

3. Шабека, Л.С. Занимательное графическое моделирование на компьютере: 9-й кл.: пособие для учащихся общеобразовательных учреждений с белорус. и рус. яз. обучения / Л.С. Шабека, Ю.П. Беженарь. – Минск: Сэр-Вит, 2010. – 208 с.

УДК 631

ВЕТРОДВИГАТЕЛЬ И ЕГО ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

М.К. БЕБКО, С.Н. КИРЬЯНОВА, Г.А. ВАБИЩЕВИЧ

Научный руководитель - доцент, к.т.н. А.Г. ВАБИЩЕВИЧ

Из энергоресурсов наиболее распространенным и доступным является ветер. Энергия ветра является важнейшим возобновляемым источником энергии.

В последние годы 20 в. возрос интерес к возобновляемым источникам энергии и, в частности, к ветроэнергетическим установкам (ВЭУ) [1].

Специалисты подсчитали, что в течение первого десятилетия 21 века энергия ветра может обеспечить 10% потребности Западной Европы в электроэнергии. Используя большие неосвоенные запасы энергии ветра на морском побережье, европейские страны могут увеличить мощность ветроэнергетических установок до 40 тыс. МВт в 2010 г. и до 100 тыс. МВт в 2020 г. [2].

В наши дни ветроэнергетические установки могут быть востребованы владельцами фермерских хозяйств, вдали от сетей электропитания [1].

Компоновочные схемы ветродвигателей предусматривают горизонтальную и вертикальную ось вращения ротора.

Ветроэнергетические установки с горизонтальной осью вращения – это в основном ветроколеса пропеллерного типа, приводимые во вращение подъемной силой. Они являются самыми распространенными и эффективными ВЭУ.

Ветроэнергетические установки с вертикальной осью вращения находящегося в рабочем положении при любом направлении ветра и позволяют установить генератор внизу. Применяются сравнительно редко.

Наиболее широкое распространение получили горизонтально-осевые ВЭУ, серийно производимые и внедряемые многими фир-

мами. Производители и экспортеры ветроэнергетических установок – это в основном фирмы Германии и Дании.

ВЭУ устанавливаются на металлических или на железобетонных мачтах. Они обеспечиваются современной системой молниезащиты, имеют низкий уровень шума. Диапазон рабочих скоростей ветра – от 2,5-3,5 до 20-25 м/с.

Выбор расчетной скорости ветра для проектирования ВЭУ является интуитивным и не всегда обоснованным. В то же время каждой среднегодовой скорости ветра соответствует расчетная величина, обеспечивающая минимум массы и стоимости ветроэнергетической установки, а также максимальное значение коэффициента использования номинальной мощности. Оптимальность выбора расчетной скорости ветра и других параметров ветроэнергетических установок при их проектировании оценим на основании определения их срока окупаемости.

Срок окупаемости ветроэнергетической установки с учетом эксплуатационных расходов может быть определен как

$$T = \frac{P_H C_K}{(1-Z)C_A P_H K_i \cdot 8760} = \frac{C_K}{(1-Z)C_A K_i \cdot 8760}, \quad (1)$$

где $W = P_H K_i \cdot 8760$ - годовая выработка электроэнергии; C_K - капитальные удельные затраты, дол./кВт, принимаются равными 900-1300 дол./кВт установленной мощности. Они состоят из стоимости оборудования (75%) и затрат на создание инфраструктуры (стоимость фундамента – 5-7%, стоимость электрической линии и трансформаторной подстанции 5-7%, стоимость транспортировки и монтажа оборудования - 6-8%, а также и прочих расходов); C_A - тариф за электроэнергию (стимулирующий двойной тариф для производителей электроэнергии на возобновляемых источниках составляет около 0,095 дол./(кВт*ч)). Такой тариф принят за рубежом как стимулирующий для производителей экологически чистой энергии. Этот тариф в Беларуси устанавливается на основании постановления Совета Министров Республики Беларусь от 22.05.1997 №45 [3].

Величина K_i - коэффициента использования номинальной мощности установки – неоднозначна. Она зависит от среднегодовой скорости ветра на площадке под ВЭУ, высоты опоры ВЭУ, расчетной скорости ветра, принятой при проектировании ВЭУ и опреде-

ляющий номинальный режим работы электрогенератора внедряемой установки.

Номинальная мощность установки при расчетной скорости ветра

$$P_H = C_p \rho S_O \frac{V_P}{2}, \quad (2)$$

где C_p - коэффициент использования мощности ветрового потока; ρ - плотность воздуха; S_O - ометаемая площадь ветроколеса.

Среднегодовая скорость ветра v_{cp} на высоте установки ветродвигателя h определяется по известной формуле, в которую входят стандартная скорость ветра v_{10} , измеренная на высоте 10 м от поверхности Земли, и параметр $b=0,14$. Величина b изменяется в зависимости от закрытости местности, времени суток, времени года

$$v_{cp} = v_{10} \left(\frac{h}{10} \right)^b. \quad (3)$$

Радиус ветроколеса в зависимости от расчетной скорости ветра определяется

$$R = \left(\frac{P_{nom}}{0,5\pi C_p \rho v_P^3} \right)^{0,5}. \quad (4)$$

Номинальная частота вращения ВЭУ в зависимости от радиуса ветроколеса и расчетной скорости ветра

$$\omega_{nom} = \frac{z_{opt}}{R} v_P. \quad (5)$$

Номинальный вращающий момент ВЭУ в зависимости от расчетной скорости ветра [3]

$$M_{nom} = \frac{P_{nom}}{\omega_{nom}} = K v_P^{-0,25}. \quad (6)$$

1. Гребенщиков В.Р. Ветроэнергетика: новые перспективы / В.Р. Гребенщиков // Энергоэффективность. – 2002. – №8. – С. 19-21.

2. Перминов Э.М. Состояние и перспективы развития мировой ветроэнергетики / Э.М. Перминов // Энергоэффективность. – 2002. - №10. - С. 17-19.

3. Олешкевич М.М., Макоско Ю.В., Олешкевич В.М. Ветроэнергетика – будущее

ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА

М.А. МАЙСЕЙШИН, М.К. БЕБКО, Г.А. ВАБИЩЕВИЧ
Научный руководитель - доцент, к.т.н. А.Г. ВАБИЩЕВИЧ

Ограниченность мировых запасов топлива и энергии, неравномерность их распределения по планете, ухудшение экологической ситуации все острее ставят вопрос о всемирном использовании нетрадиционных экологически чистых энерготехнологий и использования возобновляемых энергоресурсов.

Из таких энергоресурсов наиболее распространенным и доступным является ветер. Эксплуатация ветроустановок не требует топлива и воды, они могут быть полностью автоматизированы.

Ветроэнергетика – будущее белорусской энергетики. Анализ ветровых условий Беларуси показывает, что среднегодовые фоновые скорости ветра не превышает 4,4 м/с. Однако в ряде местностей и отдельных точках на холмах, возвышающихся над плато всего на 30-40 м, особенно в Минской, Гродненской, Витебской областях, отмечаются более высокие скорости ветра - 4,8-6,0 м/с и выше. В целом на территории Беларуси насчитывается 1800-2000 площадок со среднегодовыми скоростями ветра от 4,8 до 6 м/с и выше перспективных для внедрения ветроэнергетических установок [1]. Беларусь не располагает собственными топливно-энергетическими ресурсами (ТЭР). Лишь 15% собственных ТЭР покрывают потребности страны, остальные 85% импортируются - в основном из России. В последние годы наблюдается постоянный рост цен на топливо и импортируемую электроэнергию. Этот рост будет иметь место и далее до достижения мировых цен. В связи с этим для Беларуси чрезвычайно важно включать в топливно-энергетический баланс вторичные энергоресурсы и возобновляемые источники энергии, одним из которых является ветер.

Ветроэнергетика, как и любая отрасль хозяйствования, должна обладать тремя обязательными компонентами, обеспечивающими ее функционирование: ветроэнергетическими ресурсами, ветроэнергетическим оборудованием, развитой ветротехнической инфраструктурой.