

Ветроэнергетическая установка SWT 3.0-101: безредукторная технология от Siemens

In brief

SWT-3.0-101 wind turbine – gearless technology from Siemens.

Siemens Energy today launched its new SWT-3.0-101 Direct Drive wind turbine for sale at the European Wind Energy Conference and Exhibition in Warsaw. The new SWT-3.0-101 with a rated power of 3 megawatts (MW) offers innovation through a completely new Direct Drive concept introducing a permanent magnet generator. With half the parts of a conventional geared wind turbine, and much less than half the number of moving parts, the new wind turbine will require less maintenance and increase profitability for customers. The new Direct Drive wind turbine features a rotor diameter of 101 meters and is now available for sale.

К. Н. Юсупов, К. Л. Беляев – ООО «Сименс»

Использование ветрового потенциала в энергетике России позволит сэкономить значительное количество углеводородного сырья и существенно снизить выбросы вредных веществ в атмосферу. Новая ветроэнергетическая установка Siemens SWT-3.0-101 мощностью 3 МВт делает процесс выработки электрической энергии наиболее эффективным и безопасным.

Россия – страна, богатая природными ресурсами, – имеет наряду с большими запасами газа, нефти и угля значительный ветровой потенциал. Согласно Национальному кадастру, более 30 субъектов РФ обладают ветроэнергетическими ресурсами, достаточными для их эффективного использования по всем международным критериям. Суммарный технический ветропотенциал России оценивается примерно в 14 000 ТВт·ч ежегодно, что превосходит более чем в 15 раз реальную выработку всех электростанций страны. Таким образом, необходимо использовать этот шанс, активно развивая возобновляемые источники энергии.

В условиях развития российской экономики компания Siemens стремится внести и свой вклад в высокотехнологичную модернизацию всех ключевых отраслей энергетики. Компания постоянно анализирует тенденции рынка и потребности в разработке новой продукции. Отчетливо сознавая, что в данный момент

одним из прогрессивных направлений является область альтернативной энергетики, Siemens активно предлагает свой опыт и продукцию для внедрения в России.

Обладая широкой компетенцией, подразделение компании – Siemens Wind Power предлагает полный спектр услуг в области строительства ВЭС. На сегодня база установленных мощностей по всему миру составляет более 9 600 МВт – это 8 000 ветротурбин, произведенных на предприятиях Siemens. Их использование снижает ежегодные выбросы углекислого газа более чем на 10 млн тонн. Ветростанции развивают мощность, сравнимую с традиционными электростанциями.

Производительность и рентабельность ВЭС

При разработке ветровых турбин очень важен комплексный подход к их проектированию и сооружению, использованию материалов и технологическим процессам.

Ветровая турбина SWT-3.0-101 (рис. 1) производства Siemens реализует такой подход благодаря абсолютно новому генератору. Разработка SWT-3.0-101 означала для Siemens приближение к «амбициозной» цели – сокращению вдвое количества компонентов при одновременном повышении производительности установки.

Новаторское проектирование позволило претворить этот замысел в реальность. Поскольку для такой турбины необходима лишь половина компонентов обычного агрегата, новая установка проста в обслуживании и чрезвычайно надежна. Кроме того, компактная конструкция турбины позволяет экономить на транспортировке к месту эксплуатации.

Безредукторный агрегат SWT-3.0-101 обладает потенциалом существенного снижения эксплуатационных расходов и времени на его обслуживание. Турбина имеет большую мощность, чем предыдущие установки с аналогичной длиной лопасти при меньшем уровне шума. Она обеспечивает лучшие рабочие характеристики при средней силе ветра. Параметры турбины представлены в табл.

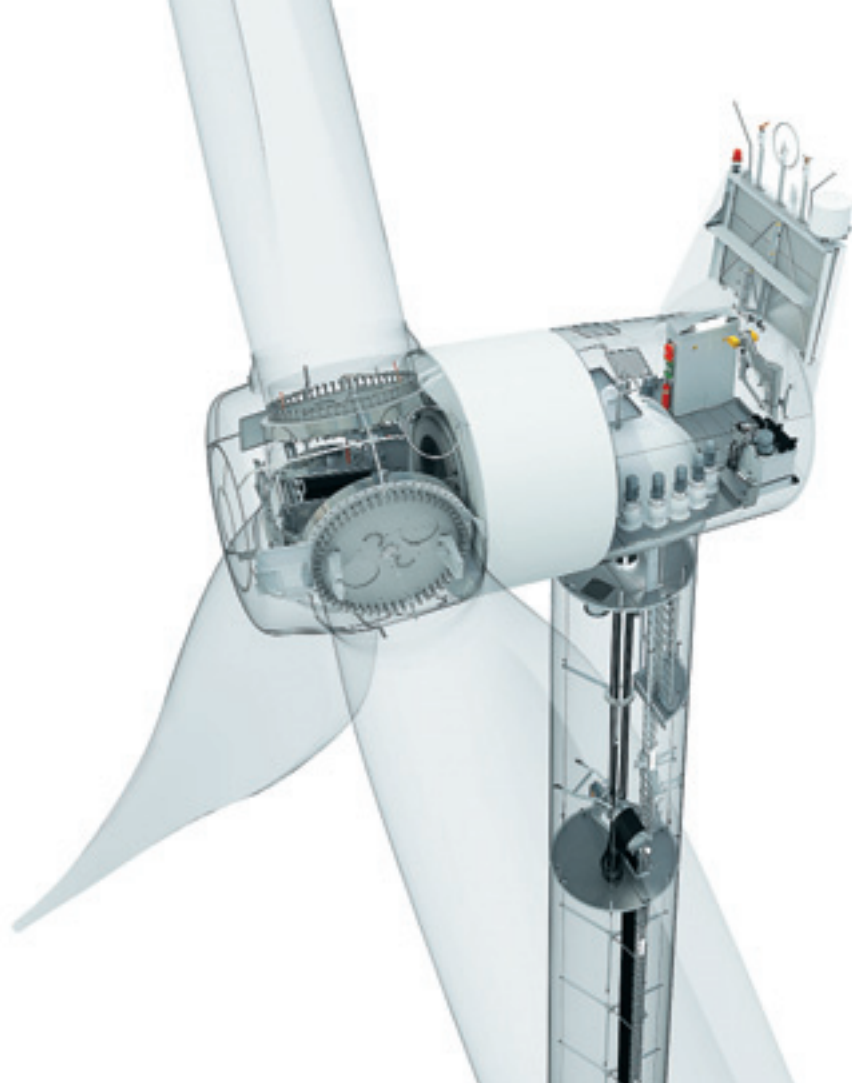
Повышенная аэродинамическая эффективность установки достигается благодаря другому профилю в основании новой лопасти B49 (рис. 2). Отличие SWT-3.0-101 от модели SWT-2.3-93, помимо конструкции лопастей, заключается в следующем:

- увеличены опоры лопастей с целью соответствия большим основаниям;
- дополнительное сужение (сужение – ориентация лопастей вперед) обеспечивает больший зазор между концами лопастей и башней;
- для обеспечения большего диаметра основания лопастей используется система регулирования наклона.

Прямой привод генератора

Несмотря на то что редукторы ветровых турбин производства Siemens имеют высокую степень надежности, они всегда являлись самым сложным компонентом энергоустановки. С исключением редуктора упрощается конструкция и повышается надежность ВЭС.

В отличие от устройств с редуктором и электрическим возбуждением, агрегат с постоянным магнитным возбуждением не расходует энергию на возбуждение как таковое. Кроме того, SWT-3.0-101 имеет внешний ротор, вращающийся снаружи статора. При такой конструкции ротор может эксплуатироваться в объеме мотогондолы с ограниченными размерами, что в свою очередь позволяет сохранить компактные размеры гондолы.



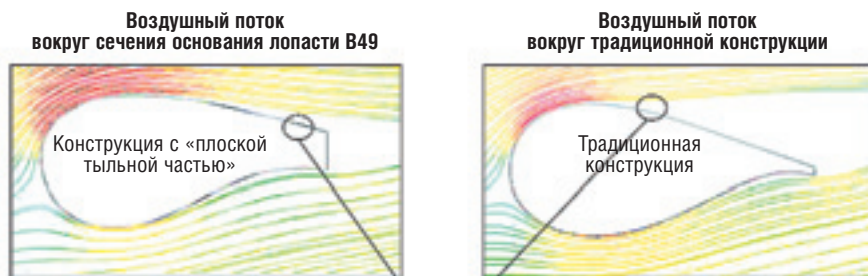
Простота конструкции турбины – удобство обслуживания

Несмотря на компактность конструкции, специалисты по обслуживанию оборудования получили больше пространства для проведения работ. Значительное сокращение количества деталей создало относительно просторную среду внутри гондолы, обеспечен легкий доступ к основным компонентам для обслуживания. Автоматическое конфигурирование, т. е. принцип «подключи и работай», позволяет заменять большинство компонентов, не затрагивая других элементов устройства.

Устанавливаемая сверху гондолы пассивная система охлаждения повышает энергоэффективность установки. Турбина SWT-3.0-101 оснащена двойной системой охлаждения, что

Рис. 1. Ветровая турбина Siemens SWT-3.0-101 мощностью 3 МВт

Рис. 2. Повышенная аэродинамическая эффективность за счет применения нового профиля в основании новой лопасти B49



Плоская тыльная аэродинамическая поверхность «раскрывает» заднюю кромку. Точка отрыва потока смещена к задней кромке – увеличивается подъемная сила



Рис. 3. Схема применения технологии NetConverter

обеспечивает равномерное охлаждение генератора. Кроме того, продлен ожидаемый срок службы охладителя, что положительно повлияло как на надежность системы, так и на ее производительность.

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 Siemens. Использование опробованных компонентов позволяет компании избежать многих факторов риска, традиционно связанных с введением новаторского продукта.

Длина гондолы составляет 6,8 метра, диаметр – 4,2 метра. При весе 73 тонны механизм турбины SWT-3.0-101 достаточно «легок» для специализированных грузовых автомобилей, использующихся большинством крупных компаний. Новые ветровые турбины благодаря своим размерам стали более удобными для автомобильных перевозок. При проектировании турбины учитывались ключевые технические условия по обеспечению соответствия габаритов механизма при проезде под мостами и в туннелях. Таким образом, ветротурбину мощностью 3 МВт можно транспортировать по самым сложным трассам.

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. Компактная конструкция системы с уменьшенным количеством вращающихся и изнашивающихся элементов идеальна для выгодного размещения на суше, в море и в прибрежных районах.

Табл. Технические параметры SWT-3.0-101

Наименование параметра	Величина
Класс ветра, IEC	IA
Диаметр ротора, м	101
Длина лопасти, м	49
Ометаемая площадь, м ²	8000
Высота оси ротора, м	80
Регулирование мощности	пошагово

Технология NetConverter для преобразования энергии

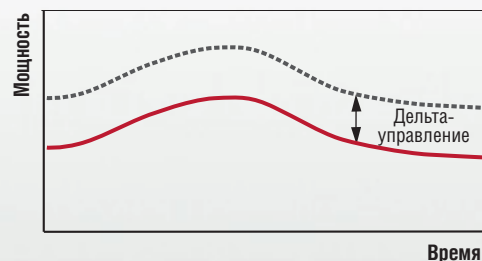
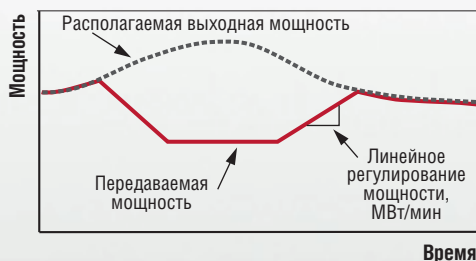
Требования к стабильности энергосистемы возрастают с подачей все больших объемов энергии ветра в сеть. Siemens устанавливает новые стандарты в области соответствия требованиям электрических систем.

Преобразование энергии на ВЭС осуществляется с помощью системы NetConverter (чистый преобразователь) разработки компании Siemens (рис. 3). Она полностью преобразует электрическую энергию с эффективным отсоединением генератора и динамических компонентов турбины от сети. Технология NetConverter может обеспечить максимальную гибкость при реагировании турбины на регулирование напряжения и частоты, способность поддерживать непрерывность электроснабжения и регулирование выходной мощности.

Таким образом, ветровые турбины Siemens можно настраивать в соответствии с различными сетевыми кодексами основных рынков. Турбины легко подключаются к энергосистемам. Применение NetConverter позволяет получить дополнительную выгоду за счет снижения балансовой стоимости ВЭС, уменьшения износа турбин в процессе эксплуатации.

Схема работы энергоблока с NetConverter следующая: синхронный генератор преобразует механическую мощность в электрическую постоянного тока. Технология обеспечивает преобразование энергии постоянного тока в переменный с частотой сети. Согласно требованиям сетевых кодексов, ВЭС должны функционировать как традиционные электростанции – NetConverter обеспечивает максимальную гибкость и высокие характеристики (рис. 4):

Рис. 4. Регулирование активной мощности
а - ограничение мощности
б - резерв активной мощности



- поддерживает работу установки в условиях широкого диапазона частот и отклонений напряжения;
- обеспечивает качество электроэнергии – минимальное содержание гармоник и фликер-шумов;
- гарантирует поддержание генераторного режима при провале напряжения сети (LVRT). Вводится активная и реактивная мощность, регулируется выходная мощность во время полного короткого замыкания, осуществляется независимое регулирование фаз при асимметричном коротком замыкании. Конструкция отказоустойчива по отношению к электрическим и механическим воздействиям;
- регулирует активную мощность (несколько вариантов реагирования на понижение и повышение частоты);
- обеспечивает лучшие в своем классе возможности регулирования реактивной мощности даже при отсутствии ветра.

Ветропарки с установками Siemens способны поддерживать напряжение в сети и обеспечивают более высокую рентабельность для заказчика. За счет ограничения или полного устранения устройств усиления сети на уровне подстанций снижается балансовая стоимость ветроэлектростанции.

NetConverter позволяет включить парк ветроустановок в регулирование частоты в сети. При этом осуществляется максимально гибкое частотное регулирование, ограничение мощности по уставкам в соответствии с отклонениями частоты, линейное регулирование мощности, дельта-управление.

Система управления нагрузкой ветротурбины – TLC

Система TLC функционирует в режиме реального времени и обеспечивает работу ветровой турбины в условиях конструктивных напряжений и чрезмерных нагрузок, когда в обычном порядке она должна отключаться для защиты от перегрузки. TLC положительно воздействует на годовую выработку электроэнергии в отличие от других способов снижения нагрузки. Управление нагрузкой позволяет использовать различные стратегии управления ресурсами (рис. 5).

Причинами активного износа элементов конструкции ВЭС являются турбулентность, сдвиг ветра, угол притекания ветра по лопастям. В связи с нагрузками и конструктивными напряжениями требуются эффективные решения для оптимизации эксплуатации турбины. Регулирование нагрузки предотвращает перегрузки турбины и чрезмерные усталостные напряжения. Ограничение полных остановов

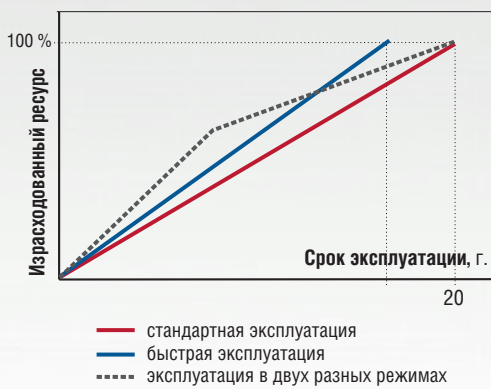


Рис. 5. Различные стратегии использования управления ресурсами

турбины также предотвращает перегрузки. Обеспечивается контроль и регулирование остаточного срока службы турбины.

Технология IntegralBlade

Лопasti ветровых турбин обычно склеиваются с использованием оболочек лопастей и внутреннего силового каркаса. Клеевые соединения являются слабыми местами, в которых может происходить расслоение. Также они могут служить точками попадания молний. Использование традиционной технологии производства лопастей связано с отрицательным воздействием на рабочий персонал, который может вступать в контакт с летучими органическими соединениями и другими опасными веществами.

Лопasti турбины SWT-3.0-101 произведены по запатентованной технологии IntegralBlade (рис. 6). Они выполнены из цельного блока эпоксидного композита, усиленного стекловолокном, в процессе одной технологической операции (фото). Результатом является отсутствие клеевых соединений, которые могут привести к растрескиванию структуры, проникновению влаги и поражению молнией. Процесс производства цельных лопастей основан на трансферном формовании пластмасс с помощью вакуума (VARTM).

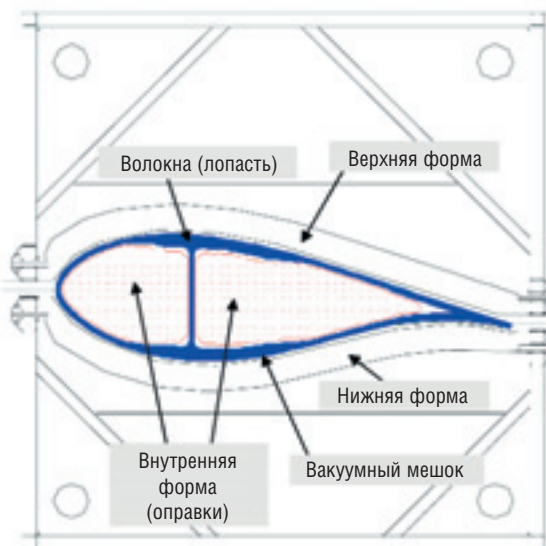


Рис. 6. Технология IntegralBlade устраняет слабые места конструкции, обеспечивая высокую прочность и устойчивость лопастей



Фото. Отливка
цельной лопасти турбины
в г. Ольборге (Дания)

Цельные лопасти проектируются в строгом соответствии с методами расчетов прочности. Для этого применяется собственный анализ структурного проектирования во времени с учетом измерений на местах (HAWC, аэроупругий и динамический анализ с помощью метода конечных элементов). Конструкция IntegralBlade обеспечивает усталостный ресурс до 20 лет, высочайшую прочность при статической нагрузке, гарантированный прогиб и отклонение.

Все применяемые Siemens лопасти производятся на собственных предприятиях, где существует полный технический контроль (QA) выпускаемой продукции. Систематическая проверка осуществляется в процессе укладки матов из стекловолокна. Тщательный визуальный контроль производится после отливки лопасти: каждая лопасть тщательно осматривается специально обученным персоналом. Производится выборочный контроль одной из 20 лопастей, чтобы получить дополнительное подтверждение отсутствия дефектов стекловолокна.

Лопасты тщательно проверяются в соответствии с программой испытаний. Собственные испытания проводятся в натуральных условиях с использованием программы DNV. Сначала испытываются поверхности и кромки. Согласно DNV, испытания проводятся в следующей последовательности: первоначальные – на предельном режиме, ускоренные – по обеспечению усталостного ресурса (20 лет), окончательные – на предельном режиме.

Молниезащита ВЭС

Ветроустановки компании Siemens, и SWT-3.0-101 в частности, обладают эффективной молниезащитой, действующей по принципу клетки Фарадея. Общая базовая конструкция турбины выполнена с учетом требований международного стандарта молниезащиты IEC 61400-24 уровня I.

Лопасты снабжены приемниками молний и гибкими изолированными проводами. Конструкция гондолы и башни – полностью металлическая. Трансформатор размещен снаружи гондолы для снижения риска возникновения пожара.

Siemens Wind Power – лидер в области качества ВЭС

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 экранящий колпак и отличная изоляция гондолы позволяют ветротурбинам работать в самых сложных климатических условиях.

В 1983-87 гг. в США было поставлено около 1100 ветровых турбин Bonus – сегодня 97 % из них находятся в эксплуатации. Средний «возраст» турбин составляет 22 года, несколько 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 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.

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. **TD**