

УДК 697.329

ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА С ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ОСЬЮ ВРАЩЕНИЯ

Т.Ш. Рысбеков, И.С. Лобода

Описывается ветроэнергетическая установка с горизонтальной осью вращения, принцип ее работы, методика расчета ветрогенератора. Приведены результаты целесообразности использования ветровых установок.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика; ветроэнергетические установки; ветрогенераторы.

WIND POWER INSTALLATION WITH THE HORIZONTAL AXIS OF ROTATION

T.Sh. Rysbekov, I.S. Loboda

The description of wind power installation with a horizontal axis of rotation, the principle of work, a method of calculation of the wind generator is given. The results of expediency of using wind installations are given.

Keywords: renewable power; wind power installations; wind generators.

Ветроэнергетика – одно из наиболее перспективных направлений развития возобновляемой энергетики. На сегодняшний день нефть, уголь, газ – основные энергоносители в мире. Но их запасы не бесконечны. Интерес человечества к использованию возобновляемой или “зеленой” энергии в последнее время растет. Энергия ветра является возобновляемым источником и не производит парниковых газов (двуокись углерода, метан).

Разрабатываются новые установки, использующие принципы преобразования природной энергии в тепловую, электрическую, механическую, которые не будут наносить ущерб окружающей среде.

Одним из видов таких устройств являются ветроэнергетические установки, использующие энергию ветра. Имеется огромное многообразие машин, установок, которые “ловят” ветер и превращают его в полезную электроэнергию. Самые распространенные из них – ветротурбины с горизонтальной осью вращения. Однако у них есть один недостаток, они долго “думают”, чтобы развернуть свои лопасти на ветер, который может изменить свое направление в любую секунду. В зависимости от направления ветра меняется площадь, охватываемая ветроколесом, которая является основой для расчета выходной мощности ветроэнергетической установки.

Принцип работы. Ветряная электростанция имеет достаточно простой принцип работы. Ветер вращает ротор с лопастями, который подключён

к валу генератора. В некоторых случаях он подключается напрямую, но чаще через систему передач. Сегодня также существуют конструкции ветрогенераторов, где ветер не вращает лопасти, а давит на тарелку с поршнем. Объём вырабатываемой электроэнергии в ветряной электростанции зависит от диаметра лопастей и скорости вращения ветра. Чем сильнее ветер крутит лопасти, тем больше будет выработка электрической энергии. Но выработка электрической энергии зависит не только от скорости ветра. Большое влияние оказывает высота, на которую подвешивается ветрогенератор. Ближе к земле сила ветра снижается, поскольку мешают элементы ландшафта, скорость вращения становится медленнее. Поэтому ветряное колесо должно устанавливаться как можно выше [1].

Схема ветроэлектростанции идентична солнечной электростанции и состоит из ветрогенератора, зарядного устройства (контроллера), обеспечивающего зарядку аккумуляторных батарей, и инвертора, преобразующего постоянный ток в переменный. Вся система также работает в автоматическом режиме.

Так как схемы систем электростанций идентичны, можно использовать комбинированные электростанции, объединив в одну цепь солнечные батареи и ветрогенераторы. При этом мы оптимизируем затраты и увеличиваем выработку электрической энергии, застраховавшись от безветренной либо пасмурной погоды.

Таблица 1 – Среднемесячная скорость ветра на высоте 12–30 метров над поверхностью земли

Месяц	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	Среднее за год
Среднее значение скорости ветра, м/с	6	6,25	6	5,6	5,9	5	4,4	4,5	5,1	5,7	5,75	6	5,5

Перед установкой ветрогенератора необходимо понять, есть ли смысл ставить его в нашей местности. Для оценки эффективности установки ветрогенератора в данной местности, из кадастра ветроэнергетических ресурсов должны быть определены следующие основные показатели:

- среднегодовая $V_{\text{ср.год}}$ и среднемесячная $V_{\text{ср.мес}}$ скорость ветра (м/с);
- время энергозатиший и отключения ВЭУ из-за сильного ветра t (час).

В таблице 1 приведены средние скоростные показатели ветра.

Всего в году примерно 45 безветренных дней, или $t = 1080$ часов.

Выбрана модель ветрогенератора марки Ecmork 750 Вт, 24. Рассмотрим основные характеристики и выработку электроэнергии ветрогенератором.

Данные изделия производятся для эксплуатации в быту: в частных коттеджах, личных строениях, небольших потребителях электричества: 220 В 50 Гц. Ветрогенератор при вращении генерирует электричество, которое используется для зарядки аккумуляторов. Накопленный в аккумуляторах ток с помощью инвертора преобразуется в переменный ток напряжением 220В и частотой 50 Гц [2].

Характеристика Ecmork 750 Вт, 24:

- мощность при 10 м/с – 900 Вт;
- мощность при 9 м/с – 825 Вт;
- мощность при 5 м/с – 100 Вт;
- начало вращения – с 2,5 м/с;
- диапазон скорости ветра генерации 3–25 м/с, свыше 20 м/с включается защитное торможение;
- количество лопастей – 3 шт.;
- диаметр ротора – 2,7 м;
- способ крепления на мачту “труба в трубу” (внешний диаметр мачты под фланец ветряка – 89 мм).

Рассчитаем мощность, вырабатываемую ветроустановкой, и построим зависимость вырабатываемой мощности от скорости ветра для заданного участка.

Методика расчета:

Площадь, ометаемая ветроколесом, равна:

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \text{ м}^2,$$

где D – диаметр ветроколеса, м.

Определяется мощность, вырабатываемая ветроустановкой:

$$P = \rho \frac{A}{2} v^3 \times \xi \times \eta \text{ Вт},$$

где ρ – плотность воздуха, равная 1,23 кг/м³; v – скорость ветра, м/с; ξ – коэффициент использования энергии ветра; η – коэффициент, учитывающий потери при передаче мощности от вала ветроколеса до рабочей машины (КПД ВЭУ). Для расчёта принимаем $\eta = 0,8$.

Мощность, вырабатываемая ветроустановкой, рассчитывается для всего диапазона скоростей, указанных в технической характеристике ВЭУ. Данные расчета мощности в интервале от v_{min} до v_p занесём в таблицу 2. По данным таблицы 2 следует построить зависимость $P = f(v)$, указав на ней характерные точки: $v_{\text{min}}, P_{\text{min}}, v_p, P_p, v_{\text{max}}$.

Затем следует определить:

- годовую выработку электроэнергии W_T за счет ВЭУ:

$$W_T = P_{\text{ср}} \times T \text{ кВт} \times \text{ч},$$

где T – время работы ветроустановки в год, ч;

- среднегодовую обеспеченность электроэнергией от ВЭУ частного дома:

$$\mathcal{E}_3 = \frac{W_{\text{ср}}}{P_{\text{ср}}} \times 100\%.$$

Расчёт мощности. Исходные данные берём из технической характеристики ветрогенератора Ecmork.

Площадь, охватываемая ветроколесом:

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{3,14 \times 2,7^2}{4} = 5,72 \text{ м}^2.$$

Мощность, вырабатываемая ветроустановкой при рабочей скорости вращения ветроколеса, составляет:

$$P = \rho \frac{A}{2} v^3 \times \xi \times \eta = 1,23 \times \frac{5,72}{2} \times 8,5^3 \times 0,42 \times 0,8 = 725,8 \text{ Вт}.$$

Аналогичным образом рассчитывается мощность для других скоростей ветра в диапазоне от v_{\min} до v_p с интервалом в 1,0 м/с. По данным таблицы 2 строится зависимость $P = f(v)$. В нашем случае $v_{\min} = 2,5$ м/с.

Таблица 2 – Результаты расчета зависимости мощности ВЭУ от скорости ветра

v, м/с	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5
P, Вт	18,45	50,67	107,71	196,65	324,6	405,4	725,8

Годовая выработка электроэнергии ВГ за счет ВЭУ при условии постоянства среднегодовой скорости ветра $v = 5,5$ м/с:

$$W_z = \frac{P_{\text{всг}} \times T}{1000} = \frac{196,65 \times 8760}{1000} = 1722,65 \text{ кВт} \times \text{ч}.$$

Среднегодовая обеспеченность электроэнергией частного дома от ВЭУ:

$$\varepsilon_3 = \frac{W_z}{P_z} \times 100\% = \frac{1722,65}{21870} \times 100\% = 7,88 \%$$

Выводы. Потребность в электроэнергии электробытовых приборов в частном доме примерно на 8 % может быть обеспечена за счет ветроэнергетической установки. Воздушные потоки могут использоваться для эксплуатации ветряных турбин. Мощность ветряной турбины пропорциональна кубу скорости ветра, то есть при увеличении скорости ветра значительно увеличивается и выработка энергии. Наиболее предпочтительными для строительства ветропарков являются территории, на которых скорость ветра выше, а наличие ветров более постоянно, например, прибрежные зоны и высокогорные районы.

Основной фактор, определяющий целесообразность применения ветровых установок – энергетические характеристики ветра. Среднегодовая скорость ветра является лишь приближенным критерием для оценки возможности использования ветра в зоне. При исследовании возможности использования энергии ветра следует учитывать изменения средних значений скоростей ветра по сезонам года. По среднесезонным скоростям ветра можно более точно определить возможности использования ветра в условиях данной территории. Не менее важны и периоды минимальной интенсивности энергии ветра, относительное отклонение интенсивности в отдельные сезоны от многолетней и характер сезонной изменчивости ветра.

Литература

1. Грибков С.В. Сценарий развития ветроэнергетики в России. Оборудование для ветродизельных и системных сетевых ветростанций / С.В. Грибков // Вести в электроэнергетике. 2009. № 4. С. 44–50.
2. Григораш О.В. Ветроэнергетические станции – состояние и перспективы / О.В. Григораш, Д.В. Военцов // Прикладные задачи электро-механики, энергетики, электроники. Инженерные идеи XXI в.: тр. всерос. студ. науч.-техн. конф. (16–17 мая 2006 г.). Воронеж: ВГТУ, 2006. С. 206–211.
3. Гужулев Э.П. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учеб. пособие / Э.П. Гужулев. Омск: ОмГТУ, 2006. 272 с.