

УДК 631.1.37

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

*С. Е. Тарасенко, кандидат технических наук
Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины
Эугениуш Красовски, доктор технических наук
Люблинское отделение Польской академии наук
e-mail: rogovskii@yandex.ua*

Аннотация. Условия работы ВЭУ малой мощности при параллельном их включении между собой и с электрической сетью изучены недостаточно. При этом необходимо согласование параметров ВЭУ и электрической сети. Для электроснабжения от нескольких ВЭУ, включенных параллельно между собой, необходимо разработать собственную линию электропередачи (ЛЭП). Собственная ЛЭП соединяет каждую ВЭУ с центром питания для дальнейшей передачи электроэнергии в электрическую сеть или потребителям. Тогда совокупность ВЭУ и собственных ЛЭП представляется как ветропарк (ВП). Для электроснабжения от нескольких ВЭУ в составе ВП недостаточно исследованы условия параллельной работы и включения ВЭУ между собой, выбор и компоновка собственной линии электропередачи. Для эффективного электроснабжения необходимо оптимизировать в целом параметры ВП. Для оптимизации схем использования ВЭУ необходимо знать экономические показатели. В литературе недостаточно информации, позволяющей оценить влияние основных параметров ВЭУ на их экономическую эффективность. Для анализа и сравнительной оценки существующих ВЭУ различной мощности рассмотрим их экономические показатели.

Ключевые слова: *ветровая энергетика, установка, показатель*

Во многих странах ведутся разработки новых и совершенствование существующих ВЭУ. Это способствовало разработке большого парка ВЭУ. Используемые ВЭУ отличаются друг от друга не только мощностью, но и способом преобразования энергии ветрового потока в электроэнергию. Для выбора более выгодного типа ВЭУ предлагается рассмотреть их классификацию.

Анализ последних исследований. Традиционно используются следующие критерии классификации ВЭУ:

- по расположению оси вращения ветроколеса;
- по количеству лопастей;
- по способу регулирования.

Классификация ветроустановок приведена на рис. 1 [1].

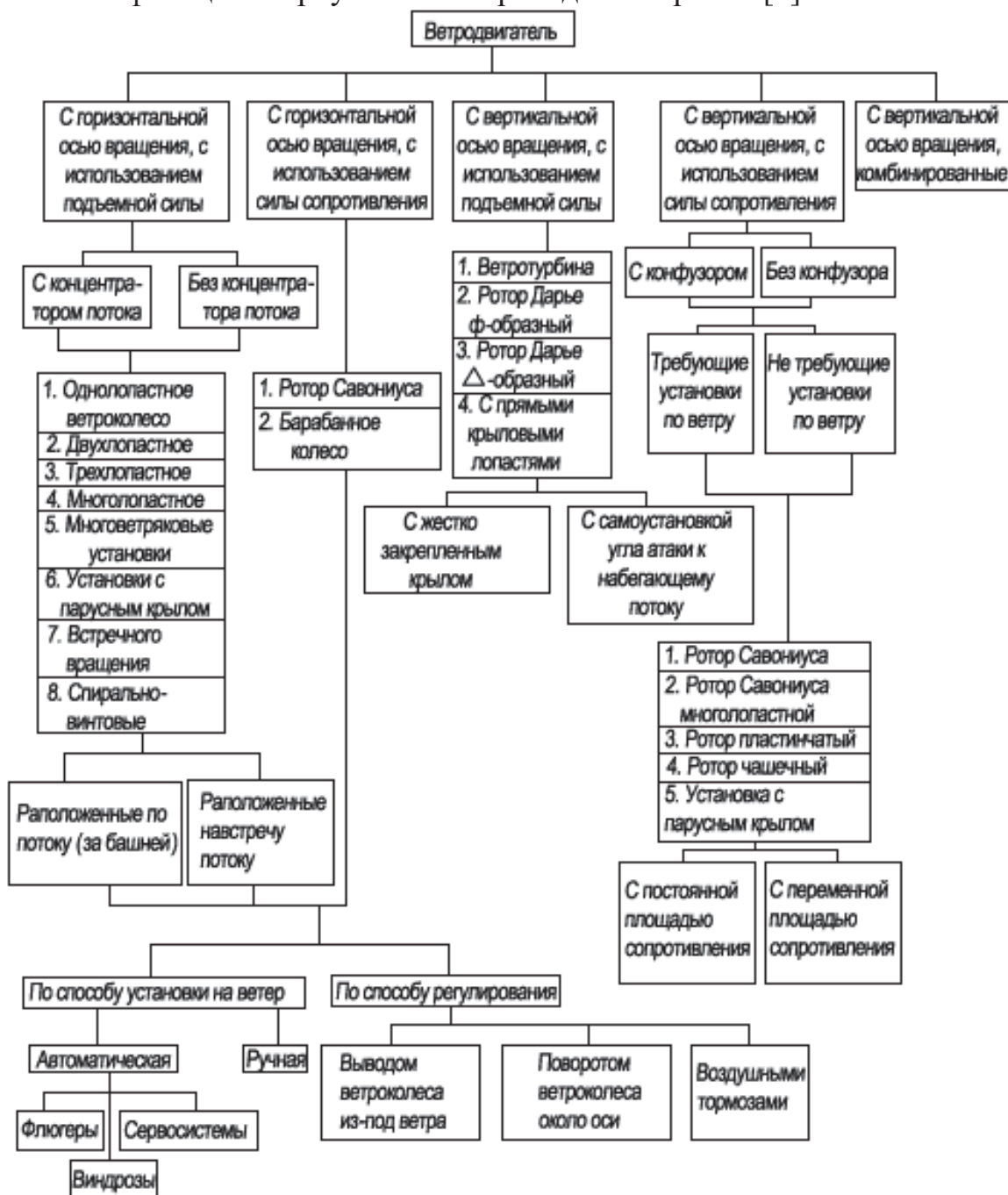


Рис. 1. Классификация ветроустановок

Согласно классификации, основным отличительным параметром ВЭУ является ориентация оси вращения ветроколеса относительно направления ветра.

В ВЭУ с горизонтальной осью вращения, использующих подъемную силу, наблюдаются превышение скорости вращения вала над скоростью ветра, меньшая стоимость установленной мощности, меньшая относительная масса, автоматическое регулирование частоты вращения [2].

ВЭУ с вертикальной осью вращения имеют следующие преимущества: постоянная направленность на ветер, меньшие нагрузки на ветроколесо. Основным техническим показателем ВЭУ является его мощность.

Мощность, развиваемая ветроколесом, зависит от ометаемой площади ветроколеса и коэффициента использования энергии ветра:

ВЭУ могут преобразовывать в механическую энергию только часть ветрового потока, которая оценивается коэффициентом использования.

Коэффициент использования энергии ветра зависит от быстроходности – отношения скорости движения конца лопасти к скорости ветрового потока [3].

Цель исследований – методологическое обоснование основных технико-экономические показатели ветроэнергетических установок.

Результаты исследований. Величины коэффициента использования энергии ветра ветроколесами указаны в табл. 1.

1. Коэффициент использования энергии ветра ветроколесами

№	Тип ветроколеса	Коэффициент использования
1	Пропеллерный трехлопастной	0,4
2	Пропеллерный двухлопастной	0,35
3	Многолопастной	0,25
4	Парусный	0,3
5	Роторноприводой Флетнера	0,2
6	Пропеллерный с вихреобразователем	0,45
7	Ортогональный	0,3
8	Савониуса	0,25
9	Дарье	0,35
10	Мак-Гроув	0,35
11	Геликоидный	0,4

Анализ данных, а также мировой опыт использования ВЭУ показывает, что наиболее простыми по конструкции и эффективными являются трехлопастные быстроходные ветроколеса пропеллерного типа, отличающиеся симметричной инерцией, что обеспечивает плавный ход колеса.

Согласно, мощности ВЭУ подразделяются на установки очень малой, малой, средней и большой мощностей, имеющие конструктивные и функциональные отличия.

ВЭУ очень малой мощности – до 5 кВт – применяются в качестве зарядных устройств в автономных системах электроснабжения.

ВЭУ малой мощности – от 5 до 99 кВт – применяются как в автономных системах электроснабжения, так и для параллельной работы с централизованным источником электроснабжения.

ВЭУ средней мощности (от 100 до 1 МВт и большей мощности – свыше 1 МВт) применяются для параллельной работы с энергосистемой.

Для технической оценки ВЭУ различной мощности рассмотрим основные составные элементы:

- ветроколесо;
- электрогенератор;
- мачта для ВЭУ малой мощности либо башня для ВЭУ средней и большой мощности.

В настоящее время во многих странах выпускается большое количество различных типов ВЭУ. Анализ производимых промышленностью ВЭУ в странах СНГ (табл. 2) позволил сделать вывод, что в России серийно выпускаются ВЭУ от 0,3 кВт до 50 кВт, т.е. ВЭУ малой мощности.

2. Производители ВЭУ в странах СНГ

№	Компания	Мощность ВЭУ, кВт	Электронный адрес
1	ООО «СКБ Искра»	0,5	www.iskrawind.ru
2	ООО «Сапсан-энергия»	0,5–5	www.sev.ru
3	ЗАО «Ветроэнергетическая	5–30	www.windpower.ru
4	ООО «Ветросвет»	0,25–1,5	www.vetrosvet.ru
5	ООО «Возобновляемые	0,5–5	www.alt.kraft
6	ООО «ЛМВ Ветроэнергетика»	0,5–10	www.ovis.khv.ru
7	ООО «Украинская	0,3–50	www.ewrowind.ua
8	ООО «Энердживинд»	1–10	www.info@.energdy
9	ООО «Энегросток»	3–50	www.energystock.ru
10	ООО «ГРЦ-Вертикаль»	1,5–30	www.srcvertical.com

ВЭУ большой мощности преимущественно выпускаются в США и Западной Европе. Такие ВЭУ используются для выработки качественной электроэнергии, что объясняется их конструктивными особенностями.

На ВЭУ большой мощности ветроколесо вращается с постоянной скоростью, что позволяет синхронизировать работу генератора с энергосистемой. Это позволяет подключать несколько ВЭУ непосредственно к линии электропередач (ЛЭП) централизованной системы электроснабжения по магистральному принципу без применения преобразовательной техники, так как при постоянстве оборотов генератора обеспечивается выработка качественной электроэнергии. Такая схема подключения нескольких ВЭУ к энергосистеме (ЭС) (рис. 2) является простой и широко распространенной.

При изменении скорости ветра согласование оборотов ветроколеса и ротора асинхронного генератора (АГ) выполняется с помощью системы управления (СУ) мультипликатора (М), имеющего до 4 ступеней. Во время затишья для поддержания постоянной скорости вращения генератор переходит в двигательный режим, питаясь от сети. Данный принцип работы более эффективен при постоянных ветрах, а именно при монтаже ВЭУ в море.

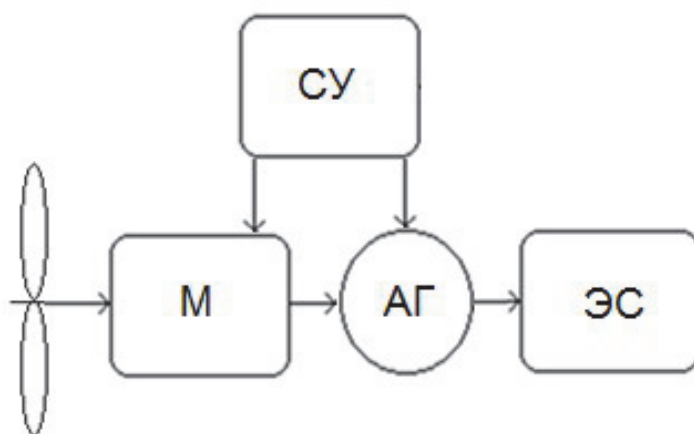


Рис. 2. Структурная схема ВЭУ средней и большой мощности

Однако ВЭУ большой мощности имеют ряд недостатков:

1. Использование асинхронных генераторов (АГ), имеющих низкий коэффициент мощности.
2. Потребление электроэнергии из сети при затишьях ветра, что делает энергосистему менее устойчивой при работе большого количества ВЭУ.
3. Отсутствие опыта применения в системе автономного электроснабжения.
4. Зависимость работы ВЭУ от постоянства величины напряжения линии электропередач, чего сложно добиться в сельских электрических сетях вследствие широкого применения устройств регулирования напряжения.
5. Опыт эксплуатации ВЭУ большой мощности показал опасность возникновения пожаров и сложности их тушения вследствие большой высоты.

Несмотря на широкое распространение ВЭС большой мощности, наблюдается нестабильность выходного напряжения, генерирование высших гармоник тока (5-й и 7-й).

Исследования работы ВЭС показали, что генерирование 5-й и 7-й гармоник тока наблюдается в кабельных линиях 110–220 кВ, а в сети 10 кВ пренебрежительно мало. Следовательно, при проектировании ВЭС малой мощности отсутствует проблема возникновения высших гармонических составляющих тока при передаче электроэнергии.

Для снижения затрат на приобретение и обслуживание ВЭУ, а также развитие собственного производства экономически целесообразно использование отечественных установок малой мощности. На ВЭУ очень малой и малой мощности устанавливаются синхронные генераторы (СГ), а ВК вращается со скоростью, зависящей от действующей скорости ветра. Анализ существующих схем позволил составить структурные схемы (рис. 3).

В существующих схемах ВЭУ малой мощности предусматриваются преобразовательные устройства для получения качественной электроэнергии. В зависимости от назначения ВЭУ для автономного электроснабжения или параллельной работы в электрическую сеть используются различные типы

преобразовательных устройств, которые имеют ряд недостатков, связанных с управлением выходных электрических показателей ВЭУ, потерями электрической энергии при преобразовании.

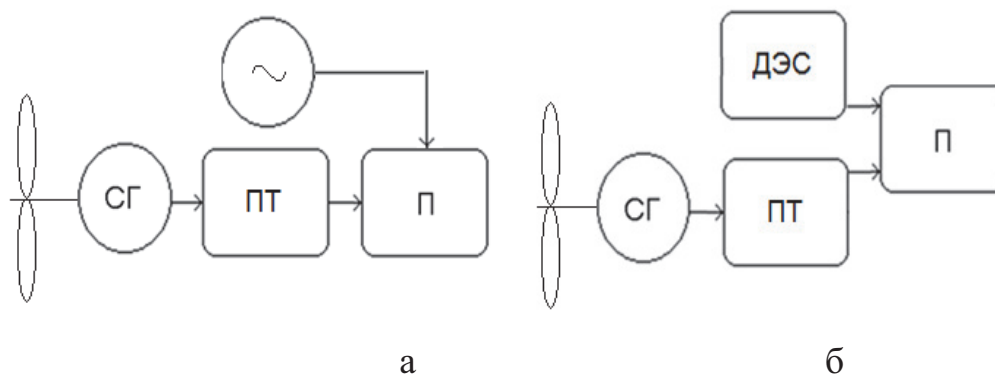


Рис. 3. Структурная схема ВЭУ малой мощности, работающих:
 а – с централизованным источником электроснабжения; б – с автономным источником электроснабжения

Условия работы ВЭУ малой мощности при параллельном их включении между собой и с электрической сетью изучены недостаточно. При этом необходимо согласование параметров ВЭУ и электрической сети.

Для электроснабжения от нескольких ВЭУ, включенных параллельно между собой, необходимо разработать собственную линию электропередачи (ЛЭП).

Собственная ЛЭП соединяет каждую ВЭУ с центром питания для дальнейшей передачи электроэнергии в электрическую сеть или потребителям. Тогда совокупность ВЭУ и собственных ЛЭП представляется как ветропарк (ВП).

Для электроснабжения от нескольких ВЭУ в составе ВП недостаточно исследованы условия параллельной работы и включения ВЭУ между собой, выбор и компоновка собственной линии электропередачи. Для эффективного электроснабжения необходимо оптимизировать в целом параметры ВП.

Выводы. Для оптимизации схем использования ВЭУ необходимо знать экономические показатели. В литературе недостаточно информации, позволяющей оценить влияние основных параметров ВЭУ на их экономическую эффективность. Для анализа и сравнительной оценки существующих ВЭУ различной мощности необходимо иметь их экономические показатели.

Список литературы

1. "Green" Tariffs for Private Households [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uwea.com.ua/?lng=ENG>.
2. Wind energy can overtake coal and gas as Europe's largest power source by 2030. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ewe.org>.
3. A world-leader in wind energy [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://denmark.dk/en/green-living/wind-energy>.

ОСНОВНІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

С.Є. Тарасенко, Еугеніуш Красовський

Анотація. Умови роботи ВЕУ малої потужності при паралельному їх включенні між собою і з електричною мережею вивчені недостатньо. При цьому необхідно узгодження параметрів ВЕУ та електричної мережі. Для електропостачання від декількох ВЕУ, включених паралельно між собою, необхідно розробити власну лінію електропередачі (ЛЕП). Власна ЛЕП з'єднує кожен ВЕУ з центром харчування для подальшої передачі електроенергії в електричну мережу або споживачам. Тоді сукупність ВЕУ і власних ЛЕП представляється як вітропарк (ВП). Для електропостачання від декількох ВЕУ в складі ВП недостатньо досліджені умови паралельної роботи і включення ВЕУ між собою, вибір і компонування власної лінії електропередачі. Для ефективного електропостачання необхідно оптимізувати в цілому параметри ВП. Для оптимізації схем використання ВЕУ необхідно знати економічні показники. У літературі недостатньо інформації, що дозволяє оцінити вплив основних параметрів ВЕУ на їх економічну ефективність. Для аналізу та порівняльної оцінки існуючих ВЕУ різної потужності розглянемо їх економічні показники.

Ключові слова: *вітрова енергетика, установка, показник*

BASIC TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF WIND TURBINES

S. Tarasenko, Eugeniusz Krasovsky

Annotation. Working conditions of low power wind turbines in parallel to include them among themselves and with the electrical network are not well understood. It should be the harmonization of the wind turbine and the electrical network. For electricity from several wind turbines in parallel with each other, it is necessary to develop its own transmission line (PTL). Private transmission lines connecting each turbine to the center of power for transmission of electricity to the power grid or to consumers. Then the set of wind turbines and transmission lines is presented as its own wind farm (CAP). For electricity from several wind turbines in the composition of the EP insufficiently investigated conditions of parallel operation and enable wind turbines with each other, the selection and arrangement of their own power lines. For effective power supply is necessary to optimize overall parameters VI. To optimize the usage patterns of wind turbines need to know the economic indicators. The literature is insufficient information to estimate the influence of the main parameters of a wind turbine on their cost-effectiveness. For the analysis and comparative assessment of existing wind turbines of different power consider their economic performance.

Key words: *wind energy, installation, index*