

УДК 621.311.245

В.В. Шевченко, А.С. Баженов, Т.А. Лавриненко

Українська інженерно-педагогічна академія, Харків

КОНСТРУКЦИИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПРИ РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

На основании анализа существующих конструктивных решений и характеристик ветрогенераторов, ветроэнергетических установок в целом рассмотрены вопросы выбора вида генератора, конструкции механической части ветряной установки. Рассмотрены особенности управления, работы, недостатки и преимущества различных генераторов, ветротурбин различных конструкций. Сделан вывод о том, на что целесообразно ориентироваться для Украины в интервале рассматриваемых мощностей и с экономической, и с технической точки зрения.

Ключевые слова: типы генераторов, ветрогенератор, ветроэнергетические установки, ветротурбины.

Введение

Постановка проблемы. По общим оценкам, в структуру электроэнергетики Украины основной вклад вносит тепловая энергетика классического типа (ТЭС, ТЭЦ). Общая установленная мощность энергосистемы Украины по различным источникам оценивается в 52900 МВт (по данным украинских статистических управлений) или в 48000 МВт (по данным Европейского Банка Реконструкции и Развития). Но около 45 % общей выработки электроэнергии вырабатывается на 13 установленных энергоблоках четырех АЭС Украины (и составляет около 11800 МВт), [1]. Наблюдается тенденция увеличения выработки электроэнергии на АЭС с сохранением и даже нарастанием проблем эксплуатации и хранения отработанного ядерного топлива.

Одним из перспективных направлений поиска решения этой проблемы в диапазоне малых мощностей является оценка возможности использования специальных типов синхронных генераторов с магнитоэлектрическим возбуждением.

Создание гидроаккумулирующих и парогазовых электростанций позволит в определенной степени разрешить вопрос покрытия пиковых нагрузок (источники маневренных мощностей). Однако использовать их мощности для удаленных и маломощных потребителей нерентабельно. К этой группе потребителей следует отнести отдельные фермерские хозяйства, кордоны лесников, пасеки, дачи, небольшие горные поселки и т.д. Отсутствие развитых линий электропередач, достаточно большие расстояния делают возможным обеспечение электроэнергией этих потребителей только за счет автономных источников энергии – дизельных электростанций, солнце- и ветростанций.

Солнечная энергетика для Украины возможна для очень небольшого географического региона (Крым и ряд южных областей) и не весь календар-

ный год, а другие нетрадиционные способы получения энергии: приливные станции, гейзерные, геотермальные, станции на биомассе и т.д., - для Украины либо не существуют, либо находятся в стадии первых разработок. Поэтому основное внимание следует, на наш взгляд, уделять ветроэнергетике.

Анализ литературы. Перспективы использования ветроэнергетики (ВЭ) неоднократно рассматривались различными авторами [1- 4], но эти работы были посвящены отдельно схемам включения, отдельно - системам управления. Многие работы посвящены вопросам выбора генераторов для ветроэнергетических установок (ВЭУ) Материалы, представленные в статье, базируются на публикациях по нетрадиционной энергетике, на данных исследований, представленных в материалах конференций и в научных журналах.

Цель статьи. Проанализировать сведения о существующих воздушных энергоустановках, проанализировать выбор типа электрической машины для генерирования электроэнергии, рассмотреть перспективу применения в конструкциях ветроэнергетических установок новых решений для повышения энергетических параметров. Проанализировать возможности повышения мощности ветроэнергоустановок (ВЭУ) при их конструировании и реконструкции, установить возможность внедрения новых решений по изготовлению, установке и эксплуатации ВЭУ, что оказывает влияние на их надежность, экономичность, технико - энергетические параметры.

Основной материал

Два последних десятилетия для страны были и остаются экономически очень сложными по всем вопросам, в том числе и в плане состояния, т.е. безопасности работы, атомных блоков. Из-за недополучения денег ядерным энергетическим комплексом Украины АЭС не имели средств для проведения серьезных ремонтных работ, достаточную закупку

атомного «топлива» - ТВЭЛ-ов, ТВСА, создания баз для их сухого (или любого другого) способов хранения после окончания срока их работы. Сегодня в Украине не стоит вопрос о достаточной степени безопасности АЭС, а о самой технической возможности их эксплуатации, т.к. установленное оборудование практически отработало или находится на грани окончания отработки своего ресурса. В настоящее время все АЭС требуют модернизации. По инженерно - экономическим оценкам, [1, 2], модернизация одного энергоблока АЭС оценивается в 130 млн. долларов. Начаты единичные работы: ремонт и модернизация проведены на 3 блоке Запорожской АЭС, - но это не решает проблем атомной энергетики в целом.

Состояния классической тепловой энергетики (ТЭС, ТЭЦ) еще более серьезное: на 104 энергетических блоках тепловых электростанций Украины, работающих на угле, 96% (а по некоторым оценкам 100%) оборудования отработало проектный ресурс, а 75% - превысили граничный ресурс. КПД станций снизился до 30 – 35%. ТЭС Украины не рассчитаны на работу при сжигании высокозольных низкокалорийных углей, что добываются сегодня в Украине, поэтому приходится приобретать импортный уголь. Необходимый уголь есть в некоторых шахтах Донбасса, но многие шахты закрыты, а другие работают в режиме постоянных аварий, что также не способствует увеличению добычи угля и обеспечения им ТЭС. Кроме того, на украинских ТЭС отсутствуют газоочистные сооружения, что приводит к значительному выбросу в атмосферу оксидов азота, двуокиси серы и т.д. Т.е. и тепловая энергетика находится в состоянии, близком к технической катастрофе.

Плохое техническое состояние электросетей, несовершенные системы учета, воровство электроэнергии приводит к тому, что резко увеличивается уровень потерь электроэнергии: потери в сетях всех напряжений составляют около 15-18%.

В Украине четко выражены часы пикового потребления электроэнергии, поэтому, кроме проблем с базовыми мощностями, стоит вопрос о нехватке маневренных мощностей. Создание гидроаккумулирующих и парогазовых электростанций позволяет, в некоторой степени, покрывать пиковые нагрузки, т.е. их следует оценивать, как источники маневренных мощностей.

Ветроэнергетика, как уже отмечалось, [1, 2], не может заменить классические электростанции. Более того, на наш взгляд, будущее промышленно развитых стран, все-таки, невозможно без атомной энергетики. Есть интересные предложения по использованию ТВЭЛ-ов первого круга эксплуатации: малая энергетика, - т.е. создание реакторов, способных работать на отработанных элементах, ищут

решения по очистке «зараженных» ТВЭЛ-ов, есть, наконец-то, технологии их переработки после 25-30 летней выдержки и т.д. Проблемы классических ТЭС неразрешимы, т.к. использование органического топлива имеет конечный предел, выбросы в атмосферу идут ежеминутно, проблемы зольных отвалов на сегодня также не имеют окончательного решения. Гидроэнергетика Украины из-за малого количества полноводных рек выполняет скорее вспомогательную функцию, функцию покрытия в некотором объеме пиковых нагрузок. А нарушение экологии, с учетом затопления земель, не менее значительно, чем отчуждение территорий под АЭС. Но при этом энергии вырабатывается на порядок меньше.

Отсутствие развитых линий электропередач, достаточно большие расстояния делают целесообразным обеспечивать электроэнергией этих потребителей не от централизованной СЭС Украины, а от автономных источников энергии: дизельных электроустановок, солнце- и ветроустановок. Однако и здесь предпочтение следует отдавать использованию возобновляемых источников энергии, т.е. солнечной и ветровой, т.к. они не нуждаются в топливе.

Экономическое состояние страны предполагает считать первоочередной задачей экономическую рентабельность, что также позволяет говорить о перспективности ветроэнергетики. В настоящее время доля ветровых и солнечных электростанций в мировой выработке электроэнергии составляет около 1,5%, [2]. По некоторым оптимистичным оценкам, к середине будущего века ВЭС, возможно, будут обеспечивать 10 % потребления электроэнергии в мире [1,2], рис. 1. Но это решает вопрос энергоснабжения для стран без энергоемких производств и импортирующих электроэнергию.

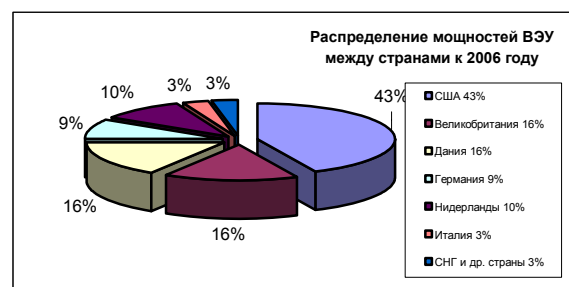


Рис. 1. Распределение мощностей ВЭУ между странами (2006 г.)

При этом значительную роль играют ветроустановки небольшой мощности. По опыту развитых стран известно, что суточная потребность семьи в сельской местности составляет до 2 кВт·час, для крупного фермерского хозяйства - до 10 кВт, для небольшой деревни (около 50 семей) – 50 кВт·час. Следовательно, для поддержания уровня жизни в мелких населенных пунктах и в единичных хозяйст-

вах необходимо создавать системы малых энергоустановок. Малая ветроэнергетика не требует больших территорий. Локальные ветроэнергетические установки (ВЭУ) могут быть установлены практически везде, где среднегодовая скорость ветра не менее 4-5 м/с, а для тихоходных многолопастных ВЭУ не менее 3 м/с.

ВЭУ мощностью 250 - 400 кВт создаются, как унифицированные агрегаты для работы параллельно с энергосистемой. ВЭУ мощностью 100 кВт предназначены для электро- и теплоснабжения потребителей, удаленных от центральных электросетей и находящихся в зонах с благоприятными ветровыми нагрузками. Единичная мощность ВЭУ, работающих совместно с сетью, растет, основной ввод по мощности относится сейчас к установкам 250 – 500 кВт, считается целесообразным переходить к установкам мегаваттного класса. Исследуются новые установки мощностью 1,5 – 3,0 МВт. Преобладают установки с горизонтальным валом турбины. Установки наибольших мощностей, обычно, работают в режимах с переменной частотой вращения. В мировой практике установлено, что целесообразно рассмотрение ВЭУ, размещаемых в море вблизи от берега, на отмелях.

Исследования режимов работы электрических сетей, в частности Крыма, доказали, что работа ветроэлектростанций (ВЭС) приводит к снижению потерь мощности во всей электрической сети, поскольку ВЭС, в большинстве случаев, находятся на периферийной части сетей энергообеспечивающих компаний, но поблизости от удаленных потребителей. Среднее снижение потерь мощности в электрической сети на 1 кВт установленной мощности при использовании ВЭС составляет 0,04 кВт. С учетом принятого коэффициента использования мощности (25%) снижение потерь энергии на протяжении года оценивается в 92,5 кВт.час на 1 кВт ВЭУ, что обеспечивает годовую экономию средств энергообеспечивающих компаний 3,1 долл./кВт.

На добычу угля идет государственная дотация (по данным Донецкого института угля - 15%,). Но в случае работы ВЭС экономится не только 15% стоимости топлива, которые государство оплачивает шахтам в виде прямых субсидий, а все 100% топлива. Годовой эффект в этом случае мог бы превысить 30 долл./кВт мощности ВЭС. Но эта экономия не учитывается, механизм использования 100% «топливного» эффекта является проблемным и поэтому этот годовой эффект носит скорее теоретический характер, [1,2].

Годовой технический ветроэнергетический потенциал в Украине равняется 30 млрд. кВт/год, [1, 2], т.е. при помощи ВЭУ можно превращать в электроэнергию 15 - 19 % годового объема энергии ветра. Наиболее благоприятными районами для ис-

пользования энергии ветра за счет сооружения ВЭС являются побережье и акватории Черного и Азовского морей, горные районы Крыма и Карпат, степные районы на юге страны. Как район возможного сооружения ВЭС, может быть и Чернобыльская зона отчуждения.

Промышленная ветроэнергетика имеет все предпосылки для успешного развития, она очень важна при решении региональных энергетических проблем, но недостаток финансирования сдерживает этот процесс. Почти все работы проводятся за средства предприятий или за счет привлеченных ими инвестиций. Улучшение экономической ситуации в стране будет способствовать более широкому развитию альтернативной энергетики.

К обычным задачам создания и эксплуатации ВЭС и ее элементов можно отнести:

- 1) эффективность, безопасность, надежность, учет влияния на окружающую среду;
- 2) выбор расчетных параметров ВЭУ, определение расчетной скорости ветра;
- 3) определение методов, способов, условий монтажа и эксплуатации ВЭУ;
- 4) выбор конструктивных и компоновочных решений основных узлов ветротурбины, определение оптимального аэродинамического профиля, единичной мощности, размеров и конструкции ветроколеса;
- 5) определение установленной мощности и типа генератора для ВЭУ;
- 6) определение системы регулирования, стабилизации частоты и напряжения, выпрямления, инвертирования, борьбы с высшими гармониками преобразователей, установление типов источников реактивной мощности.

Но уже сейчас к перечисленным задачам добавляется проблема проведения первых капитальных ремонтов и реконструкции уже достаточно долго работающих ветроустановок.

В этом случае необходимо не только заменять изношенные элементы установки, но и применять новые решения, конструкции и материалы, т.к. большой научно-технический интерес к проблемам нетрадиционной энергетики привел к тому, что именно в этой отрасли быстро появляются новые технические решения. И их необходимо внедрять при реконструкции работающих установок, также как при проектировании новых. Т.е. необходимо определить новые решения по созданию, установке и эксплуатации ВЭУ, установить, что оказывают влияние на их надежность, экономичность, технико-энергетические параметры. Поставленные задачи весьма сложны и вряд ли могли быть решены в пределах одной работы, но определение круга вопросов и начало их рассмотрения уже достойно внимания и имеет практический интерес.

В настоящее время все чаще приходится встречаться с задачей совмещения в одном исполнителе различных направлений деятельности, которые ранее были четко разграничены. Например, производство электрических машин шло на одном предприятии, а все системы управления выполнялись на других. В настоящее время система управления стала составной частью машины, поэтому проектирование, изготовление и испытание уместней в едином комплексе.

Комплексное проектирование и изготовление является перспективным и для систем ветроэнергетического комплекса. В едином комплексе необходимо выбирать отдельные составляющие ВЭУ: генератор; систему управления, защиты и коммутации; механические элементы установки ветротурбины (высоту размещения, тип лопастей и систему их крепления, ориентации по «розе ветров», систему противубуревой защиты...). Также надо убедиться, что сконструированные элементы соответствуют современному уровню создаваемых ВЭУ, требованиям повышения мощности в единице установки, энергосбережения и надежности.

Значительный вклад в общую картину работы ВЭУ вносит правильный выбор механической части, ветротурбины. Совершенствование аэродинамики ветротурбин, внедрение новых материалов, изучение и учет при проектировании усталостных явлений в ветротурбинах, оптимизация преобразовательных систем и систем регулирования позволяет существенно повысить надежность и эффективность ВЭУ, работающих параллельно с сетью, и приблизить стоимость вырабатываемой ими электроэнергии к стоимости энергии, производимой на тепловых электростанциях, рис. 2.

Значительное воздействие на работу ВЭУ оказывает форма и материал лопастей турбины (рис. 3, 4).

Формы (рис. 3) отличаются нижней поверхностью сечений. Несимметричные формы крыльев оптимизированы для создания наибольшей подъемной силы, при которой нижняя сторона крыла наиболее близка к траектории движения воздуха.

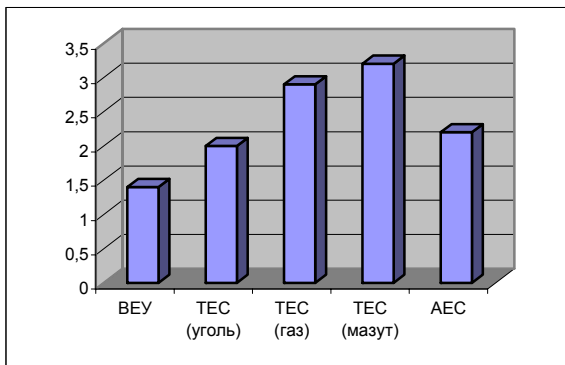


Рис. 2. Суммарные затраты (в центах) за 1 кВт. час

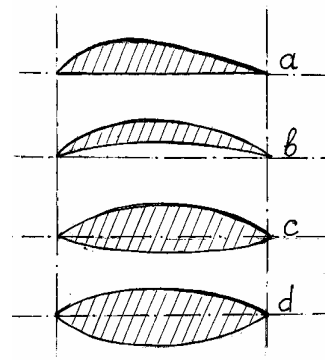


Рис. 3. Различные формы видов сечений крыла: a, b и c – несимметричной секции крыла; d – симметричная секция крыла

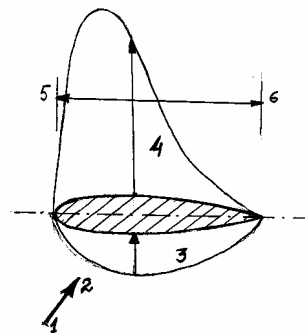


Рис. 4. Зоны низкого (3) и высокого давления (4) вокруг секции крыла в воздушном потоке (1-2); зона (5-6) – зона действия подъемной силы

Крылья симметричной формы могут одинаково хорошо создавать подъемную силу при любом направлении обтекания их воздухом. Например, демонстрационные самолеты, представляемые на аэросалонах, имеют симметричные формы крыльев, что позволяет им выполнять различные фигуры высшего пилотажа.

Каждый профиль крыла имеет определенный угол атаки, при котором коэффициент, равный отношению подъемной силы к силе тяги, (C_L/C_D) , будет максимальным. Этот угол атаки определяет значение максимальной силы и является поэтому самым эффективным критерием настройки поворота лопастей ветротурбины.

Коэффициент тяговой силы (подъема) крыла C_D может быть рассчитан:

$$C_D = \frac{D}{0,5 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot A_b}$$

где: D – тяговая сила, в Н; ρ – плотность воздуха, в $кг/м^3$; V – скорость воздушного потока, обтекающего крыло, м/с; A_b – площадь сечения (произведение длины зоны сечения на ширину), $м^2$.

Коэффициент подъемной силы крыла (C_L):

$$C_L = \frac{L}{0,5 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot A_b}$$

где L – подъемная сила крыла, в Н.

На рис. 5 приведены типичные значения коэффициентов подъема и тяги для различных значений сечений крыла.

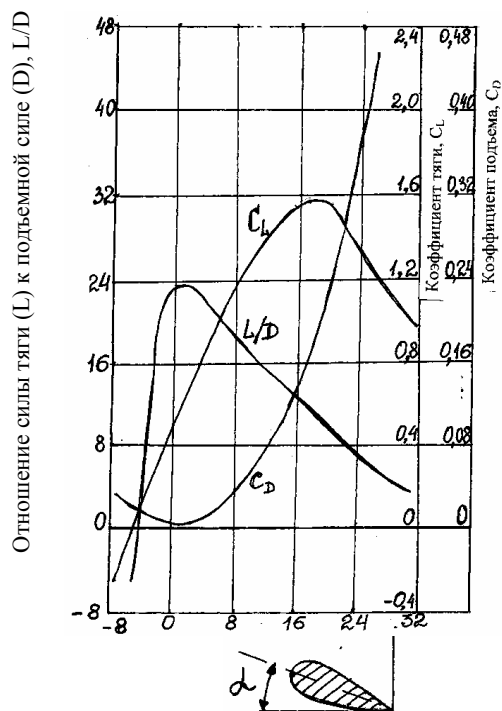


Рис. 5. Угол атаки ветра на плоскость крыла, α

Величина подъемной силы и силы тяги пропорциональны величине вырабатываемой электроэнергии. Каждое крыло имеет определенный угол атаки, при котором коэффициент, равный отношению подъемной силы к силе тяги, (C_L/C_D), максимален. Этот угол атаки определяется значением максимальной силы и является поэтому самым эффективным критерием настройки поворота лопастей ветротурбины.

Другая важная характеристика расположения крыла — его угол поворота к оси действия ветра. Это угол атаки, при котором следует использовать угол установки плоскости сечения крыла. Изменение происходит, когда поток внезапно меняет направление и проходит с другой стороны относительно поверхности крыла (когда угол атаки становится слишком крутым), это приводит к существенному снижению величины подъемной силы и увеличению силы тяги.

Когда это случается во время полета самолета, это может быть чрезвычайно опасным, если пилот не сможет внести изменения в управление самолетом. Один из методов, используемых для ветрогенераторов при регулировании вырабатываемой мощности, чтобы ограничить ее величину при сильных ветрах, основывается именно на этом явлении.

Для ветрогенераторов с мягким креплением оси, т.е. с осью ротора, способной постоянно ориентироваться по направлению дуновения ветра для

получения постоянной относительной скорости ветра и постоянной частоты вращения, угол атаки устанавливается такой, чтобы частота вращения была постоянной, [3].

Ветрогенераторы с жесткозакрепленной осью вращения при изменении условий (угла атаки воздуха) для обеспечения постоянной частоты вращения разворачивают всю ось вращения. В течение периода нормальной работы ветрогенератора с горизонтальной осью лопасти ветротурбины устанавливаются так, чтобы угол атаки оставался положительным.

Величина и направление тяговой силы изменяется в связи с изменением относительного угла ветра θ и величины радиуса r вдоль оси лопасти ветротурбины.

Так как тангенциальная скорость u уменьшается по направлению к центру вращения, то относительный угол падения ветра θ резко возрастает.

Совершенствование ВЭУ может быть достигнуто за счет совершенствования конструкции ветротурбины, что позволяет повысить эффективность установок, коэффициент использования ветра, надежность, время работы, срок службы, упрощение конструкции агрегатов и систем.

Максимально возможное значение мощности, которую реально можно получить от ветроустановки, по сравнению с теоретически возможным значением, определяется соотношением $16/27$ (59,3 %). Это происходит в случае, если скорость ветра на свободном пространстве («свободная скорость») уменьшается в три раза, т.е. когда интерференционный показатель $\alpha = 1/3$.

Значение 59,3 % часто называют пределом Betz-а в теории ветротурбин и с вертикальной, и с горизонтальными осями, [5].

Совершенствование аэродинамики ветротурбин, внедрение новых материалов, изучение и учет при проектировании усталостных явлений в ветротурбинах, оптимизация преобразовательных систем и систем регулирования позволяет существенно повысить надежность и эффективность ВЭУ, работающих параллельно с сетью и приблизить стоимость вырабатываемой ими электроэнергии к стоимости энергии, производимой на тепловых электростанциях.

В Украине используется методика расчета мощности ветроагрегата в зависимости от скорости ветра, полученная в результате аэродинамического расчета [2 - 4]. Она базируется на импульсной теории, с учетом турбулентного следа и концевых потерь по Прандтлю.

Тогда мощность определяется как

$$N = \omega \cdot M, \text{ Вт},$$

где $M = \frac{\pi \rho}{2} \cdot C_m(Z, \varphi_i) \cdot V^2 \cdot R^3$, Нм — аэродинами-

ческий момент; ω – частота вращения ротора, рад/с; ρ – удельная плотность воздуха, кг/м³; $C_m(Z, \varphi)$ – коэффициент момента (функция от двух переменных: от быстроходности Z и угла установки лопасти φ для ветротурбин с жестким креплением лопастей).

Другая важная характеристика расположения крыла – его угол поворота к оси действия ветра. Это угол атаки, при котором следует использовать угол установки плоскости сечения крыла. Изменение происходит, когда поток внезапно меняет направление и проходит с другой стороны относительно поверхности крыла (когда угол атаки становится слишком крутым), это приводит к существенному снижению величины подъемной силы и увеличению силы тяги.

Выводы

1. Форма изгиба крыла, жесткость крыла и структура многолопастной конструкции определяют величину подъемной силы, которая зависит от угла атаки и площади контактной поверхности пластины. Существует две основные формы крыла: несимметричная и симметричная. Формы отличаются нижней поверхностью секций, существуют разные системы крепления осей ветротурбин: мягкая и жесткая.. Следует использовать стальные лопасти вместо стеклопластиковых, что позволит увеличить срок службы на 10 %.

2. Максимально возможное значение мощности, которую реально можно получить от ВЭУ, по сравнению с теоретически возможным значением, определяется соотношением 16/27 (59,3 %) – **предел Betz-a** в теории ветротурбин с вертикальными и с горизонтальными осями.

3. Выбор и комплектация составных частей ВЭУ должны вестись в комплексе: генератор;

системы выпрямления, инвертирования, возбуждения, обеспечение устойчивой работы генератора в автономном режиме или на сеть, стабилизации напряжения и частоты и т.д.; механические элементы установки (высоту размещения, тип лопастей и систему их крепления, ориентации по «розе ветров», протибуревой защиты...).

4. После поведенного анализа можно утверждать, что для ВЭУ возможно применение разных типов генераторов.

Но для Украины в интервале рассматриваемых мощностей (100 – 400 кВт) целесообразно и с экономической, и с технической точки зрения для ВЭУ выбирать АГ с к.з. ротором.

Список литературы

1. Шевченко В.В. Проблемы и основные направления развития электроэнергетики в Украине // Энергетика та електрифікація. – 2007. – № 7 (287). – С. 11-16.
2. Кузьмин В.В., Тимоценков В.Г. Проблемы электропривода и преобразовательной техники в свете тенденций развития энергетики в 21 веке // Сборник научн. тр. НПО «Электротяжмаш». – Харьков: Электротяжмаш, 2004. – С. 45-52.
3. Сидельников Б.В. Современное состояние и сравнительный анализ конструктивных схем ветрогенераторов // Вестник Щецинского технического университета. – Щецин, Польша: ЩТУ, 2001. – С. 23-29.
4. Булгаков А.А. Частотное управление асинхронными электродвигателями. – М.: Наука, 1966. – 280 с.
5. Renewable Energy. Power for a Sustainable Future. – Oxford University Press in Association with The Open University, 2004. – 452 p.

Поступила в редколлегию 30.04.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.Ф. Артюх, Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков.

КОНСТРУКЦІЇ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ПРИ РІШЕННІ ПРОБЛЕМ ПРОМИСЛОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

В.В. Шевченко, А.С. Баженов, Т.О. Лавріненко

На підставі аналізу існуючих конструктивних рішень і характеристик вітрогенераторів, вітроенергетичних установок в цілому розглянуті питання вибору виду генератора, конструкції механічної частини вітряної установки. Розглянуті особливості управління, роботи, недоліки і переваги різних генераторів, вітротурбін різних конструкцій. Зроблений висновок про те, на що доцільно орієнтуватися для України в інтервалі даних потужностей і з економічної, і з технічної точки зору.

Ключові слова: типи генераторів, вітрогенератор, вітроенергетичні установки, вітротурбіни.

CONSTRUCTIONS OF POWER WINDING PLANTS AT THE DECISION OF PROBLEMS OF INDUSTRIAL ENERGY

V.V. Shevchenko, A.S. Bacshenov, T.A. Lavrinenko

On the basis of analysis of existent structural decisions and descriptions of wind-generator, wind-energetic plant the questions of choice of type of generator, constructions of mechanical part of the, wind setting, are considered on the whole. Management features, works, failings and advantages of different generators, are considered, wind turbine of different constructions. A conclusion is done about on what it is expedient to be oriented for Ukraine in the interval of the examined powers both from the economic and from technical point of view.

Keywords: types of generators, wind-generator, wind-energetic plant, wind turbine.