

Ветро турбина SWT-6.0 мощностью 6 МВт с прямым приводом компании Siemens



In brief

**Siemens new 6-MW
direct drive offshore
wind turbine.**

Siemens Energy launched its new 6-megawatt (MW) direct drive wind turbine at the European Offshore Wind Energy Conference in Amsterdam, The Netherlands. The new SWT-6.0 is available with rotor diameters of 120 and 154 meters and is designed for the most challenging offshore sites. It features the Siemens direct drive design with 50 per cent fewer parts than comparable geared wind turbines. With a towerhead mass of roughly 350 tons, the SWT-6.0 is the lightest machine in its class.

К. Л. Беляев – ООО «Сименс»

А. А. Троицкий – ООО «Турбомашины»

Новая ветротурбина SWT-6.0 с прямым приводом мощностью 6 МВт разработана в соответствии со всеми требованиями стандартов IEC-1. Турбина морского применения будет производиться в двух вариантах: с диаметром ротора 120 м и 154 м.

Сектор «Энергетика» концерна Siemens представил новую ветровую турбину с прямым приводом мощностью 6 МВт. Презентация состоялась в рамках Европейской конференции-выставки по морской ветроэнергетике – European Offshore Wind Energy Conference & Exhibition, проходившей осенью 2011 года в Амстердаме (Нидерланды).

Новая ветротурбина SWT-6.0 морского применения должна обеспечить максимально высокий уровень эффективности выработки энергии в жестких условиях эксплуатации. Конструкция новой турбины с прямым приводом включает вдвое меньшее количество деталей, необходимых для работы аналогичной ветровой турбины с редуктором. Общая масса обтекателя и ротора турбины составляет менее 350 тонн, что делает эту крупногабаритную ветротурбину легкой в своем классе. Уникальное сочетание высокой надежности

и облегченной конструкции позволяет существенно снизить затраты на установку и техническое обслуживание, а также повысить эффективность турбины.

Как отметил исполнительный директор подразделения Siemens «Ветровая энергетика» Хенрик Штиздаль, создание новой турбины мощностью 6 МВт является результатом целенаправленной деятельности специалистов, имеющих 30-летний опыт работы на ветроэнергетическом рынке. Ожидается, что SWT-6.0 установит новый стандарт для крупногабаритных морских ветровых турбин, предназначенных для будущих проектов в сфере ветроэнергетики. Благодаря передовой конструкции и небольшому весу, она будет способствовать существенному снижению стоимости энерго-ресурсов для морских ветроэлектростанций.

Новая турбина Siemens с прямым приводом мощностью 6 МВт разработана в соответствии

со всеми требованиями стандартов IEC-1 и будет производиться в двух вариантах: с диаметром ротора 120 м и 154 м.

Турбина SWT-6.0-154, оснащенная 75-метровыми лопастями B75 Quantum Blade, имеет ротор наибольшего диаметра среди всех турбин класса мощности 6 МВт. Лопасти B75 Quantum Blade нового поколения имеют высокую мощность при сравнительно небольшой массе, а их уникальная конструкция обеспечивает высокую эффективность выработки энергии при любой скорости ветра.

Турбина SWT-6.0-120 оборудована 58-метровыми роторными лопастями B58, которые в настоящее время используются для самой продаваемой в мире турбины морского применения – SWT-3.6-120.

Благодаря отсутствию редуктора, в турбине уменьшено число движущихся деталей, что значительно увеличивает жизненный цикл оборудования, а также продлевает межремонтные интервалы. Ветрогенератор SWT-6.0-120 оснащена специальной площадкой (размещенной на задней части гондолы) для спуска людей или грузов с вертолета.

Первый прототип ветровой турбины Siemens мощностью 6 МВт был установлен в мае 2011 года в Дании, в районе Ховсоре. До этого были проведены полномасштабные испытания компонентов прототипа и всей турбины в целом в научно-исследовательском центре компании Siemens в г. Бранде (Дания).

Перевозку крупногабаритной гондолы ветрогенератора SWT-6.0-120 осуществляла датская транспортная компания Brande Maskintransport. При этом использовался специальный прицеп для транспортировки негабаритных грузов, построенный французской

фирмой Nikolas Industrie. Дистанция перевозки составила 138 км, длина транспортного каравана – 58 м. При транспортировке использовалось 22 модуля грузонесущих осей марки Nikolas MHD. Особенности транспортной операции (в частности, преодоление трех достаточно слабых мостов) потребовали ограничить нагрузку на ось до 14 тонн. Кроме того, транспортное устройство обеспечивало угол поворота 55 градусов, что было немаловажно при движении по извилистым датским дорогам.

В настоящее время специалисты компании Siemens проводят детальное тестирование и апробирование новой ветровой турбины. После успешного завершения всех проверок новый продукт Siemens будет официально представлен на рынке. В течение 2012–2013 гг. 50 турбин SWT-6.0 предсерийной партии будут установлены в наземных и морских ветропарках в Дании, Германии, Нидерландах и Великобритании.

Турбина SWT-6.0-120 облегченной конструкции позволит снизить затраты по проектам в сфере морской ветроэнергетики. Начало серийного производства запланировано на 2014 год. Турбина может эксплуатироваться в различных регионах с любым климатом и ветровой нагрузкой.

SWT-6.0-120 является третьей моделью ветровых турбин с прямым приводом, разработанной специалистами Siemens. Традиционно масса больших ветровых турбин в расчете на 1 МВт мощности всегда была больше в сравнении с более компактными агрегатами. В новой модели соотношение массы и мощности соответствует параметрам ветровых турбин в классе мощности 2...3 МВт. Кроме того, небольшой вес позволяет снизить стоимость

 Доставка блоков ветротурбины SWT-6.0 до места строительства в Ховсоре (Дания)



самой турбины, а также башни и поддерживающих конструкций.

В SWT-6.0-120 нашли применение несколько передовых технологий, подтвердивших свою эффективность в эксплуатации ветротурбины SWT-3.6, которая является на сегодня одной из лучших на рынке морской ветроэнергетики. Конструкция SWT-6.0-120 разработана и оптимизирована с учетом особенностей ее ремонта и обслуживания, а усовершенствованная диагностика позволяет снизить потребительские риски и обеспечить высокий уровень надежности и готовности к эксплуатации.

Технические новации

Агрегат с постоянным магнитным возбуждением (прямой привод генератора) не расходует энергию на возбуждение как таковое. Турбина SWT-6.0 имеет внешний ротор, вращающийся снаружи статора. При такой конструкции

Установка гондолы на башню ветротурбины



ротор может эксплуатироваться в объеме мотогондолы с ограниченными размерами, что в свою очередь позволяет сохранить компактные размеры гондолы.

Персонал по обслуживанию оборудования имеет достаточно пространства для проведения работ — обеспечен легкий доступ к основным компонентам. Устанавливаемая в верхней части гондолы пассивная система охлаждения повышает энергоэффективность установки. Турбина оснащена двойной системой охлаждения, что обеспечивает равномерное охлаждение генератора.

Из пяти ключевых компонентов ветровой турбины: лопасть, ступица ротора, гондола, башня и контроллер — все, кроме гондолы, созданы на базе существующего оборудования и систем собственной разработки и производства. Одним из явных преимуществ габаритов новой гондолы является то, что она перевозится целиком, а это сокращает объем дорогостоящей сложной сборки основных компонентов на месте эксплуатации.

Требования к стабильности энергосистемы возрастают с подачей все больших объемов энергии ветра. Любая ветровая турбина при подключении в сеть должна обеспечивать полное соответствие выдаваемой электроэнергии жестким сетевым требованиям по стабильности.

Преобразование энергии на ВЭС осуществляется с помощью системы NetConverter (чистый преобразователь), разработанной компанией Siemens. Она полностью преобразует электроэнергию, с эффективным отсоединением генератора и динамических компонентов турбины от сети. Технология NetConverter обеспечивает максимальную гибкость при реагировании турбины на изменение напряжения и частоты тока, с ее помощью поддерживается непрерывное электроснабжение и регулируется выходная мощность.

Контроль параметров оборудования и управление режимами работы осуществляется с помощью системы WebWPS SCADA (Siemens). Она передает оператору детальную информацию по параметрам оборудования, состоянию сети, анализу неисправностей и сбоев в работе, а также по метеорологической обстановке в зоне эксплуатации.

Система управления нагрузкой ветротурбины — TLC функционирует в режиме реального времени, обеспечивая работу ветровой турбины в условиях чрезмерных нагрузок, когда обычно она должна отключаться для защиты от перегрузки. TLC положительно воздействует на годовую выработку электроэнергии в отличие от других способов снижения нагрузки.

При резком увеличении ветровой нагрузки или ухудшении погодных условий в месте эксплуатации система TLC автоматически переводит оборудование в оптимальный режим работы в сложившихся условиях. Причем параметры выдаваемой электроэнергии поддерживаются в рамках установленных сетевых стандартов. Дополнительной опцией при этом является блок HWRT (High Wind Ride Through). Традиционно, если скорость ветра превышает 25 м/с в течение 10 минут, эксплуатация ветротурбины автоматически прекращается, что негативно сказывается на нагрузке в энергосети. При использовании блока HWRT даже в таких условиях ветротурбина не останавливается и продолжает выдавать мощность в сеть.

Автоматическая система смазки обеспечивает непрерывную подачу и регулирование температуры масла. В ней установлены проходные и отдельные масляные фильтры. Свежее масло от поставщика предварительно отфильтровано.

Система поворота позволяет уменьшить нагрузки с большим числом электродвигателей и постепенным нарастанием. Упрочненное кольцо поворота обеспечивает быстрое и безопасное обслуживание (контролируемый износ). Конструкция выдерживает турбулентность класса А. Полностью закрытый кожух охлаждается только посредством теплообменников и обеспечивает отличную изоляцию. Применяется водяное охлаждение преобразователя частоты.

Причинами активного износа элементов конструкции ВЭС являются турбулентность, сдвиг ветра, угол притекания ветра по лопастям. В связи с нагрузками и напряжениями конструкции необходимы эффективные решения для оптимизации эксплуатации турбины. Регулирование нагрузки предотвращает перегрузки турбины и чрезмерные усталостные напряжения. Ограничение полных остановов турбины также предотвращает перегрузки. Обеспечивается контроль и регулирование остаточного срока службы турбины.

Лопастей турбины SWT-6.0 произведены по запатентованной технологии IntegralBlade. Они выполнены из цельного блока эпоксидного композита, усиленного стекловолокном, в процессе одной технологической операции. В результате отсутствуют клеевые соединения, которые могут привести к растрескиванию структуры, проникновению влаги и поражению молнией. Процесс производства цельных лопастей основан на трансферном формовании пластмасс с помощью вакуума (VARTM).

Конструкция IntegralBlade обеспечивает усталостный ресурс до 20 лет, высочайшую прочность при статической нагрузке, гарантированный прогиб и отклонение. Все применяемые

Табл. Характеристики ветротурбины SWT-6.0-154

Ротор	Горизонтальный, осевой, 3 лопасти
Расположение	Против ветра
Диаметр, м	154
Площадь захвата, м ²	18 600
Частота вращения, об/мин	5...11
Регулирование мощности	Пошаговое, с изменяемой частотой
Наклон ротора	6 градусов
Лопастей	Самоподдерживающиеся
Длина, м	75 (B75)
Аэродинамический профиль	FFA-W3-XXX, патент Siemens
Материал	GRE
Аэродинамический тормоз	Продольный по всей плоскости лопасти
Активация	Активная, гидравлическая
Блоки поддержки нагрузки	
Ступица, основной вал, основание гондолы	Материал – узловой чугуна
Механический тормоз	Гидравлический, дисковый
Корпус	Полностью закрытый
Материал	Огнеупорный GFRP, с экранированием EMC
Генератор	Синхронный, прямого привода
Параметры сети (LV)	
Номинальная мощность, кВт	6000
Напряжение, В	690
Поворотная система	Активная
Поворотный подшипник	С внешним редуктором
Поворотный привод	Электромоторы с редукторами
Поворотный тормоз	Пассивный, фрикционный
Система SCADA	WPS
Модель контроллеров	WTC 3.0
Башня	Цилиндрическая и/или коническая
Высота	В зависимости от площадки
Эксплуатационные параметры	
Минимальная скорость ветра, м/с	3...5
Скорость ветра для работы с номинальной мощностью, м/с	12...14
Максимальная скорость ветра, м/с	25
Предельная скорость ветра, м/с	70 (версия IES)



Siemens – самый опытный игрок на мировом рынке ветроэнергетики морского применения.

В 1991 г. в Дании специалистами компании была установлена первая в мире морская ветроэлектростанция Vindeby.

С того времени в Европе успешно работают более 700 ветровых турбин Siemens суммарной мощностью более 2 000 МВт.

Сегодня портфель заказов по проектам в сфере морской ветроэнергетики включает 1 100 ветровых турбин суммарной мощностью более 4 000 МВт.

Siemens лопасти производятся на собственных предприятиях, где существует полный технический контроль (QA) выпускаемой продукции. Систематическая проверка осуществляется в процессе укладки матов из стекловолокна.

Ветроустановки Siemens обладают эффективной молниезащитой, действующей по принципу клетки Фарадея. Общая базовая конструкция турбины выполнена с учетом требований международного стандарта молниезащиты IEC 61400-24 уровня I. Лопасти снабжены приемниками молний и гибкими изолированными проводами. Конструкция гондолы и башни – полностью металлическая. Трансформатор размещен снаружи гондолы для снижения риска возникновения пожара.

Оборудование компании отличают высокие рабочие характеристики и надежность: доказанный проектный срок службы составляет 20+ лет, фактическая эксплуатационная готовность – 97 %. Все выпускаемые модели имеют прочную конструкцию, при создании которой применяются передовые технические решения.

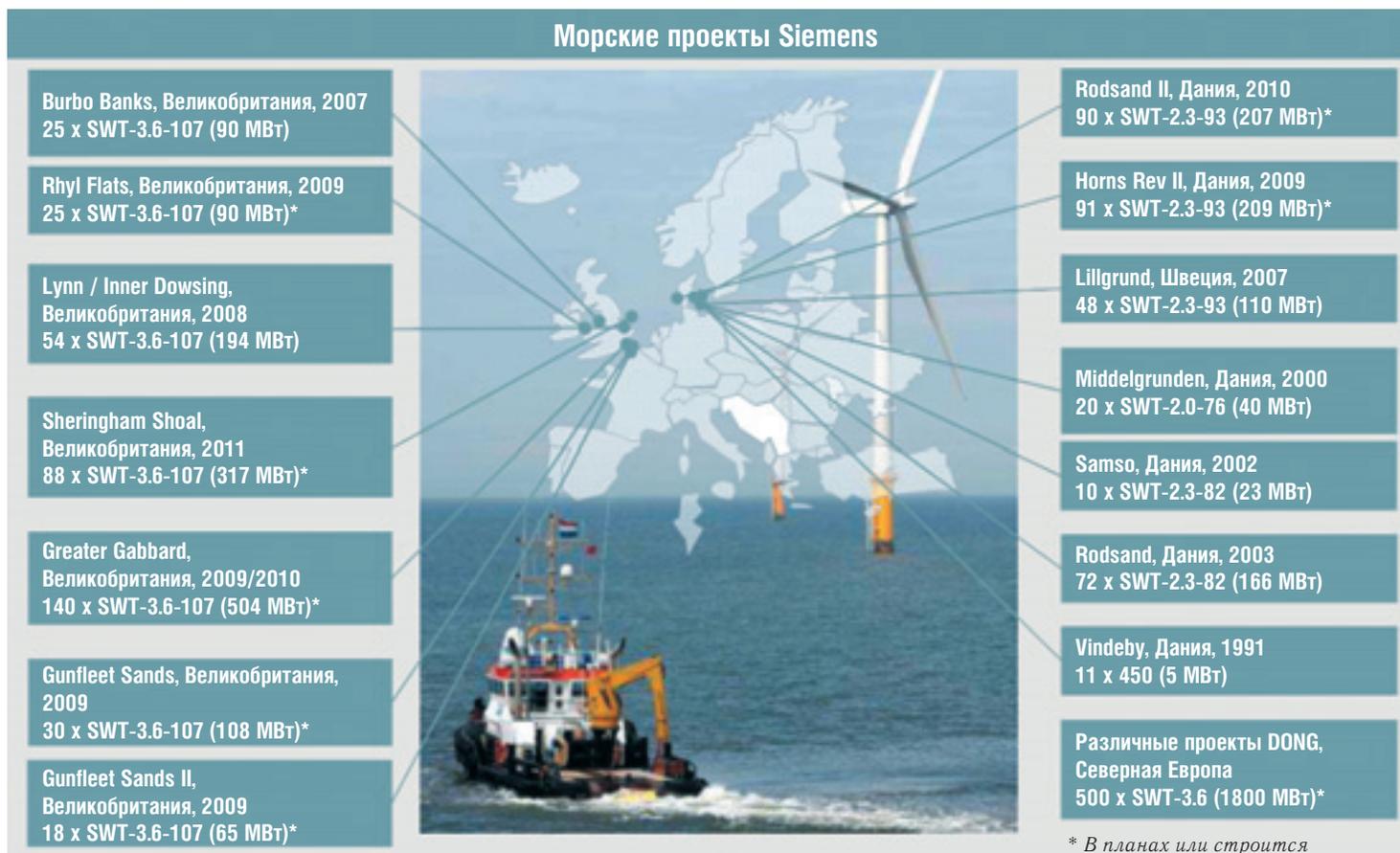
В энергоблоке осуществляется сверхчистая фильтрация масла. Кольцо поворота имеет контролируемый низкий износ. Цельный экранирующий колпак и отличная изоляция гондолы позволяют ветротурбинам работать в самых сложных климатических условиях.

Обслуживание оборудования

В 1983-87 гг. в США было поставлено около 1100 ветротурбин Bonus – сегодня 97 % из них находятся в эксплуатации. Средний «возраст» турбин составляет 22 года, некоторые из них выведены из эксплуатации по причине реконструкции или в связи с миграцией птиц. Убытки, которые компания Siemens возместила по гарантии эксплуатационной готовности в течение 25 лет, пренебрежимо малы.

Обширнейшая программа технического обслуживания оборудования обеспечивает высокую эксплуатационную готовность. Контролируется работа 1,5 тыс. турбин. Благодаря непрерывному мониторингу вибраций в реальном времени, обеспечивается оптимальная выработка электроэнергии, а также предотвращаются серьезные аварии. Квалифицированный опытный персонал компании доступен в режиме 24/7.

Компания Siemens обеспечивает заказчикам постоянную техническую поддержку в процессе эксплуатации, оказывая помощь при плановых и внеплановых отключениях. Доступ к глобальной логистической сети Siemens с оперативным управлением и контролем материальных средств позволяет оперативно выполнять заказы на приобретение запасных частей.



Всеобъемлющие решения технического обслуживания:

- опыт производителя оборудования и инженерно-техническое обеспечение;
- разнообразные варианты договоров на обслуживание;
- возможность дистанционного мониторинга в режиме 24/7;
- техническая помощь в процессе эксплуатации для поддержки в условиях плановых и внеплановых отключений;
- собственная учебная база для персонала заказчиков.

Многолетний опыт компании Siemens в области мониторинга состояния турбины (ТСМ®) помогает оптимизировать рабочие характеристики парка ВЭС. Обслуживание с помощью ТСМ® позволяет использовать опыт эксплуатации тысяч ветротурбин, работа которых контролируется компанией.

Система ТСМ® решает следующие задачи:

- оптимизация планирования работ по обслуживанию, а также уменьшение затрат на обслуживание и времени простоя;
- профилактический ремонт узлов до выхода из строя: в случае превышения ограничений на уровень вибраций ветротурбина автоматически останавливается;
- расширение возможностей для дальнейшего технического развития.

Позиции Siemens Wind Power на рынке ветротурбин

За последние 20 лет в Европе специалистами Siemens установлено более 600 морских ветровых турбин суммарной мощностью более 1 800 МВт. За счет портфеля невыполненных заказов по проектам в сфере морской ветроэнергетики на поставку турбин суммарной мощностью более 3 600 МВт концерн намерен укрепить свои позиции лидера в данном сегменте рынка. Эксперты предполагают, что развитие морской ветроэнергетики станет наибольшим вкладом в обеспечение экологически чистого и устойчивого энергоснабжения.

Ветровые турбины – важная составляющая экологического портфолио концерна Siemens, объем продаж продуктов и решений из которого в 2010 финансовом году составил 28 млрд евро, что делает компанию мировым лидером в сфере поставок «экологически дружелюбных» технологий. В 2011 году такие продукты и решения Siemens помогли клиентам концерна сократить выбросы CO₂ на 270 млн тонн. Эта цифра равна годовым совокупным выбросам CO₂ таких мегаполисов, как Гонконг, Лондон, Нью-Йорк, Токио, Дели и Сингапур. 