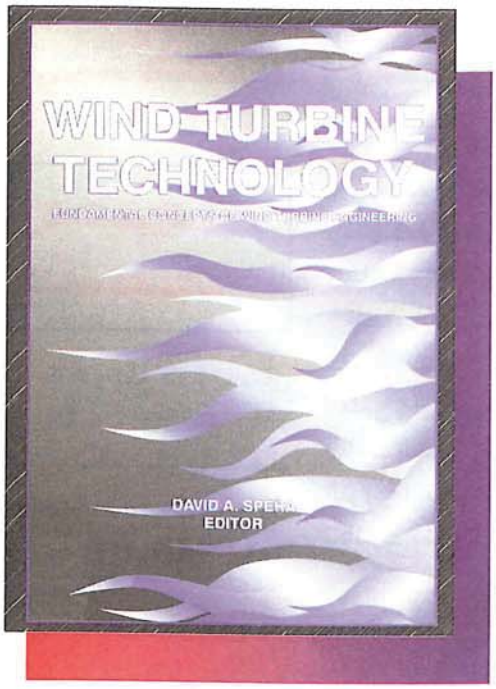

تقنية العنفات (التوربينات) الريحية
الأسس الهندسية لعنفات طاقة الرياح

Wind Turbine Technology: Fundamental concepts in wind Turbine Engineering

د . أسامة أحمد العاني

يعد كتاب "تقنية العنفات الريحية ـ الأسس الهندسية لعنفات طاقة الرياح" من الكتب النادرة في علوم وهندسة طاقة الرياح والتي هي أحد الفروع التطبيقية الهامة للطاقة المتجددة ، حيث كتب بصورة أكثر جدية مقارنة مع معظم الكتب التي تناولت هذا الموضوع الجديد ـ القديم.

تنبع أهمية بحوث التطوير في تقنية الرياح ـ أحد الفروع التطبيقية لمصادر الطاقة عامة ومصادر الطاقة المتجددة خاصة ـ في كونها تعالج موضوعاً حيوياً قد يسهم بصورة جادة في إنتاج الكهرباء في بقاع مختلفة من العالم بغض النظر عن أسعار الكهرباء التقليدية وتقلب أسعار النفط ، ولذا فما تزال هناك فترة زمنية تحتاجها كافة الاعتبارات الاقتصادية والبيئية والاجتماعية لنظم طاقة الرياح كي تتقدم وتسير بالطريق الصحيح ، وعلى هذا الأساس فإن المحافظة على مصادر الطاقة التقليدية ونظمها سيساعد على تحسين وضبط أسعارها أولاً ، وإطالة عمرها ثانياً وتطوير تقنياتها وكفاءتها ثالثاً.

قام بتأليف فصول هذا الكتاب باللغة الانجليزية مجموعة من الأخصائيين والباحثين العاملين في مجال تقنية طاقة الرياح باشراف د. **دافيد سبرا** (David A. Spera) والذي قام بتجميع وتنسيق الكتاب بتمويل ومساندة جهات أكاديمية وحكومية وأهلية مختلفة . يعد د. **سبرا** باحث متميز في هندسة طاقة الرياح ، فقد أشرف على مشاريع عدة أهمها مشروع تطوير نماذج العنفة الريحية ذات القدرة ١٠٠كيلووات والذي تم تمويله من قبل وزارة الطاقة الأمريكية ووكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) ، أما طباعة ونشر هذا الكتاب فقد تم بواسطة الجمعية الأمريكية للهندسة الميكانيكية ـ نيويورك في عام ١٩٩٤ ـ ١٩٩٥م ، (ASME Press).

يحتوي الكتاب على نماذج رياضية للعنفات الريحية التي يمكن أن تساهم في المستقبل القريب في توليد الطاقة الكهربائية في مختلف دول العالم ، كما يشمل الكتاب دراسات اقتصادية وبيئية لنظم طاقة الرياح بمختلف أنواعها وأحجامها.

يعالج الكتاب أسس وهندسة طاقة الرياح بطريقة أكاديمية حيث يتناول تصاميم عملية وطرقاً تحليلية لعنفات طاقة الرياح المختلفة ، ثم الدروس المستفادة من جراء تشغيلها ، لذا عولجت المفاهيم الفيزيائية بطريقة رياضية غير معقدة تتخللها معادلات في مجال ديناميكا الموائع، والانشاءات المعدنية ، والتأثيرات الناجمة عن اهتزاز منشآت طاقة الرياح ، والتأثيرات الكهرومغناطيسية والاضطرابات البيئية والضجيج بمختلف أنواعه . كما يتضمن الكتاب دراسات وتحاليل إقتصادية لبعض نظم طاقة الرياح التي تعمل بصورة ذاتية (مستقلة) أو مرتبطة مع شبكة الكهرباء الرئيسية.

يشمل الكتاب ـ من خلال ٦٣٨ صفحة من القطع العادي ـ ثلاثة عشر فصلاً وأربع ملحقات وأشكال وجداول ومراجع كثيرة تغطي موضوعات عدة.

يتناول **الفصل الأول** للكتاب ـ ألفه **أ.د دنيس شيفر** (جامعة كورنل ـ الولايات المتحدة) ـ المراحل التاريخية المختلفة لتطور الطواحين الهوائية (كآلات ، وطحن الحبوب ، وضخ المياه) خلال حقبة زمنية تعود إلى أكثر من أربعة عشر قرناً مغطية التجربة الإسلامية العربية ثم الفارسية والأوربية فالأمريكية ، كما يبين هذا الفصل رسوماً مبسطة وأشكالاً جميلة وصوراً لمواقع تاريخية تخص التصاميم القديمة آلتي وصلت لها تلك الآلات في ذلك الزمن . كما يغطي الفصل القفزات النوعية التي تحققت في القرن الحالي وخاصة بعد الحرب العالمية الثانية ـ بالتحديد في السنوات ١٩٣٠م ، ١٩٣١م ، ١٩٤١م ـ عندما تم تطوير أول محطة لطاقة الرياح بقدرة (١,٢٥) ميجاوات . ويختتم الفصل بقائمة لمراجع التطورات التاريخية لطاقة الرياح تصل إلى أكثر من ست وأربعين مرجعاً.

يتضمن **الفصل الثاني** الأسس الهندسية للعنفات الريحية الهوائية ذات قدرات تصل إلى (٦٢٥) كيلووات ، (٣,٢) ميجاوات ، حيث تناول مؤلفه ـ **د.دافيد سبرا** (مركز لويس للبحوث ـ ناسا) ـ أداء العنفات الريحية المختلفة بطريقة رياضية ، كما قدم بعض الأمثلة لتحليل التكلفة والجدوى الاقتصادية في هذه الحالة استناداً إلى إحصائيات

الثمانينيات والتسعينيات ، كما ينتهي الفصل بقائمة تضم ستة مراجع.

يستعرض **الفصل الثالث** ـ لمؤلفه **لويس ديفون** (وزارة الطاقة الأمريكية ـ تقنيات الطاقة الشمسية) ـ تجارب هامة للعنفات الريحية الحديثة والتي انتشرت في بعض دول العالم كالدنمارك وفرنسا والمملكة المتحدة وألمانيا وذلك في الفترة ١٩٤٥ ـ ١٩٧٠م . كما أشار المؤلف إلى أهم التطورات الحديثة لنظم طاقة الرياح من خلال برامج وطنية شاملة خاصة في الولايات المتحدة عندما قامت وزارة الطاقة الأمريكية بالتعاون مع وكالة ناسا الفضائية لتطوير نظام عنفة ريحية بقدرة ١٠٠كيلووات (مشروع HAWT) حيث استغرق البرنامج فترة زمنية ـ امتدت من ١٩٧٥ إلى ١٩٨٧م ـ بادخال عنفة بقطر دوران يعادل ٣٨,١ متراً لتقابل سرعة رياح قدرها ٨متراً/ثانية ، إضافة إلى التفاصيل الهندسية لمكونات المحرك الرئيس والشفرات الفولاذية المرافقة ، وكذلك تم مناقشة العنفة الريحية ذات القدرة ميجاوات . كما استعرض الفصل بعض العنفات الحديثة ذات القدرة الكهربائية الأقل نسبياً ـ بين ١ إلى ١٠كيلووات ـ تلائم تطبيقات المناطق النائية ، وعلى سبيل المثال قامت شركات عديدة بطرح بعض النماذج والنظم التجارية التي تصل قدرتها إلى ٢ ، ٤ ، ٦ ، ٨ ، ١١ ، ١٥ ، ٤٠كيلووات ، وكانت الطاقة الكهربائية المنتجة في السنة (كيلووات/ساعة) تعادل على الترتيب ٨٤٠٠ ، ٢٢,٠٠٠ ، ٢٢,٣٠٠ ، ٢٥,٠٠ ، ٣٢,٠٠٠ ، ٥١٠٠٠ ، ١٣٤,٠٠٠ كيلووات ساعة في السنة وتعمل عند سرعة رياح تبلغ ٥,٢متراً/ثانية في المتوسط ، كما يستعرض الفصل البرامج الوطنية في بعض البلدان الأوربية والتي تركز على التصاميم المثلى لشفرات الفولاذية . وينتهي الفصل بقائمة أهم المراجع والتقارير المستخدمة والتي يصل عددها إلى سبعين مرجعاً وتقريراً.

وفي **الفصل الرابع** يتناول المؤلفان **روبرت لينيث و بول جيت** المسؤولين عن شركتين تجاريتين تعملان في تطوير وتسويق نظم وتطبيقات عملية لطاقة الرياح تشمل لمحن الحبوب وضخ وتصريف المياه السقاية، حيث طرح المؤلفان تصاميم عملية بعض العنفات الريحية صغيرة القدرة نسبياً دءاً من آلية الدوران ودوائر التحكم الخاصة الإقلاع والتوقف والتغير المفاجيء وانتهاءً الأبراج والملحقات (كالمبدلات الكهربائية والحثية...) . كما يتضمن الفصل جداول هامة تعطي أبعاد المقاطع الهندسية والمواصفات الفنية لعنفات ريحية ذات قدرات مختلفة بين (٤٠) إلى (٦٠٠) كيلووات . كما يقدم الفصل أحدث التطورات العلمية لمستقبل العنفات الريحية ذات القدرة الكبيرة نسبياً (٢,٥ميجاوات) والتي يمكن ربطها مع الشبكة الرئيسة للكهرباء تحت مسمى مزارع أو محطات طاقة الرياح ، حيث تم استعراض التصاميم المثلى وخطوات الصيانة والتشغيل إضافة إلى التكاليف المرافقة مقارنة مع أسعار النفط ومصادر الطاقة التقليدية الأخرى كالغاز والفحم والوقود النووي ، حيث تبين دراسات الجدوى أن تكلفة إنتاج الكيلووات/ساعة من طاقة الرياح تصل إلى ١,١سنتاً ، والغاز ٤,٢سنتاً ، والنفط ٥,٣سنتاً ، ويختم الفصل بمراجع يصل عددها إلى تسع وثلاثين.

تناول **الفصل الخامس** ـ لمؤلفه أ.د **روبرت ولسون** (جامعة أوريجون ـ الولايات المتحدة) ـ ديناميك الموائع وسلوك العنفات الريحية ، حيث استعرض المؤلف ـ وبطريقة أكاديمية جيدة ـ النموذج الفيزيائي والرياضي لتحليل الأداء وتقويم الاختبار والطاقة المنتجة سنوياً ، كما يقدم الفصل نظريات في ميكانيك الموائع الخاصة لتحريك الهواء الذي يضرب الشفرات الفولاذية باتجاهات وتدفقات مختلفة ، وينتهي الفصل بقائمة لأكثر من سبعين مرجعاً.

يتابع **الفصل السادس** ـ لمؤلفه د. **بيتر ليزامان** (جامعة جنوب كاليفورنيا) ـ ماتم تناوله في الفصل الخامس «التقييم الأمثل للعنفات الريحية» ، ومركزاً على موضوع التدفق الإنسيابي لحركة الهواء حول الشفرات الفولاذية ليصل إلى منحنيات بيانية توضح قيمة النهاية العظمى للقدرة المنتجة من أجل سرعة معينة للرياح.

يناقش **الفصل السابع** ـ لمؤلفه **هارفي هاوبارد** د. **كيفين شيفرد** من وكالة ناسا الأمريكية ـ المؤثرات البيئية للعنفات الريحية وذلك من خلال دراسة مخططات الضجيج ، متناولاً بعض للدراسات والبحوث الخاصة بالآثار البيئية الناجمة عن نظم طاقة الرياح.

تناول **الفصل الثامن** ـ لمؤلفيه د. **والتر فروست** (جامعة تنيسيس لمعاهد الفضاء)، و د. **كارل أسبليدن** (مختبرات باسفيك نورث ـ ويست ـ واشنطن) ـ الخصائص والمميزات الرئيسية للرياح من خلال المقادير الفيزيائية الداخلة فيها . كما يستعرض المؤلفان طرق رصد سرعة الرياح وتوزعها وطرق نمذجتها من خلال دوال توزيع إحصائية . كما يستعرض الفصل أهم أجهزة القياس اللازمة لمحطات رصد الرياح.

يستعرض **الفصل التاسع** ـ لمؤلفيه **أ.د ديباك سينجوبتا** (جامعة دوتروا ـ مرسي في ميشيجان) ، و **أ.د توماس سينيور** (جامعة ميشجان) ـ تداخل الإشعاع الكهرومغناطيسي (EMT) وتغيرات شدته الناجمة عن تشغيل العنفات الريحية ذات القدرة الكهربائية الكبيرة نسبياً . ويناقش الفصل أهم التأثيرات الكهرومغناطيسية على موجات الإرسال والإستقبال التلفزيوني ، وموجات الـ FM ونظم الإتصالات البحرية ، وقنوات الإتصال الميكروي وغيرها ، كما يتضمن الفصل تحليلاً رياضياً لهذه الظاهرة البيئية الهامة والتي تنجم عن التشغيل المتكرر لعنفات طاقة الرياح . وأخيراً يحتوي الفصل على ثمانية وعشرين مرجعاً.

يتناول **الفصل العاشر** ـ مؤلفه **جليدان دومان** (شركة تارانتو لنظم الرياح بإيطاليا) ـ الإعتبارات التصميمية والإنشائية للعنفات الريحية كبيرة الحجم بدءاً من فلسفة ميكانيك الموائع وإنتهاء بالأبعاد الهندسية لمكونات العنفة ، وطرق تشغيلها الأمثل.

تابع الفصل **الحادي عشر** ـ لمؤلفيه الدكتور **روبرت ثريشير** (المختبر الوطني للطاقة المتجددة ـ الولايات المتحدة) **ولويس ميراندي** (شركة جنرال الكتريك) **و توماس كران و دونالد لوبيز** (مختبرات ساندیا الوطنية ـ الولايات المتحدة) ـ النماذج الرياضية الملائمة للمنشآت الميكانيكية لعنفة ريحية نموذجية، حيث تم وضع مصفوفات ثلاثية الأبعاد يمكن بموجبها إيجاد توزيع الأعمال الهوائية التي تسقط على الشفرات الفولاذية ، ثم حساب عزم القصور الناشيء عند الدوران ، والمقادير الفيزيائية التي تتحكم بالتشغيل وتحريك الشفرات مختلفة الأنواع والأحجام ، وأخيراً ينتهي الفصل بقائمة تضم إثنى عشر مرجعاً.

يستعرض **الفصل الثاني عشر** ـ للمؤلف والمنسق الرئيسي لهذا الكتاب د. **دافيد سبرا** ـ الصعوبات والأعطال الميكانيكية المفاجئة للعنفات الريحية والتي قد تنجم عند التشغيل ، وقد استطاع المؤلف أن يترجم ذلك إلى معاملات رياضية ومعادلات تقريبية ثم تعيينها بسهولة . وقد بلغ عدد المراجع في هذا الفصل سبع وأربعين.