статье использованы материалы из первой редакции раздела 8 по ВИЭ Информационной системы «Наилучшие доступные и перспективные природоохранные технологии в энергетике России» НИУ «МЭИ» (ОИС НДТ в энергетике России <http://osi.ecopower.ru>) 2011 г., подготовленные ОАО ЭНИН [2] и более современные материалы.

1. СЕТЕВЫЕ ВЭС МЕГАВАТТНОГО КЛАССА

Краткое описание. Ветроэнергетические агрегаты с автоматизированной системой управления через систему сопряжения с электросетью выдают электроэнергию в энергосистему.

Типы и мощности энергетического оборудования, на котором рекомендуется или возможно применение рассматриваемой технологии. В настоящее время сложился мировой рынок ветроэнергетического оборудования (целя подотрасль энергетического машиностроения). Мощности единичных агрегатов для сетевых ВЭС мегаваттного класса составляют от ~ 1,0 до 7,5 МВт (последний имеет диаметр колеса 127 м). Причем, заметна тенденция увеличения мощностей единичных ветроустановок (ВЭУ), особенно для ВЭС морского базирования. Для ВЭС наземного базирования оптимальными пока остаются установки мощностью 3...4 МВт. Инженерное исполнение ВЭУ чрезвычайно разнообразно (конструкции башен, механизмы ориентации, коробки передач, регуляторы, электротехническое оборудование, АСУ ТП и др.). В табл. 1 представлены сведения о трех типоразмерах ВЭУ одной из ведущих фирм-производителей. Всего фирмой предлагается 13 типоразмеров, 3 в диапазоне мощностей от 0,8 до 0,9 МВт, 9 в диапазоне от 2 до 3,05 МВт и одна мощностью 7,58 МВт.

Таблица 1. ВЭУ компании Enercon GmbH (Германия)

Характеристика ВЭУ	E-44/900	E-115/3000	E-126/7580
Установленная мощность, кВт	900	3000	7850
Диаметр колеса, м	44	115,7	127
Высота башни, м	45/55	92/149	135
Конструкция турбины	Без коробки передач, с переменной скоростью вращения, с отдельными лопастями		
Количество лопастей, шт.	3	3	3
Скорость вращения, об/мин	12...34	4...12,8	5...11,7
Система торможения	3 независимых системы регулирования с подачей э/э при нештатных ситуациях, тормоза и замок на роторе		
Предельная скорость ветра для отключения ВЭУ, м/с	28...34 (с контролем штормовой ситуации)		

Полная информация о характеристиках ВЭУ компании Enercon GmbH доступна на сайте www.enercon.de. Ниже приведены другие известные зарубежные производители ВЭУ мегаваттного класса и электронные адреса для получения полной информации об их продукции:

- Siemens (ФРГ) – www.energy.siemens.com,
- GE (США) – www.ge-energy.com,
- Vestas (Дания) - www.vestas.com,
- Clipper Windpower (США) – www.clipperwind.com,
- Bard Engineering GmbH (ФРГ) – www.bard-offshor.de.

На российском рынке доступны ВЭУ «Радуга-1» мощностью 1 МВт производства ОАО «ГМКБ Радуга им. А.Я. Березняка». Характеристики этой ВЭУ [4]:

- мощность генератора номинальная – 1000 кВт;
- рабочий диапазон скоростей ветра – 5...25 м/с;
- диаметр ветрового колеса – 48 м;
- высота башни – 38 м;
- число лопастей – 3;
- частота вращения ветрового колеса (переменная) – 21...42 об./мин;
- расчётная скорость бурового ветра - 60 м/с;
- проектируемый срок службы узлов - 25 лет;
- среднегодовая выработка электроэнергии - 2600...4900 тыс. кВт·ч.

Диапазон применимости. Использование сетевых ВЭС целесообразно в местах с высоким ветропотенциалом. Они работают в диапазоне скоростей ветра, установленном для каждого конкретного ветроагрегата. Подключаются к энергосистеме.

Основные ограничения на применение ВЭС:

- расположение крайних установок ВЭС наземного базирования не ближе 300 м к жилой застройке, для ВЭС морского базирования такого ограничения нет.
- периоды штиля или штормового ветра за диапазоном применимости;
- не превышение суммарной мощности ВЭС и других подобных генерирующих энергоустановок, не поддающихся полному контролю по регулированию, 10...15 % (по некоторым данным 25 %) мощности энергосистемы, к которой они подключены во избежание потери устойчивости ее работы.

Достоинства и недостатки.

Достоинства. Общие достоинства, характерные для всех ВИЭ (нет выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферу, экономия органического топлива, диверсификация источников электроэнергии, имиджевые аспекты и т.п.). Помимо них:

- удельная стоимость установленного кВт·ч ВЭС сравнима с показателем по ТЭС (имеются зарубежные сведения о том, что для ВЭС она иногда даже несколько ниже, чем для ТЭС);
- низкие эксплуатационные затраты (отсутствие постоянного персонала в месте расположения ВЭС, однако необходимы профилактические работы, периодическая замена масла и т.п.).

Недостатки.

- останов ВЭУ при выходе за диапазон допустимой силы ветра при штиле или штормовом ветре, что отрицательно влияет на работу энергосистемы;
- низкочастотный шум 3...15 Гц от вращающихся ветровых колес, угнетающе воздействующий как на человека, так и на фауну в районе расположения ВЭС;
- гибель птиц (по ряду оценок – около 1 % пролетающих через площадку ВЭС);
- повышенные удельные площади на установленный кВт мощности, занимаемые ВЭС, по сравнению с ТЭС (при расположении установок одна за другой минимальное расстояние между ними составляет около 10 диаметров колеса), а также необходимость организации санитарно-защитной зоны шириной (диаметром) 300 м (при этом внутри территории ВЭС возможно проведение сельскохозяйственных работ и осуществление т.п. деятельности);
- архитектурно-визуальное отрицательное индивидуальное восприятие ВЭС (субъективный аспект - далеко не для всех «лес» из ВЭУ является украшением пейзажа);
- низкочастотные вибрации на расстоянии до 60 м (поглощаются в санитарно-защитной зоне ВЭС шириной 300 м);
- обледенение лопастей (вследствие разлета льда при пуске требуется выполнение предупредительных мер предосторожности);
- радиопомехи (могут потребоваться дополнительные ретрансляторы).

Объекты внедрения в РФ (включая Крымские, которые ранее в статистике по РФ не учитывались): Воркутинская ВЭС – 1,5 МВт; Анадырская ВЭС – 2,5 МВт (Чукотка, в зоне децентрализованного электроснабжения); Куликовская (Зеленоградская) ВЭС – 5,1 МВт (Калининградская область); ВЭС на о. Беринга – 2 МВт; Тюпкельды ВЭС – 2 МВт (Башкирия); Саратовская ВЭС – 0,3 МВт; Калмыцкая ВЭС – 1 МВт; Марпосадская ВЭС (Чувашия) – 0,2 МВт и ряд Крымских ВЭС: Останинская – 25 МВт, Сакская – 19 МВт, Тарханкутская – 15 МВт, Судакская – 6,3 МВт, Пресноводненская – 6,0 МВт и Донузлавская – 2,9 МВт.

На разных стадиях проектных проработок находится еще достаточное большое количество ВЭС.

Сведения о наличии/отсутствии авторских прав на применяемую технологию, разработчиках и/или правообладателях технологии. В процессе создания и совершенствования отдельные узлы, конструкции и системы защищались авторскими правами.

2. АВТОНОМНЫЕ ВЭС

Краткое описание. Ветроэнергетические агрегаты с автоматизированной системой управления (АСУ) через накопитель энергии (аккумулятор) выдают электроэнергию потребителю. Предназначены для автономного энергоснабжения отдаленных населенных пунктов и объектов в местностях без централизованного электроснабжения.

Типы и мощности энергетического оборудования, на котором рекомендуется или возможно применение рассматриваемой технологии

Автономные ВЭС имеют, как правило, мощности до мегаватта, а часто в десятки киловатт. Из доступных на рынках России и Украины в табл. 2 приведены характеристики двух наиболее мощных установок по отношению к автономным ВЭУ [2].

Диапазон применимости. В местах с высоким ветропотенциалом; работают в диапазоне скоростей ветра, установленном для каждого конкретного ветроагрегата.

Ограничения на применение технологии.

- должны располагаться не ближе 200 м от жилой застройки;
- периоды штиля или штормового ветра за диапазоном применимости, когда ВЭС будет вынужденно простаивать, а аккумуляторы разряжаться, и это потребует резервный источник электроснабжения.

Таблица 2. **Серийные ВЭУ в РФ и на Украине**

Характеристика	USW-56-100	АВЭ-250СМ
Производитель	ЗАО «Ветроэнергетика», Украина	ГУП НПП «Ветроэн», РФ
Номинальная мощность, кВт	107,5	250
Тип генератора	асинхронный	синхронный
Ток	3-фазный 380 В	3-фазный 380 В
Расчетная рабочая скорость ветра, м/с	13	13
Диапазон рабочих скоростей, м/с	5...22	5...30
Диаметр колеса, м	20	18...30
Конструкция башни	решетчатая	башенная коническая
Регулятор	механический	механический
Механизм ориентации	рыскание	виндроза
Состояние производства	серия	серия

Достоинства и недостатки.

Достоинства. Общие достоинства, характерные для всех ВИЭ (нет выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферу, экономия органического топлива, диверсификация источников электроэнергии, имиджевые аспекты и т.п.). Помимо них низкие эксплуатационные расходы (постоянного персонала в месте расположения ВЭС не требуется, необходимы периодические профилактические работы: замена масла и т.п.).

Недостатки:

- останов ВЭУ при выходе за диапазон допустимой силы ветра при штиле или штормовом ветре и исчерпание емкости аккумуляторов;
- обледенение лопастей (вследствие разлета льда при пуске требуется выполнение предупредительных мер предосторожности);
- радиопомехи (могут потребоваться дополнительные ретрансляторы).

Объекты внедрения в РФ. Для маломощных автономных ВЭС – многочисленны.

3. ГИБРИДНЫЕ ВЭС

Гибридная ВЭС представляет собой соединение автономной ВЭС с дизель-генератором или другим традиционным источником электроэнергии. Такое сочетание позволяет избавиться от хронического недостатка автономной ВЭС – остановки в периоды штиля или штормового ветра. Кроме того, таким образом возможно обеспечить большие мощности комплекса при высокой надежности электроснабжения. Перспективы для таких комплексов значительны. Однако с точки зрения категории источника энергоснабжения и с точки зрения экологического эффекта эту систему можно отнести к «возобновляемому источнику» настолько, насколько в ней задействована ВЭУ, коэффициент использования установлен-

ной мощности которой бывает невелик, в большинстве случаев не превышая 37 %. Соответственно характеристики гибридной системы, ее достоинства и недостатки и все прочие параметры должны быть «пропорционально» поделены между дизель-генератором и ВЭУ. Понятно, что разнообразие вариантов комбинирования для гибридной системы велико и существенно зависит от местных условий. С учетом этих обстоятельств далее гибридные системы в рамках настоящей Информационной системы не рассматриваются.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ

1. **Renewables** 2014 Global Status Report. REN21. Renewable Energy Policy Networks for the 21th Century. www.ren21.net/Portals
2. **В.А. Васильев, Б.В. Тарнижевский.** Раздел 8 «ВИЭ» в ОИС НДТ в энергетике России, 2011, <http://osi.ecopower.ru>, версия 2011 г.).
3. **Перспективы развития** возобновляемых источников энергии в России. Программа Европейского Проекта TACIS для Российской Федерации. М., 2009. Изд. «Атмограф».
4. <http://www.ktrv.ru>