مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches
And Scientific Activities

العدد الثالث عشر
مارس March 2026

تحويل الطاقة الحركية بفعل الرياح الي الطاقة الكهربائية

أ. نجاة علي سعد شهبون
كلية العلوم/ جامعة صبراتة
Najat.shahbon@sabu.edu.ly

الملخص:

يهدف البحث الى التعرف على مفهوم، ومصادر، واستخدام طاقة الرياح، وكذلك المقارنة بين طاقة الرياح والطاقات الأخرى. حيث تم تصميم جهاز لتوليد الكهرباء بواسطة طاقة الرياح في قسم الكهرباء بمعمل الثانوية المهنية بصبراتة، تحت اشراف قسم الفيزياء بكلية العلوم صبراتة، حيث تم تشغيل مصباح كهربي بفرق جهد حوالي 12 فولت وبقدرة قدرها حوالي (55– 60 وات). ويوصي البحث بالعمل على استخدام طاقة الرياح باعتبارها أحد البدائل المهمة والغير مكلفة عن طريق اشتراك بعض التخصصات مثل الجغرافيا والجيولوجيا لمعرفة الأماكن الأنسب لوضع المراوح الرئيسية للحصول على أعلى نسبة رياح والتربة المناسبة لنصب القواعد، ودراسة فكرة تحويل طاقة الرياح إلى طاقة كهربائية ومحاولة تطبيقها على ارض الواقع. وكذلك تشجيع التعاون مع الدول المتقدمة في هذا المجال والاستفادة من خبراتها على أن يكون ذلك مبنيا على أساس المساواة والمنفعة المتبادلة. محاولة تطبيق الفكرة في مدينة صبراتة حيث أنها مناسبة جدا لأنها تتميز بسرعة الرياح وخاصة في منطقة الجرف (شاطئ البحر).

الكلمات المفتاحية: طاقة الرياح، الطاقة الحركية، الطاقة الكهربائية، الطاقة المتجددة، توربينات الرياح.

Converting kinetic energy from wind into electrical energy

Najat Ali Saad Shahboun
Faculty of Science/ Sabratha University
Najat.shahbon@sabu.edu.ly

Summary:

This research aims to identify the concept, sources, and uses of wind energy, as well as to compare wind energy with other energy sources. A device for generating electricity using wind energy was designed in the electrical department of the Sabratha Vocational Secondary School, under the supervision of the physics department at the Faculty of Science in Sabratha. An electric lamp with a voltage of approximately 12 volts and a power of approximately 55-60 watts was operated using this device. The research recommends exploring the use of wind energy as a significant and cost-effective alternative. This can be achieved by involving specialists in fields such as geography and geology to identify the most suitable locations for wind turbines to maximize wind speed and determine appropriate soil conditions for foundations. The research also recommends studying the concept of converting wind energy into electricity and attempting to implement it practically. Furthermore, it encourages collaboration with developed countries in this field, leveraging their expertise based on principles of equality and mutual benefit. The research suggests attempting to implement this concept in the city of Sabratha, which is particularly well-suited due to its high wind speeds, especially in the coastal area.

Keywords: Wind energy, kinetic energy, electrical energy, renewable energy, wind turbines.

المقدمة:

شهد العالم في العقود الأخيرة تزايدًا ملحوظًا في الطلب على الطاقة نتيجة النمو السكاني والتطور الصناعي والتكنولوجي، الأمر الذي أدى إلى الاعتماد الكبير على مصادر الطاقة التقليدية كالنفط والغاز والفحم. وقد ترتب على هذا الاعتماد مشكلات بيئية خطيرة، من أبرزها تلوث الهواء وارتفاع نسبة انبعاثات الغازات الدفيئة وما ينتج عنها من تغيرات مناخية. وفي ظل هذه التحديات، برزت الحاجة إلى البحث عن مصادر طاقة بديلة ومتجددة تكون أكثر استدامة وأقل ضررًا بالبيئة، ومن أهمها طاقة الرياح. وتُعد طاقة الرياح من أقدم مصادر الطاقة التي استخدمها الإنسان، إلا أن التطور التكنولوجي الحديث مكّن من استغلالها بكفاءة أكبر في توليد الكهرباء من خلال التوربينات الهوائية. ومن هنا تأتي أهمية دراسة توليد الكهرباء بواسطة طاقة الرياح، باعتباره خيارًا استراتيجيًا يسهم في تعزيز أمن الطاقة وتحقيق التنمية المستدامة، إضافة إلى دوره في تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري والحد من الآثار البيئية السلبي. وتعتبر طاقة الرياح الطاقة الأكثر نموا والأسرع على المستوى العالمي في الطاقات الجديدة (متجددة) باستمرار ولا ينتج عنها أي أضرار سلبية، حيث يمكننا الاستفادة منها في عدة أشياء، منها تحويلها إلى طاقة كهربائية وذلك باستخدام ماكينات تسمى توربينات الرياح، وهي ذات تصاميم مختلفة.

مشكلة البحث:

على الرغم من التوجه العالمي نحو استخدام مصادر الطاقة المتجددة مثل طاقة الرياح لتوليد الكهرباء، إلا أن هناك تحديات تعيق الاستفادة الكاملة منها، مثل تقلب سرعة الرياح، وارتفاع تكاليف الإنشاء والصيانة، وتأثيرها البيئي والبصري. لذلك تبرز مشكلة البحث في التساؤلات الاتية:

1- ما مدى كفاءة توليد الكهرباء باستخدام طاقة الرياح مقارنة بمصادر الطاقة التقليدية؟
2- ما العوامل التي تؤثر في إنتاج الكهرباء من الرياح (مثل سرعة الرياح، الموقع الجغرافي، نوع التوربين)؟
3- ما أبرز التحديات التقنية والاقتصادية التي تواجه مشاريع طاقة الرياح؟
4- ما التأثيرات البيئية لاستخدام توربينات الرياح؟
5- كيف يمكن تحسين استقرار إنتاج الكهرباء رغم تقلب سرعة الرياح؟

أهمية البحث:

تنبع أهمية هذا البحث من تزايد الحاجة العالمية إلى مصادر طاقة نظيفة ومستدامة في ظل التحديات البيئية والاقتصادية المرتبطة بالوقود الأحفوري. ويُعد توليد الكهرباء بواسطة طاقة الرياح من أبرز الحلول المتجددة التي تسهم في تقليل الانبعاثات الكربونية وتعزيز أمن الطاقة. كما تكمن أهمية الدراسة في تحليل كفاءة أنظمة توليد الكهرباء من الرياح، وتحديد العوامل المؤثرة في أدائها، إضافة إلى مناقشة التحديات التقنية والاقتصادية والبيئية المرتبطة بها. ويسعى البحث إلى تقديم رؤية علمية تسهم في دعم صناع القرار والمخططين في تبني استراتيجيات فعالة لتوسيع استخدام طاقة الرياح. علاوة على ذلك، يساهم هذا البحث في تعزيز الوعي بأهمية الاستثمار في مصادر الطاقة المتجددة، بما ينسجم مع أهداف التنمية المستدامة وتحقيق التوازن بين النمو الاقتصادي وحماية البيئة.

أهداف البحث:

1- التعرف على مفهوم طاقة الرياح وآلية تحويلها إلى طاقة كهربائية.
2- تحليل كفاءة أنظمة توليد الكهرباء باستخدام التوربينات الهوائية.
3- دراسة العوامل المؤثرة في إنتاج الكهرباء من طاقة الرياح مثل سرعة الرياح والموقع الجغرافي.
4- اقتراح حلول للتحديات التقنية والاقتصادية التي تواجه مشاريع توليد الكهرباء من الرياح.
5- إبراز أهمية التوسع في استخدام طاقة الرياح لتحقيق التنمية المستدامة.

فرضيات البحث:

1- توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين سرعة الرياح وكفاءة إنتاج الكهرباء من التوربينات الهوائية.
2- كلما تطورت التكنولوجيا المستخدمة في تصميم التوربينات زادت كفاءة توليد الكهرباء من طاقة الرياح.
3- يسهم الاعتماد على طاقة الرياح في تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون مقارنة بمحطات توليد الكهرباء التقليدية.
4- يساهم اختيار الموقع الجغرافي المناسب في زيادة استقرار وكفاءة إنتاج الكهرباء من الرياح.

منهجية البحث:

أعتمد البحث على **المنهج الوصفي التحليلي**، وذلك من خلال دراسة واقع توليد الكهرباء بواسطة طاقة الرياح وتحليل كفاءتها والعوامل المؤثرة فيها، بالإضافة إلى مناقشة التحديات التقنية والاقتصادية والبيئية المرتبطة بها.

أدوات جمع البيانات:

1. **المصادر الثانوية:**
   - الكتب العلمية المتخصصة في الطاقة المتجددة.
   - الأبحاث والدراسات المنشورة في المجلات العلمية المحكمة.
   - التقارير الصادرة عن المنظمات الدولية المختصة بالطاقة والبيئة.
2. **تحليل البيانات والإحصاءات:**
   - مقارنة بيانات إنتاج الكهرباء من طاقة الرياح بمصادر الطاقة التقليدية.
   - دراسة مؤشرات الكفاءة والتكلفة والانبعاثات الكربونية.

حدود الدراسة:

- الموضوعية: تحويل الطاقة الحركية بفعل الرياح الي الطاقة الكهربائية.
- المكانية: تم انجاز الجانب العملي في معمل الثانوية المهنية قسم الكهرباء بصبراتة، والجانب النظري في كلية العلوم صبراتة.
- الزمنية: تم انجاز البحث في سنة 2024-2025م.

مصطلحات البحث:

- **طاقة الرياح: هي** الطاقة الناتجة عن حركة الهواء، والتي يتم تحويلها إلى طاقة ميكانيكية ثم إلى طاقة كهربائية باستخدام توربينات الرياح والمولدات الكهربائية. (أبو بكر، 2018. ص 85).
- **الطاقة الحركية:** هي الطاقة الميكانيكية المرتبطة بحركة الجسم، وهي تعتمد على كل من كتلة الجسم وسرعته. (عبد النبي، 2016. ص 67)
- **الطاقة الكهربائية:** هي الطاقة الناتجة عن حركة الشحنات الكهربائية في الموصلات، والتي يمكن تحويلها من مصادر ميكانيكية أو كيميائية إلى طاقة قابلة للاستخدام. (النجار، 2015، ص 25).
- **الطاقة المتجددة:** هي الطاقة الناتجة عن الموارد الطبيعية التي تتجدد بشكل مستمر، ويمكن استخدامها لإنتاج الطاقة دون استنزاف المورد أو التسبب في تلوث بيئي دائم (أبو بكر، مرجع مكرر، ص 15)

- **توربينات الرياح:** هي آلات تحتوي على شفرات تدور بفعل الرياح، وتحوّل طاقتها الحركية إلى طاقة كهربائية (عبد الله، 2016، ص 118).

الدراسات السابقة: هناك عدة دراسات محلية تناولت الموضوع بالدراسة ومنها:

- **دراسة: علي، الشوماني، (أكتوبر 2025م)، المجلة الدولية للعلوم والتقنية، بعنوان: " تقييم إمكانية الاستفادة من طاقة الرياح في مدينة مسلاته ليبيا"**.تمثل طاقة الرياح أحد الحلول الواعدة للتحول نحو الطاقة النظيفة عالميا، حيث توجهت الدول لتنويع مصادر الطاقة والاستثمار في البدائل المستدامة للوقود الأحفوري لتقليل انبعاثات الكربون، كما تزايد الوعي للبحث عن وسائل لتقليل التلوث البيئي. تهدف هذه الدراسة الى تقييم امكانات طاقة الرياح في محمية الشعافيين بمدينة مسلاته، عن طريق تحليل بيانات واقعية لسرعة الرياح الشهرية لعام 2017م، على ارتفاع مرجعي 20 متر، مع تقدير قيم سرعة الرياح على الارتفاعين 70 متر، 90 متر. افترضت الدراسة امكانية تركيب مزرعة رياح تضم 16 توربين، كل منها بقدرة اسمية تبلغ (1.65 ميجا وات) وبنصف قطر دوار 41 متر، كما اعتمدت الدراسة على معطيات قياسية لكثافة الهواء (1.2 كجم/م3)، ومعامل كفاءة النظام (87%)، لحساب مؤشرات أداء مزرعة الرياح. اظهرت النتائج أداء عال عند ارتفاع 90 متر، حيث بلغ متوسط كثافة القدرة السنوية (342 واط/ م2)، في حين تجاوز معامل السعة نسبة (29%). تشير النتائج الى امكانيات واعدة لإنتاج الطاقة الكهربائية من طاقة الرياح في مسلاته، وتشجع الاستثمار في الطاقة النظيفة وتجعلها من اولويات الخطط لتنويع مصادر الطاقة الوطنية في ليبيا.

- **دراسة: جموم، البُهلى، (يناير 2024م)، المجلة الدولية للعلوم والتقنية، بعنوان: " تقييم طاقة الرياح بمدينة زوارة بليبيا لإنشاء توربينات رياح لإمكانية توليد الطاقة الكهربائية "**. تم دراسة وتقييم سرعة الرياح المتاحة لمدينة زوارة بليبيا باستخدام التحليل الإحصائي، لحساب متوسط سرعة الرياح الشهرية والسنوية عند الارتفاع المرجعي وارتفاع المحور فوق سطح الأرض، وحساب متغيرات ويبل لحساب كثافة قدرة الرياح الشهرية والسنوية، وعامل السعة السنوي وكذلك الطاقة السنوية المنتجة لنموذج توربينه رياح من النوع الأفقي المحور ذي الصنف(Sozlon S88 2,1 MW) ، على أساس ان توزيع ويبل بصفة عامة يُعتبر الطريقة المقبولة للتنبؤ بالتوزيع التكراري لسرعة الرياح. خصائص الرياح يمكن أن يتم التنبؤ بها باستخدام المنهجية المتبعة في النموذج الرياضي الذي تم

استخدامه بهذا البحث. في هذا البحث تمت دراسة المتغيرات المشار إليها أعلاه خلال نموذج إحصائي، باستخدام متوسط كل ثلاث ساعات لبيانات سرعة الرياح المتاحة لدي فريق الارصاد الجوي بمدينة زوارة للعامين 2021 و2022. بناً على ما تم حسابه من البيانات المشار اليها اعلاه عند ارتفاع محور توربينه الرياح تبين ان مدينة زوارة مناسبة لإنشاء مزرعة رياح بهدف إمكانية توليد الطاقة الكهربائية.

- دراسة: النعاس، موسى، (ديسمبر 2021 م)، مجلة جامعة سرت للعلوم الإنسانية، بعنوان: " دور طاقة الرياح في تعزيز مصادر الطاقة المتجددة دراسة تطبيقية لإقليم الجبل الأخضر".

لما للرياح من دور مهم كمصدر من مصادر الطاقة المتجددة أُعْتُمد عليه في العديد من دول العالم، وبما أنه هناك العديد من الظروف المناخية والشروط الفنية للحصول على الطاقة الكهربائية عن طريق التوربينات الكهربائية، واختلاف التيار الكهربائي الناتج عنها، فإن هذه الدراسة سوف تتناول التبيان المكاني لسرعات الرياح في إقليم الجبل الأخضر، وذلك حسب الإقليم المناخي لمكان تواجد محطة الرصد المناخي، وتم اختيار عدد (5) محطات مناخية للدراسة عليها، وتم اختيار معادلة لحساب قوة التيار الكهربائي الناتج عنها ودور الرياح في توليد الطاقة الكهربائية حسب بيانات كل محطة فضائية وموقعها حسب الإقليم المناخي المتواجدة به، كما تم تحديد عدد (4) أنواع من التوربينات وذلك حسب قطر كل مروحة بها، ومعرفة الطاقة الممكن الحصول عليها عبر قطر هذه المروحة، تبين من خلال الدراسة جدوى الحصول على الطاقة الكهربائية حسب قطر المروحة في عدد (4) محطات مناخية، وهي: درنة والفتائح وبنينا وشحات، في الوقت الذي كان لضعف الرياح في منطقة المرج دور في عدم الحصول على طاقة كافية للمراوح التي تم اعتمادها كنماذج للدراسة عليها.

- دراسة: النعاس، موسى، (يوليو 2021م)، مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية، بعنوان: " إمكانات طاقة الرياح في توليد الطاقة الكهربائية في المنطقة الوسطى من ليبيا".تناولت هذه الدراسة تحليل مصادر طاقة الرياح في المنطقة الوسطى في ليبيا، من حيث مفهومها وأهميتها وإمكانية استثمارها في إنتاج الطاقة الكهربائية، انطلاقاً من مشكلة وفرضية الدراسة والتوصل بنهاية المطاف إلى الإمكانيات البيئية المتاحة لاستثمار هذه المصادر المتمثلة بطاقة الرياح في منطقة الدراسة، وذلك من خلال دراسة البيانات المناخية لعدد ثلاث محطات رئيسة في منطقة الدراسة وهي محطات سرت

وهون ومصراته وتبين من خلال الدراسة وصول سرعة الرياح إلى متوسطات سنوية قد بلغت 3.8 ، 3.9 ، 4.64 م/ث على التوالي، ويمكن إنتاج طاقة كهربائية بناءً على هذه المتوسطات بقوة تصل إلى 35.39 ، 38.26 ، 66.1 وات/م2 على التوالي، ودراسة الكميات التي يمكن إنتاجها من طاقة كهربائية في حال لو تم استغلال طاقة الرياح في المنطقة، كذلك إنتاج الطاقة الكهربائية في ليبيا بواسطة الوقود الأحفوري وكمية التلوث الصادرة عنها من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

- **دراسة: الشماخي، المشاي، عبد الرحيم، الغرياني، (يناير 2021 م)، المجلة الدولية للعلوم والتقنية، بعنوان: " تصميم وتقييم أداء دوار لتوربين رياح عمودي المحور لمدينة نالوت".**

طاقة الرياح هي نوع غير مباشر للطاقة الشمسية من بين 1–2٪ من الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى الأرض يتم تحويله إلى طاقة رياح، ونتيجة لفروق الضغط الجوي تتحرك الرياح حركة تسارعيه من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض، لهذا يتضح أن طاقة الرياح واحدة من أهم أنواع مصادر الطاقة المتجددة للحصول على طاقة بإستعمال توربينات الرياح الأفقية والعمودية المحور. وفي هذه الدراسة تم تصميم دوار لتوربين رياح عمودي المحور استنادا للبيانات المتاحة التي تم الحصول عليها من مركز الأرصاد الجوية لمدينة نالوت الليبية. إضافة أنه تم التنبؤ بأداء الدوار لتوربين الرياح العمودي المحور باستخدام نظرية عنصر الريشة وكمية الحركة، وكذلك تظهر النتائج النهائية أن مقادير الطاقة السنوية وعامل القدرة للموقع المختار تؤثر إيجابا على أداء التوربين المصمم.

- **دراسة: عبد الكريم، (سبتمبر 2024م)، كلية الهندسة جامعة البصرة قسم الهندسة الميكانيكية، بعنوان: " دراسة عددية لأداء توربينات الرياح ذات المحور الرأسي محاكاة ثنائية وثلاثية الأبعاد".**

على الرغم من أن توربينات الرياح ذات المحور الرأسي (VAWTs) قد أظهرت فعاليتها في استغلال طاقة الرياح في المناطق الحضرية، إلا أنه لا تزال هناك العديد من التساؤلات غير المحلولة فيما يتعلق بالديناميكا الهوائية وأداء توربينات الرياح ذات المحور الرأسي، وخاصة فيما يتعلق بالتصميم والمنهجيات المثلى. يتمثل الهدف الرئيسي من هذه الأطروحة في دراسة العناصر التصميمية التي تؤثر بشكل كبير على الأداء الديناميكي الهوائي لتوربينات الرياح العمودية. تشمل هذه المعايير شكل الشفرة، الصلابة، موقع محور الانحناء (x/c) وطول الوتر (c) وعدد الشفرات (N) وقطر التوربين (d) ونسبة العرض إلى الارتفاع. بالإضافة إلى ذلك، يتم التحقيق في عدد التوربينات الفرعية (الأجزاء)

والأقراص في نهايات الشفرات، وكذلك التواء الشفرات على طول محور الدوران. تُظهر النتائج التحليل العددي أن سمك الشفرة بنسبة 10 إلى 12%، ونسبة الانحناء القصوى بنسبة 0 إلى 22% الموجودة عند 24 إلى 23% من وتر الشفرة تحقق معامل قوة مرتفع نسبيًا بالإضافة إلى نسبة دوران الشفرة إلى سرعة الهواء (TSR) المثلى، ومنطقة تشغيل أوسع وكفاءة عالية في النطاق. يظهر التوربين الحلزوني استقرارًا أفضل في القوة مع تنازل طفيف في قيمته. وقد لوحظ ذلك أيضًا مع زيادة التوربينات الفرعية (أجزاء التوربين). أدى إضافة الأقراص في نهايات شفرات التوربين إلى تحسين كبير في معاملات القوة. تم فحص معظم المعايير المذكورة أعلاه عند سرعات رياح مختلفة وتُشير النتائج إلى أن كفاءة التوربين تتحسن مع زيادة السرعة. يتأثر النطاق المفيد لنسبة السرعة التي ينتج عندها التوربين طاقة مفيدة بشكل كبير بهذه المعايير. يمكن أن تمنح نتائج هذه الدراسة فهمًا أفضل لكيفية تأثير المعايير الهندسية المدروسة على الأداء الديناميكي الهوائي. أجريت الدراسة بغض النظر عن القصور الذاتي للتوربين، لذلك يمكن أخذها في الاعتبار في الأعمال المستقبلية باستخدام حالات حقيقية تم اختبارها في بيئة حقيقية أو في نفق رياح.

- **دراسة: الواعر، عبيدات، الشيباني، (أغسطس 2023م)، مجلة الجامعة الاسمرية للعلوم التطبيقية، بعنوان: " دراسة مقارنة التحليل العددي لمراقبة توربينات الرياح ذات المحور الأفقي الصغير تحت ظروف تشغيل ثابتة"**. لوحظ نمو سريع في قطاع طاقة الرياح على مدى العقود القليلة الماضية. بشكل عام، يتم تسخير طاقة الرياح من خلال استخدام مثل هذه التوربينات. تعتبر حسابات الأداء والطاقة صعبة إلى حد ما بسبب الديناميكا الهوائية المعقدة لتوربينات الرياح. ومع ذلك، فإن المحاكاة الدقيقة لتدفق الهواء حول ريش توربينات الرياح وحسابات الديناميكا الهوائية أصبحت ممكنة الآن. ركز هذا البحث على تصميم نماذج ثلاثية الأبعاد لدوار توربينات الرياح الصغيرة ذات المحور الأفقي باستخدام برنامج (Solidworks). أجريت هذه الدراسة عدديا باستخدام برنامج (ANSYS Fluent) تم تحديد سرعة رياح مقدرة تبلغ 8 م/ث للمدخل وضغط مقياس مساوٍ للصفر تم تعيينه للمخرج وتم تحديد سرعة زاوية تبلغ 213.33 راد/ث. تمت محاكاة عملية التحقق من صحة النموذج الدوار لتوربين الرياح الأصلي، ومن ثم مقارنته بالبيانات المنشورة. أظهرت المقارنة توافقا جيدا مع انحراف أقل من 3٪ تم توثيقه.

تحويل الطاقة الحركية (طاقة الرياح) الى الطاقة الكهربائية

تمهيد:

"الطاقة هي القدرة على أداء الشغل، وهي جزء أساسي من حياتنا اليومية، تمدنا بالنور، تعطي الدفء، تنقلنا من مكان إلى آخر، وتساعد في تشغيل الآلات واستخراج وتحضير الطعام". و"الطاقة هي القدرة على أداء الشغل أو إنتاج نشاط خارجي، وتظهر في صورة حرارة، حركة ميكانيكية، أو طاقة مخزنة داخل الذرات والجسيمات" (يونغ وفريدمان، 2014، ص. 5).

"الطاقة الكهربائية هي شكل من أشكال الطاقة التي تنتج عن حركة الإلكترونات في المادة، ويمكن تحويلها إلى أشكال أخرى من الطاقة مثل الحرارة والضوء والطاقة الميكانيكية عند استخدامها في الأجهزة الكهربائية". "الطاقة الكهربائية لا توجد بشكل طبيعي لأن جميع المواد متعادلة كهربائيًا، ولا يمكن توليدها إلا عن طريق تحويل نوع من الطاقة إلى طاقة كهربائية، مثل تحويل الطاقة الميكانيكية إلى كهرباء في المولد الكهربائي، أو تحويل الطاقة الكيميائية إلى كهرباء في البطاريات" (يونغ وفريدمان، مرجع مكرر، ص. 10).

- الطاقة الميكانيكية هي الطاقة الناتجة عن حركة الأجسام من مكان إلى آخر، وهي قادرة على بذل الشغل من خلال تحويل طاقة الوضع إلى طاقة حركة. ومن الأمثلة الطبيعية على الطاقة الميكانيكية حركة الرياح وظاهرة المد والجزر. كما يمكن توليد الطاقة الميكانيكية عن طريق تحويل نوع من الطاقة إلى نوع آخر، مثل المروحة الكهربائية التي تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية" (يونغ وفريدمان، مرجع مكرر، ص. 7). الطاقة الحرارية تعتبر من الصور الأساسية للطاقة التي يمكن تحويل كل صور الطاقة الأخرى إليها. فعند تشغيل الآلات المختلفة باستخدام الوقود، تكون الخطوة الأولى هي حرق الوقود للحصول على طاقة حرارية تتحول بعد ذلك إلى طاقة ميكانيكية أو إلى نوع آخر من أنواع الطاقة. ولا تتوفر الطاقة الحرارية بصورة مباشرة في الطبيعة إلا في المصادر الحرارية الجوفية. الطاقة الشمسية هي مصدر للطاقة لا ينضب، لكنها تصل إلينا بشكل مبعثر، وتحتاج إلى تقنيات حديثة مثل الخلايا الشمسية لتجميعها والاستفادة منها. كما أنها مصدر نظيف، فلا ينتج عن استعمالها أي غازات أو نواتج ضارة بالبيئة. الطاقة النووية هي الطاقة

التي تربط بين مكونات النواة (البروتونات والنيوترونات)، وتنتج نتيجة تكسر تلك الروابط، مما يؤدي إلى إنتاج طاقة حرارية كبيرة (الداغساني، فخر الدين، 1995، ص. 75).

المكونات الأساسية لتوربينات الرياح.

مكونات توربينة الرياح: (بيرتون، 2011، **ص. 7–15**).

1. الشفرات: تعمل على التقاط طاقة الرياح وتحويلها إلى طاقة دوران.
2. صُرة التوربينة: الجزء المركزي الذي تتصل به الشفرات.
3. نظام التحكم في الميل: يقوم بتغيير زاوية الشفرات للتحكم في سرعة الدوران وحماية التوربينة من الرياح القوية.
4. عمود الدوران منخفض السرعة: ينقل الحركة من الشفرات إلى صندوق التروس.
5. صندوق التروس: يقوم بزيادة سرعة الدوران من سرعة منخفضة (من الشفرات) إلى سرعة عالية جداً تناسب المولد.
6. عمود الدوران عالي السرعة: يربط صندوق التروس بالمولد الكهربائي.
7. المولد الكهربائي: يحول الطاقة الميكانيكية الدورانية إلى طاقة كهربائية.
8. وحدة التحكم الإلكترونية: عقل" التوربينة، تراقب الحالة وتقوم بتشغيل أو إيقاف النظام.
9. المرياح: جهاز يقيس سرعة الرياح ويرسل البيانات لوحدة التحكم.
10. ريشة الرياح: تحدد اتجاه الرياح لتوجيه التوربينة نحوه.
11. غرفة المحرك / الكبسولة: الهيكل الخارجي الذي يحمي جميع المكونات الداخلية فوق البرج.
12. الفرامل: تستخدم لإيقاف الدوران ميكانيكياً في حالات الطوارئ أو الصيانة.
13. نظام التوجيه/الانحراف: التروس المسؤولة عن تدوير الكبسولة لمواجهة الرياح.
14. محرك التوجيه: المحرك الكهربائي الذي يحرك نظام التوجيه.
15. البرج: الهيكل الداعم الذي يحمل الكبسولة والشفرات على ارتفاع عالٍ لالتقاط رياح أقوى

تصميم توربينات الرياح.

تم تصميم توربينات الرياح لاستغلال الطاقة الحركية للرياح في مختلف المواقع الجغرافية، حيث تُستخدم النماذج الهوائية لتحديد الارتفاع الأمثل للأبراج، إضافة إلى اختيار نظم التحكم المناسبة

الشفرات. وتعمل هذه التوربينات على تحويل طاقة الرياح إلى طاقة كهربائية قابلة للتوزيع، إذ يمكن أن تعمل بسرعات ثابتة أو متغيرة وفقًا لتصميمها. وتعتمد التوربينات الحديثة بشكل متزايد على مبدأ السرعة المتغيرة، الذي يسمح بتحسين كفاءة التشغيل خاصة في التوربينات الكبيرة.

1- الريش
2- الدَّوار
3- اتجاه دوران الريشة خطويا
4- الفرامل
5- العمود المنخفض السرعة
6- صندوق السرعات
7- المولد
8- وحدة التحكم (المتحكم)
9- قَيّاس السرعة
10- موجه التوربينة
11- الحاوية
12- العمود العالي السرعة
13- مِقْوَد التوجيه
14- موتور التوجيه

كما يتطلب تصميم التوربينات ذات الأحجام الكبيرة زيادة مساحة سطح الدوران، والتي ترتبط عكسيًا بسرعة الدوران، بحيث يؤدي ازدياد طول الشفرات إلى زيادة المساحة وتقليل السرعة للمحافظة على الحدود القصوى لسرعة أطراف الشفرات. وتشمل أنظمة التحكم الحديثة التحكم في القدرة، مثل نظام التحكم الخطوي، حيث يتم تدوير الشفرات حول محورها الطولي لتحقيق أقصى عزم عند سرعات الرياح المنخفضة، وذلك من خلال أنظمة تشغيل ومراقبة تعمل على تعظيم استخلاص الطاقة من الرياح. (بدران، 1995، ص 45).

– توربينات التحكم الثابت حيث تثبت الريش في الدُّوار عند زاوية ثابتة، مما يؤدي إلى انخفاض الطاقة المنتجة عند السرعات العالية وذلك نتيجة وجود تيارات فصل بين ريش التوربينة والريح تقلل من استخلاص طاقة الحركة وبالتالي تنخفض الطاقة المنتجة (الداغساني، فخر الدين، مرجع مكرر، ص.75).

تتراوح قدرات توربينات الرياح (أو حجمها) من الكيلووات إلى الميجاوات. ويعتبر طول الريشة هو العامل الحاسم في تحديد قدرة التوربينة، فكلما زاد طول الريشة كلما زادت مساحة سطح الدوران، وفي نفس الوقت فإن الأبراج العالية تجعل مستوى الريش أعلى من سطح الأرض، حيث ترتفع سرعة الريح فتزيد كثافة الطاقة. وبصفة عامة أثبتت توربينات الرياح الكبيرة أن تكلفتها أفضل نتيجة للتحسينات التي أدخلت في تصميمها وانخفاض قيمة الأعمال الكهربية والمدنية اللازمة لتلك التوربينات، وبالتالي تحسنت اقتصادياتها وبخاصة في حال إنشاء مزارع الرياح في بدء التشغيل يعتمد المولد اللاتزامني علي سحب تيار كهربي من الشبكة الكهربية والذي يكون ذو تردد ثابت (50هيرتز) مع نسبة تغير طفيفة (±50%) وهو ما يعني أن التوربينة تعمل في البداية كموتور حتى تصل سرعة دوران الريش إلي قيمة تختلف بحسب تصميم التوربينة يدور معها عمود الدوران المركزي الذي يتكون من العمود المنخفض السرعة وعند رفع سرعته بواسطة صندوق السرعات يطلق عليه العمود العالي السرعة ليدور معه الملف بداخل المولد في مجال مغناطيسي بسرعة أعلى من سرعة التوليد والتي غالبا ما تكون 1500لفه/دقيقة، ومن الجدير بالذكر أنه عند تساوي سرعتي التوليد وسرعة الملف 1500 لفه/دقيقة لا نحصل علي كهرباء، فالتوليد يبدأ من 1501لفه/دقيقة حتى (1500+2% لفه/دقيقة)، فإذا زاد عدد اللفات عن هذه القيمة تفصل التوربينة أوتوماتيكيا وذلك للحفاظ علي قيمة التردد عند 50هيرتز. ولضمان الاستفادة بأقصى قدر من طاقة الريح، يستخدم نظام لتوجيه (Yawing) التوربينة في اتجاه الرياح، فإذا ما ارتفعت سرعة الرياح عن 25 متر/ثانية، فإن الفرامل (Brakes) تمنع الريش من الدوران مخافة أن تؤدي سرعة الرياح العالية إلي تحطمها وتكسير الأجزاء الدّوارة في الحاوية. تثبت الحاوية علي برج (Tower) يصنع من الحديد المعالج حراريا ليتحمل مكونات الحاوية، والتي يصل وزنها إلي قرابة الثلاثين طن، ويمكن أن تختلف ارتفاعات الأبراج لنفس طراز التوربينة مما يؤدي للحصول علي طاقة أكبر من التوربينات ذات الأبراج العالية) نظرا لزيادة سرعة الريح مع ارتفاع التوربينة)، وإلي جانب احتواء الحاوية والبرج علي مكونات القوى

الكهربية ومعدات التحكم المستخدمة في تشغيل ومراقبة أداء التوربينات، فإن الحاوية تحول الأحمال الهيكلية إلي البرج (بدران، مرجع مكرر، ص50).

جهاز توليد الكهرباء بواسطة طاقة الرياح:

تم تصميم الجهاز وتجميع المواد في معمل الثانوية المهنية قسم الكهرباء بصبراتة، ويتكون هذا الجهاز من الأجزاء التالية:

- المروحة: تتكون المروحة من الاجزاء الاتية:

– الشفرات: تتكون من أربعة ريش مصنوعة من البلاستيك، نظرا لخفة وزنه وقلة تكلفته، وطول الريشة الواحدة (1 متر)، وتقدر مساحة سطح الدوران (قطر المروحة) بـ 2 متر مربع تقريبًا.

– محرك السرعة: وهو عبارة عن ناقل حركة يحول من 1 لفة إلى 4 لفات تقريبًا. وللتأكد من السرعة التي يحولها ناقل الحركة، تقسم قطر بكرة الناقل على قطر الجزء الدوار للمحرك، علماً بأن قطر بكرة الناقل (26.5 سم)، وقطر الجزء الدوار للمحرك (7.5 سم). يتركب من مغناطيس ذاتي (دائم) له قطبين شمالي وجنوبي، ويسمى عضو ثابت يفصل بينهما مسافة معينة، يوضع في داخلها ملف من أسلاك نحاسية يشكل الملف للمحرك العضو الدوار، وبذلك يتولد مجال مغناطيسي دائم نتيجة مرور خطوط الفيض المغناطيسي من القطب الشمالي إلى القطب الجنوبي، علماً بأن عزم الدوران يتناسب طرديا مع عدد هذه الخطوط المغناطيسية المارة في الملف. ويتركب أيضًا من فرش كربونية يتم منها خروج الكهرباء في حالة المولد أو دخول الكهرباء في حالة المحرك. ويحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية، بما أن المحرك مكون من ملف نحاسي ومغناطيس، فيمكن تحويله إلى مولد لأنه يعمل بهذه الطريقة إذا مر بالملف النحاسي كهرباء عبر المجال مغناطيسي فيتولد حركة، ومن ذلك نستنتج أنه إذا حركنا الملف النحاسي عبر مجال مغناطيسي تتولد الكهرباء فمثلا إذا قمنا بتدوير المحرك الموصل بمقياس جهد، فإننا سوف نرى تولد تيار كهربائي في المحرك عبر تدويره يدويا، ومنها نستنتج أنه يمكننا أن نستخدم المحرك كمولد تيار كهربائي مستمر في عدة أشكال منها توربينات الرياح وتوربينات ضخ المياه.

- البرج والقاعدة: تصنع الابراج عادتاً من الفولاذ الأنبوبي أو المشبك أو الاسمنت او الحديد، وهو يدعم بنية المروحة، فكلما ازداد ارتفاع البرج تزداد الرياح، والأبراج الأطول تسمح للمروحة بجمع طاقة

أكثر لتوليد كهرباء أكثر. حيث تم تصميم برج طوله (2.25 متر) مصنوع من الحديد مثبت بقاعدة رباعية من الحديد. والشكل (2) يوضح التصميم النهائي للجهاز.

الشكل (2) التصميم النهائي لجهاز توليد الكهرباء من الرياح.

(عمل الباحثة من خلال الدراسة التحليلية).

طريقة عمل الجهاز:

1- تبدأ طاقة الرياح الناتجة عن الريح أولاً من الشمس، فعندما تقوم الشمس بتسخين منطقة معينة من الأرض يقوم الهواء حول تلك المنطقة بامتصاص البعض من تلك الحرارة، وفي درجة حرارة معينة يبدأ ذلك الهواء الحار بالارتفاع بسرعة كبيرة لأن حجم الهواء الساخن أخف من حجم الهواء البارد، وإن جزيئات هذا الهواء الساخن ذو الحركة الأسرع تبذل ضغط أكثر من الجزيئات ذات الحركة الأبطئ، ولذلك تأخذ وقت أقل لإبقاء ضغط الهواء الطبيعي في الارتفاع المسموح، وعندما يرتفع الهواء الساخن الأخف فجأة تتدفق تيارات هوائية أبرد بسرعة لسد الفراغ الذي تركه الهواء الساخن وراءه. وإذا قمت بوضع جسم ما مثل طاحونة الهواء في طريق تلك الريح فستقوم الريح بدفعها، محولة البعض من طاقتها الحركية الخاصة إلى طاحونة الهواء وبهذه الطريقة يستمد توربين الرياح الطاقة من الريح، ويحدث نفس هذا الأمر مع المركب الشراعي عندما يدفع الهواء المتحرك الشراع ويتسبب بتحرك المركب. وعلى الرغم من انتشار مزارع الرياح بشكل

واسع إلا أنها تعاني من بعض المشاكل البيئية المتمثلة بالمساحات الكبيرة التي تحتاجها، وكذلك الضجيج الناشئ من دوران المراوح، وأخيرا التلوث البصري الذي يعاني منه الناس القاطنون بالقرب من هذه المزارع. (منصور، 2010م، ص45). عند هبوب الرياح تدير الطاقة الحركية الكامنة في الرياح الشفرات، فيدور المحور المركزي الداعم لها ويمكن التحكم بزاوية الشفرات ووجهتها لتكون في أنسب وضعية مقابلة للرياح، ومن ثم تقوم علبة السرعة بتحويل السرعة الدورانية المنخفضة للشفرات إلى سرعة دورانية مرتفعة وكافية لتشغيل المولد الكهربائي بكفاءة فيحول المولد الطاقة الحركية لمحور الدوران إلى طاقة كهربائية. ويوفر جهاز قياس سرعة الرياح ودوارة الرياح قياسات عن السرعة واتجاه الرياح، ووفقًا لهذه القياسات وعن طريق محرك نظام التحكم بالتوجيه الى تدوير القسم العلوي ليواجه أكبر كمية ممكنه من الرياح فيتلقط أكبر قدرة من طاقة الرياح، وعند زيادة السرعة عن الحد المسموح به ستقوم المكابح بإيقاف الدوار عن العمل لتفادي تحطمه. وأن السرعة الأقل من 8 ميل في الساعة (12.87 كم/ س) تكون غير مفيدة، فهي لا تولد كهرباء كافية لتشغيل المحرك، ويوقف الدوران عند سرعة (55) ميل في الساعة (88.5 كم/ س)، وإذا كانت السرعة أكثر من (55) ميل في الساعة فقد تؤدي لتحطيم الشفرات، لذلك تكون سرعة الرياح المطلوبة بين (8– 16) ميل بالساعة، وهو ما تم تجربته فعلياً. يتأثر إنتاج توربينات الرياح تأثرا مباشرا بسرعة الرياح حيث تتناسب الطاقة المنتجة مع مكعب السرعة (بدران، أحمد، 2008، ص. 72). تعتمد الطاقة الناتجة من الرياح على الطاقة الحركية للهواء المتحرك، ويمكن حسابها باستخدام المعادلات الفيزيائية التالية:

$$K.E = \frac{1}{2}m\nu^2 \dots\dots\dots\dots\dots (1)$$

$$m = \rho V \quad \dots\dots\dots\dots\dots (2)$$

$$m = A\nu t\,\rho \dots\dots\dots\dots\dots\dots (3)$$

$$K.E = \frac{1}{2}At\rho\nu^3 \dots\dots\dots\dots (4)$$

$$P = \frac{K.E}{t}\ e \dots\dots\dots\dots\dots (5)$$

$$P = \frac{1}{2}eA\rho\nu^3 \dots\dots\dots\dots (6)$$

حيث:

K . E الطاقة الحركية للرياح (الهواء)، ν سرعة الرياح ، ρ كثافة الهواء، A مساحة سطح الدوران، m كتلة الهواء المتحرك، t الفترة الزمنية، P قدرة التوربينه ، e كفاءة النظام ككل أي قدرته على تحويل الطاقة الحركية للهواء إلى طاقة كهربائية.

من خلال العلاقات السابقة إذا كانت سرعة الريح 5 متر/ثانية فإن الطاقة الناتجة تعادل تقريبا 125 وحدة طاقة، فإذا ارتفعت السرعة وأصبحت 6 متر/ثانية فإن الطاقة الناتجة تزيد إلى 216 وحدة طاقة. ويبين هذا كيف أن ارتفاع سرعة الريح بمقدار واحد متر/ثانية أدى إلي زيادة كبيرة في الطاقة المنتجة، لذلك في حالة تضاعف سرعة الرياح فإن الطاقة الحركية الناتجة تتزايد بصورة آسية إلى قيم عالية جدا. وأيضًا تتأثر الطاقة المنتجة من التوربينات بعوامل أخرى منها كثافة الهواء وارتفاع البرج ومساحة سطح الدوران وتأثير التوربينات علي بعضها البعض، إلا أن التأثر المباشر يكون مع سرعة الرياح. ولكن لا يمكن تحويل كل الطاقة الموجودة في الرياح إلى طاقة كهربائية، فهناك دائما عامل وهو الكفاءة، التي لم يتجاوز 25% منها والتي يمكن حسابها من العلاقة الأخيرة.

(مانويل، (2009)، ص. 55– 65).

النتائج:

1- تناول البحث تصميم جهاز بسيط لتوليد الكهرباء بواسطة طاقة الرياح، وذلك باستخدام ماكينة تسمى توربينة الرياح (تقوم بتحويل طاقة الرياح إلى كهرباء).

2- تم إنشاء واختيار موقع إقامة التتوربينة وكان فوق مبنى كلية العلوم.

3- توربينه الرياح تحتوي على مروحة بها 4 ريشات مصنوعة من البلاستيك يبلغ طول الواحدة منها واحد متر للاستفادة أكبر من سرعة الرياح، بالإضافة إلى برج طوله 2.25 متر مصنوع من الحديد، مثبت بقاعدة رباعية مصنوعة من الحديد ايضاً من أجل نقل الحمل الرأسي وتوزيعه إلى الأرض، ومولد كهربائي بقدرة مقدارها (1500 وات) وبفرق جهد (180 فولت) يقوم بتحويل طاقة الحركة إلى طاقة كهربائية، ومحرك كهربائي يقوم بتوجيه المروحة في اتجاه الريح.

4- من خلال الخطوات السابقة تم تشغيل مصباح كهربي بفرق جهد حوالي 12 فولت وبقدرة قدرها حوالي (55– 60 وات).

التوصيات: من خلال البحث والتجربة العملية فإننا نوصي بالآتي:

1- التوسع في دراسة طاقة الرياح باعتبارها أحد البدائل المهمة والغير مكلفة عن طريق اشتراك بعض التخصصات كقسم الهندسة الميكانيكية للدعم الموضوع من ناحية الحركة الميكانيكية وعدم إهدار الطاقة، وقسم الجغرافيا والجيولوجيا لمعرفة الأماكن الأنسب لأقامه المحطات للحصول على أعلى نسبة رياح والتربة المناسبة لنصب القواعد.

2- الدعم المادي والمعنوي وتنشيط حركة البحث في مجالات توليد الطاقة كدراسة فكرة تحويل طاقة الرياح إلى طاقة كهربية ومحاولة تطبيقها على ارض الواقع.

3- توطين التقنية في ليبيا لدعم مساهمة طاقة الرياح في مزيج الطاقة الوطنية وخلق فرص عمل وتكوين كوادر وطنية وتدريبها.

4- تشجيع التعاون مع الدول المتقدمة في هذا المجال والاستفادة من خبراتها على أن يكون ذلك مبنيا على أساس المساواة والمنفعة المتبادلة.

5- ضرورة تكملة المشاريع المقامة في بعض المناطق وعدم إهمالها والاستفادة منها.

المراجع:

1- أبو بك، محمد. (2018). الطاقة المتجددة: مصادرها وتطبيقاتها. القاهرة: دار الكتب العلمية.

2- الداغسان، فخر الدين(1995) ، *الواقع الحالي لمصادر الطاقة في الأردن*، الأسبوع العلمي الأردني الثالث، عمان.

3- الشماخي، المشاي، عبد الرحيم، الغرياني، (يناير 2021 م)، المجلة الدولية للعلوم والتقنية، " تصميم وتقييم أداء دوار لتوربين رياح عمودي المحور لمدينة نالوت".

4- النجار، عبد الله محمود. (2015). أساسيات الهندسة الكهربائية. عمّان: دار المسيرة للنشر والتوزيع..

5- النعاس، موسى، (يوليو 2021م)، مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية، " إمكانات طاقة الرياح في توليد الطاقة الكهربائية في المنطقة الوسطى من ليبيا".

6- النعاس، موسى، (ديسمبر 2021 م)، مجلة جامعة سرت للعلوم الإنسانية، " دور طاقة الرياح في تعزيز مصادر الطاقة المتجددة دراسة تطبيقية لإقليم الجبل الأخضر".

7- الواعر، عبيدات، الشيباني، (أغسطس 2023م)، مجلة الجامعة الاسمرية للعلوم التطبيقية، " مقارنة التحليل العددي لمراقبة توربينات الرياح ذات المحور الأفقي الصغير تحت ظروف تشغيل ثابتة".

8- بدران، (1995 م)، الطاقة المتجددة (الرياح)، دار المعرفة للنشر والتوزيع، عمان.

9- بدران، أحمد .(2008) .*أساسيات طاقة الرياح وتطبيقاتها* .دار النشر العلمي، القاهرة.

10-بيرتون، توني، جنكينز، نيك، شارب، ديفيد، وبوساني، إرفين. (2011). دليل طاقة الرياح، الطبعة الثانية. جون وايلي وأولاده.

11- جموم، البُهلى، (يناير 2024م)، المجلة الدولية للعلوم والتقنية، "تقييم طاقة الرياح بمدينة زوارة بليبيا لإنشاء توربينات رياح لإمكانية توليد الطاقة الكهربائية ".

12-عبد الكريم، (سبتمبر 2024م)، كلية الهندسة جامعة البصرة قسم الهندسة الميكانيكية، " دراسة عددية لأداء توربينات الرياح ذات المحور الرأسي محاكاة ثنائية وثلاثية الأبعاد".

13- عبد الله، أحمد حسن. (2016). الطاقات المتجددة. عمّان: دار المسيرة للنشر والتوزيع.

14-عبد النبي، أحمد. (2016). أساسيات الفيزياء. القاهرة: دار الفكر العربي.

15- علي، الشوماني، (أكتوبر 2025م)، المجلة الدولية للعلوم والتقنية، " تقييم إمكانية الاستفادة من طاقة الرياح في مدينة مسلاته ليبيا".

16-عمل الباحثة من خلال الدراسة التحليلية.

17- مانويل، ج. ف.، مكغوان، ج. ج.، & روجرز، أ. ل. (2009). شرح طاقة الرياح: النظرية والتصميم والتطبيق (الطبعة الثانية).

18- منصور .(2010) .*الوقود الأحفوري ومخاطره* . منشورات الأهرام، مصر.

19- يونغ، هـ. د.، وفريدمان، ر. أ .(2014) .*الفيزياء الجامعية مع الفيزياء الحديثة* (الطبعة 13). بيرسون.