

Ветровая энергетика



Энергия ветра

Энергия ветра — это преобразованная энергия солнечного излучения, и пока светит Солнце, будут дуть и ветры. Таким образом, ветер — это тоже возобновляемый источник энергии.

Весной 2007 года Верховная Рада Украины в первом чтении приняла специальный стимулирующий «зеленый» тариф на производство электрической и тепловой энергии, выработанной из альтернативных источников. Таким образом, в государстве формируются правовые условия для стимуляции использования в Украине нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (ветроэнергетика, малая гидроэнергетика, солнечная энергия и т.д.) в сферах теплоснабжения и электроэнергетики. Рынок ВЭУ в настоящее время является одним из наиболее быстроразвивающихся, его рост превышает 20% в год.

Выработка электроэнергии с помощью ветра имеет ряд преимуществ:

- экологически чистое производство без вредных отходов;
- экономия дефицитного дорогостоящего топлива (традиционного и для атомных станций);
- доступность;
- практическая неисчерпаемость.

Ветроустановки классифицируются по следующим признакам:

- положению ветроколеса относительно направления ветра;
- геометрии ветроколеса;
- по мощности ветроустановки.

1. Компоненты ветроустановки

К основным компонентам системы, без которых работа ветряка невозможна, относят следующие элементы:

Генератор – необходим для заряда аккумуляторных батарей. От его мощности зависит как быстро будут заряжаться ваши аккумуляторы. Генератор необходим для выработки переменного тока. Сила тока и напряжение генератора зависит от скорости и стабильности ветра.

Лопасти – приводят в движение вал генератора благодаря кинетической энергии ветра.

Мачта – обычно, чем выше мачта, тем стабильнее и сильнее сила ветра. Отсюда следует – чем выше мачта, тем больше выработка генератора. Мачты бывают разных форм и высот.

Список дополнительных необходимых компонентов:

Контроллер – управляет многими процессами ветроустановки, такими, как поворот лопастей, заряд аккумуляторов, защитные функции и др. Он преобразовывает переменный ток, который вырабатывается генератором в постоянный для заряда аккумуляторных батарей.

Аккумуляторные батареи – накапливают электроэнергию для использования в безветренные часы. Также они выравнивают и стабилизируют выходящее напряжение из генератора. Благодаря им вы получаете стабильное напряжение без перебоев даже при порывистом ветре. Питание вашего объекта идёт от аккумуляторных батарей.

Анемоскоп и датчик направления ветра – отвечают за сбор данных о скорости и направлении ветра в установках средней и большой мощности.

АВР – автоматический переключатель источника питания. Производит автоматическое переключение между несколькими источниками электропитания за промежуток в 0,5 секунды при исчезновении основного источника. Позволяет объединить ветроустановку, общественную электросеть, дизель-генератор и другие источники питания в единую автоматизированную систему. Внимание: АВР не позволяет работать сети одного объекта одновременно от двух разных источников питания!

Инвертор – преобразовывает ток из постоянного, который накапливается в аккумуляторных батареях, в переменный, который потребляет большинство электроприборов. Инверторы бывают четырёх типов:

1. Модифицированная синусоида – преобразовывает ток в переменный с напряжением 220В с модифицированной синусоидой (ещё одно название: квадратная синусоида). Пригоден только для оборудования, которое не чувствительно к качеству напряжения: освещение, обогрев, заряд устройств и т.п.
2. Чистая синусоида - преобразовывает ток в переменный с напряжением 220В с чистой синусоидой. Пригоден для любого типа электроприборов: электродвигатели, медицинское оборудование и др.
3. Трёхфазный – преобразовывает ток в трёхфазный с напряжением 380В. Можно использовать для трёхфазного оборудования.
4. Сетевой – в отличие от предыдущих типов позволяет системе работать без аккумуляторных батарей, но его можно использовать только для вывода электроэнергии в общественную электросеть. Их стоимость, обычно, в несколько раз превышает стоимость несетевых инверторов. Иногда они стоят дороже, чем все остальные компоненты ветроустановки вместе взятые.

Типы ветродвигателей

1. ветродвигатели с вертикальной осью вращения (карусельные: лопастные (1) и ортогональные (6)).
2. ветродвигатели с горизонтальной осью вращения (крыльчатые) (2-5);
Типы крыльчатых ветродвигателей отличаются только количеством лопастей.

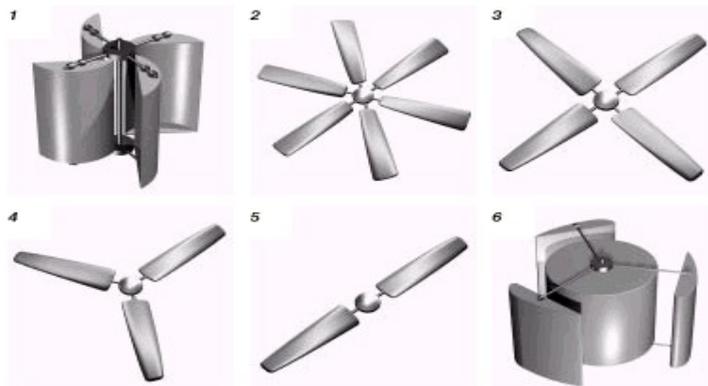


Рис1. Типы ветродвигателей

Крыльчатые



Рис.2. Традиционный крыльчатый ветродвигатель

Традиционная компоновка ветряков – с горизонтальной осью вращения (рис.2) – неплохое решение для агрегатов малых размеров и мощностей. Когда же размахи лопастей выросли, такая компоновка оказалась неэффективной, так как на разной высоте ветер дует в разные стороны. В этом случае не только не удастся оптимально ориентировать агрегат по ветру, но и возникает опасность разрушения лопастей.

Коэффициент использования энергии ветра у крыльчатых ветродвигателей намного выше, чем у карусельных. В то же время, у карусельных ветродвигателей намного больше момент вращения. Он максимален для карусельных лопастных агрегатов при нулевой относительной скорости ветра.

Карусельные

Различие в аэродинамике дает карусельным установкам преимущество в сравнении с традиционными ветряками. При увеличении скорости ветра они быстро наращивают силу тяги, после чего скорость вращения стабилизируется. Карусельные ветродвигатели тихоходны и это позволяет использовать простые электрические схемы, например, с асинхронным генератором, без риска потерпеть аварию при случайном порыве ветра. Еще более важным преимуществом карусельной конструкции стала ее способность без дополнительных ухищрений следить за тем "откуда дует ветер", что весьма существенно для приземных рыскающих потоков. Ветродвигатели подобного типа строятся в США, Японии, Англии, ФРГ, Канаде.

Ортогональные. Ортогональные ветроагрегаты, как полагают специалисты, перспективны для большой энергетики. Сегодня перед ветропоклонниками ортогональных конструкций стоят определенные трудности. Среди них, в частности, проблема запуска.

В ортогональных установках используется тот же профиль крыла, что и в дозвуковом самолете (см. рис. 1. (6)). Самолет, прежде чем "опереться" на подъемную силу крыла, должен разбежаться. Так же обстоит дело и в случае с ортогональной установкой. Сначала к ней нужно подвести энергию – раскрутить и довести до определенных аэродинамических параметров, а уже потом она сама перейдет из режима двигателя в режим генератора.



Рис.3. Однолопастной карусельный двигатель

Характеристики существующих генераторов

Модель	300L	500	1	2	3	5
Номинальная мощность (Вт)	300	500	1000	2000	3000	5000
Номинальное постоянное напряжение (В)	24	24	48	48	240	240
Номинальное переменное напряжение (В)	34	34	68	34	339	339
Номинальная постоянная сила тока (А)	25	21	21	42	13	21
Номинальная переменная сила тока (А)	18	15	15	60	9	15
Номинальная скорость вращения (об/мин)	450	400	400	400	220	200
Максимальная скорость вращения (об/мин)	600	500	500	500	275	250
Вес генератора (кг)	12,5	40	48	53	280	325

ПРИМЕР: Инвертор "Синус" 3000


Инвертор предназначен для работы электробытовых приборов и другой аппаратуры на ~220 В., чувствительной к форме напряжения.

Форма выходного тока - чистый синус.



Подбор аккумуляторной батареи

1. Рекомендуемые аккумуляторы

Модель	300L	500	1	2	3	5	10	15	20	30	50
Напряжение (В)	12										
Емкость (Ач)	150	200	200	200	200	150	200	200	200	200	200
Количество (шт)	2	2	4	10	20	40	40	60	90	120	180

Внимание! Крайне не рекомендуется использовать стартерные автомобильные аккумуляторы.

Наиболее подходящим выбором являются аккумуляторы типа AGM или гелевые.

2. Подбор аккумуляторов

1. Напряжение (В)

Суммарное напряжение всех последовательно-подключенных аккумуляторных батарей должно равняться исходящему напряжению ветрогенератора и входящему напряжению инвертора.

К примеру: если напряжение на выходе из генератора EuroWind 2 составляет 120 Вольт, то вам необходима аккумуляторная батарея с напряжением 120 Вольт (т.е. десять аккумуляторов по 12 Вольт, которые соединены последовательно или пять аккумуляторов по 24 Вольт).

2. Емкость (Ач)

Внимание! Следующие примеры являются приблизительными. Для точного расчёта необходимо учитывать особенности использования электроэнергии, температурный режим и особенности самих батарей.

Емкость аккумуляторов влияет на срок автономной работы от них при низкой скорости ветра или полном его отсутствии. Чем больше емкость ваших аккумуляторных батарей, тем больше может генератор накопить в них электроэнергии, и тем дольше вы сможете обеспечить себя этой электроэнергией. Одного аккумулятора 12В 100Ач хватает приблизительно на 1 час работы при нагрузке 1 кВт, т.е. 1 кВт/час (соответственно: 12В 40Ач – 24 минуты при нагрузке 1 кВт, 12В 150Ач – 1 час 30 минут при нагрузке 1 кВт, 12В 200Ач – 2 часа при нагрузке 1 кВт).

Если вы увеличиваете нагрузку, то автономный срок работы уменьшается прямопропорционально увеличенной нагрузке.

Например: 20 штук полностью заряженных аккумуляторных батарей 12В 200Ач смогут беспрерывно обеспечить нас электроэнергией с нагрузкой 1 кВт в течение 40 часов. Если мы увеличим нагрузку до 2 кВт/час, то срок автономной работы сократится в два раза – до 20 часов. А если нагрузку поднять до 10 кВт/час, то срок работы сократится в 10 раз – до 4 часов.

Если нам всё ещё не хватает запаса электроэнергии, но мы уже установили аккумуляторные батареи с максимальной емкостью, то возможно добавить ещё один комплект таких же аккумуляторных батарей, подключив их последовательно к первому комплекту.

Увеличение суммарной емкости батарей достигается последовательным подключением дополнительного комплекта аккумуляторов. При этом надо учитывать, что аккумуляторы должны быть одной и той же марки, модели, а также с одинаковым сроком использования.

Ниже приведён пример подключения аккумуляторов к системе



Схема подключения одного комплекта аккумуляторных батарей к ветрогенератору .
Общая емкость – 4 кВт

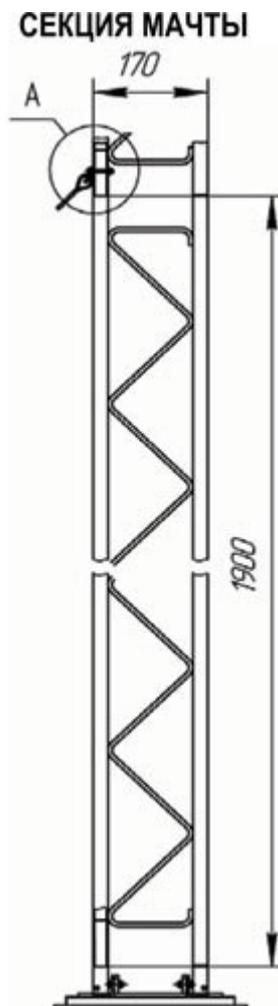


Схема подключения трех комплектов аккумуляторных батарей к ветрогенератору. Общая емкость увеличилась до 12 кВт

МАЧТЫ:

1. Мачты с растяжками
2. Конические мачты
3. Гидравлические мачты
4. Сборные мачты-фермы

ПРИМЕР: Мачта СТ-S3T-1140S (стандартная мачта 12 м.)





ООО «ГРЕСА-ГРУПП»

03058, Киев, ул. Нежинская, 29-Б
тел. +38(044) 401-10-88, 455-22-71, 457-12-87
+38(067)936-49-62, +38(067)329-18-54
<http://ggc.com.ua> altenergy@ggc.com.ua

7

СООТВЕТСТВИЕ СТАНДАРТАМ

Мачтовая конструкция разработана в соответствии с требованиями действующих ГОСТ и СНиП.

КОНСТРУКЦИЯ

Мачта собирается из сварных секций длиной 1,9 метра. Устойчивость конструкции обеспечивается системой оттяжек.
Стандартная комплектация предусматривает 2 яруса оттяжек .

Установкаствола мачтовой конструкции производится на мачтовое основание, входящее в комплект поставки.

Секции мачты изготавливаются из стальной трубы и имеют треугольное сечение (сторона 0,17 м). Соединение секций - болтовое. Крепление оттяжек к мачте производится в местах соединения секций.

Шарнирный узел основания позволяет за небольшое время привести мачту в горизонтальное положение и получить доступ к ветрогенератору для проведения регламентных работ.

СИГНАЛЬНАЯ ОКРАСКА

На ствол мачты, по согласованию с заказчиком, может быть нанесено полимерное покрытие красного и белого цвета, выполняющее также защитную функцию.

Технические характеристики:

Тип сооружения Стальная сварная секционная мачта с оттяжками

Высота, м 11.4

Количество секций, шт 6

Габариты секции 1900мм со стороной 170мм

Профили стальные трубы и имеют треугольное сечение (сторона 0,17 м).

Покрытие секций Полимерное, красный и белый цвет

Такелаж Стальной оцинкованный трос ГОСТ 3064-80

Количество ярусов оттяжек 2 яруса по 4 оттяжки в каждом ярусе

Радиус крепления оттяжек, м 6.0

Парусность АФУ, м² 2

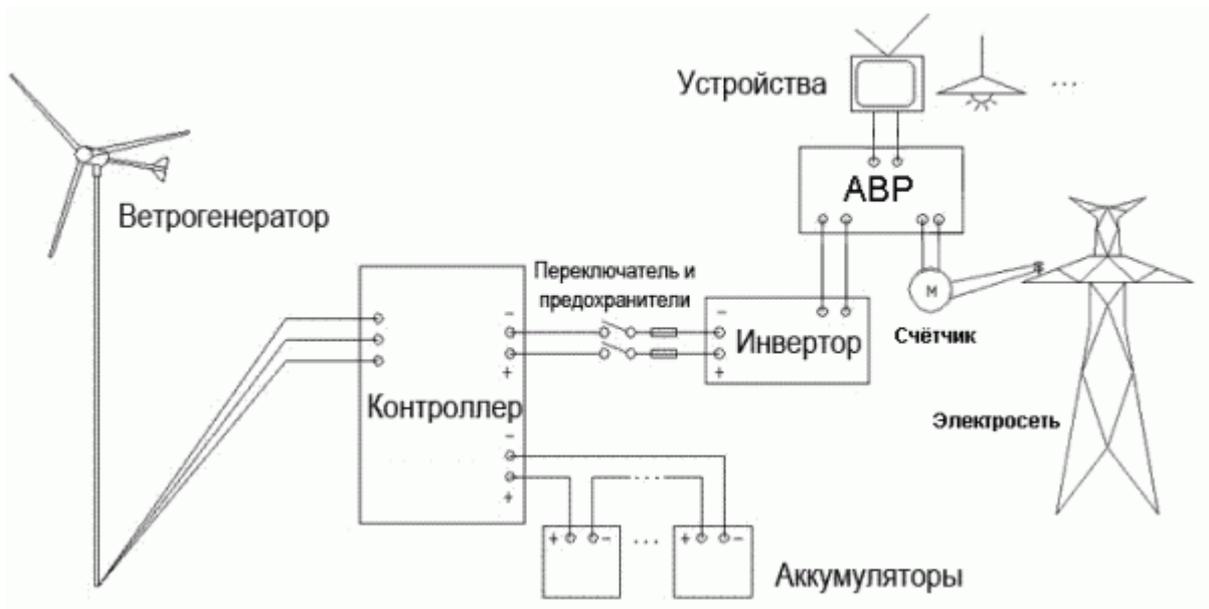
Полезная нагрузка, м 200

Схемы работы ветрогенератора

Приводим **несколько популярных схем работы** ветрогенераторных систем с потребителем. Это всего лишь некоторые примеры, поэтому возможны и другие схемы работы. В каждом случае составляется индивидуальный проект, который способен решить поставленную перед нами задачу.



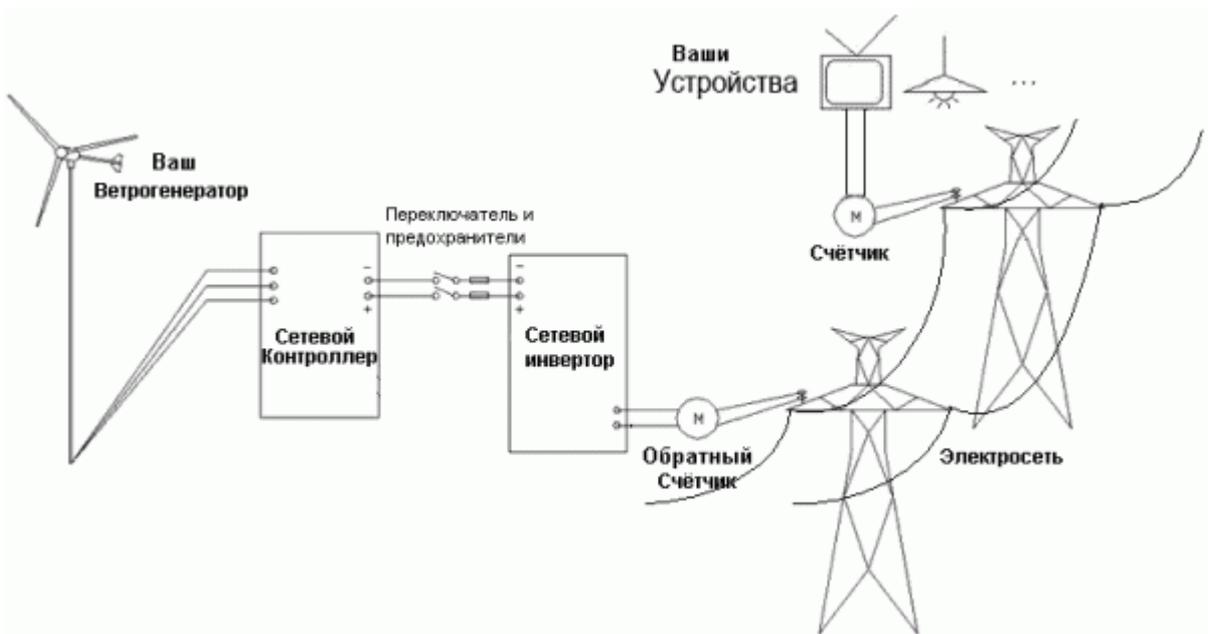
Автономное обеспечение объекта (с аккумуляторами).
 Объект питается только от ветроэнергетической установки.



Ветрогенератор (с аккумуляторами) и коммутация с сетью.
 АВР позволяет переключить питание объекта при отсутствии ветра и полном разряде аккумуляторов на электросеть. Эта же схема может использоваться и наоборот – ветрогенератор, как резервный источник питания. В этом случае АВР переключает вас на аккумуляторные батареи ветрогенератора при потере питания от электросети.



Ветрогенератор (с аккумуляторами) и резервный дизель-(бензо-)генератор.
 В случае отсутствия ветра и разряде аккумуляторных батарей происходит автоматический запуск резервного генератора.



Ветрогенератор (без аккумуляторов) и коммутация с сетью.
 Общественная электросеть используется вместо аккумуляторных батарей – в неё уходит вся выработанная электроэнергия и из неё потребляется. Вы платите только за разницу между выработанной и потреблённой электроэнергией. Такая схема работы пока-что не разрешена в Украине и во многих других странах.

**ПРИМЕР ВЕТРОУСТАНОВКА FLAMINGO AERO 0,8-3,1**

В типовой состав системы энергообеспечения нагрузок 220В/50Гц на основе ветрогенератора FLAMINGO AERO 0,8-3,1 входят следующие компоненты:

Головка FLAMINGO AERO 0,8-3,1- вырабатывает "грубую" электроэнергию с нестабильными параметрами, зависящими от скорости ветра.

Фотоэлектрический модуль (ФЭМ) - опциональный компонент, вырабатывающий дополнительную "грубую" энергию. Повышает надежность энергообеспечения и суммарную выработку энергии.

Аккумуляторная батарея (АБ) - накопитель энергии для согласования графиков выработки и потребления энергии. Применяется кислотная АБ с номинальным напряжением 24В и рекомендуемой емкостью 190АЧ. Может составляется из двух автомобильных стартерных АБ 12В.

Источник бесперебойного питания ИБП-1.5/3С-ВГ/ФМ - устройство, согласующее между собой указанные выше компоненты, нагрузку и внешнюю сеть 220В. Заряжает АБ от ВЭУ, ФЭМ и внешней сети 220В.

Преобразует накопленную в АБ энергию в стабилизированные 220В/50Гц с номинальной мощностью до 1.5кВт. Автоматически коммутирует нагрузку на питание от внешней сети 220В или от преобразователя. Отображает параметры системы на цифровом индикаторе.

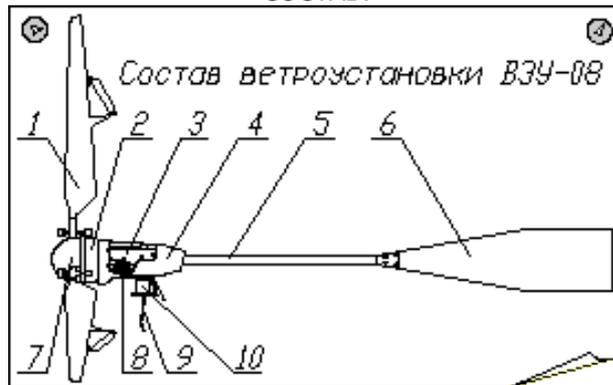
Мачта - служит для установки головки на высоте 11-17м, на которой ветровой поток не затеняется препятствиями и имеет достаточную скорость.

Предназначена для обеспечения электроэнергией небольших объектов. Применяется как в местах, где отсутствует сетевая энергия (туристические лагеря, фермерские хозяйства, дачные участки, питание автономных комплексов). Также установка на базе ветрогенератора может применяться и в качестве резервного источника электроэнергии для частных домов, коттеджей.

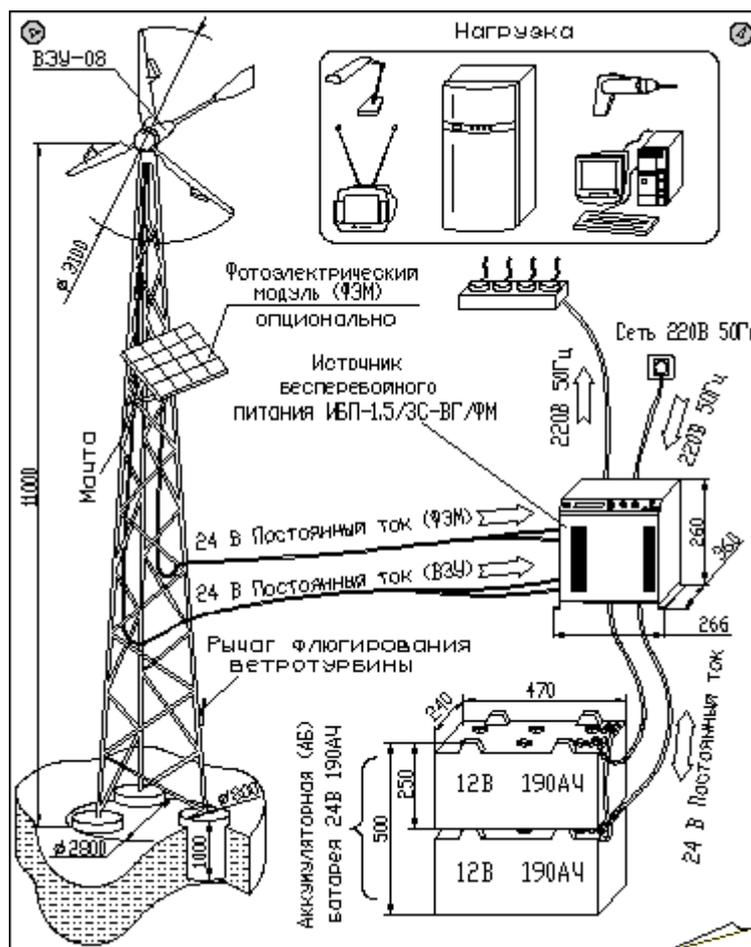
На FLAMINGO AERO 0,8-3,1 применена аэромеханическая система стабилизации частоты вращения ветротурбины, позволяющая эксплуатировать ее в широком диапазоне скоростей ветра. Тихоходный ветрогенератор на постоянных магнитах прямо приводится в действие турбиной. Отсутствие мультипликатора и системы возбуждения генератора обеспечивает высокий ресурс ветроустановки. При работе совместно с ИБП-1.5/3С-ВГ/ФМ обеспечивается питание нагрузки мощностью до 1.5кВт стабилизированным синусоидальным напряжением 220В/50Гц, а также возможность подключения к системе фотоэлектрических модулей.

Номинальная мощность	800 Вт
Диаметр ветротурбины	3.1 м
Стартовая скорость ветра	2.5 м/с
Расчетная скорость ветра	8 м/с
Макс. эксплуатационная скорость ветра	50 м/с
Номинальная частота вращения	310 об/мин
Метод остановки	флюгирование
Регулирование оборотов	изменение шага
Номинальное напряжение генератора	24 В
ЭДС генератора	до 60 В
Рекомендуемая высота мачты	11..17 м

СОСТАВ:



1 - Ветротурбина	5 - Хвостовая балка
2 - Генератор	6 - Киль
3 - Центральная рама	7 - Кок ветротурбины
4 - Кожух	8 - Выпрямитель
9 - Трос флюгирования ветротурбины	
10 - Опорно-поворотное устройство с токосъемом	



Пример расчёта ветроустановки

Описание:

Частный дом в Киевской области находится в стадии строительства. По предварительным расчётам жильцы дома будут потреблять не больше 300 400 кВт электроэнергии ежемесячно. Затраты электроэнергии не очень высокие, т.к. хозяева будут использовать для отопления и нагрева воды



твердотопливный котёл, а ветрогенератор необходим только для полного обеспечения бытовых приборов электроэнергией.

Хозяева проводят основную часть дня на работе, а пик потребления электроэнергии приходится на утренние и вечерние часы. В этот момент могут быть включены электроприборы суммарной мощностью до 4 киловатт.

Дом находится на возвышенности и есть открытое пространство вокруг будущего места установки ветрогенератора.

Общественной электросети нет.

Задача:

Полностью обеспечить 300-400 кВт электроэнергии ежемесячно с пиковыми нагрузками до 4 кВт.

Решение:

Генератор:

Чтобы понять как быстро должны заряжаться аккумуляторы при расходе электроэнергии 400 кВт в месяц, мы должны разделить 400 кВт/мес на 30 дней (получим ежедневное потребление), а затем полученное число разделить на 24 часа ($400/30/24 = 0,56$ кВт/час – среднее ежечасное потребление). Скорость заряда аккумуляторных батарей генератором должна составить как минимум 560 Ватт в час.

В Киевской области низкая среднегодовая скорость ветра, но открытое пространство и возвышение объекта позволит ветрогенератору работать как минимум на 30-40% от номинальной мощности. Для более точных показателей можно произвести замер скорости ветра в месте установки.

Для того, чтобы обеспечить заряд аккумуляторных батарей генератором при этих условиях со скоростью 560 Ватт в час, нужно взять генератор, номинальная мощность которого будет как минимум в три раза больше необходимой, т.к. генератор будет работать всего на 30-35% от номинальной мощности ($560\text{Вт}/ч * 3 = 1680\text{Вт}/ч$). Для этих нужд нам подходит генератор EuroWind 2 с номинальной мощностью 2000 Ватт.

Аккумуляторы:

Проводя 8-9 часов на работе в будние дни, хозяева отсутствуют, и энергопотребление их дома сведено к минимуму. В ночное время потребление также сведено к минимуму. Основное потребление происходит утром и вечером. Между этими основными пиками существует интервал в 8-9 часов.

При среднем уровне заряда аккумуляторных батарей 560 Вт/ч за интервал 8-9 часов ветровой генератор сможет выработать около 5000 Ватт. В ветреные дни этот показатель может увеличиться как минимум в два раза, поэтому за тот же период времени может быть выработано 10000 Ватт электроэнергии.

Генератор EuroWind 2 имеет напряжение 120 Вольт, поэтому ему необходимо 10 аккумуляторов с напряжением 12 Вольт ($12\text{В} * 10 = 120\text{В}$). Одна аккумуляторная батарея 12В 100Ач способна сохранить до 1,2 кВт электроэнергии. Десять таких батарей могут сохранить до 12 кВт ($1200\text{Вт} * 10 = 12000\text{Вт}$). Для запаса 10000 Ватт электроэнергии нам отлично подойдут 10 аккумуляторных батарей 12В с емкостью 100Ач.

Инвертор:

Для максимального потребления электроэнергии в пиковые моменты до 4 кВт, можно установить инвертор 5 кВА. Он сможет обеспечить постоянную нагрузку 4 кВт и пусковые токи до 6 кВт (150% нагрузка).

Дополнительное оборудование:

АВР в данном случае не нужен, т.к. нет основной сети, а коммутацию с дизельным генератором (или бензиновым) можно производить посредством перекидного рубильника.

А вот дизельный генератор на 5 кВт в нашем случае не помешает – его можно использовать как резервное питание при полном отсутствии ветра.

ИТОГО:

Для полного энергообеспечения объекта нам необходим генератор EuroWind 2, 10 аккумуляторных батарей 12В с емкостью 100Ач, инвертор 5 кВА, дизельная электростанция на 5 кВт.



Перспективы развития

С середины 90-х годов в Украине работает комплексная программа строительства ветроэлектростанций, утвержденная Кабинетом Министров. А в 2008 году разработаны и приняты дополнения к "Энергетической стратегии Украины на период до 2030 года" в части развития ветроэнергетики. Таким образом, благодаря государственной поддержке ветроэнергетической отрасли в Украине разработана нормативная и законодательная база, а главное, наработан огромный опыт в деле развития строительства и эксплуатации ВЭС. В результате, в Украине построено ветроэлектростанций суммарной мощностью 85 тыс. кВт. Это, пожалуй, единственный показатель, по которому Украина опережает Россию и другие страны СНГ. К слову, суммарная мощность ВЭС России составляет 10 тыс. кВт. Мы уже 5 лет тому назад могли заявить, что в Украине ветроэнергетика, как самостоятельная отрасль, - состоялась. В последние годы она стала другой, перевернула все представления о примитивных ветряках и даже ветроустановках, разработанных до 2005 года. Мы понимаем, что еще сильно отстаем от стран-лидеров в этой отрасли, где суммарная мощность электростанций достигает более 10- 20 млн. кВт. А если говорить о дальнейших задачах, стоящих перед украинской ветроэнергетикой, то они четко прописаны в дополнениях к энергетической стратегии. По прогнозам, до 2030 года в нашей стране должно быть построено ветроэлектростанций суммарной мощностью 16 млн. кВт.

Ветроэнергетика за рубежом

Таблица Доля на рынке различных типов ВЭУ в старых землях ФРГ

Расположение оси ротора	Доля на рынке, %
Вертикальноосевые установки	9
Горизонтальноосевые установки	91
из них: с наветренным расположением ротора за башней	77
с подветренным расположением ротора	14

Таблица Прогноз развития возобновляемой энергетики.

Возобновляемые источники энергии	В 2020 г. "Минимум"		В 2020 г. "Максимум" при благоприятной политике поддержки	
	Mtoe	%	Mtoe	%
"Modern" биомасса	243	45	561	42
Солнечная	109	21	355	26
Ветровая	85	15	215	16
Геотермальная	40	7	91	7
Мини ГЭС	48	9	69	5
Приливов и волн	14	3	54	4
Суммарная	539	100	1345	100

Ветроэнергетические установки (ВЭУ) достигли сегодня уровня коммерческой зрелости и в местах с среднегодовыми скоростями ветра более 5 м/сек успешно конкурируют с традиционными источниками электроснабжения.

Преобразование энергии ветра в механическую, электрическую или тепловую осуществляется в ветроустановках с горизонтальным или вертикальным расположением вала ветротурбины. Наибольшее распространение получили ветроэнергетические установки с горизонтальной осью ротора, работающие по принципу ветряной мельницы. Турбины с горизонтальной осью и высоким коэффициентом быстроходности обладают наибольшим значением коэффициента использования энергии ветра (0,46-0,48). Ветроустановки с вертикальным расположением оси менее эффективны (0,45), но обладают тем преимуществом, что не требуют настройки на направление ветра.