

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ

*Алимходжаев Камалиддин Тилляходжаевич, д.т.н., профессор,*

*Кучкаров Нурбек Умар угли, магистр*

*Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова*

### АННОТАЦИЯ

В статье произведен сравнительный анализ цены на ветрогенераторы мировых и российских производителей, анализированы также технические характеристики ветрогенераторов.

Benchmark analysis of the price is made in article on winds generators world and russian producers, are analysed also technical features winds-generator.

Ветер является возобновляемым и неисчерпаемым источником энергии. В сравнении с другими источниками он является одним из самых используемых в настоящее время. С ростом доли возобновляемых источников энергии важное значение приобретает качество энергии, которую они поставляют в сеть. Эта проблема особенно актуальна для ветровых генераторов, поскольку скорость ветрового потока является очень нестабильной величиной, а следовательно, при отсутствии качественного регулирования нестабильными будут выходное напряжение, его частота и в конечном итоге мощность ветрогенератора.

На современном этапе развития ветроэнергетики можно выделить три основных типа ВЭУ получивших распространение: ВЭУ с постоянной частотой вращения ветроколеса (ВЭУ постоянной скорости), ВЭУ с частотой вращения ветроколеса изменяющейся в узких пределах (ВЭУ полу - переменной скорости), ВЭУ с частотой вращения ветроколеса изменяющейся в широких пределах (ВЭУ переменной скорости). Каждому типу ВЭУ соответствует определенный тип электрического генератора. Так на ВЭУ постоянной скорости используются асинхронные генераторы с короткозамкнутым ротором, на ВЭУ полу - переменной скорости используются асинхронизированные синхронные генераторы и генераторы с изменяемым сопротивлением обмотки ротора с технологией OptiSlip, ВЭУ переменной скорости применяются кольцевые синхронные генераторы совместно с преобразователем по схеме переменная частота, переменное напряжение - стабилизированное напряжение, фиксированная частота.

Существует две принципиально различные концепции в построении схем электрических соединений генераторов ВЭУ на ВЭС - на переменном и постоянном (выпрямленном) токе. Если ВЭС строится на базе ВЭУ с генераторами следующих типов: асинхронные генераторы с короткозамкнутым ротором, асинхронные генераторы с технологией OptiSlip, асинхронизированные синхронные генераторы, то существует возможность построения схем соединения ВЭС на переменном токе, для последующего соединения ВЭС с электроэнергетической системой. В случае прибрежных ВЭС, когда ветропарки удалены на достаточное расстояние от берега и потери в кабелях переменного тока достигают значительных величин рассматриваются варианты построения схем ВЭС на постоянном токе. В случае применения на ВЭС синхронных генераторов кольцевого типа существует возможность построения схем соединения ВЭС, так называемого кластерного типа, отличающихся тем, что несколько генераторов соединяются между собой на генераторном напряжении, затем устанавливается преобразователь переменного тока

переменной частоты в переменный ток фиксированной частоты со стабилизацией напряжения и повышающий трансформатор для последующего соединения ВЭС с электроэнергетической системой.

Как известно, асинхронный генератор является наиболее мощным и экономным решением для ветрогенератора.

Асинхронный генератор - это работающая в генераторном режиме асинхронная электрическая машина. При помощи приводного двигателя (в нашем случае ветродвигателя) ротор асинхронного электрогенератора вращается в одном направлении с магнитным полем. Скольжение ротора при этом становится отрицательным, на валу асинхронной машины появляется тормозящий момент, и генератор передает энергию в сеть. Для возбуждения электродвижущей силы в его выходной цепи используют остаточную намагниченность ротора, а для ее усиления применяются конденсаторы.

У асинхронных генераторов есть несколько преимуществ перед синхронными:

1) простота конструкции;

2) небольшие габариты и масса при достаточно большой мощности;

3) нет необходимости в напряжении возбуждения. Используется конденсаторное возбуждение. Подключаем конденсаторы к обмоткам и при вращении ротора двигателя остаточное магнитное поле действует на одну из обмоток статора. При этом возникает небольшой электрический ток, который заряжает один из конденсаторов. Благодаря тому, что фаза напряжения на конденсаторе отстает на 90 градусов, на роторе возникает магнитное поле уже большой величины, которое действует на следующую обмотку. Соответственно, следующий конденсатор, зарядится на большее напряжение, ротор генератора войдет в насыщение и после этого уже можно использовать вырабатываемую генератором энергию;

4) надёжность. Асинхронные генераторы не восприимчивы к коротким замыканиям. Такой генератор лучше защищен от попадания грязи и влаги, более устойчив к короткому замыканию и перегрузкам, а выходное напряжение асинхронного электрогенератора отличается меньшей степенью нелинейных искажений. Это позволяет использовать асинхронные генераторы не только для питания промышленных устройств, которые не критичны к форме входного напряжения, но подключать электронную технику. В нем полностью отсутствуют вращающиеся обмотки и электронные детали, которые чувствительны к внешним воздействиям и довольно часто подвержены повреждениям. Поэтому асинхронный генератор мало подвержен износу и может служить очень долго;

5) высокий КПД;

6) на выходе генераторов идет сразу 220/380В переменного тока, который можно использовать напрямую к бытовым приборам (например обогреватели), для зарядки аккумуляторов, для подключения к пилораме, а также для параллельной работы с традиционной сетью;

7) высокая стабильность напряжения на выходе;

8) выходная частота практически не зависит от скорости вращения ротора генератора.

Недостатки асинхронного генератора:

1) не выдерживает перегрузки, просто "тухнет". В других системах часто нет буферов (аккумуляторов) поэтому вероятность возникновения перегрузок достаточно высока, что и не даёт использовать асинхронные генераторы;

2) сложно регулировать выходное напряжение. Но это в обычных условиях этого и не нужно;

3) для оптимального использования в автономном режиме емкость конденсаторных батарей должна меняться в зависимости от индуктивности нагрузки. Но при работе в сеть можно обойтись без конденсаторов;

4) в качестве конденсаторов в асинхронных двигателях и генераторах могут использоваться различные типы конденсаторов, при этом рабочее напряжение должно быть в 1,5 раза выше за рабочее напряжение генератора;

5) из-за чрезмерной громоздкости (масса конденсаторов сравнима с массой генератора) и высокой стоимости конденсаторных батарей асинхронные генераторы с самовозбуждением не получили распространения. Асинхронные генераторы применяются лишь на электростанциях вспомогательного значения малой мощности, например в ветросиловых установках;

б) чем меньше оборотность генератора (двигателя), тем выше его масса при одинаковой мощности, например, двигатель 3 кВт на 3000 оборотов в минуту весит в 3 раза меньше, чем двигатель на 1000 оборотов, и цена в столько же раз меньше. Поскольку обмоток у него меньше.

Ветряные генераторы, в том числе и производимые в России по своему целевому назначению делятся на следующие виды:

- промышленные;
- бытовые;

К промышленным установкам относятся генераторы, мощность которых достигает нескольких мегаватт. Их устанавливают на территории крайнего севера и на территориях с постоянными сильными ветрами.

При проведении обзора российских ветрогенераторов нужно обратить на такие технические характеристики этих устройств:

- вес установки;
- мощность аппарата;
- издаваемый шум;
- какой высоты достигает установка;
- какая скорость ветра требуется для полноценной работы ветряных генераторов;
- цена;

Производители наделили российские бытовые ветрогенераторы небольшой мощностью, однако, достаточной для того, чтобы снабжать электрической энергией одно частное домохозяйство или бытовку, расположенных вдали от линий электропередач. Работа большей части таких генераторов требует постоянной скорости ветра, достигающей до 5 м/с, но сегодня отечественные производители осуществляют производство аппаратов, работающих и при не таких сильных ветрах.

Ветрогенератор ВЭУ-2000. Одним из самых простых и доступных по цене ветрогенераторов является установка «ВЭУ-2000» с мощностью в 200 Ватт, а характеристика напряжения составляет 24 Вольта. Рассматриваемый генератор имеет три лопасти, которые изготовлены из стекловолокна.

Высота устройства достигает шести метров, а диаметр крыльчатки- 2,2 метра. Устройство очень компактно и для его установки достаточно участка площадью 4 квадратных метров. Для работы этого бюджетного аппарата достаточно ветра скоростью 4 м/с.

Агрегат имеет устойчивое крепление с помощью металлических тросов, его стоимость не превышает 15000 рублей, поэтому его приобретение доступно практически каждому жителю нашей страны.

Представлен российскими производителями и более дорогой аппарат стоимостью в 27000 рублей и мощностью в 600 Ватт- “СОС 600”. Для его установки потребуется большая территория площадью в 6 квадратных метров, но несмотря на наличие таких свойств, аппарат для частных лиц имеет один существенный недостаток, при работе он издает большой уровень шума, поэтому требуется установка этого аппарата на более отдаленном от дома расстоянии.

Перечень, всех производимых в России ветрогенераторов велик, основное же их отличие заключается в характеристиках мощности и требуемой для бесперебойного функционирования скорости ветра. Поэтому выбирая агрегат для покупки, потребитель в первую очередь должен отталкиваться от данных показателей.

Преимущества и недостатки

К неоспоримым достоинствам российских ветряных генераторов относятся:

- функционирование ветрогенераторов не требует дополнительных видов топлива.
- возможность осуществления быстрого ввода согласно модульной системе электрических мощностей на основе ветрогенераторов.
- экологичность.
- работа ветрогенераторов, установленных в ветропарках, автоматизирована, поэтому не требуется постоянное наблюдение за их работой.
- использование ветрогенераторов не требует отделения больших земельных площадей.
- экономическая эффективность.

Недостатки российских ветрогенераторов заключаются в следующем:

- выработка электрической энергии ветряными генераторами носит непостоянный, нерегулируемый характер.
- воздействие на человека при работе ветрогенератора шума и электромагнитных полей.
- техническая сложность установки ветрогенераторов, требующая использования высотных автокранов.

Мировые производители ветрогенераторов. Мировые бренды по производству устройств для преобразования силы ветра в электрическую энергию принадлежат странам, в которых развитие этого источника возобновляемой энергии является задачей государственной важности.

Итак, передовыми производителями в этой отрасли являются:

1. Компания Vestas – Дания.
2. GEEnergy- США.
3. Sinovel, Goldwind, Dongfang Electric, United Power- Китай.
4. Enercon, Siemens Wind- Германия.
5. Suzlon Energy-Индия.
6. Gamesa- Испания.

Vestas - датский производитель ветрогенераторов, который является мировым лидером в этой сфере. Производство генераторов под этим брендом налажено не только в Дании, но и далеко за ее пределами. Стремительное развитие и удержание на протяжении

долгих лет позиции лидера компании удается благодаря непрерывному совершенствованию своей продукции и внедрению инноваций в процесс ее производства.

Американская компания GEEnergy в отличие от своего датского конкурента имеет производственные мощности только на территории Америки и большая часть ветрогенераторов в США устанавливается на фермерских землях, на основании заключения соответствующего соглашения с правообладателем этих земель.

Sinovel, Goldwind, DongfangElectric, UnitedPower - китайские лидеры по производству ветрогенераторов, которые на всех уровнях, в том числе и законодательном поддерживаются государством, вследствие чего данные компании с 2008-2009 годов наладили производство продукции не только для внутренних рынков, но и для экспорта.

Enercon, SiemensWind - Германские производители. Их деятельность заслуживает только положительных оценок. Прогнозирование и дальновидность, характерные для немецкой нации не обошли стороной и эту отрасль экономики, благодаря чему после Чернобыльской аварии в стране началось всестороннее развитие ветроэнергетики.

SuzlonEnergy – ведущий индийский производитель ветряных генераторов по результатам 2010 года он замыкал пятерку лидеров мировых производителей. Географическое расположение страны также способствует развитию данной отрасли. В результате этих благоприятных факторов и наблюдается рост ветроэнергетики с невероятной скоростью.

Испанская компания Gamesa не отстает от своих европейских коллег и год за годом увеличивает объемы своих производств. В результате плодотворной деятельности компании в 2013 году доля электроэнергии, полученной от ветряных установок, обошла, объемы АЭС и продолжает свою деятельность по повышению этого показателя и по сегодняшний день.

Сравнительные цены на ветрогенераторы мировых и российских производителей. При приобретении ветряных генераторов для потребителя, как и в любом другом вопросе важна его стоимость. И зарубежные аппараты в этом плане занимают далеко не выигравшую позицию.

Так, рядовой россиянин при необходимости ветрогенератора для использования в частном доме может приобрести отечественный аппарат за 15-27 тысяч рублей.

Для большинства Российских сограждан сумма довольно приемлемая, а зарубежный аппарат с аналогичными техническими характеристиками обойдется в 60-100 тысяч рублей, которые уже не являются такой незаметной суммой для семейного бюджета.

#### Список литературы

1. Franquesa M. Kleine Windrader: Berechnung und Konstruktion / M. Franquesa. - Weisbaden Berlin: Udo Pfriemer Buchverlag in der Bauverlag, 1989. - 175 s.
2. Безруких, П. П. Ветроэнергетика мира и России. Экономические и технические аспекты // Вести в электроэнергетике. - 2010. - N 1. - С. 26-31.
3. Лукутин, Б. В. Ветроэнергетическая установка с асинхронным генератором для отопительных систем / Б. В. Лукутин, А. И. Муравлев // Электрика. - 2009. - N 2. - С. 27-30.
4. Кармазин А.А. Обзор основных типов промышленных ветроэлектрических установок // Альтернативная энергетика и экология. - 2013. - № 3 (121), ч. 1. - С. 90-95.