الطاقة المتجددة

Renewable Energy

(المحاضرة الثالثة)

طاقة الرياح (Wind Energy)

الرياح هي شكل من أشكال الطاقة الشمسية. تنتج الرياح عن التسخين غير المتكافئ للغلاف الجوي ، وعدم انتظام سطح الأرض، ودورانها , يتم تعديل أنماط تدفق الرياح من خلال تضاريس الأرض والماء والغطاء النباتي.

قبل الثورة الصناعية، كانت الرياح مصدرًا رئيسيًا للطاقة اللازمة لضخ المياه الماء، وطحن الحبوب، والنقل لمسافات طويلة (السفن الشراعية) تم استخدام طواحين الهواء الصغيرة لتوليد الكهرباء منذ عام 1900، لكن تطوير توربينات الرياح الحديثة لم يحدث إلا مؤخرًا استجابةً لأزمات الطاقة في أوائل السبعينيات.

ويتم استخلاص الطاقة من الرياح من خلال تصميم جهاز يقوم بتحويل الطاقة الحركية إلى طاقة ميكانيكية , تعد طاقة الرياح واحدة من أسرع مصادر الطاقة نموًا في العالم. وتتمثل مساوئ او عيوب استخدام طاقة الرياح هي أنه متغير ومصدر منخفض الكثافة، والذي يشكل تكاليف أولية مرتفعة.

الفرق الأساسي بين طاقة الرياح والطاقة الشمسية هو أن الطاقة في الرياح تزداد مع مكعب سرعة الرياح

$$P/A = 0.5 * \rho * v^3, \text{ W/m}^2$$

حيث ρ هي كثافة الهواء، وv هي سرعة الرياح. ويشار إلى الطاقة/المساحة أيضًا بكثافة طاقة الرياح. تعتمد كثافة الهواء على درجة الحرارة والضغط الجوي، وبالتالي فإن طاقة الرياح تنخفض مع الارتفاع، حوالي 10% لكل 1000 متر

Wind shear هو التغير في سرعة الرياح مع الارتفاع، ويمكن تقدير سرعة الرياح على ارتفاعات أعلى من سرعة الرياح المعروفة.

$$\frac{v}{v_0} = \frac{H}{H_0}^{a}$$

حيث v هي سرعة الرياح المقدرة عند الارتفاع H، و0v هي سرعة الرياح المعروفة عند الارتفاع 0H، وα هو أس قص الرياح. ، يتم استخدام قيمة (0.14) للغلاف الجوي المستقر وفي العديد من المناطق القارية، يكون أس قص الرياح أكبر من 0.14، ويعتمد قص الرياح أيضًا على الوقت من اليوم ، مع تغير في النمط من النهار إلى الليل على ارتفاع حوالي 40 مترًا.

Example 3.1: Kinetic Energy from Wind

Estimate the kinetic energy from wind moving at a speed of 10 m/s having a mass of 100 kg. Convert this into English units assuming a conversion of 1,055 Joules per Btu.

SOLUTION:

a. The kinetic energy is simply calculated using Equation 3.1 and the Newton's Law relationship shown in Equation 3.2:

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 100\,kg \times \left(\frac{10\,m}{s}\right)^2 \times \frac{N - sec^2}{kg - m} \times \frac{Joules}{N - m} = 5,000\ Joules$$

b. In English units, the conversion is quite simple:

$$KE = 5,000\ Joules \times \frac{Btu}{1,055\ Joules} = 4.7\ Btu$$

حساب الطاقة المستخلصة من الرياح (**theoretical**)

Example 3.2: Theoretical Power Extracted from Wind

Determine the power being extracted from wind with a mass rate of flow of 100 kg/s [220 lbs/s] at a velocity of 10 m/s [32.8 ft/s]. Assume an air density of 1.2 kg/m^3 [0.075 lbs/ft^3] over a cross-sectional area of 10 m^2 [107.584 ft^2]. Express the units in the English system.

SOLUTION:

a. Equation 3.6 is used as shown with corresponding units:

$$Wind\ Power\ (Watts) = \frac{1}{2}\rho A v^3$$

$$Power\ (W) = \frac{1}{2} \times \frac{1.2\ kg}{m^3} \times 10\ m^2 \times \left(\frac{10\ m}{s}\right)^3 \times \frac{N - s^2}{kg - m} \times \frac{J}{N - m} \times \frac{W - s}{J} = 6,000\ W$$

b. The wind power of 6,000 W is converted into English units using the simple conversion factor of 746 W per horsepower:

$$Power\ (hp) = 6,000\ W \times \frac{hp}{746\ W} = 8.04\ hp$$

وكذلك يمكن حساب الطاقة بشكل فعلي من الرياح (**actual**)

$$Actual\ Wind\ Power\ (Watts) = \frac{1}{2}\rho A v^3 E_o$$

where
actual wind power = watts
ρ = air density, usually 1.2 kg/m³ [0.075 lbs/ft³] at STP
A = cross-sectional area perpendicular to flow (m²)
v = wind speed (m/s)
E_o = overall efficiency (includes mechanical and electrical efficiencies)

Example 3.4: Actual Power Generated from Windmills

Determine the actual power generated from a windmill with an effective diameter of 10 meters, air density of 1.225 kg/m³ [0.0764 lbs/ft³], average wind speed of 6 m/s [19.68 ft/s], and overall conversion efficiency of 45%.

SOLUTION:

a. Equation 3.7 is used as follows:

$$P_a(W) = \frac{1}{2}\rho A v^3 E_o = \frac{1}{2} \times 1.225 \frac{kg}{m^3} \times \frac{\pi \times (10\ m)^2}{4} \times \left(\frac{6\ m}{s}\right)^3 \times 0.45 = 4,676\ W$$

$$P_a(hp) = 4,676\ Watts \times \frac{hp}{746\ Watts} = 6.27\ hp$$

Wind Turbine

تصنف توربينات الرياح حسب اتجاه محور الدوران:

Horizontal axis wind turbines (HAWT) توربينات الرياح ذات المحور الافقي ويصنف هذا النوع من التوربين حسب اتجاه الرياح الى صنفين وهي المواجهة للرياح Upwind turbine وعكس اتجاه الرياح Downwind turbine

Vertical axis wind turbines (VAWT) تعتبر توربينات الرياح ذات المحور العمودي من التقنيات القديمة، يعود تاريخها إلى ما يقرب من 4000 سنة. يدور دوار VAWT عموديًا حول محورها. على الرغم من أنها ليست فعالة مثل HAWT، الا إنها تقدم فوائد في حالات الرياح المنخفضة

هناك طريقة بديلة لتصنيفها وهي الآلية التي توفر عزم الدوران للعمود الدوار: الرفع أو السحب.

الفرق بين توربينات الرياح ذات المحور الافقي والمحور العمودي

1.توجد الشفرات بجانب مركز ثقل التوربين، مما يساعد على الاستقرار.

2. يقوم التوربين بتجميع أكبر قدر ممكن من طاقة الرياح عن طريق السماح بتعديل زاوية مقابلة تيارات الرياح.

3. القدرة على تحريك الشفرات الدوارة في العاصفة بحيث يتم تقليل الضرر إلى الحد الأدنى.

4. البرج الطويل يسمح بالوصول إلى رياح أقوى والوضع على الأراضي غير المستوية أو في المواقع البحرية.

5. معظم HAWTs تبدأ من تلقاء نفسها.

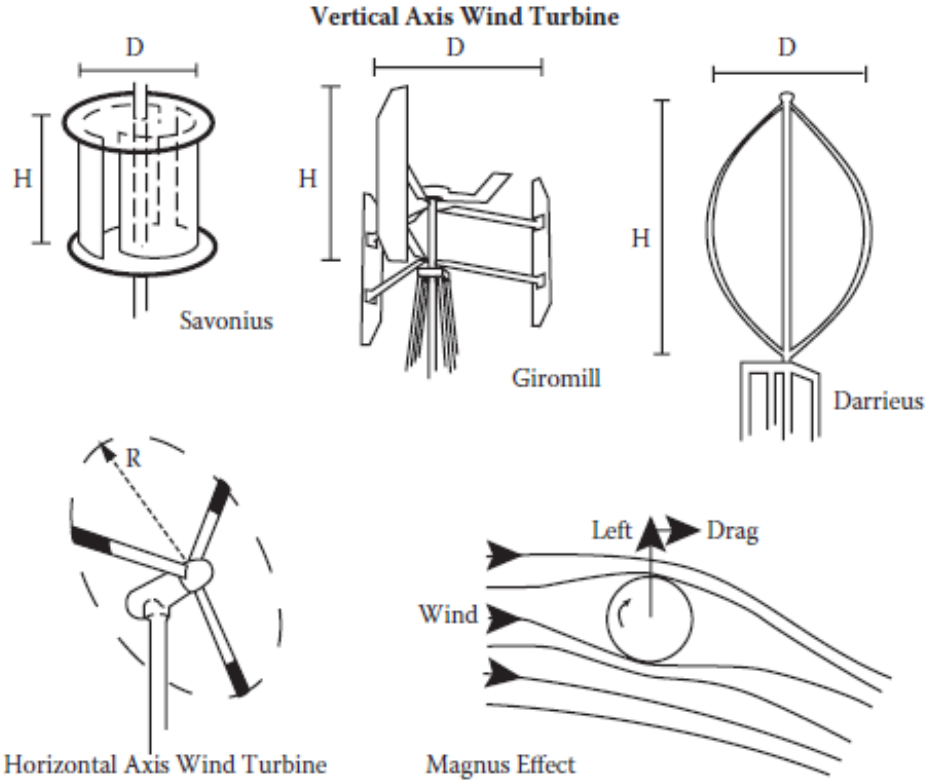
6. يمكن أن يكون أرخص بسبب ارتفاع حجم الإنتاج.

عيوب HAWT مقارنة بـ VAWT هي:

1. يواجه صعوبات في العمل بالقرب من الأرض.

2. الأبراج العالية والشفرات الطويلة يصعب نقلها من مكان إلى آخر آخر ويحتاجون إلى إجراء تثبيت خاص.

3. يمكن أن تسبب مشكلة في الملاحة عند وضعها في المواقع البحرية



<u>اجزاء توربينات الرياح</u>

Anemometer يقيس سرعة الرياح وينقل بياناتها الى controller

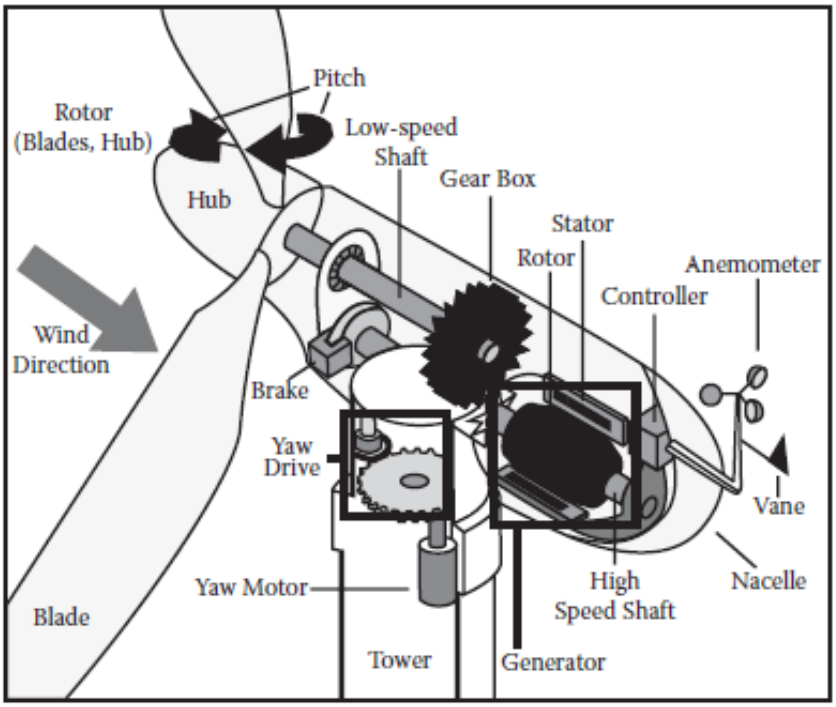
Blades تحتوي معظم التوربينات على شفرتين أو ثلاث شفرات. تتسبب الرياح في "رفع" الشفرات وتدويرها

Controller تسيطر على عمل التوربين حيث يبدأ تشغيل التوربين بسرعة رياح تبلغ حوالي 8إلى 16 mph ويتوقف عن العمل بسرعة حوالي 55 ميلاً في الساعة.

Gear box توصيل عمود السرعة المنخفضة بالعمود عالي السرعة حيث تتم زيادة سرعات الدوران من حوالي 40 إلى 60 دورة في الدقيقة إلى حوالي 1000 إلى 1800 دورة في الدقيقة

Pitch للسيطرة على سرعة الدوار والحفاظ عليه من الدوران في رياح عالية جدًا أو منخفضة جدًالإنتاج الكهرباء.

Yaw drive يستخدم للمحافظة على ابقاء الدوار في مواجهة الرياح مع تغير اتجاه الرياح هذا الجزء يكون موجود فقط في التوربينات من النوع المواجهة للرياح upwind' turbine



أن شفرات الرياح لن تتحرك بسرعات رياح منخفضة جدًا في المنطقة. وذلك لأن شفرات الرياح يجب أن تتغلب على الاحتكاك والوزن لبدء الحركة. تسمى سرعة الرياح التي يبدأ عندها التوربين في توليد الطاقة بسرعة الرياح (**cut–in speed**) ومن ناحية أخرى، فإن سرعة الرياح التي يتم عندها إيقاف تشغيل توربينات الرياح للحفاظ على الأحمال والمولدات من التلف تسمى سرعة الرياح (**cut–out speed**)

Rated wind speed سرعة الرياح المقدرة هي سرعة الرياح التي تصل بها توربينات الرياح إلى قوتها المقدرة. عادةً ما تكون هذه هي الطاقة القصوى التي يوفرها التوربين

مزرعة الرياح (Wind Farm)

عندما يتم تنفيذ مشروع توربينات الرياح في موقع عاصف، يتم تركيب العديد من التوربينات، وتسمى هذه المواقع بشكل صحيح باسم مزرعة الرياح (wind farm) . هي مجموعة من توربينات الرياح في نفس الموقع تستخدم لإنتاج الكهرباء. تختلف مزارع الرياح في الحجم من عدد صغير من توربينات الرياح إلى عدة مئات من توربينات الرياح التي تغطي مساحة

واسعة. يمكن أن تكون مزارع الرياح إما برية onshore أو بحرية offshore يعد استخدام مزرعة الرياح أمرًا مرغوبًا للغاية نظرًا لانخفاض تكاليف تطوير الموقع، وخطوط النقل المبسطة، والوصول المركزي للتشغيل والصيانة.

يعتمد عدد توربينات الرياح في موقع معين على المسافة بين التوربينات. إذا كانت التوربينات متقاربة جدًا عن بعضها البعض، فإن التدفق عبر توربين واحد يؤثر على التدفق عبر التوربين التالي، وهذا يقلل من أداء التوربين. إذا كانت التوربينات بعيدة عن بعضها البعض، فهذا يعني سوء استخدام الموقع حيث لا تتحقق إمكانية تركيب توربينات إضافية للحصول على مخرجات طاقة أكبر. وتبين أن هناك تباعداً مثالياً بين التوربينات ويقدر بـ 3 إلى5 أقطار الشفرات بين التوربينات في الصف الواحد و5 إلى 9 أقطار شفرات في العمود الواحد

العوامل التي يجب مراعاتها عند التخطيط لمشروع مزرعة الرياح في موقع معين. الغطاء النباتي والتضاريس وخشونة الأرض, سهولة الوصول إلى موقع المزرعة، والسعة التحميلية للتربة، وخصائص الزلازل. هناك عامل مهم آخر وهو التأكد من أن موقع مزرعة الرياح المخطط لها ليس طريقًا لهجرة الطيور الطيور.