الباب السابع

الخيارات والبدائل التكنولوجية لاستغلال طاقة الرياح

يرجع استخدام طاقة الرياح إلى أقدم العصور، حيث بدأ استغلالها بصورة غير مباشرة منذ حوالي ٥٠٠٠ سنة قبل الميلاد في مصر لتسيير المراكب الشراعية على النيل، بينما بدأ أول استخدام مباشر لطاقة الرياح في الصين حوالي ٢٠٠٠ سنة قبل الميلاد باستخدام توربينات هوائية صغيرة لضخ المياه وكانت الريش الخاصة بها تصنع من الأقمشة المنسوجة. وقد حدث تطوير كبير للتوربينات الهوائية منذ عدة قرون في أوروبا وخاصة في هولندا حيث استخدمت توربينات هوائية تصل قدرتها إلى حوالي ٣٥ كيلووات لضخ مياه البحر خارج السدود المقامة حول الأراضي المنخفضة لإمكان استزراعها ولطحن الحبوب ومن هنا جاء اسم طواحين الهواء. وخلال القرن العشرين استمر تطوير التوربينات الهوائية خاصة بعد الحرب العالمية الأولى واختراع الطائرات حيث تم الاستفادة من التطور في أبحاث الديناميكا الهوائية لتطوير التوربينات الهوائية بصورة كبيرة.

وبدأ استخدام هذه التوربينات لتوليد الكهرباء بزيادة حجمها وقدرتها ولكن نتيجة للتطور الصناعي ودخول محطات توليد القوى المركزية الضخمة إلى الخدمة وانخفاض تكلفة الطاقة المولدة منها مقارنة بتلك المولدة من الرياح فقد تراجع استخدام التوربينات الهوائية حتى وصل إلى أدنى مستوى عام ١٩٧٠ واقتصر على المناطق النائية فقط. ولكن بعد أزمة البترول في بدايات السبعينيات وارتفاع أسعاره عاد الاتجاه لاستخدام طاقة الرياح لتوليد الكهرباء وتزايد هذا الاستخدام بسرعة

خلال الثمانينيات مع تزايد الاهتمام بمشاكل التلوث الناتجة عن استخدام الوقود التقليدي حيث تعد الرياح طاقة نظيفة، واستمر هذا الاتجاه خلال فترة التسعينيات وإن كان بمعدل أقل [٩١].

وفي الوقت الحالي يوجد أكثر من مليون توربينة رياح في العالم للاستخدام الميكانيكي المباشر مثل ضخ المياه وطحن الحبوب وغير ذلك، وكذلك لاستخدامها في توليد الكهرباء وهو الاستخدام الأهم والأضخم وخاصة في المنظومات المرتبطة بالشبكات الكهربية والتي بلغ إجمالي قدراتها في العالم عام ١٩٩٥ إلى نحو ٦٥٠٠ ميجاوات [٧٥]. و يجري حاليا إنشاء مزارع رياح في مصر تصل قدرتها إلى حوالي ١٥٠ ميجاوات غير ما يجري التخطيط لإنشائه. سوف نستعرض فيم يلي البدائل التكنولوجية المتاحة لاستغلال طاقة الرياح، والإشكاليات المرتبطة بها، وإمكانيات استخدامها في مصر.

١- نشأة الرياح وخصائصها

المصدر الأول لطاقة الرياح هو الطاقة الشمسية ويقدر بأن ١% من قيمة الإشعاع الشمسي الإجمالي الساقط التي تصل سطح الأرض يتم تحويلها إلى طاقة الرياح [٩١]. وسوف نتعرض فيما يلي بقليل من التفصيل لآلية تحويل الطاقة الشمسية لطاقة الرياح وتأثرها بالموقع وذلك لأهميتها في تحديد خصائص الرياح وسرعتها وبالتالي الخيارات التكنولوجية المختلفة لاستخدام طاقة الرياح. ويمكن إجمال كل ذلك في الأسباب التالية والتي تتداخل بطرق معقدة لتكوين الرياح.

أ. تباين تسخين الأرض ما بين خط الاستواء والقطبين الشمالي والجنوبي حيث تكون المناطق القريبة من خط الإستواء أقرب للوضع العمودي على أشعة الشمس وبالتالي تتلقى كمية من الإشعاع الشمسي أكبر كثيرا من تلك المناطق القريبة من القطبين الشمالي والجنوبي للكرة الأرضية وبسبب سخونة سطح الأرض عند خط الإستواء فإن طبقة الهواء التي تعلوها تسخن بدورها وتقل كثافتها ثم ترتفع لأعلى محدثة خلخلة في ضغط الهواء، بينما يحدث العكس في المناطق القطبية حيث يكون سطح الأرض باردا فتبرد طبقة الهواء التي تعلوه وترتفع كثافتها وتهبط لأسفل ويزيد ضغطها فتندفع إلى المناطق الساخنة

المنخفضة الضغط القريبة من سطح الأرض بينما يحل محلها الـــهواء الســـاخن المرتفع القادم من المناطق الاستوائية الأكثر حرارة وهذا التأثير يحـــدث علـــى مستوى سطح الكرة الأرضية كلها.

ب. تباين تسخين الأرض والبحار والمحيطات حيث تتميز المياه بسعتها الحراريـــة الكبيرة بالمقارنة باليابسة، لذا فإنه أثناء النهار تسخن الأرض بســـرعة بتـأثير الإشعاع الشمسي والمياه ببطيء مما يجعل طبقات الهواء التي تعلو الأرض أكثر سخونة وأقل كثافة وضغطا فترتفع لأعلى وتحل محلها طبقات الـــهواء الواقعـــة فوق سطح المياه الأقل سخونة والأكثر كثافة وضغطا، بينما يحدث العكس ليـــلا عند تبرد الأرض بسرعة بينما تظل المياه أكـــثر ســـخونة [٧٥ و٩٢]. وهـــذا التأثير أيضا واسع المدى والمساحة كالسابق، ويسمى أحيانا نسيم الـــبر ونســـيم البحر.

ج. تباين تسخين الوديان والتلال والجبال ويحدث بطريقة مشابهة للتأثير الســـابق مـــن حيث زيادة سخونة المناطق المرتفعة من تلال وجبال عن الوديان نهارا، ويحدث العكس ليلا [٧٥ و٩٢]. ويعد هذا التأثير محليا يرتبـــط بطبوغرافيـــة المواقـــع والأماكن.

د. دوران الأرض حول محورها حيث تدور الأرض حول محورها الواصل بيـــن القطبين الشمالي والجنوبي بسرعة زاوية ثابتة ولكن السرعة الخطيـــة الفعليـــة تصل إلى أقصاها عند خط الاستواء وهي حوالـــي ١٦٠٠ كيلومـــتر/الســـاعة تنخفض إلى الصفر عند القطبين مما يؤدي لتحرك كتل الـــهواء فـــوق منـــاطق خطوط العرض المختلفة بسرعات مختلفة.

القاعدة العامة هي أن سرعات الرياح تتزايد بتزايد الارتفاع، وإن كان هنـــاك بعض الحالات التي تكون فيها هذه القاعدة معكوسة وعلى الأخص فـــي الممـــرات الجبلية، وتتحرك طبقات الهواء الملاصقة لسطح الأرض بسرعات أقل كثيرا مـــن المناطق المرتفعة بسبب الاحتكاك الناتج بين هذه الطبقات مع سطح الأرض.

لعل أهم خصائص الرياح إطلاقا هو التغير المستمر والطبيعة العشوائية لقيـــم واتجاهات سرعات الرياح حيث لا يمكن التنبؤ بما سوف تكون عليه سرعة الريـــاح

في اللحظة التالية بمعلومية اللحظة الراهنة. وهناك نوعان أساسيان من التغير هما التغير في متوسط سرعة الرياح طبقا للموقع والتغير طبقا للزمن أو بمرور الوقت. والتغير في سرعات الرياح طبقا للمواقع المختلفة يمكن تقسيمه بدوره لنوعين هما التغير في نمط سرعات الرياح طبقا لاختلاف الموقع، والتغير في هذا النمط لنفس الموقع ولكن بتغير الارتفاع. وبرغم هذا التغير فإن هناك صفات عامة وإجمالية لسرعات الرياح في أي موقع وهي أن هناك أوقات قصيرة سوف تخمد فيها الرياح تماما أو فترات سكون قصيرة تكون سرعات الرياح فيها قريبة من الصفر، كما أن هناك فترات قصيرة سوف تتزايد فيها سرعات الرياح بمقادير كبيرة قد تصل فيها إلى حد العواصف وربما الأعاصير، وأوقات أخرى تكون سرعات الرياح متغيرة حول المتوسط العام. كما يتغير أيضا اتجاه هبوب الرياح باستمرار وإن يغلب أن يكون هناك اتجاه سائد بالنسبة لموقع معين.

نظرا لتغير سرعات الرياح باستمرار واعتمادها على طبيعة الموقع والسطح كما سبق بيانه، فمن الأهمية بمكان توافر بيانات عن المواقع المراد إقامة منظومات للاستفادة من طاقة الرياح بها، وبالرغم من وجود بعض المعادلات ونماذج الاحتمالات الإحصائية التي تساعد على ذلك ولكن للوصول لدرجة اعتمادية جيدة ودقة عالية يتطلب الأمر توافر متوسطات سرعات الرياح واتجاهها مقاسة على فترات زمنية قصيرة، وبيانات عن فترات الخمود والعواصف والأعاصير، ثم أهم هذه البيانات ألا وهو التوزيع التكراري معبرا عنه بعدد الساعات التي تحدث خلالها قيم مختلفة لسرعات الرياح وذلك لفترة لا تقل عن عام كامل.

٢- الاختيارات التكنولوجية لاستخدام طاقة الرياح

٢-١ أسس عمل وحدات طاقة الرياح

يعتمد عمل توربينات الرياح على تحويل طاقة حركة الهواء إلى شغل ميكانيكي وتتناسب الطاقة والقدرة المرتبطة بالرياح مع مكعب السرعة لذلك فإن أي تغير ولو طفيف في سرعة الرياح يؤدى لتغير ملحوظ في الطاقة والقدرة المرتبطة بالرياح. وكمثال رقمي فإنه في حالة تغير سرعة الرياح بنسبة ١٠% تتغير القدرة

بنسبة ٣٣%. كما تتناسب طاقة الرياح مع كثافة الهواء وهي بصفة عامة تقل بالارتفاع عن سطح البحر وتزيد في حالة زيادة رطوبة الهواء ولكن بمقادير صغيرة، كما تتناسب طاقة الرياح أيضا مع قطر التوربينة الهوائية أو الجزء الدوار. وقد أثبت العالم الألماني كارل بتز Carl Albert Betz في عام ١٩٢٧ أن الحد الأقصى لكفاءة استخلاص الطاقة من الرياح نظريا لا يمكن أن يتعدى ٥٩,٣% ويسمى حد أو معامل بتز Betz Coefficient/Limit الذي يسمى أحيانا معامل القدرة الأقصى Maximum Power Coefficient إلا أن الحد الأقصى لكفاءة استخلاص الطاقة في الوحدات الفعلية العاملة يقل عن ذلك كثيرا.

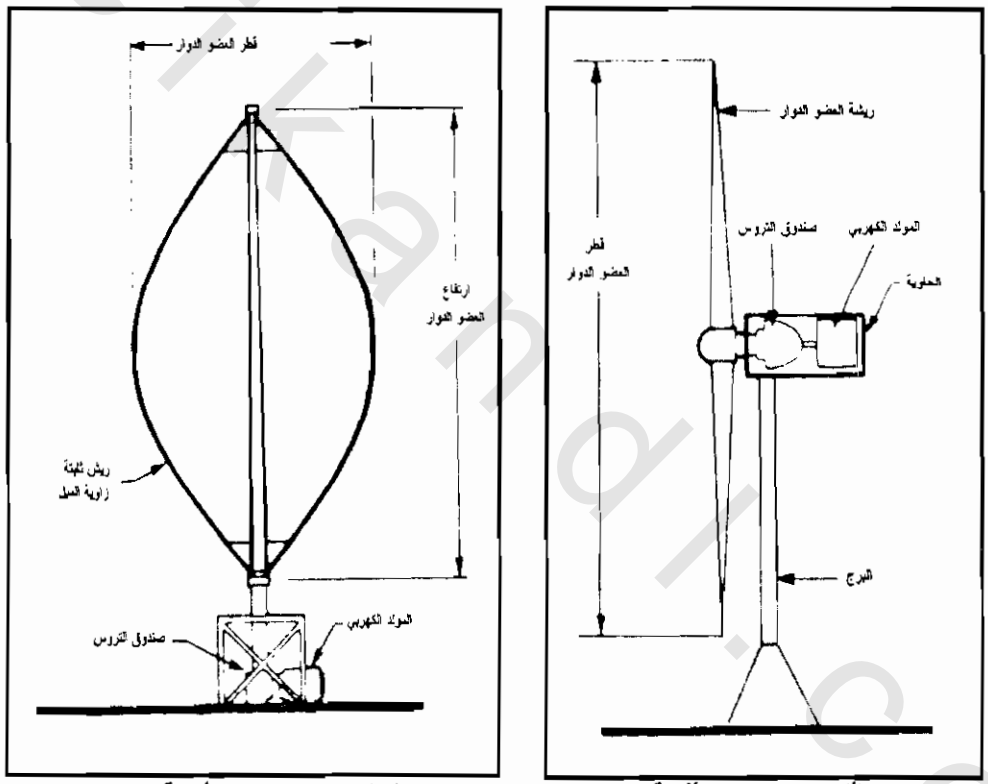
نتيجة لمرور الهواء على أي جسم موضوع في مساره تنتج قوى مؤثرة على هذا الجسم. ويمكن تحليل هذه القوى إلى مركبتين أولاهما هي قوى السحب Drag Forces وهي القوى التي تعمل في اتجاه سرعة الرياح أي تكون مماسة لسطح الجسم وثانيهما هي قوى الرفع Lift Forces وهي القوى العمودية على مسار الهواء أي تكون عمودية على سطح الجسم وقد سميت بهذا الاسم لأنها تستخدم في حالة الطائرات لرفعها عن الأرض بما يسمح بطيرانها. وتتغير قيمة كل من قوى الرفع والسحب بناء على أمرين أولهما هو الزاوية التي يميل بها الجسم على اتجاه سرعة الرياح الداخلة عليه وتسمى زاوية الهجوم Angle of Attack، وثانيهما هو شكل هذا الجسم ففي حالة الأشكال الانسيابية التي تشبه أجنحة الطائرات Airfoils فإن قوى الرفع تزيد كثيرا على قوى السحب ويمكن من خلال تغيير كل من زاوية الهجوم أو الدخول وشكل الجسم جعل قوى الرفع تصل إلى ١٠-٥٠ ضعف قوى السحب وهو أمر على أقصى قدر من الأهمية [٧٥ و٩١-٩٣].

٢-٢ التقسيم العام لتوربينات الرياح

تقسم التوربينات على حسب محور الدوران إلى توربينات أفقية تعتمد في معظمها على قوى الرفع وتوربينات رأسية تعتمد في معظمها على قوى السحب. ويبين شكل (١-٧) بصورة مبسطة مكونات منظومتي رياح ذات محور أفقي وذات محور رأسي على الترتيب. ولكل من هذين النوعين مزاياه وعيوبه وتقنيات التحكم والتوجيه الخاصة به. وسوف نتناول فيما يلي كل من هذين النوعين بإيجاز.

٢-٢-١ توربينات الرياح ذات المحور الأفقي

وكما يظهر من اسمها فإن العضو الدوار أو التوربينة يدور حول محور أفقي كما في شكل (١-٧)، وتتكون في معظم الأحوال من مراوح ذات ريش يتراوح عددها من ٢ إلى٣ في أغلب الأحوال وإن كان يمكن أن يزيد على ذلك كثيرا ليصل إلى أكثر من ٣٠ ريشة ويعتمد ذلك على نوع التطبيق، وتدور هذه الريش حول محور أفقي موازي لاتجاه سرعة رياح بينما يكون مستوى دورانها عموديا على اتجاه سرعة الرياح. وتعد توربينات المحور الأفقي الأكثر تطورا واستخداما من تلك ذات محور الدوران الرأسى وخاصة للاستخدامات الكبرى لتوليد الكهرباء.



(أ) التوربينات الأفقية (ب) التوربينات الرأسية

شكل (١-٧): مكونات منظومتى رياح ذات محور أفقى وذات محور رأسى

٢-٢-١-١ توجيه دوارات المحور الأفقي

من الضرورى أن يكون مستوى دوران الريش في حالة دوارات المحور الأفقي عمودي تماما على اتجاه سرعة الرياح لاستخلاص أكبر قدر ممكن طاقة الرياح والوصول إلى أعلى كفاءة. هذا والتوربينات ذات المحور الأفقي إما أن تكون مواجهة للرياح Upwind بحيث تكون الريش مركبة أمام البرج الحامل لها، أو تكون خلف الرياح Down Wind بحيث تكون الريش مركبة خلف البرج الحامل لها. وفي حالة التوربينات المواجهة للرياح فإن التغير المستمر في اتجاه هبوب الرياح يتطلب التوجيه المستمر للريش بحيث يكون مستوى دورانها عمودي دائما على اتجاه الرياح ويتم ذلك في الوحدات الصغيرة عن طريق تزويدها بذيل توجيه خلفي Tail Vane يعمل مثل دفة المركب، وهو عبارة عن ريشة كبيرة المساحة مستطيلة الشكل تقريبا. أما في الوحدات الكبيرة فيتم ذلك آليا عن طريق منظومة تحكم مركبة تشمل وحدة قياس لاتجاه الرياح تقوم بتشغيل منظومة التوجيه Yaw Control، أما بالنسبة للوحدات خلف الرياح الصغيرة الحجم فيتم التوجيه ذاتيا عن طريق الرياح نفسها، أما في الوحدات الكبيرة الحجم فتستخدم نفس منظومة التحكم الآلي السابق ذكرها [٧٥ و ٩١].

٢-٢-١-٢ التحكم فى زاوية ميل الريش على اتجاه الهواء

تتميز التوربينات الهوائية بأنها تعمل في مدى سرعات رياح معين، أي أن التوربينة لا تعمل عند أقل من سرعة معينة بسبب القصور الذاتي للتوربينة وسائر الأجزاء المكونة للمنظومة. كما أن هذه التوربينات لا تعطي سرعات أو قدرات أكبر بل تميل قدرتها للانخفاض بزيادة سرعة الرياح عن السرعة التصميمية، ويتم التغلب على ذلك بالتحكم في زاوية ميل الريشة Pitch Control على اتجاه الهواء لتغيير قوى الرفع المؤثرة وبالتالي سرعة التوربينة لتكبير مدى التشغيل عند سرعات الرياح المختلفة حيث يتم ذلك بإدارة الريشة حول محورها ويؤدي ذلك لزيادة القدرة الناتجة للتوربينات الهوائية وزيادة كفاءتها حيث يرتبط الحصول على أقصى قدرة بزاوية ميل معينة عند كل سرعة.

إضافة إلى ذلك فإن التحكم في زاوية ميل الريشة على اتجاه الهواء يمكن من زيادة مركبات قوى الرفع بالنسبة لمركبات قوى السحب، وعادة ما تزيد قوى الرفع وتقل قوى السحب بزيادة ميل الريشة على اتجاه الهواء إلى حد معين ثم يبدأ الوضع في الانعكاس عند زيادة زاوية الميل عن حد معين وتستمر في التناقص مع زيادة زاوية الميل حتى تفقد قوى الرفع كلية وتهبط قيمتها إلى صفر، بينما تزيد قوى السحب زيادة كبيرة وتسمي الزاوية التي يحدث عندها ذلك بزاوية التوقف Stall Angle .

ويتم التحكم في زاوية ميل الريش على اتجاه الريح إما ذاتيا في الوحدات الصغيرة بعدة طرق أهمها القوة الطاردة المركزية والتي تزيد بزيادة سرعة الدوران وتستخدم لتغيير زاوية الميل، أو قوى شدة ضغط الهواء على الريش والتي تزيد بزيادة سرعة الهواء الداخل على الريش مما ينتج عنه عزم انحناء يستخدم لتغيير زاوية ميل الريش على اتجاه الهواء، ويتم التحكم في زاوية ميل الريش على اتجاه الهواء في الوحدات الكبرى آليا عن طريق جهاز لقياس سرعة الرياح ويقوم بتشغيل منظومة تحكم آلي تغير زاوية الميل وتعد أكثر دقة وكفاءة من التحكم الذاتي المستعمل في الوحدات الصغيرة.

٢-٢-١-٣ *التحكم في التوربينة وايقافها*

يمكن أن يكون للزيادة الضخمة في سرعات الرياح في حالات العواصف والأعاصير تأثير ضار بل ومدمرا أحيانا على التوربينات، إذ أن زيادة السرعة بصورة كبيرة يتبعها، في حالة عدم وجود تحكم، زيادة مناظرة في سرعة الدوران وبالتالي زيادة ضخمة في الإجهادات الميكانيكية على كل من الريش والبرج الحامل وصندوق التروس والمولد الكهربي وسائر الأجزاء الأخرى مما قد يؤدي إلى دمار شامل لكافة مكونات المنظومة. وحتى الثمانينات من القرن العشرين كانت زيادة سرعة الرياح بصورة كبيرة هي أخطر العوامل المؤثرة على منظومات تحويل طاقة الرياح والاستفادة منها. وقد تم حاليا التقليل من هذه المشاكل لحد بعيد وإن لم يتم التخلص منها تماما، ولا تزال أحد إشكاليات استخدام طاقة الرياح.

ويتم التغلب على هذه المشكلة بعدة طرق أهمها التحكم في زاوية ميل الريش بحيث تنخفض قوى الرفع للحد الأدنى أو تنعدم مما يؤدى لتوقف التوربينة أو التقليل من سرعتها للحد الأدنى كما تستخدم الفرامل الميكانيكية والهيدروليكية لإيقاف دوران الريش تماما. وفي وحدات توربينات الرياح لتوليد الكهرباء يوجد تحكم ذاتي يحد من سرعة الدوران ناتج عن زيادة عزم مقاومة الدوران للمولد الكهربي بزيادة السرعة التي تؤدي إلى زيادة الطاقة الكهربية المولدة وهذه بدورها تزيد عزم مقاومة الدوران مما يحد من سرعة الدوران.

نظرا لأن التحكم في زاوية ميل الريش يتطلب منظومة للتحكم تعد مكلفة نسبيا، لذا يتم الاستفادة في بعض التوربينات الصغيرة من ظاهرة زاوية التوقف السابق ذكرها حيث تصمم التوربينة بحيث تكون زاوية الميل ثابتة، وبحيث يحدث عند زيادة سرعة الرياح عن القيم التصميمية أن لا تزيد سرعة التوربينة بنفس النسبة كما سبق بيانه، لذا فإن زاوية الميل تزيد وتقترب من زاوية التوقف مما يؤدي لانخفاض قوى الرفع المؤثرة وتبدأ التوربينة في التوقف،. وهذا النوع من التحكم الإيقافي يستعمل على نطاق واسع لرخص تكلفته وجودته النسبية وإن كان أقل فعالية وجودة من منظومة التحكم في زاوية ميل الريش لإيقاف التوربينة.

٢-٢-٢ توربينات الرياح ذات المحور الرأسى

تصمم هذه الوحدات عادة بحيث تتأثر بصورة أساسية بقوى السحب وذلك باستثناء توربينة داريوس والمسماة على اسم مخترعها المهندس الفرنسي جورج داريوس George Darrieus والتي قام بتصميمها عام ١٩٢٥، وقليل من الأنواع الأخرى الأقل أهمية. وكما يتضح أيضا من اسمها فإن العضو الدوار، أو التوربينة، يدور حول محور رأسي كما يوضح شكل (١-٧)، وتتنوع أشكال وأنواع العضو الدوار تنوعا كبيرا بالمقارنة بالوحدات ذات المحور الأفقي ويكون مستوى دورانها موازيا لاتجاه سرعة الرياح بينما يكون محور الدوران عموديا على اتجاه الرياح.

وأهم أنواع التوربينات ذات المحور الرأسي هي توربينة داريوس وتعد أساسا للتصميمات المختلفة للنوع الوحيد تقريبا من دوارات المحور الرأسي المتطور حاليا ويستخدم لتوليد الكهرباء بأحجام كبيرة لارتفاع سرعته وكفاءته نظرا لاعتماده على

قوى الرفع. ويكون مقطع ريش وحدات داريوس من الشكل الانسيابي السابق الإشارة إليه في وحدات المحور الأفقي والذي يتأثر أساسا بقوى الرفع بينما تعد قوى السحب مركبات قوة غير مرغوب فيها. تعد وحدات دوارات أو توربينات داريوس تحديدا أكثر قوة وتحملا للاجهادات الميكانيكية من غيرها نظرا لأن الريش الخاصة بها مثبته من النهايتين، أعلى وأسفل كما يوضح شكل (١-٧)، كما أن الشكل الخاص بها والذي يشبه مضرب أو مخفق البيض أو الحبل المثبت من النهايتين ويجرى إدارته كما يحدث مثلا في لعبة نطة الحبل هذا الشكل يتوافق مع الشكل الطبيعي الذي تميل الأجسام المختلفة اتخاذه عند الإدارة مما يقلل من الإجهادات الميكانيكية الواقعة عليه ويزيد من تحمله. إلا أن العيب الأساسي في توربينات داريوس هو صعوبة تصنيعها ونقلها وتركيبها بسبب نفس الشكل المشار إليه مما أدى لتصميم أشكال أخرى تعتمد على نفس النظرية للتغلب على هذه المشكلة إلا أن الكفاءة والتحمل لهذه الوحدات يعد أقل من وحدات داريوس التقليدية. هذا ولا يزال تطور واستخدام وحدات داريوس أقل بصورة ملحوظة للأحجام الكبرى المستخدمة لتوليد الكهرباء عن نظائرها من وحدات المحور الأفقي.

٢-٢-٢-١ التحكم في توجيه الدوارات وفي زاوية ميل الريش

الميزة الأساسية في الدوارات ذات المحور الرأسي هي أنها جميعا لا تحتاج إلى أي توجيه إزاء اتجاه الرياح المتغير دائما لأنه كما يظهر من شكلها أيما كان اتجاه الرياح فلسوف تتولد دائما قوى محركة وعزم إدارة، وأيضا لا تحتاج إلى أي تحكم في زاوية ميل الريش على اتجاه الرياح لنفس السبب حتى بالنسبة لوحدات داريوس التي تعمل تحت تأثير قوى الرفع، إلا أن هذه الميزة الأخيرة يرتبط بها عيبان أساسيان مرتبطان بطبيعة هذا النوع من الدوارات أو التوربينات وهما:

١- بسبب ثبات زاوية ميل الريش عند السرعات المختلفة للهواء فلا تكون دائما عند زاوية الميل المثالية للحصول على أقصى قدرة الأمر الذي يمكن تحقيقه إلى حد معين بتغيير زاوية الميل في حالة دوارات المحور الأفقي، مما يخفض كفاءة دوارات المحور الرأسي مقارنة بنظيرتها ذات المحور الأفقي، ويحدد أو يضيق من نطاق عملها عند سرعات الرياح المختلفة.

٢-لنفس السبب السابق وهو عدم وجود الريش في زاوية الميل المثالية المناظرة لسرعات الرياح المختلفة فلا يمكن لهذه الدوارات أن تبدأ الحركة من تلقاء نفسها عند هبوب الرياح وهي ساكنه، وإنما تحتاج لبادئ للحركة إما في صورة محرك إضافي أو أحيانا توربينة إضافية أصغر حجما من نوع المحور الأفقي.

٢-٢-٢-٢ التحكم في التوربينة وإيقافها

ويعد أكثر صعوبة في حالة دوارات أو تربينات المحور الرأسي لعدم إمكان التحكم في زاوية ميل الريش، ولكن لا تشكل مشكلة كبرى لانخفاض سرعات تشغيلها عن دوارات المحور الأفقي، ذلك باستثناء وحدات داريوس التي تعمل على سرعات عالية نسبيا مناظرة لسرعات وحدات المحور الأفقي لاعتمادها على قوى الرفع كما سبق بيانه لهذا يتم تزويدها على المحور الرأسي بجنيحات صغيرة متغيرة الزاوية تشبه ما يكون على جناح الطائرات للمساعدة في إيقاف الوحدات، كما تكون منظومة الفرامل الخاص بها أكبر وأكثر تعقيدا من الناحيتين الميكانيكية والهيدروليكية من أي من الوحدات ذات محور الدوران الأفقي، وتصمم دائما بحيث يتم الاستفادة من ظاهرة زاوية التوقف وفقدان قوى الرفع عند زيادة سرعة الرياح السابق التعرض لها والاستفادة بالتالي من أسلوب التحكم الإيقافي السابق ذكره.

توضع الحاوية في هذه المنظومات على الأرض وليس قمة البرج مثل دوارات المحور الأفقي مما يسهل في التصميم والتركيب ويقلل من الإجهادات على البرج.

٢-٣ مكونات منظومات الاستفادة من طاقة الرياح

تتعدد أنواع مكونات منظومات استغلال طاقة الرياح تبعا للخيارات والبدائل التكنولوجية التي ترتبط بدورها بنوع التطبيق النهائي. وتتكون منظومات طاقة الرياح بصفة عامة من الجزء الدوار أو الريش والذي يقوم باستخلاص الطاقة الميكانيكية من طاقة حركة سرعات الرياح المختلفة، ثم المنظومة الفرعية لنقل الطاقة الميكانيكية إلى الحمل النهائي وتسمى منظومة أو سلسلة الجر أو القدرة كترجمة للمصطلح الإنجليزى Power/Drive Train حيث أنها تعمل مثل سلسلة نقل

القدرة للحمل النهائي وتقوم هذه المنظومة أيضا بالموائمة بين الطاقة الميكانيكية الناتجة عن سرعة الرياح واحتياجات تشغيل الحمل النهائي (وفي حالة توليد الكهرباء فإن منظومة الجر أو القدرة تشمل أيضا المولد الكهربي) ومنظومات التحكم في توجيه التوربينة وزاوية ميل الريش وتكون جميعها داخل حاوية مغلقة Nacelle . وأخيرا البرج الحامل للمنظومة كلها في حالة دوارات المحور الأفقي [٩١]. بالإضافة لهذه المنظومات الرئيسية توجد عدد من المنظومات الفرعية والداعمة لتحسين أداء وملائمة منظومات الرياح للأغراض والاستخدامات المختلفة مثل:

١. المنظومات الفرعية لموائمة القدرة والوقاية الكهربية وتشمل وحدات تنظيم القدرة والجهد Power and Voltage Regulators وهي تحاول تنظيم وتثبيت الجهد الكهربي الناتج وتنظيم الإمداد بالقدرة الناتجة وهي ذات أهمية خاصة في وحدات الرياح نظرا للتغيرات العشوائية والسريعة في سرعات الرياح وما يتبعها من تغيرات في الجهد الكهربي والقدرة الناتجين، ومغيرات التيار سواء من تيار مستمر إلى متردد أو العكس.

وفي حالة توصيل منظومات مولدات الرياح بالشبكة الكهربية فإن منظومات الموائمة تضاف لها مكونات أخرى وتصبح أكثر تعقيدا، ومن بين أهم هذه المكونات وحدات تزامن التوصيل بالشبكة Synchronization Unit، وأجهزة وقاية خاصة لعزل منظومات مولدات الرياح في حالة حدوث أعطال في هذه المنظومات أو في الشبكة الكهربية نفسها، وأيضا منظومات مرشحات كهربية خاصة لإمكان الربط بالشبكة.

٢. المنظومات الفرعية للتخزين Storage Subsystems وتستعمل أساسا في المنظومات غير المرتبطة بالشبكة الكهربية. والتي تستخدم مولدات الرياح لتشغيل محركات كهربية تقوم بدورها بتشغيل مضخات المياه أو مطاحن الحبوب فيمكن استخدام البطاريات لتحسين الأداء، وأيضا للتخزين قصير الأمد وللموائمة بين الحمل ومصادر الرياح، وللتخزين متوسط الأمد لأيام قليلة في الأحمال الحرجة والحساسة فى الأماكن النائية.

٣. المنظومات الداعمة Back up Systems وتستخدم أيضا بصفة أساسية لمنظومات مولدات الرياح غير المرتبطة بالشبكة الكهربية والتي تقوم بتغذية الأحمال الحرجة التي ينبغي أن تظل عاملة باستمرار وتكتسب هذه المنظومات الفرعية أهمية خاصة في حالة توقف منظومة الرياح عن العمل إما بسبب خمود الرياح وانعدامها أو في حالات حدوث عواصف شديدة تحتم إيقافها عن طريق وحدات التحكم لحمايتها. وتتكون المنظومات الداعمة في الغالب الأعم من مولدات ديزل مناسبة، وخزانات صغيرة للوقود تكفي أيام قليلة.

٢-٤ العوامل المؤثرة على أداء وتشغيل منظومات طاقة الرياح

هناك عدد من العوامل المؤثرة على أداء وتشغيل وكفاءة منظومات طاقة الرياح والتي يكون لها بالتالي تأثيرها المباشر على الخيارات التكنولوجية المختلفة للوفاء باحتياجات التطبيقات المناظرة ويمكن إجمالها فيما يلي:

١. سرعة الرياح اللازمة لبدء بدء الحركة والتشغيل لتربينه معينة Cut-in Wind Speed هي سرعة الرياح التي تبدأ عندها تربينه معينة في الدوران وتوليد القدرة والطاقة وبالتالي بداية تشغيل المنظومة بكاملها، وتختلف هذه السرعة تبعا لنوع التربينة والمنظومة كلها، ومن أهم الأسباب المؤثرة عليها هو القصور الذاتي للمنظومة ومكوناتها الذي يجعل المنظومة لا تبدأ الحركة والدوران ومن ثم توليد القدرة والطاقة عند سرعات أقل من سرعة بدء الحركة، ويتم التحكم في زاوية ميل الريش على اتجاه الرياح في دوارات المحور الأفقي مما يسمح ببدء الحركة عند سرعات رياح أقل وبالتالي زيادة الطاقة المنتجة من توربينة معينة عند تغيير زاوية الميل المذكورة لتحقيق ذلك [٧٥ و ٩١].

٢. السرعة القصوى للرياح التي يجب عندها إيقاف التوربينة لمنع حدوث أعطال للمنظومة نتيجة زيادة سرعة التربينه خارج نطاق القيم التصميمية وما ينتج عن ذلك من إجهادات ميكانيكية كبرى، ومن أهم العوامل المؤثرة على هذه السرعة زاوية ميل الريش على اتجاه الرياح التي يمكن بالتحكم فيها العمل عند سرعات أكبر وبالتالي زيادة القدرة والطاقة المنتجة [٧٥ و ٩١].

٣. لكل توربينة رياح قدرة تصميميه معينة Rated Power تناظر سرعة رياح تصميميه معينة Rated Wind Speed، ومنحنى قدرة أو أداء معين وتتزايد القدرة المولدة بصورة أسية exponential حتى الوصول للقدرة التصميمية، وهي أيضا القدرة القصوى المتاحة من التربينه، والتي تناظر السرعة التصميمية ثم تثبت القدرة المولدة مهما تزايدت سرعة الرياح حتى الوصول لسرعة التوقف وعندها يتوقف إنتاج القدرة من التوربينة. ويلاحظ أنه إذا صممت توربينة عند سرعات رياح عالية فيمكن الحصول على قدرات عالية ولكن لفترات زمنية قصيرة وبالتالي تكون الطاقة الناتجة أقل من حالة أن يتم التصميم عند سرعات رياح أقل وبالتالي تنتج التربينة قدرات أقل ولكن على فترات زمنية أطول وأكثر حدوثا مما ينتج طاقة إجمالية أكبر، لذا ينبغي الموازنة بين هذين الأمرين للوصول لأفضل تصميم للتوربينة وأكبر مدى زمني للتشغيل طوال العام [٩١].

٤. نسبة سرعة طرف ريشة الدوار الخطية إلى سرعة الرياح وهي نسبة هامة جدا في تصميم وتحديد كفاءة الدوار أو التوربينة وتزيد عادة عن ١ وتصل إلى ٢ في الدوارات التي تتأثر وتعمل بقوى السحب بينما تتراوح من ٥ إلى٢٠ في حالة الدوارات التي تعمل بقوى الرفع وبينما تعمل التوربينة خلال مدى معين لسرعات الرياح ويقابله مدى مناظر لنسبة سرعة الريشة، إلا أن كل تربينه سوف تصل لأعلى كفاءة فقط عند قيمة معينة لنسبة سرعة طرف الريشة، وتعتمد هذه النسبة على كل من عرض الريشة الواحدة وعدد هذه الريش في التوربينة [٧٥ و٩١].

٥. الصلابة Solidity وهي نسبة المساحة التي تشغلها الريش من المساحة الدائرية الإجمالية، وتزيد بزيادة عدد الريش وعرضها. ولكي يمكن الحصول على أقصى طاقة وقدرة من الرياح فيجب أن تتفاعل الريش مع أكبر كمية ممكنة من الرياح العابرة لذا فإن التوربينات ذات الصلابة العالية – أي ذات الريش العريضة والعدد الكبير منها – تدور بسرعة أقل كثيرا من التوربينات ذات الصلابة المنخفضة. ويلاحظ أن توربينات الصلابة العالية تعطي عزما أكبر وسرعات أقل تناسب تطبيقات ضخ المياه حيث قد تقترب الصلابة من١٠٠%،

بينما توربينات الصلابة المنخفضة تعطي عزما أقل وسرعات أكبر وتناسب تطبيقات توليد الكهرباء [٩١-٩٣].

٦. الكفاءة أو معامل القدرة: ويتوقف معامل القدرة بالنسبة للدوار على نوعه وعلى نسبة سرعة طرف الريشة وهي أهم العوامل المؤثرة حيث يزيد بزيادتها والعكس بالعكس، وأمكن الوصول عمليا في حالة التوربينات التي تعمل تحت تأثير قوى الرفع إلى كفاءة أو معامل قدرة ٤٠-٤٥% عند نسبة سرعة ريشة من ٦-٢٠، بينما في التوربينات التي تعمل تحت تأثير قوى السحب ونسبة سرعة ريشة ١-٣ يتراوح معامل القدرة أو الكفاءة من ١٠-٣٠% ومن هنا، يظهر بوضوح أفضلية التوربينات التي تعمل تحت تأثير قوى الرفع وهذا هو سبب انتشارها وأفضلية اقتصادياتها. أما معامل قدرة المنظومة بكاملها أو كفاءتها فيساوي حاصل ضرب كفاءة الدوار في كفاءة سلسلة الجر وكفاءة المولد الكهربي إلا أن كفاءة الدوار هي أهم عامل يحدد كفاءة المنظومة بأكملها [٩١-٩٣].

٧. تأثير وجود الدوار أمام أو خلف البرج أو الرياح في حالة دوارات المحور الأفقي: تتميز الوحدات التي توجد فيها الريش خلف البرج بميزة رئيسية وهي عدم الاحتياج للتوجيه لتصبح عمودية على اتجاه الرياح حيث يحدث ذلك ذاتيا، إلا أن ذلك يرتبط بعيب أساسي يتزايد بتزايد حجم وقدرة التربينه وهو تأثير ظل البرج الدوار عندما تعبر الريش المساحة خلف البرج أثناء دورانها والتي تقل بها سرعة وكمية الرياح مما يقلل سرعة الدوار وبالتالي القدرة الناتجة لحظيا ويؤدى إلى ذبذبة واهتزازات دورية تتناسب مع سرعة دوران الريش مما يؤثر على عمر الريش والمنظومة بكاملها، ويمكن تقليل مثل هذه المشاكل نوعا بتقليل سرعة الدوار وعوامل أخرى إلا أن ذلك يرفع التكلفة ويقلل الكفاءة مما يقلل من استخدام الدوارات خلف البرج أو خلف الرياح خاصة في المنظومات الكبيرة السريعة لتوليد الكهرباء [٩١].

٣- المزايا العامة لاستخدام طاقة الرياح

تعد طاقة الرياح واحدة من أهم مصادر الطاقة المتجددة الرئيسية في العالم وهي مثل سائر مصادر الطاقة المتجددة، تتميز بانخفاض كثافة الطاقة المتاحة بالنسبة لوحدة المساحات، إلا أنها تعد أفضل مصادر الطاقة المتجددة من حيث ارتفاع كثافة الطاقة الممكن استغلالها بالنسبة لوحدة المساحات حيث لا تشغل أبراج توربينات الرياح سوى مساحة صغيرة نسبيا لأن طاقة الرياح يجرى الاستفادة منها في المستوى الرأسي. لذا يعد استغلال طاقة الرياح أكثر أنواع الطاقة المتجددة اقتصادية في حالة توافر سرعات الرياح المناسبة، بل وتعد أكثر أنواع الطاقة المتجددة منافسة للطاقة التقليدية من الناحية الاقتصادية. إلا أن طاقة الرياح المتوافرة مبعثرة على مساحات واسعة للغاية على سطح الأرض، كما أنها كثيرا ما تتوافر بكميات كبيرة في أماكن يصعب الاستفادة منها مثل توافرها بكميات كبيرة على أسطح البحار والمحيطات وفي قمم الجبال، مما يخفض إلى حد بعيد ما يمكن الاستفادة من طاقة الرياح المتاحة على سطح الكرة الأرضية. ويمكن تلخيص مزايا استخدام طاقة الرياح فيما يلي [٩١]:

١- مرونة الاستخدام لأحجام مختلفة بسبب الطبيعة النمطية لوحداتها حيث تتراوح هذه الأحجام بين أقل من كيلووات إلى عديد من الميجاوات للتوربينة الواحدة، ويتم ذلك بزيادة قطر الريش من أقل من متر واحد إلى ما يزيد عن ١٠٠ متر أحيانا.

٢- التنوع الكبير للتطبيقات حيث تنتج وحدات الرياح طاقة ميكانيكية يمكن إما استخدامها مباشرة في تطبيقات مثل ضخ المياه وطحن الحبوب، أو يمكن تحويلها بكفاءة عالية لطاقة كهربية مقارنة بالكفاءة الأقل نسبيا للتحويل الحراري للطاقة الكهربية سواء من المصادر التقليدية أو المتجددة للطاقة الأولية (مثل الوقود البترولي والطاقة الشمسية الحرارية على التوالي).

٣- يمكن تصنيع الوحدات الصغيرة من خامات متنوعة للغاية تتوافر عادة محليا في الأماكن النائية مثل الأخشاب للبرج والمنسوجات للريش.

٤- على عكس الطاقة الشمسية فإن طاقة الرياح تتوافر طوال اليوم ليلا ونهارا (وإن كانت أكثر تباينا من ناحية القيمة عن الطاقة الشمسية خلال فترات زمنية قصيرة).

٥- لا يتطلب استخدام طاقة الرياح سوى مساحة صغيرة نسبيا بالمقارنة بمصادر الطاقة المتجددة الأخرى حيث يتم الاستفادة من طاقة الرياح على المستوى الرأسي.

٦- يمكن تكوين منظومات خليطه منها ومن وحدات الديزل أو الوحدات الشمسية خاصة في المنظومات غير المرتبطة بالشبكة الكهربائية.

٧- تعد طاقة نظيفة لا تسبب تلوثا للبيئة وإن كان لها بعض التأثيرات القليلة ربما غير المقبولة أحيانا مثل الضوضاء مما سوف يتم التعرض له في حينه.

٤- التطبيقات المختلفة لاستخدام طاقة الرياح

تكنولوجيا طاقة الرياح مثل سائر تكنولوجيات الطاقات المتجددة الأخرى تعتمد على التطبيق والذى يحدد بدوره مكونات المنظومة، ويمكن تقسيم استخدامات طاقة الرياح إلى الاستخدام الميكانيكي المباشر - لضخ المياه بصورة أساسية ولطحن الحبوب بدرجة أقل - وإلى الاستخدام في توليد الكهرباء حيث تستخدم الطاقة الميكانيكية المستخلصة بواسطة الدوار من طاقة حركة الرياح لإدارة مولد لتوليد الكهرباء. وسوف نعالج فيما يلي باختصار كل من هذه التطبيقات.

٤-١ التطبيقات الميكانيكية لاستخدام طاقة الرياح

وهو يعد من أقدم التطبيقات ولا يزال يستخدم حتى الآن وخاصة لضخ المياه من الآبار العميقة في الأماكن النائية ، وأيضا لطحن الحبوب وإن يكن على نطاق أقل كثيرا من استخدامات الضخ. وهذه الوحدات تصمم بحيث تعطي عزم إدارة عال يناسب طبيعة الأحمال وخاصة إدارة مضخات المياه لذا تكون التوربينات من نوع المحور الأفقي غالبا [٧٥ و٩٢] وذات عدد كبير من الريش وتدور بسرعة منخفضة وذات كفاءة أقل نسبيا. ويعد عامل الكفاءة هنا أقل في الأهمية من حالة منظومات ضخ المياه التقليدية التي تستخدم وقود الديزل أو الطاقة الكهربية وذلك

لانخفاض تكلفة مصدر الطاقة شبه المجاني وهو الرياح. ووحدات الضخ الميكانيكي وحدات صغيرة نسبيا وقدرتها أقل من ١٠٠ كيلووات وعادة ما تتراوح من ٢٠ إلى ٤٠ كيلووات. وكانت الريش تصنع في الماضي من المعدن المصمت مما يجعلها ثقيلة الوزن، أما الآن فهي تصنع من مواد خفيفة مثل البلاستيك المقوى بالألياف الزجاجية [٩١].

ويتصل محور التوربينة أو الجزء الدوار اتصالا ميكانيكيا مباشرا بالمضخة وبذلك يتم الاستفادة من الطاقة الميكانيكية للدوار مباشرة، ويفضل أن تركب الوحدة شاملة البرج الحامل للتوربينة فوق البئر مباشرة، وإن كان يمكن أن تركب على بعد أمتار قليلة من البئر ويتم توصيل عمود إدارة Shaft بين البرج والبئر ذلك إذا ما دعت الضرورة وطبيعة الموقع لذلك، ولكن يجب أن تظل المسافة محدودة للغاية بين البرج الحامل للتوربينة والبئر [٩١-٩٣].

٤-٢ ضخ المياه الكهربي باستخدام طاقة الرياح

وتعد هذه الوحدات ذات تكنولوجيا أكثر تقدما من تكنولوجيا الضخ الميكانيكي وبالرغم من أن الطاقة الميكانيكية للدوار يتم تحويلها لطاقة كهربية ثم طاقة ميكانيكية مرة أخرى لإدارة المضخة مما يفترض معه أن تكون هذه المنظومة أقل كفاءة، إلا أنها في الواقع أحيانا ما تكون أعلى كفاءة وغالبا أفضل استخداما للأسباب الآتية [٩١-٩٣]:

١- يمكن استخدامها لأغراض عديدة عند عدم استخدامها لضخ المياه لأن الناتج في هذه الحالة يكون طاقة كهربية مما يرفع معدل استخدام وحدات الرياح خلال فترة زمنية معينة.

٢- يمكن وضعها في أي مكان بعيدا نسبيا عن البئر عكس الوحدات الميكانيكية، وإن كان البعد لا ينبغي أن يتجاوز حدا معينا لتجنب فاقد الطاقة الكهربية في الكابلات الطويلة الموصلة للكهرباء من التوربينة للمضخة.

٣- تميل هذه الوحدات لأن تكون أعلى كفاءة لارتفاع كفاءة وأداء المعدات الكهربية عن المعدات الميكانيكية.

والفارق الأساسي بين منظومتي الضخ الميكانيكي والكهربي أن الأول يناسب أكثر الآبار العميقة بينما الثاني يناسب الآبار متوسطة وقليلة العمق، وضخ المياه السطحي. ويكون عدد الريش أقل والسرعة أكبر في حالة وحدات الضخ الكهربي مقارنة بوحدات الضخ الميكانيكي [٩١]، كما تحتوي المنظومة على وحدتين إضافيتين هما المولد الكهربي ومحرك كهربي لتشغيل المضخة ويبين جدول (١-٧) العوامل المؤثرة في المفاضلة بين خيارات الضخ الميكانيكي والضخ الكهربائي باستخدام طاقة الرياح ومزايا وعيوب كل خيار [٩١].

٤-٣ استخدام طاقة الرياح لتوليد الكهرباء

ويعد أكبر وأهم استخدامات وتطبيقات طاقة الرياح على الإطلاق وخاصة منظومات تحويل طاقة الرياح Wind Energy Conversion Systems (WECS) المرتبطة بالشبكة الكهربائية التي تعد أكبر استخدامات الطاقة المتجددة على مستوى العالم. وتتفاوت أحجام وقدرات توربينات هذه المنظومات تفاوتا كبيرا من توربينات لا تصل قدرتها إلى واحد كيلووات إلى ما يتعدى واحد ميجاوات بكثير. وتقسم هذه التوربينات إلى أحجام صغيرة ومتوسطة وكبيرة. ولا يوجد حد فاصل قاطع بين هذه الأحجام وغالبا ما تعد المنظومة صغيرة إذا ما كانت قدرة التوربينة أقل من ١٠٠ كيلووات وقطرها أقل من ١٢ متر، ومتوسطة إذا كانت قدرة التوربينة في المدى من ١٠٠ إلى ٧٠٠ كيلووات وقطرها حتى حوالي ٤٥متراً، أما التوربينات الكبيرة فهي ما زاد على ذلك قدرة وقطرا.

وهناك تشابه كبير بين تركيب المنظومات المتوسطة والكبيرة إلا أن المنظومات الكبيرة لا زالت أقل انتشارا على المستوى التجاري، ومع ذلك فإن الاتجاه العام للتطوير والتحديث هو الاتجاه لمنظومات وتوربينات متزايدة القدرة والقطر للأسباب الآتية [٩٢]:

١- تقل التكلفة الاستثمارية لكل كيلو وات قدرة مركبة التوربينة بزيادة حجم وقدرة التوربينة.

جدول (١-٧)

العوامل المؤثرة فى اختيار منظومات الضخ الميكانيكى أو الضخ الكهربى

الخيار التكنولوجي أو المنظومة موضع الاعتبار	المزايا	العيوب
١- الضخ الميكانيكى بحيث يكون كل من التوربينة والبرج فوق البئر مع وجود عمود إدارة رأسي مباشر متصل بالمضخة.	- المنظومة بسيطة وسهلة التصميم. - أقل تكلفة. - المعدات ذات تاريخ طويل من النجاح ومجربة لحد بعيد.	ربما لا يتوافق موقع البئر مع أفضل موقع لسرعات الرياح.
٢- الضخ الميكانيكي- مشابه للسابق ولكن على بعد قليل من البئر مع وجود عمود إدارة إضافي أفقي بين البرج والبئر.	- تعطي شئ من المرونة عن المنظومة السابقة في اختيار موقع رياح على بعد قليل من البئر. - يمكن من استخدام طاقة الرياح لأغراض أخرى باستخدام عمود الإدارة الأفقي عندما لا تستخدم المنظومة لضخ المياه من البئر.	- هناك أخطار محتملة نتيجة دوران عمود الإدارة الأفقي بين البئر والبرج مما يتطلب احتياطات خاصة. - أكثر تكلفة نسبيا.
٣- ضخ المياه الكهربي باستخدام طاقة الرياح.	- يسمح بتخزين الطاقة في البطاريات بالإضافة لتخزين المياه مما يحسن الأداء. - يمكن استخدام الكهرباء لأغراض أخرى بالإضافة لضخ المياه. - المعدات المستخدمة ذات كفاءة عالية وتاريخ طويل ناجح للاستخدام. - أعلى درجة للمرونة في اختيار موقع الرياح المناسب بعيدا عن البئر.	- احتمال زيادة فاقد الطاقة الكهربية نتيجة زيادة طول الكابلات بين الموقع المختار لمنظومة الرياح والبئر. - نسبيا أعلى تكلفة من الاختيارين السابقين. - هناك أخطار محتملة من التوصيلات الكهربائية مما يتطلب احتياطات أمان مناسبة للوقاية.

٢- تقل التكاليف المطلوبة وغير المرتبطة مباشرة بمنظومة تحويل طاقة الرياح مثل تكلفة الأرض وتكلفة البنية الأساسية بزيادة حجم التوربينة نتيجة للاحتياج لمساحات أقل من الأراضي وتوصيلات كهربية بالشبكات أقل وهكذا.

٣- كثير من المواقع الصالحة لإنشاء منظومات الرياح تكون محدودة المساحة مثل سلاسل التلال والوديان ذات الطبيعة الخاصة وسواحل البحار، الأمر الذي يتطلب تعظيم الاستفادة من مساحات الأراضي المتاحة.

٤- جزء هام من تكلفة التشغيل والصيانة يعتمد على عدد الوحدات لذا يقل بزيادة حجم التوربينة وبالتالي يحتاج الأمر لعدد أقل من التوربينات لإنتاج نفس القدرة.

٥- مزايا أداء أكبر بسبب زيادة حجم الريش.

٦- انخفاض حساسية هذه المنظومات لتراكم الأتربة والتلوث على الريش لضخامة سمك الريش.

٧- الاستفادة من اقتصاديات الحجم الكبير لتخفيض تكلفة الإنتاج والتشغيل والصيانة.

وتنقسم منظومات توليد الكهرباء بطاقة الرياح إلى نوعين هما المنظومات المرتبطة بالشبكات الكهربية والمنظومات غير المرتبطة بالشبكات سواء المعزولة أو المستقلة بذاتها، والمنظومات المرتبطة بالشبكات بدورها تتعدد أنواعها وأهمها الأنواع الكبيرة والمتوسطة إلا أنهما يعدا متقاربين وسوف يتم توضيح كافة الفروق بين الأنواع في سياق التعرض لها.

٤-٣-١ المنظومات المعزولة أو المستقلة بذاتها لتوليد الكهرباء

تتميز هذه المنظومات بصغر حجمها نسبيا، ويندر أن تزيد قدرة التوربينة عن ٤٠ كيلووات وعادة ما تقل عن ذلك وتستخدم أساسا في المناطق النائية المعزولة البعيدة عن الشبكة التي يصعب إمدادها بالطاقة الكهربية بمصادر أخرى سواء تقليدية لصعوبة نقل وقود الديزل أو غير تقليدية لارتفاع التكلفة كمنظومات الخلايا الشمسية الفوتوفلطية، وتقوم مولدات الرياح بإمداد الأحمال السكنية أساسا بالطاقة الكهربية في هذه المناطق، بالإضافة إلى ضخ المياه.

obeikandl.com

وفي حالة تصميم منظومات مولدات الرياح المستقلة لتكون المصدر الوحيد للطاقة فتحتوي المنظومة على جميع المكونات السابق ذكرها باستثناء المنظومات الداعمة. وتحدد طبيعة الأحمال حجم كل من توربينة الرياح وسعة بطاريات التخزين ففي حالة الأحمال الحرجة التي يجب إمدادها باستمرار بالطاقة الكهربية في جميع الأحوال مثل أحمال الاتصالات فيتطلب الأمر حجم توربينات وسعة تخزين أكبر، بينما في حالة ضخ المياه ففي العادة يتم تخزين المياه كما أن هذه الأحمال عادة يمكنها تحمل فقد الطاقة – نتيجة خمود الرياح أو الإيقاف نتيجة العواصف – لأيام قليلة، خاصة في حالة ضخ المياه لري المحاصيل غير الحساسة للعطش والتي لا تتطلب الري اليومي.

وبصفة عامة لا يعد اقتصاديا في حالة الأحمال الحرجة أن تكون منظومات الرياح هي المصدر الوحيد للطاقة لكبر حجم المنظومة وانخفاض كفاءة الاستخدام، لذا تستخدم المنظومات الداعمة مثل مولدات الديزل، أو تستخدم المنظومات الخليطة من الرياح والخلايا الفوتوفلطية والديزل، أو الرياح والديزل حيث يعد ذلك اتجاها عالميا حاليا في حالة تغذية الأماكن النائية بمنظومات الرياح المستقلة أو المعزولة [٩١-٩٣]. وأنسب الأحمال للتغذية من منظومات الرياح المستقلة أو المعزولة أو الخليطة هو منظومات الاتصالات في الأماكن النائية، ومنظومات الإنذار الملاحي والجوي، وتشغيل محطات الأرصاد الجوية النائية. وتوربينات الرياح المستخدمة في هذه الحالة تتميز بعدد محدود من الريش ونسبة سرعة ريشة متوسطة وكفاءة متوسطة أيضا لتقليل التكلفة ولعدم تطلب الأحمال بصفة عامة إمداد بالطاقة عالية الجودة من ناحية انتظام الجهد والتردد.

٤-٣-٢ استخدام طاقة الرياح لتوليد الكهرباء بالارتباط بالشبكة

ويعد أهم تطبيق لاستخدامات طاقة الرياح على الإطلاق ويتعدى حاليا ٩٠% من استخدامات طاقة الرياح وينتظر أن يقترب من ٩٩% في المستقبل غير البعيد. وحتى في المنظومات الصغيرة المستقلة فهناك حاليا اتجاه لربطها بالشبكة – إن كان ذلك مجديا اقتصاديا – حيث أن المنظومات المتوسطة والمنظومات الكبيرة الحجم هي السائدة حاليا في وحدات توليد الكهرباء من طاقة الرياح المرتبطة بالشبكة.

التوربينات المستخدمة في منظومات مولدات الرياح المرتبطة بالشبكة تكـــون ذات سرعة عالية وصلابة منخفضة ويكون عدد الريش عادة ثلاثـــة – وإن كـــان ينخفض أحيانا إلى ريشتين ونادرا ما يكون ريشة واحدة – حيث أنه يميل لإعطـــاء أعلى كفاءة وأفضل معامل قدرة وأفضل توازن للاجـــهادات الميكانيكيـــة، ونســـبة سرعة الريشة المستخدمة عالية وتعد أعلى الأنواع جميعا. كما أنها تتمـــيز بـــأعلى كفاءة بين جميع التوربينات على الإطلاق، وأكثرها وأسرعها تطورا وأكبرها حجما وقدرة. ويسود استخدام التوربينات ذات محور الدوران الأفقي بصورة كبيرة تتعدى حاليا ٩٥% كما أنها تعد التوربينات الواعدة مستقبلا للأحجام الكبيرة بسبب مزاياها التكنولوجية والاقتصادية. إلا أن الأبحاث لازالت تجري لتطوير الأنواع المختلفـــة لتوربينات داريوس ذات محور الدوران الرأسي، كما لازال يوجـــد منـــها بعـــض الأعداد والتي لا يمكن إغفالها في مجموع مولـــدات الريـــاح الكـــبرى المرتبطـــة بالشبكات الكهربية المختلفة.

ويتشابه تركيب ومكونات وحدات مولدات الرياح المرتبطة بالشـــبكة خاصـــة للأحجام المتوسطة والكبيرة والفارق الرئيسي بين هذه المنظومات المرتبطة بالشبكة وغيرها هو عدم الاحتياج لمنظومات التخزين والمنظومات الداعمة مـــن أي نـــوع حيث تلعب الشبكة الكهربية هذا الدور، وكذلك في نوع المولد الكهربي، وهو الذي يميز أيضا الأنواع المختلفة من منظومات الرياح المرتبطة بالشبكة. كما يرتبط بـــه أيضا بل ويتوقف عليه نوع المنظومات الفرعية لموائمة القدرة والتحكـم [٩١-٩٣]. وهناك ثلاثة أنواع رئيسية لمنظومات الرياح المرتبطة بالشبكة طبقا لنوع المولـدات الكهربية وهي المنظومات ذات المولدات المتزامنة Synchronous Generator Grid-Connected WECS والمنظومات ذات المولدات غير المتزامنة التـــي تنتـــج تيـــار متردد / تيار مستمر / تيار مـــتردد / Non-Synchronous Alternating Current Grid-Connected WECS والمنظومات ذات المولدات غـــير المتزامنة من نوع الحثAsynchronous Induction Generator Grid-Connected WECS وسوف نعالجها فيما يلي باختصار.

٤-٣-٢-١ منظومات مولدات الرياح المرتبطة بالشبكة ذات المولدات المتزامنة

يستخدم هذا النوع من المنظومات المولدات المتزامنة وهي نفس النوع المستخدم في محطات توليد الكهرباء العادية التي تعمل بالوقود التقليدى والمرتبطة بالشبكة. وتتميز بأنها تعمل عند سرعة دوران ثابتة هي السرعة المتزامنة Synchronous Speed وتعطي تيارا ثابت الجهد والتردد ذو نوعية عالية تناسب كافة الاستخدامات. ويتطلب استخدام المولدات المتزامنة مع منظومات الرياح منظومات تحكم معقدة. وذلك بسبب الطبيعة العشوائية والمتغيرة باستمرار للرياح والتي تؤدى لتغير سرعة دوران التوربينة الهوائية، مما قد يؤدى بدوره إلى تغير الجهد والتردد للتيار الناتج. ويتم التحكم في سرعة الدوران عن طريق تغيير زاوية ميل الريش على اتجاه الهواء، ثم التحكم عن طريق صندوق التروس لتثبيت وتنظيم سرعة دوران المحور الثانوي المتصل بالمولد الكهربي، كما تتضمن هذه المنظومات منظومة تحكم إلكتروني معقدة نسبيا وكذلك منظومات موائمة قدرة لتنظيم وتثبيت كل من الجهد والتردد، وأيضا وحدة تزامن Synchronization Unit لتنظيم دخول وربط مولدات الرياح بالشبكة كما يمكن أن تستعمل مرشحات كهربائية للتخلص من تموجات الجهد الصغيرة عالية التردد Ripples، ولا تستعمل مثل هذه المولدات المتزامنة إلا مع المنظومات الكبيرة لمولدات الرياح المرتبطة بالشبكة لارتفاع تكلفتها نتيجة لمنظومة التحكم المشار إليها [٩١-٩٣].

٤-٣-٢-٢ منظومات مولدات الرياح المرتبطة بالشبكة ذات المولدات غير المتزامنة

في هذه المنظومات يتم توليد تيار متردد متغير الجهد والتردد ثم يتم دخوله على موحد تيار Rectifier لتحويله إلى تيار مستمر ثم على مغير تيار Inverter عالي النوعية لتحويله إلى تيار متردد ثابت ومنتظم الجهد والتردد بنفس مواصفات تيار الشبكة. وأحيانا توضع بطاريات محدودة الحجم بين موحد التيار ومغير التيار لأغراض تخزين الموائمة وتحسين الأداء Buffer Storage . والميزتين الأساسيتين في هذه المنظومة هو عدم الاحتياج لمنظومة تحكم معقدة ومكلفة لتنظيم سرعة التوربينة ومحور الدوران الرئيسي ولا لمنظومة تحكم إلكتروني لتثبيت جهد وتردد

التيار الناتج. إلا أن هذه المنظومات مكلفة وعلى درجة من التعقيد لاحتياجها للعديد من وحدات التحكم الإلكترونية الأخرى مثل موحد ومغير التيار وأحيانا البطاريات.

٤-٣-٢-٣ منظومات مولدات الرياح المرتبطة بمولدات الحث

هذه المنظومات تعطي تيارا مترددا ذا جهد وتردد متغيرين نسبيا، وتعد أقل الأنواع تكلفة وأكثرها استخداما وشيوعا في الوقت الحالي، لعدم احتياجها لمنظومات للتحكم في ميل الريش أو لمنظومات تنظيم الجهد والتردد المعقدة. وأحيانا تحتاج هذه المنظومات لوحدات تزامن Synchronization Unit وأيضا مرشحات كهربائية لتقليل تأثير تموجات الجهد الصغيرة عالية التردد Ripples، حيث تعمل هذه المولدات عند سرعات مختلفة.

والشرط الرئيسي الذي يحكم استخدام هذه المنظومات هو أن يكون حجم قدرتها المولدة صغيرا بالنسبة لإجمالي حجم الشبكة مما يجعل الشبكة تقود مولدات الحث وتغير من سرعتها لإنتاج جهد وتيار ثابتي التردد نسبيا. ويقدر حاليا بأنه لا ينبغي أن تزيد قدرة مولدات الرياح الإجمالية من نوع الحث عن ٥% فقط من القدرة الإجمالية للشبكة وألا تسببت في أخطر العيوب التي يمكن أن تواجهها الشبكات الكهربية الموحدة وهو فقدان الاتزان Loss of Stability، مما قد يؤدي لأضرار خطيرة لكل من الأحمال ومحطات توليد القوى الكهربية التقليدية. وإن كانت بعض الدراسات الحديثة تشير إلى إمكان وصول النسبة إلى حوالي ١٠% حيث أن التغيرات في الجهد والتيار التي يسببها تغير الجهد والتردد الصغير نسبيا من مولدات الحث بسبب تغير سرعات الرياح، يمكن النظر إلى تأثيرها على اتزان الشبكة كالتغيرات المستمرة في الأحمال المرتبطة بالشبكة الكهربية طوال اليوم [٩٤]. وتستخدم توربينات مزرعة رياح الزعفرانة المرتبطة بالشبكة مولدات الحث المذكورة.

٥- الإشكاليات المتعلقة باستخدام طاقة الرياح

تتشابه إشكاليات استخدام معظم مصادر الطاقة المتجددة بصفة عامة. وتشمل إشكاليات متعلقة بطبيعة المصدر نفسه، وإشكاليات تكنولوجية ترتبط بالبدائل

والخيارات التكنولوجية للاستخدامات المختلفة ومستوى تطورها الحالي والمستقبلي في المدى المنظور، وإشكاليات اقتصادية ترتبط بتكلفة الخيارات والمنظومات المختلفة للاستفادة من الطاقات المتجددة، وإشكاليات مؤسسية تشمل الجوانب والعقبات الإدارية والتنظيمية والقانونية والتشريعية كما تشمل عقبات تتعلق باللوعي بأهمية وجدوى استخدام الطاقات المتجددة. إلا أنه يضاف إلى ذلك بالنسبة للإشكاليات الخاصة بطاقة الرياح إشكاليات بيئية حيث أن لطاقة الرياح بعض الآثار البيئية المحدودة وإن كانت لا تمثل أمرا خطيرا. وسوف نعرض فقط بشيء من التفصيل للإشكاليات التي تميز استخدامات طاقة الرياح عن نظيرتها للطاقة الشمسية التي تعرضنا لها في الباب السابق مع الإشارة باختصار للإشكاليات المتشابهة.

٥-١ إشكاليات تتعلق بطبيعة مصدر طاقة الرياح

أهم خصائص طاقة الرياح هو التغير المستمر والطبيعة العشوائية لقيم واتجاهات سرعات الرياح. وأهم ما يميز هذه التغيرات ارتباطها الشديد ليس فقط بالموقع وإنما أيضا بالارتفاع في هذا الموقع وأيضا بالتغيرات الزمنية بمرور الوقت لنفس الموقع، مما يحد من فائدة القياسات على مساحات واسعة من الأرض أو القياسات الإقليمية والخرائط المناخية المتاحة من الأرصاد الجوية خاصة إن كانت لفترات زمنية قصيرة. وفي الواقع فإن تغير الموقع بضعة كيلومترات أحيانا ما يؤدي لتغيرات هامة في سرعات الرياح طبقا لطبوغرافية الأرض في المواقع المختلفة، ويعد من الصعب والمكلف في نفس الوقت نشر شبكة واسعة جدا من أجهزة القياس المكلفة، لذا يتطلب الأمر تقييم المواقع المختلفة مسبقا لاختيار أنسب المواقع المحتملة والتي يمكن إقامة منظومات رياح بها، ثم عمل قياسات متعددة لسرعات الرياح وسائر المتغيرات الأخرى في هذه المواقع المحتملة المختارة وذلك على ارتفاعات مختلفة ولفترات ينبغي ألا تقل عن عام بأي حال من الأحوال – ويفضل ثلاثة أعوام إن كان ذلك ممكنا – حتى يمكن اختيار أنسب المواقع [٩١ و٩٥].

٥-٢ الإشكاليات التكنولوجية لاستخدام طاقة الرياح

تتعدد هذه الإشكاليات من إشكاليات عامة لكافة الخيارات التكنولوجية لاستخدام طاقة الرياح، إلى اشكاليات ترتبط بنوع الخيار موضع الاعتبار والتطبيق المناظر وسوف نعرض لها باختصار.

٥-٢-١ الإشكاليات التكنولوجية العامة لاستخدام طاقة الرياح

٥-٢-١-١ انخفاض الكفاءة العملية

تنخفض الكفاءة العملية لتوربينات الرياح عن الكفاءة النظرية القصوى للأسباب الآتية:

١- لا تزيد القدرة لتوربينة معينة بزيادة سرعة الرياح عن السرعة التصميمية بل تقل نتيجة لضرورة التحكم في سرعة التوربينة ومكونات منظومة الاستفادة من طاقة الرياح بكاملها.

٢- تنخفض كفاءة منظومات الرياح خارج مدى معين لسرعات الرياح أي أن لها مدى كفاءة معين يناظر مدى سرعات معين.

٣- بالنسبة لمعظم منظومات تحويل سرعات الرياح لطاقة مفيدة فإن التغيرات في عزم الإدارة وبالتالي القدرة والطاقة الناتجتين تبعا لتغير سرعات الرياح لا تتبع قانون التناسب الطردي مع مربع السرعة إلا عند سرعة دوران معينة لمحور الدوران الرئيسي تناظر سرعة رياح معينة وهي السرعة المثلى أو السرعة التصميمية.

وغني عن الذكر بأن الكفاءة الإجمالية للمنظومة بأكملها سوف تنخفض أكثر وأكثر نتيجة لأخذ كفاءة المكونات الأخرى غير التوربينة في الاعتبار.

٥-٢-١-٢ اشكاليات تلف وتعطل منظومات طاقة الرياح نتيجة العواصف والأعاصير

برغم كافة الاحتياطات السابق ذكرها لمواجهة أخطار وأضرار الزيادات العالية في سرعات الرياح والتي أدت بالفعل لتخفيض هذه الأخطار والأضرار للحد

الأدنى حاليا، إلا أنه لا يمكن استبعاد هذا الاحتمال كلية خاصة في ضوء احتمالات وصول الأمر لحد التدمير شبه الكامل لمنظومة الرياح بأكملها وما ينتج عنه من أضرار اقتصادية جمة. إلا أنه من حسن الحظ أنه يندر أن تتعرض مصر لمثل هذه الظروف الجوية، وإن كان هذا الاحتمال ليس بمستبعد كلية.

٥-٢-٢ الإشكاليات التكنولوجية المرتبطة بالاستخدامات الميكانيكية لطاقة الرياح

كما سبق ذكره فإن أهم هذه التطبيقات هو ضخ المياه الذي يتطلب أن تكون التوربينة فوق البئر مباشرة أو أقرب ما تكون منه. وقد لا يتوافق موقع البئر مع أفضل موقع لسرعات الرياح، هذا بالإضافة إلى أن الطبيعة المتغيرة والعشوائية لسرعات الرياح مما يحتم نوعا من التخزين يقتصر في هذه الحالة على المياه الناتجة. إضافة إلى ذلك فإنه في حالة استخدام طاقة الرياح لا يمكن استبعاد فقدان الطاقة الناتجة كلية لأيام قليلة نتيجة لخمود سرعات الرياح أو للعواصف، الأمر الذي يقصر استخدام الضخ الميكانيكي على ري المحاصيل غير الحساسة للعطش والتي لا تتطلب الري اليومي مثلا.

٥-٢-٣ الإشكاليات التكنولوجية المرتبطة باستخدام منظومات الرياح المستقلة لإنتاج الكهرباء

نتيجة للطبيعة الاحتمالية والعشوائية لتغير سرعات الرياح فكثيرا ما يتطلب الأمر أن تشمل مكونات المنظومة منظومة بطاريات تخزين كهربي للموائمة بين مصدر الرياح واحتياجات الأحمال كحد أدنى أو للتخزين القصير الأمد أحيانا، وأيضا منظومة داعمة يغلب أن تكون مولد ديزل وهو ما يزيد من تعقيد المنظومة – وعلى الأخص تعقيد وحدة التحكم الرئيسية في المنظومة بكاملها – بالنسبة للأحمال الحرجة التي تتطلب الإمداد بالطاقة الكهربية في كل الظروف مثل أحمال وحدات الاتصالات النائية وأحمال أجهزة الإنذار الملاحي والجوى. كافة منظومات استغلال طاقة الرياح – وخاصة منظومات الرياح المستقلة والمعزولة لإنتاج الكهرباء – تتطلب صيانة متخصصة سواء بالنسبة للصيانة الدورية والوقائية أو لصيانة الأعطال على وجه الخصوص نتيجة لتعدد المكونات والتي تكون على

درجة لا بأس بها من التعقيد. الأمر الذي لا يسهل توافره في الأماكن النائية وهو ما يساهم في رفع تكلفة التشغيل نتيجة للاحتياج للفنيين والمهندسين المتخصصين مما يمثل إشكالية مزدوجة تكنولوجية واقتصادية.

٥-٢-٤ الإشكاليات التكنولوجية المرتبطة باستخدام منظومات لتوليد الكهرباء بالارتباط بالشبكة

يمكن إجمالا تلخيص إشكاليات استخدام منظومات الرياح لتوليد الكهرباء بالارتباط بالشبكة في التأثيرات السلبية المحتملة على كل من جودة ونوعية القدرة المولدة، واتزان الشبكة الإجمالي، والتحكم المركزي المطلوب للشبكة، واحتياطي التوليد الديناميكي المطلوب. لذا يجب أن تولى هذه الإشكاليات اهتمام خاص في ضوء احتمالات تزايد القدرة المولدة من منظومات الرياح وما يتبعها من زيادة في نسبة مساهمة الرياح في إجمالي القدرة المولدة. ويمكن إجمال هذه الإشكاليات في إشكاليات على المستوى الإجمالي للشبكة Macro Scale Issues وعلى المستوى الصغير لكل توربينة أو مجموعة محدودة من التوربينات تشكل وحدة متكاملة Micro Scale Issues.

٥-٢-٤-١ إشكاليات المستوى الإجمالي للشبكة

وترتبط باحتمالات توصيل عدد ضخم ومؤثر من مولدات الرياح بالشبكة مما يزيد من مساهمتها في إجمالي القدرة الكهربية المولدة، وذلك لان هذه التوربينات تنتشر على مساحات واسعة من الأرض بالمقارنة بمحطات القوى الضخمة التقليدية، الأمر الذي يؤدى إلى ضعف التحكم المركزي الفعال في معدلات توليد الكهرباء من الرياح مما يؤثر على اتزان الشبكة كلها وذلك عن طريق حدوث تغيرات في الجهد والتردد للتيار الكهربي المولد نتيجة تغير سرعات الرياح تؤدى إلى حيود عن القيم المطلوبة طبقا للمواصفات القياسية.

وتتزايد هذه المشكلة بتطبيق نظام التعامل مع المنتجين المستقلين للكهرباء Independent Power Producers (الخصخصة) الذي تسعى وزارة الكهرباء والطاقة لتطبيقه، حيث يقع عبء تصحيح حيود الجهد والتردد في جميع الحالات

على محطات توليد القوى وهو ما يمثل عبئا إضافيا على جهاز التحكم المركـــزي للشبكة في تنظيم دخول وحدات التوليد المختلفة بما يصحح الحيود المذكـــور ومـــا ينتج عن ذلك من وحدات تحكم إضافية مطلوبة، وأساليب تحكـــم اكـــثر تطـــورا وتعقيدا. الأمر الذي يتطلب أن تدرس بعناية النسبة القصـــوى لمنظومـــات توليـــد الكهرباء من الرياح المسموح بدخولها للشبكة. ويضاف إلى ما تقدم من تغير للجهد والتردد الناتجين عن مولدات الرياح وتأثير ذلك على الاتزان الديناميكي للشـــبكة أمران على أقصى قدر من الأهمية:

أولهما: هو حدوث فصل فجائي لعدد كبير من توربينات الريـــاح نتيجـــة لحـــدوث موجات من سرعات عالية جدا للرياح أو عواصف شديدة كما سبق بيانـــــه ويمكن أن يناظر تأثير ذلك دخول أحمال ضخمة بصورة فجائية للشـــــبكة، وينبغي أن تستجيب الشبكة لذلك بأكبر سرعة ممكنة بدخول محطات التوليد الاحتياطية للخدمة، وإلا انخفض جهد الشبكة وترددها مما قد يؤدي في حالة استمرار ذلك لمشاكل خطيرة قد تصل لفصل أجزاء كاملة من الشبكة عـــن الخدمة.

ثانيهما: هبوب عاصفة فجائية محدودة أي ازدياد فجائي لسرعات الرياح ولكن ليس للحد الذى يتطلب فصل التوربينات مما يؤدى لزيادة فجائية للقـــدرة الكهربيـــة المولدة لعدد كبير من التوربينات، ويمكن أن يناظر تأثير ذلك فصل أحمـــال ضخمة عن الشبكة، الأمر الذي يجب أن تســـتجيب لـــه الشـــبكة بدورهـــا بتخفيض القدرة المولدة منعا لفقدان الاتزان الديناميكي، وعموما هذا العـــامل أقل خطورة من السابق.

وهذين الأمرين يتطلبان وجود نظام متطور وفعال وذو كفـــاءة عاليـــة للتنبـــؤ الجوي عن طريق الأرصاد الجوية المختلفة، حتى يمكن الاستعداد لـــهذه المشـــاكل مسبقا بما يسمح بمواجهتها بكفاءة وفعالية. كما توجد تأثيرات سلبية محتملـــة علـــى نقل وتوزيع الطاقة الكهربية تشمل العوامل الآتية:

أولا : تأرجح القدرة المولدة من الرياح بسبب تغير الجهد وتغير التردد بدرجـــة أقـــل، الناتج عن تغير سرعات الرياح والذي يظهر تأثيره على سبيل المثـــال فـــي

ارتعاش الإضاءة وتغير سرعات المحركات، ويمكن التغلب أو على الأقل التقليل من هذا العامل عن طريق توصيل مولدات الرياح بالشبكة على الجهد المرتفع، أعلى من ٣٣ كيلو فولت كحد أدنى، لامتصاص أو استيعاب هذه التأرجحات.

ثانيا : احتمالات انخفاض جهد الشبكة نتيجة التيارات الكهربية العالية المسحوبة من الشبكة بواسطة مولدات الحث عند بدء الحركة والتي تعمل في الواقع كمحركات حث لبدء الحركة حتى الوصول لسرعة التشغيل ثم تتحول لمولدات، مما يؤدي لاحتمال انخفاض جهد الشبكة نتيجة هذه التيارات الكهربية العالية المسحوبة، ويمكن التغلب أو التقليل من تأثير هذا العامل عن طريق تنظيم دخول مولدات الرياح كل على حدة أو كل مجموعة قليلة من المولدات، وذلك بطريقة متعاقبة على التوالي على فترات زمنية متتالية قصيرة تسمح للشبكة باستيعاب تغيرات الجهد نتيجة التيارات المسحوبة لبدء الحركة.

ثالثا : القدرة غير الفعالة Reactive Power المسحوبة بواسطة مولدات الحث وتأثيراتها السلبية على زيادة معامل القدرة Power Factor وهو أمر غير مرغوب فيه نظرا لتسببه في زيادة التيارات المتدفقة في الشبكة دون استخدام فعلي، ويمكن تقليل والتغلب على هذا العامل بتوصيل مكثفات كهربية بمولدات الحث.

٥-٢-٤-٢ *إشكاليات المستوى الصغير*

وتشمل التأثيرات السلبية المحتملة لتوربينات الرياح كمصدر متغير وأحيانا منقطع للقدرة نتيجة لطبيعة مصدر الرياح المتغيرة. وتكون هذه الإشكاليات محدودة وغير مؤثرة عندما تكون مساهمة مولدات الرياح محدودة وتتزايد بتزايد هذه المساهمة، وتتوقف هذه المشاكل بدرجة مؤثرة على نوع المولد الكهربي والذي يعد جزءا لا يتجزأ من منظومة استغلال طاقة الرياح، وما إذا كان المولد من النوع المتزامن أو من نوع الحث. والمولدات المتزامنة اكثر تعقيدا وتتطلب تحكم معقد

ومكلف ولذلك فلا يزال استخدام مولدات الحث هو السائد في الغالبية العظمى من مولدات الرياح المرتبطة بالشبكة.

٥-٣ الإشكاليات البيئية المتبادلة لاستخدام طاقة الرياح

وهي إشكاليات متبادلة لأنها تشمل تأثيرات سلبية للبيئة على استخدامات طاقة الرياح ترتبط في مصر بالتلوث الناتج أساسا عن الأتربة والرمال. وتأثيرات سلبية محدودة نسبيا على البيئة ناتجة عن استخدام طاقة الرياح وهو أمر يميز استخدامات طاقة الرياح عن غيرها من استخدامات أنواع الطاقة المتجددة الأخرى. وسوف نوضح هذه الإشكاليات ببعض التفصيل فيما يلي.

٥-٣-١ إشكاليات التأثيرات السلبية للبيئة على استخدامات طاقة الرياح

وأهم التأثيرات البيئية السلبية على الإطلاق في الظروف المصرية السائدة هو التلوث الترابي والرملي وخاصة في حالات العواصف الرملية والترابية في الخماسين. ففي مصر ترتبط سرعات الرياح العالية بإثارة الأتربة والرمال، وهو أمر غير مطلوب ويؤثر سلبيا على أداء منظومات الاستفادة من طاقة الرياح ويحدث ذلك التأثير السلبي في اتجاهين أساسيين:

أولهما : هو تراكم الأتربة والرمال على ريش التوربينات الدوارة مما يخفض الكفاءة بصورة مؤثرة أحيانا وذلك بسبب زيادة خشونة السطح ومقاومته للهواء العابر والتأثير على الشكل الانسيابي للريش. وهو ما يتطلب تنظيفا دوريا لهذه الريش الأمر الذي يشكل بدوره بعض الصعوبة في المنظومات الضخمة. وعلى سبيل المثال يستخدم في مزارع الرياح بالزعفرانة الجارى حاليا إنشاؤها أبراج يصل ارتفاعها إلى ٤٠ مترا أي ما يعادل عمارة ترتفع أكثر من ١٣ طابقا عن الأرض، ويبلغ قطر الدوار ٤٣ مترا ويستخدم ثلاثة ريش يبلغ طول الواحدة أكثر من ٢١ مترا، وهذا يعطي فكرة عن الصعوبة التكنولوجية الناجمة عن ضرورة التنظيف الدوري للريش وبعد كل عاصفة رملية أو ترابية مما يتطلب توفير أوناش مرتفعة ومضخات مياه قوية لتصل لمثل هذه الارتفاعات وعمالة متخصصة لمثل هذه المهام.

ثانيهما: هو زيادة احتمالات دخول هذه الأتربة والرمال للأجزاء الميكانيكية وخاصة الأجزاء الدوارة مما يسبب مقاومة للحركة الدورانية ويخفض الكفاءة. وفي حالة تزايد تراكم هذه الملوثات داخل الأجزاء الدوارة فيمكن أن يؤدي ذلك لتعطل كامل وأضرار خطيرة بها. ويتطلب التغلب على هذه المشاكل أن تكون الأجزاء الميكانيكية الدوارة أكثر أحكاما لمنع دخول الرمال والأتربة – الأمر الذي لا يمكن تجنبه تماما في جميع الأحوال – كما يتطلب التغلب على هذه المشاكل في نهاية الأمر زيادة برامج الصيانة الدورية وخاصة في أعقاب العواصف الرملية والترابية.

في التحليل الأخير يتسبب العاملين السلبيين المذكورين أعلاه في زيادة في أعباء الصيانة أساسا ثم الإصلاحات والتي تؤدي لزيادة الأعباء التكنولوجية ومن ثم ارتفاع تكلفة التشغيل والصيانة وبالتالي زيادة التكلفة الاقتصادية. ولا يزال الأمر يحتاج لمزيد من البحث لتحديد تأثير التلوث بصورة أكثر دقة على أداء وتشغيل منظومات استخدام طاقة الرياح في مصر خاصة المنظومات الكبيرة لتوليد الكهرباء بالارتباط بالشبكة.

٥-٣-٢ إشكاليات التأثيرات السلبية لاستخدامات طاقة الرياح على البيئة

٥-٣-٢-١ إشكاليات التلوث السمعي

تنتج الضوضاء عن مصدرين أساسين هما دوران التوربينات والريش وتفاعلها مع الهواء Aerodynamic Noise، ودوران الأجزاء الميكانيكية المختلفة مثل صندوق التروس والمولد الكهربي Mechanical Noise، وتتناسب هذه الضوضاء تناسبا طرديا مع زيادة حجم منظومات الرياح وما يتبعه من زيادة في حجم مكوناتها. كما تتناسب الضوضاء تناسبا عكسيا مع البعد عن منظومات الرياح أي تنقص بزيادة البعد. وتنقسم هذه الضوضاء لنوعين أساسيين:

- الضوضاء غير المسموعة Infrasound Noise ذات تردد أقل من ٢٠ ذبذبة في الثانية حيث أن مدى استجابة أذن الإنسان للأصوات والإحساس بها تنحصر في مدى تردد من ٢٠ إلى ٢٠٠٠٠ ذبذبة في الثانية، و يحتمل أن يكون لهذه

الضوضاء غير المسموعة تأثيرات معاكسة على الجهاز التنفسي للإنسان واحتمالات حدوث شعور بالدوار.

- الضوضاء المسموعة وتعد أكثر خطرا وتأثيرا على كل من الأذن الإنسانية والجهاز العصبي الإنساني بكامله، ويتراوح الحد الأقصى المسموح به في دول العالم المتقدم بين ٤٠-٦٤ ديسبيل صوتي عند البعد موضع الاعتبار الأمر الذي يحدد الحد الأدنى المسموح به للاقتراب من تربينة معينة عند الحد الأقصى لسرعة رياح التشغيل.

لهذا يتم تحديد الحد الأدنى المسموح به للاقتراب من توربينة معينة وعادة يحدد ذلك عند الحد الأقصى لسرعة رياح التشغيل [٩١]. ولا توجد في مصر مواصفات قياسية خاصة للحدود القصوى للضوضاء إلا أنه بالاسترشاد بالحدود القصوى المتعارف عليها عالميا، وأخذا في الاعتبار توافر الرياح في أماكن نائية نسبيا فلا يعتقد أن تسبب الضوضاء مشكلة في العوينات وهي ثاني أفضل منطقة من حيث إمكانات الرياح في مصر. أما على سواحل خليج السويس والبحر الأحمر وهي أفضل المواقع لاستغلال طاقة الرياح والتي تتميز أيضا بأنها من أفضل مناطق العالم جذبا للسياحة المحلية والعالمية، فإنه يتم إنشاء مزارع الرياح على بعد كاف من القرى السياحية لتوافر الأرض التي توجد بها مصادر الرياح العالية حتى أبعاد تصل لمئات الأمتار من ساحل البحر.

٥-٣-٢-٢ *اشكاليات التداخل مع الموجات الكهرومغناطيسية*

ويحدث بسبب دوران ريش التوربينات الضخمة عندما توضع في مكان تعترض فيه سير الموجات الكهرومغناطيسية التي تشمل موجات الإرسال الإذاعي والتليفزيوني، وموجات الاتصالات اللاسلكية المختلفة، وموجات الميكروويف. وتعتمد درجة التداخل المذكورة أساسا على نوع المواد المصنع منها الريش ثم البرج، وتزداد في حالة استخدام المعادن وهو أمر لا يمكن تجنبه في حالة الأبراج (الأقل تأثيرا) بينما تصنع حاليا الريش – والتي يمكن أن تكون أكثر تأثيرا لضخامة

مساحتها وحجمها – من اللدائن والألياف الزجاجية والأخشاب وهي مواد قليلة التأثير في نسب التداخل المذكور.

يقل هذا التداخل بزيادة المسافة بين كل من أجهزة الإرسال والاستقبال من ناحية، ومنظومات الرياح من ناحية أخرى، كما يقل التداخل بانخفاض قطر التوربينة والعكس بالعكس، بينما يكون لطبوغرافية الأرض تأثير متفاوت طبقا لموقع كل من وحدات الرياح وأجهزة الإرسال والاستقبال بالنسبة لبعضها البعض [٧٥]. ويعني ذلك في النهاية أن الاختيار المناسب للمواقع لكل من هذه المنظومات يمكن من التغلب على هذه المشكلة التي ينتظر ألا يكون لها تأثير هام في الظروف المصرية التي تتميز بوجود مناطق شاسعة من الأرض شبه خالية من أي أنشطة تتجاوز مساحتها ٩٠% من مساحة البلاد.

٥-٣-٢-٣ الإشكاليات السلبية على جماليات الأماكن

تتجه وحدات الرياح لمزيد من الضخامة من ناحية ارتفاع البرج وقطر ريش التوربينة الأمر الذى يمكن أن يكون له تأثيرات سلبية على جماليات المناظر الطبيعية في الأماكن التي تقام بها منظومات استغلال طاقة الرياح. ولكن الجماليات هي شئ نسبي تتفاوت قيمته طبقا لاعتبارات ثقافية واجتماعية عديدة. ولكنه يظل في النهاية أمر يمكن تفاديه وتحاشي نتائجه السلبية بالاختيار الدقيق لمواقع إقامة توربينات الرياح. وهو أمر من السهل تنفيذه في منطقة ساحل السويس وخليج البحر الأحمر لتوافر مساحات الأراضي ومصادر الرياح على أبعاد مناسبة عن القرى السياحية والمناظر الطبيعية التي كثيرا ما تكون ساحرة بالفعل.

٨-٣-٢-٤ الإشكاليات الإيكولوجية على هجرات الطيور

بسبب ضخامة وحدات الرياح وعلى الأخص ريش توربيناتها فيحدث أحيانا وخاصة بالليل أن تصطدم الطيور بصفة عامة وخاصة المهاجرة منها بصفة خاصة بهذه الريش مما يتسبب في هلاكها. ويتزايد هذا التأثير بزيادة ضخامة ريش التوربينات – وهو أمر متوقع مستقبلا – ووقوع هذه التوربينات في مسار الطيور المهاجرة. ويقدر المعدل العالمي لاحتمالات هلاك الطيور في حدود ٨% من

الطيور العابرة ويحدث ذلك ليلا في الغالب الأعم. ولكن لحسن الحظ فإن مناطق مصادر طاقة الرياح الغنية في مصر تقع في أماكن نائية بعيدة عن مسارات الطيور، وإن كان الأمر يحتاج لمزيد من الدراسة لتقدير تأثير مزارع الرياح في مصر على الطيور حاليا ومستقبلا [٩١].

٥-٤ الإشكاليات الاقتصادية لاستخدام طاقة الرياح

تعد الإشكاليات الاقتصادية هي أهم الإشكاليات على الإطلاق، كما أن الإشكاليات الأخرى جميعها تقريبا تترجم لإشكاليات اقتصادية بدرجة أو بأخرى في صورة زيادة في التكلفة. وفي النهاية فإن العوامل الاقتصادية هي التي تحسم القرار الأخير باستخدام طاقة الرياح في المجالات والتطبيقات المختلفة والمدى الذي يمكن أن يصل إليه هذا الاستخدام.

تنقسم التكلفة الإجمالية بصفة عامة لتكلفة استثمارية لإنشاء المنظومة تشمل تكلفة الأرض والمعدات وتكلفة التركيب والاختبار تمهيدا لبدء التشغيل، وتكلفة جارية تشمل تكلفة التشغيل والصيانة بأنواعها. وسوف نعالج فيما يلي الإشكاليات الاقتصادية للتكاليف الاستثمارية والجارية، بالإضافة للإشكاليات الاقتصادية الأخرى الخاصة بمنظومات توليد الكهرباء من الرياح المرتبطة بالشبكة وإشكاليات جمود اللوائح المالية الحكومية.

٥-٤-١ إشكاليات التكلفة الاستثمارية المبدئية لاستخدام طاقة الرياح

ترتفع التكلفة المبدئية الرأسمالية أو الاستثمارية للمعدات والمنظومات بصفة رئيسية بالمقارنة بنظيرتها من منظومات ومعدات الطاقة التقليدية والتي تنتج نفس الكمية من الطاقة وذلك للأسباب التالية:

١- انخفاض كثافة طاقة الرياح بالنسبة لوحدة المساحات من الأرض وإن كانت طاقة الرياح تعد في موقف أفضل كثيرا بالمقارنة بالطاقة الشمسية نظرا لأن الاستفادة منها تكون في المستوى الرأسي مما يقلل نسبيا من تكلفة الأرض. إلا أن كثافة الطاقة المتاحة بالنسبة لوحدة الحجم من الهواء تظل منخفضة

نوعا مما يتطلب مساحة أكبر من المعدات ممثلة في ريش الدوارات والمراوح بصفة خاصة لتجميع الطاقة المطلوبة مما يرفع من تكلفة منظومات الاستفادة من طاقة الرياح.

٢- صغر حجم أسواق معدات ومنظومات طاقة الرياح النسبي بالمقارنة بنظائرها من أسواق معدات ومنظومات الطاقة التقليدية رغم أن طاقة الرياح تعد في موقف أفضل من جميع أنواع الطاقات المتجددة الأخرى بسبب الاتساع النسبي لحجم أسواقها مقارنة بغيرها من الطاقات المتجددة. ويؤدي ذلك إلى عدم الاستفادة من اقتصاديات الحجم الكبير. إلا أن هذا العامل يقل تأثيره بمرور الوقت نظرا للاتساع المتزايد لهذه الأسواق باستمرار نتيجة الاتساع المستمر لنطاق الاستخدام من ناحية، والاتجاه المستقبلي المتزايد لزيادة أحجام توربينات الرياح وما يؤدي إليه من انخفاض تكلفة وحدة القدرة المركبة.

٣- التغيرات المستمرة والعشوائية في طبيعة مصادر طاقة الرياح مما يتطلب منظومات تحكم معقدة تؤدي لرفع التكلفة الاستثمارية. إلا أن هذا الأمر يعادله توافر طاقة الرياح معظم الوقت ليلا ونهارا مما يقلل الاحتياج لمنظومات التخزين، بل ويلغيه في حالة المنظومات المرتبطة بالشبكة، مقارنة بالأهمية القصوى للتخزين في حالة الطاقة الشمسية في كثير من الأحيان لعدم توافر المصدر ليلا. إلا أن طاقة الرياح أكثر احتياجا للمنظومات الداعمة خاصة في المنظومات المستقلة والمعزولة لتوليد الكهرباء.

٥-٤-٢ إشكاليات التكلفة الجارية لاستخدام طاقة الرياح

تنخفض التكلفة الجارية لمنظومات الاستفادة من طاقة الرياح لعدم احتياجها لوقود للتشغيل، إلا أن منظومات طاقة الرياح تتميز بالارتفاع النسبي لتكلفة الصيانة بصفة أساسية ثم تكلفة التشغيل بالمقارنة بمنظومات الطاقة الشمسية وخاصة منظومات الخلايا الفوتوفلطية.

٥-٤-٣ الإشكاليات الاقتصادية لمنظومات توليد الكهرباء من الرياح المرتبطة بالشبكة

تعد هذه الإشكاليات أكثر تعقيدا من غيرها من الإشكاليات الاقتصادية، حيث أن الشبكة الكهربية يتصل بها أنواع متعددة من محطات توليد القوى الكهربية، وعند النظر لاعتبارات التكلفة المبدئية الرأسمالية والاستثمارية والتكلفة الجارية لأي من محطات التوليد المذكورة فإن العلاقة بينها عادة ما تكون عكسية. بمعنى أن تخفيض التكلفة الجارية للتشغيل - ممثلة أساسا في تكلفة الوقود للمحطات التقليدية - يتطلب تحقيقها زيادة في الاستثمارات لتحسين الكفاءة وظروف التشغيل مما يعني زيادة في التكلفة المبدئية.

وبصفة عامة فإن نمط مساهمة محطات التوليد من الأنواع المختلفة في الشبكة الكهربية الموحدة يكون بتشغيل المحطات ذات تكلفة التشغيل المنخفضة لأطول وقت مع دخولها للخدمة أولا للوصول لأفضل اقتصاديات للتشغيل. والهدف النهائي هو الوصول للمزيج الأمثل بين نسبة مساهمات كافة مصادر الطاقة الأولية المتاحة للتوليد الكهربي - ومن بينها طاقة الرياح - الذى يعطي أقل سعر للكيلووات ساعة سنويا أخذا في الاعتبار كافة العوامل السابقة من تكلفة استثمارية وجارية وأيضا العمر الافتراضي لكافة أنواع وحدات التوليد المساهمة في الشبكة.

تتراوح تقديرات تكلفة الكيلووات.ساعة المنتج من طاقة الرياح عالميا من ٣,٥ إلى ٧ سنت أمريكي، بينما تقدر التكلفة المتوقعة للكيلووات.ساعة المنتج من مزارع الرياح المرتبطة بالشبكة والجاري حاليا إنشاؤها في الزعفرانة في مصر بحوالي ٣-٤ سنت أمريكي على مدى العمر الافتراضي لمحطات الرياح مقارنة بتكلفة الكيلووات.ساعة المنتج من المحطات الحرارية التقليدية في مصر والذي يقدر بحوالي ٢,٥-٣ سنت أمريكي. وهذه الأرقام توضح أن هذه التكلفة لوحدة الطاقة المنتجة من الرياح يمكن أن تكون منافسة للطاقة التقليدية.

٥-٤-٤ إشكاليات جمود اللوائح المالية الحكومية

تعامل اللوائح والقواعد المالية والاقتصادية التي تتبعها وزارات القطاع الاقتصادي مثل وزارة المالية والاقتصاد والتعاون الدولي والمنظمة للمنح والقروض للهيئات المختلفة بأنها إما هيئات بحثية علمية لا تستهدف الربح أو هيئات اقتصادية لابد وأن تحقق عائدا اقتصاديا، مع الاستفادة بالطبع من إعفاءات الضرائب وغيرها من الميزات في فترة ٥-١٠ سنوات الأولى. ولا يؤخذ في اعتبار مثل هذه اللوائح والقواعد المنظمة المشروعات الحقلية أو التجريبية أو شبه التجارية أو المشروعات التي تهتم بالتكنولوجيات شبه الناضجة التي شارفت مرحلة الاستغلال التجاري وتحتاج لبعض التطوير والموائمة للظروف المحلية لإمكان الدخول لمرحلة الاستغلال التجاري.

تحتاج مثل هذه المشروعات لفترة زمنية للتطوير ، كما أن تكلفتها عادة ما تكون مرتفعة نتيجة لتزويد المعدات بعديد من منظومات القياس لجمع البيانات ومنظومات لتحليل البيانات على الحاسب والعديد من المعدات التي تسمح بتعديل ظروف التشغيل وتطويره لتحسين الأداء واختيار البدائل المختلفة للتشغيل مما يرفع التكلفة المبدئية للمعدات والمنظومات. كذلك فإن هذه المشروعات يرتبط بها عادة العديد من برامج التدريب المكثفة للمهندسين والخبراء وبرامج لنقل المعرفة Technology Transfer والتي تعد ضرورية لتطوير هذه المنظومات لمواءمتها للظروف المحلية ثم تشغيلها وصيانتها بعد ذلك بنجاح. وأحيانا ما تحمل هذه التكلفة الإضافية على تكلفة المعدات وأحيانا ما تضاف كبند مستقل، إلا أنها في جميع الأحوال تساهم في رفع تكلفة المشروع الإجمالية بصورة أكبر من تكلفته المتوقعة حال دخوله مرحلة الاستخدام التجاري الفعلي. وتعد هذه التكلفة الزائدة أمرا لا يمكن تجنبه لأنها تغطي تكلفة معدات وخدمات ضرورية لا يمكن الاستغناء عنها كما أنها تستغرق وقتا يقدر بعدة سنوات.

وبالرغم من أنه في الغالبية العظمى من الحالات تعد مثل هذه المشروعات منح خالصة ونادرا ما تشمل نسبة من القروض المحدودة، إلا أن اللوائح والقواعد المالية تنظر لها كمشروعات اقتصادية لا يتناسب العائد منها مع تكلفتها أى مشروعات

خاسرة. وهو أمر قد يبدو في ظاهره صحيح إلا أنه غير صحيح في الواقع بالنظر لاحتمالات التطور المستقبلية المشجعة. وهو ما يؤدي أحيانا لإحجام الهيئات والجهات الحكومية المختلفة عن تنفيذ بعض هذه المشروعات منعا لمواجهة أسلوب المحاسبة المذكور.

من ناحية أخرى فإن العديد من مشروعات الطاقة المتجددة تناسبه الأحجام الصغيرة والأماكن النائية مثل مشروعات الرياح المستقلة أو مشروعات الخلايا الفوتوفلطية. وهذه المشروعات يتم تنفيذها لدى جهات مضيفة لا تتبع عادة الجهات المنفذة فعليا. ومن المفروض أن تتولى هذه الجهات المضيفة مسؤولية التشغيل والصيانة بعد انتهاء الأعمال الإنشائية للمشروع وبدء تشغيله مما يتطلب نقل أصول المشروع لهذه الجهات المضيفة بصفتها المالك الجديد والتي تكون بدورها أكثر إحجاما في قبول مثل هذا النقل الضروري لضمان مسئولية التشغيل والصيانة لمعدات مملوكة لها بالفعل – بالرغم من أنه بدون تكلفة فعليه – وذلك لنفس أسباب أساليب المحاسبة الاقتصادية السابق ذكرها والتي سوف تضيف قيمة هذه المشروعات الدفترية للجهات المضيفة التي نقلت إليها الأصول بصفتها المالك الجديد.

وبالنسبة للمشروعات التي تستخدم تكنولوجيات جديدة وسريعة التطور مثل الطاقة المتجددة فمن الأهمية بمكان تطوير لوائح وقواعد مالية واقتصادية مرنة تمكن من التعامل مع مثل هذه المشروعات الحقلية وشبه التجارية والجهات القائمة على تنفيذها، الأمر الذي يحده الجمود المعروف لهذه اللوائح والقواعد في مصر وصعوبة استجابتها للتغيرات المطلوبة بالسرعة الواجبة.

٥- ٥ الإشكاليات المؤسسية لاستخدام طاقة الرياح في مصر

تتشابه أيضا إلى حد بعيد الإشكاليات المؤسسية لاستخدام طاقة الرياح مع نظيرتها للطاقة الشمسية السابق التعرض لها بشيء من التفصيل. ويرتبط اتساع نطاق استخدام طاقة الرياح، بل وكافة مشروعات الطاقة المتجددة المرتبطة بالشبكة بمتطلب ومفهوم رئيسي وهو ضرورة إمكان بيع الطاقة الكهربية المولدة من المنظومات غير المملوكة لهيئات الكهرباء لهذه الهيئات عند وجود فائض منها، أو

شراء هذه الطاقة في حالة العجز نتيجة على سبيل المثال لخمود سرعات الرياح أو العواصف الشديدة التي تؤدى لإيقاف التشغيل آليا.

وقد صدرت منذ نهاية الثمانينات وبداية التسعينات التشريعات والقواعد الهندسية المنظمة لذلك في الدول المتقدمة Independent Power Producers (IPP) Regulations والتي تنظم قواعد ربط مولدى الطاقة الصغار نسبيا بالشبكة وأساليب تبادل الطاقة وأسعار البيع والشراء في الاتجاهين وذلك لتشجيع التوليد المحلي للكهرباء في المصانع عن طريق استرداد الحرارة المفقودة على سبيل المثال وغير ذلك من الأساليب وعلى رأسها استخدامات الطاقة المتجددة المختلفة. ولا توجد في مصر حتى الآن مثل هذه القواعد والنظم والتشريعات ويتطلب الأمر النظر بعين الاعتبار لتنظيم ذلك.

٦- إمكانات استخدام طاقة الرياح في مصر

بدأ الاهتمام المنهجي باستخدام الطاقة المتجددة في مصر في نهايات خمسينات القرن العشرين بإنشاء معمل الطاقة الشمسية كأحد معامل المركز القومي للبحوث المتخصصة، كما بدأ الاهتمام في وزارة الكهرباء والطاقة منذ النصف الثاني للسبعينات باستخدام مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة بينما بدأ تنفيذ مشروعاتها منذ عام ١٩٧٨، وأسفر هذا الاهتمام عن قيام وزارة الكهرباء والطاقة بالتعاون مع كافة الجهات المهتمة بالطاقة المتجددة في بدايات الثمانينات، بوضع استراتيجية قومية للاستخدام الأمثل لمصادر الطاقة المتجددة حتى عام ٢٠٠٠، وتزايدت أنشطة الطاقة المتجددة بسرعة في الفترة اللاحقة حيث كانت تتبع جهاز الدراسات والبحوث والتطوير بهيئة كهرباء مصر التابعة لوزارة الكهرباء والطاقة.

وأسفر التزايد السريع للأنشطة عن إنشاء هيئة تنمية واستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة في منتصف عام ١٩٨٦ كهيئة متخصصة تتبع وزارة الكهرباء والطاقة، وذلك لتختص بتنمية استخدام مصادر الطاقة المتجددة وتطوير وأقلمة تقنياتها للظروف المحلية، مع تعميق القدرات المحلية لإنتاج وتصنيع وتطوير واستخدام معداتها في المجالات التطبيقية المختلفة، للمساهمة في الحد من استهلاك الوقود البترولي، وبالتالي حماية البيئة من التلوث، وبحيث تقدم هيئة الطاقة الجديدة

والمتجددة الإطار المؤسسي والتنظيمي لتطبيق استراتيجية الطاقة المتجددة، وبحيث تمثل بؤرة للجهود المبذولة على المستوى القومي لتطوير تكنولوجيات الطاقة المتجددة في مختلف الجهات بهدف نشرها في مصر على المستوى التجاري. وينبغي التأكيد على أن ذلك لا يعني احتكار أنشطة الطاقة المتجددة وإنما التنسيق بينها لدعم تحقيق الهدف الأساسي لنشر استخداماتها على النطاق التجاري في مصر.

وقد قامت هيئة الطاقة المتجددة في إطار سعيها لتطبيق استراتيجية الطاقة المتجددة بمراجعة وتحديث هذه الاستراتيجية بصفة دورية لتعكس مستوى تطور تكنولوجيات الطاقة المتجددة واقتصادياتها بالمقارنة بالطاقة التقليدية المنافسة، وأيضا لتعكس احتياجات مصر وأولوياتها المختلفة المتغيرة. وقد كان هدف هذه الاستراتيجية خلال عام ١٩٨٢ توفير ٣-٥% من احتياجات مصر من الطاقة الأولية في الفترة ٢٠٠٠-٢٠٠٥ وهو يعد أكثر طموحا من الهدف الحالي بتوفير حوالي ٣% من احتياجات الطاقة الكهربية في مصر بحلول عام ٢٠١٠ باستخدام كل من محطات الرياح الكبرى لتوليد الكهرباء وأيضا المحطات الشمسية الحرارية لتوليد الكهرباء بالإضافة إلى مساهمات أخرى من تطبيقات الطاقة المتجددة المختلفة وعلى رأسها التسخين الشمسي الحراري للأغراض المنزلية والعامة ولأغراض إنتاج حرارة العمليات الصناعية، واستخدام الخلايا الشمسية في المناطق النائية، ومنظومات ضخ المياه باستخدام طاقة الرياح، واستخدام الكتلة الحيوية من المخلفات المدنية والزراعية الصلبة والسائلة لتوليد الطاقة والغاز العضوي. ويعد الهدف الحالي أكثر واقعية وإمكانية للتحقيق وهناك عدة أسباب لهذا التغير أو التخفيض في أهداف الاستراتيجية بيانها كما يلي:

١- الانخفاض المستمر والمتزايد لأسعار البترول خلال ١٥-٢٠ عاما الأخيرة والذي وصل أحيانا إلى ١٠ دولار للبرميل وكان في أغلب الأحيان يدور حول ١٥ دولار للبرميل مقارنة بتوقعات بدايات ثمانينات القرن العشرين والتي كانت تقدر سعرا يتجاوز ٤٠ دولارا للبرميل بحلول عام ٢٠٠٠ مما أدى إلى انخفاض الجدوى الاقتصادية لاستخدام الطاقة المتجددة في مواجهة منافستها ألا

وهي الطاقة التقليدية، وأهم مصادرها هو الوقود البترولي المتوافر حاليا من بترول وغاز طبيعي، ويعد هذا السبب هو أكثر الأسباب أهمية ومحورية.

٢- ارتفاع التكلفة الاستثمارية لمعدات ومنظومات الطاقة المتجددة برغم انخفاض تكلفة التشغيل، بينما يتميز المستهلك المصري بضعف القوة الشرائية بصفة عامة مما يجعله لا يفضل التكلفة المبدئية المرتفعة لمعدات الطاقة المتجددة.

٣- سياسيات دعم أسعار الطاقة التقليدية المنافسة للطاقة المتجددة، والتي استمرت طويلا في مصر حتى وقت قريب، بينما لم تتمتع الطاقة المتجددة بأي دعم مؤثر.

٤- عدم الأخذ في الاعتبار الآثار البيئية والإيكولوجية الإيجابية لاستخدام مصادر الطاقة المتجددة مقابل التلوث الناجم عن استخدام الطاقة التقليدية وتقييم ذلك اقتصاديا. ولا تزال هذه مشكلة لم يتم حلها تماما حتى الآن بصورة مرضية لصعوبة تقييم هذه الآثار كميا.

٥- ضعف الوعي بأهمية وجدوى استخدام الطاقة المتجددة.

وبالرغم من كل ما تقدم فقد حدث تطور كبير جدا في استخدام مصادر الطاقة المتجددة في العامين الأخيرين في مصر حيث تم في عام ٢٠٠١ إنشاء مزرعتي رياح في الزعفرانة بقدرة إجمالية حوالي ١٤٥ ميجاوات. بينما من المخطط الانتهاء من إنشاء المحطة الشمسية الحرارية الأولى لتوليد الكهرباء بالارتباط بالدورة المركبة التي تستخدم الغاز الطبيعي قدرة ١٥٠ ميجاوات خلال عام ٢٠٠٣، أي أن إجمالي ما سوف يتم الانتهاء منه في الفترة ٢٠٠٢-٢٠٠٣ يزيد عن ٣٠٠ ميجاوات ويعادل هذا الرقم عشرات أضعاف ما تحقق خلال أكثر من ٢٠ عاما الماضية، هذا بالإضافة إلى أنه تجرى حاليا المفاوضات لإنشاء ١٥٠-٢٠٠ ميجاوات من مزارع الرياح بحلول عام ٢٠٠٥. إضافة إلى ما سبق، يجرى التفاوض حاليا مع أسبانيا لإنشاء مزرعة رياح قدرتها ٦٠ ميجاوات ومع اليابان لإنشاء مزرعة قدرتها ١٢٠ ميجاوات ومع كندا لإنشاء مزرعة قدرتها ٦٠-٩٠ ميجاوات. وتحدد الخطط العامة للهيئة إنشاء ٦٠٠-٨٠٠ ميجاوات من مزارع الرياح بحلول عام ٢٠٠٧ من بينها حوالي ٣٠٠ ميجاوات بنظام تمويل BOO أو

BOOT أو BOT، بينما تستهدف الخطة بعيدة المدى الوصول لحوالي ٦٠٠٠ ميجاوات سنة ٢٠٢٠، وهناك ما يشير إلى إمكان تحقيق على الأقل جزء هام من الخطة القصيرة حتى عام ٢٠٠٧.

وتجدر الإشارة إلى أن مزرعتي الرياح بالزعفرانة المشار إليهما أعلاه قد تم إنشاؤهما بالتعاون مع كل من الدنمرك وألمانيا على التوالي حيث ساهمت الدنمرك بجزء مؤثر من تكلفة المشروع الإجمالية المبدئية أو الاستثمارية حيث تقسم هذه المساهمة إلى حوالي ٦٠% منحة لا ترد والباقي قرض ميسر يسدد على عشرة أعوام بفائدة مخفضة، كما ساهمت ألمانيا أيضا بجزء مؤثر يقسم إلى حوالي ٢٥-٣٠% منحة لا ترد والباقي قرض ميسر للغاية لفائدة منخفضة في حدود ١% يسدد على أربعين عاما ويشمل فترة سماح قدرها عشرة أعوام. ويعزي ذلك للاهتمام المتزايد أخيرا بالبيئة والتلوث الناتج عن حرق الوقود التقليدي والاتفاقيات المتلاحقة للحد من انبعاث غازات الاحتباس الحراري والتي تمت ترجمتها لبرامج تطبيقية فعلية مثل آلية التنمية النظيفة، وهو ما يؤكد أن مستقبل الطاقة المتجددة في مصر وفي العالم كله سوف يرتبط إلى حد بعيد بدرجة الاهتمام العالمي بالبيئة ومنع التلوث.

obeikandl.com