Основные энергетически характерстики ВЭУ.

Основная классификация ВЭУ:

1. По геометрии ветроколеса(ВК).
2. По положению ВК относительно направления ветра.

Дано: ВК, лопасти которого имеют скорость V; воздушный поток или поток имеет скорость U; скорость потока относительно лопасти ; все в м/с;

Силы, возникающие при взаимодействии потока с лопастью ВК:

При взаимодействии ВК с потоками имеет место закрутка потока за ВК и его турбулизация(хаотичность по V и . ВК препятствие для потока – это свойство ВК называется геометрическим заполнением.

Чем больше - тем большую можно получить при малых и малых оборотах: ВЭУ привод водяных насосов;

Чем меньше - тем большая достигается при больших оборотах и эти ВЭУ относительно долго выходят на режим(традиционные ВЭУ).

Взаимодействие ВК и потока. 

Принципы преобразования энергии ветра.

Пусть поток до ВК – ламинарен. Тогда для поперечного сечения (вблизи ВК) при скорости ветра получаем, что потенциальная мощность потока равна ,определяемой по форрмуле: (Вт) (0), для заданной секундной массы потока (масса/сек); считается, что (кг/м^3)- плотность воздуха и (м/с) – постоянны по сечению (м^2).

Сечение: перпендикулярно ,

Допущения:- линии тока(ветра) при прохождении ВК – не терпят разрыва(ламинарный поток)- ВК в расчетах представляется в виде некоторого проницаемого диска, при взаимодействии с которым поток отдает ему часть своей потенциальной мощности , отчего давонеие в потоке и его импульс уменьшается.

Расчетная модель преобразования в ВК

. 

Дано: ламинарный поток, ВК и 3 сечения : (м^2)

- площадь до ВК в невозмущенном потоке;

 - площадь ометаемая колесом;

- сечение в месте с минимумом из-за влияния ВК.

На ВК действует сила перпендикулярная . Эта сила равна изменению количества движения секундной массы воздуха (кг/с) , проходящей через ВК за 1 сек, т.е.(m):

, где ;

Считается: = const по площади , т.е. поток однородный.

Тогда сила действует на ВК с мощностью Р;

 (1)

С другой стороны: мощность Р равна энергии теряемой в 1 сек ветровым потоком - :

 (2)

Из 2 следует, что : (3)

Учитывая, что (4) – секундная масса воздуха проходящая через сечение (ВК)

Подставим (4) в (1):

 *(5)*

Из (3) следует, что ,т.е. подставим в (5):

 (6)

Введем понятие: λ(о.е.) – коэффициент торможения воздушного потока, т.е. насколько уменьшается с учетом ВК

 (7) или

подставим (8) в (6):

 *(9)*

Умножим и разделим (9) на 4,

- потенциальная энергия потока до ВК. Уравнение (0),т.е. мощность ВК Р полезная переданная ВК,

 (10),

Где (11) – называется коэффициентом мощности ВК

 (12)

Очевидно, что для и , тогда для получения max P надо иметь max (,т.е.

Н.у. или (14)

Или (1-

(полное торможение потока)

Обычно для реальных ВЭУ и равно 0,4-0,45. Лучшие ВЭУ имеют КПД ВК

Рассмотрим снова силу F1- действующую на ВК с учетом (3) и (7):

,где

- коэффициент лобового давления на ВК.

 max при Н.у. т.е. , или при ,т.е. когда ,т.е. ВК представляет собой сплошную стенку для потока.

Из (7) с учетом (3) получим, что , что справедливо только когда .

Для и . величина и .

Понятие быстроходности ВК: Z, о.е.

ВК в отличие от гидротурбин обтекается практически безграничным потоком воздуха, т.е. здесь нельзя отвести прошедший через ВК воздух за пределы набегающего потока и это ограничивает эффетивность ВК.

Максимальные ограничения для ВК: уходящий с ВК поток должен иметь такую скорость (U2), чтобы покинуть ВК, не создавая помех набегающему потоку (U0). Теоретически .

Практически . Исследуем качественно условия работы ВК, чтобы получить для любого ВК максимум коэффициета мощности , т.е. получение максимума прихода .

Рассмотрим взаимодействие ВК и потока при разных частотах вращения ВК.



1. Пусть n-мала. Тогда часть потока проходит через плоскость вращения ВК, не взаимодействуя с ним.
2. Пусть n-велика. Тогда каждая лопасть движется в потоке, турбилизированном расположенным впереди лопастям.
3. Пусть n-optimum. Тогда весь поток реагирует с ВК без турбулизации его.

Вывод: для получения максимального энергетического эффекта от ВК ( частота вращения ВК для заданной его геометрии должна соответствовать заданному значению .

Очевидно, что эффективность работы ВК зависит от двух параметров:

1. (сек) – времени, за которое лопасть ВК перемещается на расстояние отделяющее ее от соседней лопасти ВК (жестко задано);
2. (сек) – времени, за которое созданное лопастью область возмущенного(турбулизированного) потока перемещается на расстояния, равные характерной длине, где нет возмущения.

В целом, для n-лопастного ВК с угловой скоростью ω будет равно: , где

VR=R\*ω, т.е. , где ω- угловая скорост вращения конца лопасти ВК.

С другой стороны: , где d (м) – характерная длина возмущения потока лопастью ВК, т.е. на каком расстоянии от лопасти восстанавливается невозмущенный поток в ВК.

Тогда: эффективность использования ВК подведенной будет тогда, когда на конце лопастей ВК будет равна , т.е.

 или (А)

Введем новый параметр – Z или коэффициент быстроходности ВК:

, т.е. ;

Z=Z(R,ω,.

Умножим на R обе части уравнения (А)

Или

*или*  – условие, определяющее максимальную эффективность ВК при

Пусть: d=k\*R, где к≤1,0- const

Тогда: . Для к≈0,5 и

*,* т.е. впринципе мощность ВК1 и ВК2 при D1=D2 и - зависти от через Zopt, так как при этом будет меняться Ср

Пример:

 и т.д.

Т.е. с ростом уменьшается . 

Особенности Ср(z) при :

1.Чем меньше , тем Ср(z) более пологая, т.е. меньше зависят эти ВК от качества ВК (аналог Пл и ПлД)

2.Чем больше , тем круче Ср(z),т.е. эти ВК сильно зависят от качества ВК(аналог РО и Пр- турбин).

Основная энергетическая характеристика ВЭУ – Nвэу и ее особенности. 

φ=(α+γ) – угол установки лопастей ВК

α – Угол атаки ВК

γ – угол заклинивания

VR(м/с) – относительная скорость потока по отношению к лопасти ВК

VR≫U0(для обычных ВЭУ)

Для заданных условиях по φ; получаем NВЭУ

Из геометрического треугольника скоростей ВК имеем:

, т.е. для облегчения оптимальной работы ВК при надо при Z=const менять φ, т.е. φ=varia – это лучшие ВК.

Ограничения по скорости VR=R\*ω: VR не должны превышать скорости звука ≈330 м/с во избежание ударных волн и разрушений ВК.

Основные энергетически характеристики ВЭУ с горизонтальной осью вращения.

Дано: ВЭУ с горизонтальной осью вращения, D1, Nвэу, 0≤U≤

Найти:



0≤V<:

Т.1 V=: точка пуска или холостой ход.

T. 4

;

Касательные к и в т.4 паралельны.

Т.3 ;

T.2 с

Или с учетом:

Мировые методы расчета ресурсов ветроэнергетики.

Всемирный энергетический совет в 1993 г. Определил 5 категорий энергопотенциала ветроэнергетики в заданной точке А(φ,ψ):

1. *Метеорологический потенциал:* соответствует максимальному использованию всех имеющихся ресурсов ветра при коэффициенте мощности ротора ВЭУ СР=0,593 (коэффициент Н.Е. Жуковского)-Эм (; ;
2. *Потенциал местности:* это та часть Эм(), которая соответствует только тем территориям, которые являются географически доступными для производства электроэнергии – Эпм,
3. *Технический потенциал:* рассчитывается на основе Эпм( ) с учетом энергетических характеристик ВЭУ или ВЭС – Эт( )
4. *Экономический потенциал:* это часть Эт( ) , которая является экономически эффективной в рассматриваемый период времени – Ээ( )
5. *Осуществляемый потенциал:* это часть Ээ( ), в которой учтены ограничения разного рода (социально-экологические, технические и прочие) по использованию энергопотенциала ветроэнергетики, которые могут быть реализованы в определенные периоды времени – Эос( )

По материалам World Energy Council (1993) Renewable Energy Resources:

Opportunities and Constrains 1990-2020. World Energy Council, London

1. Meteorological potential.( метеорологический потенциал)
2. Site potential. (местный потенциал)
3. Technical potential. (технический потенциал)
4. Economic potential.(экономический потенциал)
5. Implemenation potential. (реализуемый потенциал)
6. Современные мировые методы расчета потенциала ветроэнергетики базируются на определении годового потенциала ветроэнергетики системного назначения и используются в качестве основной исходной информации для расчета кривые продолжительности ветра F(V) и кривую ti(i) – дифференциальной прожолжительности ветра в (о.е.), (%), (час). Эти кривые получаются в метеорологическом методе оценки ресурсов ветроэнергетики в точке А(φ,ψ) на основе обработки данных фактических срочных наблюдений (для , т.е. ) с учетом наблюдений метеоданных в т. А(φ,ψ): давление, температура, скорость и напрвление ветра и т.д. Основой расчета ti(i) является метод бинс (bin) или метод попадания скорости ветра в заданные градации скоростей ветра в диапазоне от до

В случае наличия ti(i) в т. А(φ,ψ) среднегодовая мощность ветра (Вт/м^2) определяется по следующей формуле – формуле Бетца(Betz):

 *(1)*

Где, , о.е.; 16/27=0,593 – коэффициент мощности ротора.

ВЭУ: ρ(кг/м^3) – плотность воздуха; IT  , о.е. – интенсивность турбулентности, определяемая по формуле:

 (3)

Тогда:

 (4)

1. Метод Вейбулла для расчета и ветра в т. А(φ,ψ).

Для заданной уравнение Вейбулла имеет следующий вид:

где А(м/с) коэффициент масштаба шкалы Вейбулла; к(о.е.) – безразмерный коэффициент формы кривой Вейбулла.

Соответсвенно:

 *(7)*

1. Метод Релея для расчета , ветра в т. А(φ,ψ).

Для заданной уравнение Релея имеет следующий вид:

1. Последние исследования в мире показали, что константы А и К должны меняться по высоте в уравнении Вейбулла:
2. Для условий Тунис. Значения А и К находились в пределах от: 2,472<A<5,423; 1,373<K<1,747.

 Для условий Ирана. Значения А и К находились в пределах от: 2,95<A<8,28; 1,316<K<2,064;

Коэффициент интенсивности турбулентности IT: 0,104< IT<0,305; плотность воздуха при этом менялась от 1,17 до 1,258, т.е. на 7,5%

Значения по метеорологическому методу и методу Вейбулла отличались следующим образом: метод Вейбулла всегда давал заниженные оценки по сравнению с метеорологическим методом примерно на 11,72÷12,6%

Используя уравнение Бетца для с учетом IT по сравнению с ранее принятыми уравнениями без IT всегда получались большие значения примерно на 3,2÷27,9% для условий Ирана, что говорит о важности учета IT в расчетах ресурсов ветроэнергетики.

Кроме того были расчитаны значения коэффициента использования мощности по формуле:

Было установлено, что значения находились в пределах от 0,041 до 0,5327 при среднем значении порядка 0,15÷0,18, что соответствует 1300÷1600 ч.