



College of Engineering

ISSN: 1813-162X (Print) ; 2312-7589 (Online)

Tikrit Journal of Engineering Sciences

available online at: <http://www.tj-es.com>

TJES
Tikrit Journal of
Engineering Sciences

Suaad Hassan danok, Kamal Glal Twfek, Esraa Adel Mansour, Theoretical and Experimental Analysis for Performance of Wind Turbine. *Tikrit Journal of Engineering Sciences* 2021; 27(4): 114- 120.

[Suaad Hassan danok](#)¹

[Kamal Glal Twfek](#)

[Esraa Adel Mansour](#)

Northern Technical University / Kirkuk
Technical College

Keywords:

Wind power, Wind turbine, Energy

ARTICLE INFO

Article history:

Received 21 Jan. 2019
Accepted 20 May. 2020
Available online 02 May 2021

Theoretical and Experimental Analysis for Performance of Wind Turbine

ABSTRACT

This research depends on carrying out an applied and numerical analysis for capability to utilize winds turbines which considered as means of renewable and friendly energy to environment, and how to make use of this technology to generate electric energy in Kirkuk city. Where it was studied shifting kinetic energy of winds into mechanic energy and has been accomplishes install a horizontal-turbine in one of work sites in Kirkuk city of (16m) height of the ground level. It has tri-blades of (400W) power. It has been connected to an electric system supply designed and manufacture during the research period. In order to measure the voltage-difference and electric current consequently to measure the power and energy produced from the wind turbine and changed according to the wind speed alteration. Gauge records for two time seasons are taken by using the technology-programming of delicate controller in simultaneous work with meteorological system, so that it can set data-principle to be analyzed by using (MATLAB) program to find and check theoretical generated power compared with practical results and find the range of validity to generate the sufficient energy for domestic consumption. The results shows that summer season is better than winter season in using wind turbine in Kirkuk city. As the monthly energy rate produce during summer season has emerged to ten-time than monthly energy rate produced during winter season.

© 2020 TJES, College of Engineering, Tikrit University

DOI: <http://doi.org/10.25130/tjes.27.4.12>

¹ Corresponding Author: [Suaad Hassan danok](#)

التحليل النظري والتجريبي لأداء توربين الرياح

سعاد حسن دانوك الجامعة التقنية الشمالية/الكلية التقنية كركوك
 كمال جلال توفيق الجامعة التقنية الشمالية/الكلية التقنية كركوك
 اسراء عادل منصور الجامعة التقنية الشمالية/الكلية التقنية كركوك
 الخلاصه

يعتمد هذا البحث على إجراء محاكاة لإمكانية استخدام توربينات الرياح التي تُعد من وسائل الطاقة المتجددة والصدقية للبيئة وكيفية الاستفادة من هذه التكنولوجيا لتوليد الطاقة الكهربائية في مدينة كركوك، إذ تمت دراسة تحويل الطاقة الحركية في الرياح إلى طاقة ميكانيكية بنصب توربين هوائي من النوع الأفقي في أحد مواقع العمل في مدينة كركوك وعلى ارتفاع (16m) من سطح الأرض ثلاثي الريش ذو قدرة (400W) وربط بمنظومة كهربائية صُممت و صُنعت ضمن لهذا لغرض قياس فرق الجهد والتيار وبالتالي إيجاد القدرة والطاقة المتولدة من التوربين الهوائي والمتغيرة مع تغير سرعة الرياح، وأخذ قراءات لمدة موسمين باستعمال تقنية برمجة المتحكم الدقيق والمتزامن عملها مع منظومة الارصاد الجوية لعمل قاعدة بيانات يتم تحليلها باستعمال برنامج (MATLAB) لإيجاد القدرة المتولدة في الحالة النظرية و معرفة مدى صلاحية المنظومة لتوليد الطاقة الكافية للاستهلاك المنزلي. بينت النتائج بأن الموسم الصيفي يعد أفضل من الموسم الشتوي لاستخدام التوربينات الهوائية في مدينة كركوك إذ بلغ مقدار القدرة الناتجة خلال الموسم الصيفي عشرة اضعاف القدرة المتولدة خلال الموسم الشتوي

قائمة الرموز

وقام العديد من الباحثين في هذا المجال بتقدير القدرة التي من الممكن الحصول عليها من الرياح في بعض المحافظات ومن بينهم :

A: (m/s)مساحة مقطع الدوران

C: ثابت مستخدم لاستخراج ضغط بخار الماء القياسي

Cp : معامل القدرة

ea (Pa)ضغط بخار الماء الحقيقي :

es (Pa)ضغط بخار الماء القياسي :

W) قدرة التوربين الريحي Pw

T: درجة الحرارة (K)

u: سرعة الرياح (m/s)

ρ : كثافة الهواء (kg/m³)

المقدمة

ان طاقة الرياح تبرز لتكون واحدة من اكثر مصادر الطاقة الكهربائية الجديدة الواعدة حيث يمتد استخدامها لألف السنين ولأغراض مختلفة كطحن الحبوب وضخ المياه وانتاج الطاقة الكهربائية في الوقت الحاضر .

لذلك تم ترقية توربينات الرياح حيث نمت القدرة العالمية المركبة لتوربينات الرياح بمعدل 28% سنويا للسنوات 2000-2010 وزاد اجمالي القدرة الى اكثر من 237 في نهاية عام 2011 [1] ومن المتوقع ان ان يتم تلبية ما يقارب 10% من احتياجات العالم للطاقة من قبل طاقة الرياح في نهاية عام 2020 ولاتزال اوربا تهيمن على السوق العالمية مع هدف الوصول الى 20% من الطاقة من توربينات الرياح بحلول عام 2025 بينما تنتج الدنمارك حاليا 20% من الكهرباء من توربينات الرياح وتهدف للوصول الى 50% من الطاقة من الرياح بحلول عام 2025 [2] .

الباحث (Khonkar) [3] في سنة (2009) بإعطاء تصور عن مقدار زيادة كفاءة طاقة الرياح عن طريق دراسة سلوك الرياح المتضمن سرعة الرياح واتجاهها في منطقة الخليج العربي من خلال بيانات متواجدة للمدة من 1960 الى 2007 أي لمدة 47 عاماً ، إذ أظهرت النتائج أن الرياح الغالبة هي الشمالية الغربية وأن سرع الرياح المناسبة لعمل توربينات الرياح في منطقة الخليج العربي من شهر تشرين الثاني إلى شهر شباط أي ضمن الموسم الشتوي.

بينما الباحث (Tanver) وزملاؤه [4] (2010) قاموا بأجراء دراسة شملت ثلاث مدن في المانيا اضافة الى تأثير سرعة الرياح على انتاجية التوربينات الريحية في ظل الظروف الجوية المختلفة وبينت الدراسة أن الأداء يتأثر مع درجة الحرارة والرطوبة النسبية في جميع المواقع الثلاث مما يشير إلى أن العلاقة الحقيقية بين أداء توربينات الرياح يكون مع التغيرات في الطقس عموماً بدلاً من سرعة الرياح فقط.

اما الباحث (Ahmed F. Hassoon) (2013) [5] دراسة تهدف الى التحقق من إمكانات استغلال طاقة الرياح في المنطقة الشمالية من العراق لإنتاج الطاقة , لذلك تم دراسة بيانات الرياح التي تم جمعها على مدى فترة ما يقرب من ثلاثة عقود في خمسة مواقع مختلفة وهي (كركوك, طوز, بيجي, موصل, تكريت) من أجل معرفة إمكانات استغلال طاقة الرياح في هذه المناطق, وتم تحليل البيانات من المحطات المختارة, وتبين ان اعلى معدل لسرع الرياح كان في تكريت وطوز بينما اقل معدل كان في بيجي وكركوك والموصل وان اعلى معدل للطاقة الناتجة كان في محطة تكريت بقدرة (13.5kWh/m²) وبمتوسط سرعة رياح (4.5m/s) وباعتبار ان متوسط سرع الرياح يعتبر منخفضا بصورة عامة لذلك يعد استخدام طاقة الرياح لضخ المياه في الاراضي الزراعية هو الاستخدام الأمثل.

ومنها يظهر بأن درجة الحرارة والكثافة يتناسبان عكسياً حيث أن درجة الحرارة متغيرة مع الزمن بصورة أكبر بالمقارنة مع الضغط لذلك يعد العامل الأكثر تأثيراً وبالرغم من أن الضغط متغير بصورة صغيرة مع الزمن ولكنه يتأثر بتغير الارتفاع فزيادة الارتفاع يقل الضغط وتكون الكثافة أقل . كذلك يحتوي الهواء على بخار الماء الموجود بنسبة (0.25%) من كتلة الغلاف الجوي ويتراوح بصورة عامة بين (0.001%-5%) بالذات إذا كانت درجة الحرارة مرتفعة ويوصى بتصحيح الكثافة من خلال الرطوبة [10] وذلك من خلال العلاقة الآتية [11]:

$$\rho h = \left(\frac{P}{R_d T} \right) \left(1 - \frac{0.378 * e_a}{P} \right) \dots \dots (4)$$

$$e_a = RH * e_s \dots \dots \dots (5)$$

$$e_s = \frac{e_{s0}}{b^8} \dots \dots \dots (6)$$

$e_{s0}=6.107$

$$b = C_0 + T * (C_1 + T * (C_2 + T * (C_3 + T * (C_4 + T * (C_5 + T * (C_6 + T * (C_7 + T * (C_8 + T * (C_9)))))))) \dots (7)$$

تم العمل في هذا الجزء على ادخال البيانات الخاصة بكل من الموسم الشتوي والصيفي إلى برنامج الماتلاب واستخدام المعادلات الرياضية اللازمة للحصول على قيمة القدرة في حالة معامل القدرة النظرية العظمى وهي (0.59) تلاها التدرج في الانخفاض الحاصل لمعامل القدرة لتشمل معاملات القدرة العملية إلى حين الوصول إلى أقل معامل قدرة مسموح به لعمل التوربين الهوائي وهو (0.25) . وذلك لبيان مدى صحة النتائج المتحصلة من التوربين العملي ولبيان كمية القدرة التي من الممكن الحصول عليها باستخدام توربين بمواصفات تصميمية مشابهة للتوربين المستخدم ولكن ذي معامل قدرة أعلى أو أقل وشملت المدخلات إلى البرنامج سرعة الرياح والرطوبة ودرجة الحرارة والضغط كمتغيرات ظروف جوية ولـ (2971) مرة ، و قطر الدوران الخاص بالتوربين الهوائي فضلاً عن معاملات القدرة وغيرها والمذكورة مع المعادلات في المخطط الانسيابي لمراحل العمل والمبينة في الشكل (1)

بينما قام الباحث (Salih) [6] (2012) وزملاؤه بدراسة تأثير الظروف الجوية على أداء التوربين الهوائي وذلك باستخدام برنامج الماتلاب لتحليل أداء نوعين من التوربينات الهوائية بقدرة (W600) و (W3200) في محافظة الأنبار واستنتج بأن زيادة كل من الكثافة وسرعة الرياح تؤدي إلى زيادة الإنتاج والعكس بالنسبة لدرجة الحرارة.

في حين قام الباحث (عباس) وزملاؤه (2014) [7] بتقدير قدرة الرياح وذلك من خلال معرفة متوسط سرعة الرياح في المحافظات التالية : البصرة ، ذي قار، بغداد وذلك بعد جمع البيانات للسنوات (2009-2010) واستنتج بأن أعلى معدل لسرع الرياح كان في محافظة ذي قار ضمن المدى (4-5 m/s) تليها البصرة ثم محطة بغداد وبذلك يعتبر موقع محطة ذي قار هو الأنسب لنصب المحطات الهوائية .

اما البحث الحالي فيهدف إلى تقييم القدرة المتحصلة من توربينات الرياح في محافظة كركوك ومعرفة مدى الاستفادة منها للأغراض المنزلية البسيطة ، كذلك استغلال الطاقة الناتجة في تنمية الأراضي الزراعية من خلال ضخ المياه وربها لمساعدة قطاع الشبكة الوطنية كونها طاقة نظيفة وصديقة للبيئة .

المنهجية

نمذجة عمل التوربين الهوائي

إن جزيئات الهواء المتحركة في الجو تمتلك طاقة حركية يعبر عنها بأنها كمية جزيئات الهواء المتحركة خلال مساحة محددة (تكون عمودية على تدفق الرياح) ضمن زمن محدد (تحتويها كتلة تقدر بـ (m (kg) وبسرعة مقدارها (m/s) (u) ويمكن حسابها من خلال كثافة الهواء وحجم اسطوانة الهواء المتولدة نتيجة مرور الرياح خلال التوربين الهوائي لتولد طاقة [8].

$$\frac{P_w}{A} = 0.5 \rho u^3 \dots \dots \dots (1)$$

وباستخدام قانون بيتز يتبين ان أعلى قدرة ناتجة من التوربين الريحي حينما تكون سرعة الرياح الخارجة هي ثلث سرعة الرياح الداخلة إلى التوربين الريحي حيث نحصل على القيمة الأعظم للقدرة الممكن الحصول عليها من طاقة الرياح وتساوي [9] :

$$Power_{max} = \frac{16}{27} \rho A u_i^3 \dots \dots \dots (2)$$

ويمكن حساب كثافة الهواء من خلال المعادلات التالية وكما يأتي [10] :

$$\rho = \frac{P_{m_w}}{RT} = \frac{1}{R_0 T} P \dots \dots \dots (3)$$

بكفاءة أعلى وبقدرة إنتاجية تقدر بـ(400W) في سرعة الرياح القصوى وتم اختيار هذا النوع من التوربين لتمييزه بسرعة تشغيل منخفضة مقارنة بأنواع التوربينات الأخرى

2. منظومة الارصاد الجوية :

تم استخدام منظومة الارصاد الجوية لتسجيل المتغيرات التي تؤثر على التوربين الريحي وأدائه إذ إنّ تحليل مناخ الرياح وتحديد تأثير المتغيرات الجوية على التوربين الريحي يتطلب الحصول على بيانات ولمدة طويلة وللحصول على ذلك تم استخدام جهاز ارصاد جوية من شركة (ACURITE) بنظام استشعار لاسلكي يقيس كل من درجة الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الرياح واتجاهها وضغط الجو يوضح المنظر العام للجهاز إذ يعد قياس سرعة الرياح العامل الأهم لعمل التوربينات ويتم قياسه من خلال مقياس شدة الرياح في حين يقاس اتجاه الرياح عن طريق دوار الرياح من خلال حركة دائرية كاملة (360) لمعرفة الاتجاه السائد لرياح المنطقة بينما يتم قياس كل من درجة الحرارة والرطوبة النسبية عن طريق متحسس لكل منهما ويعتمد نظام عمل المنظومة على كل من الطاقة الشمسية والبطارية لغرض التشغيل .

3. المنظومة الكهربائية :

تتكون المنظومة الكهربائية من مجموعة من الأجزاء الأساسية والتي تصنف على اعتبارين هما المعدات التي تستعمل في ربط الدائرة الإلكترونية مع الملحقات الخاصة بها والبرمجة التي يتم تحميلها الى الدائرة الإلكترونية لتعمل على تطبيق المعادلات الخاصة بقياس نواتج التوربين الهوائي .

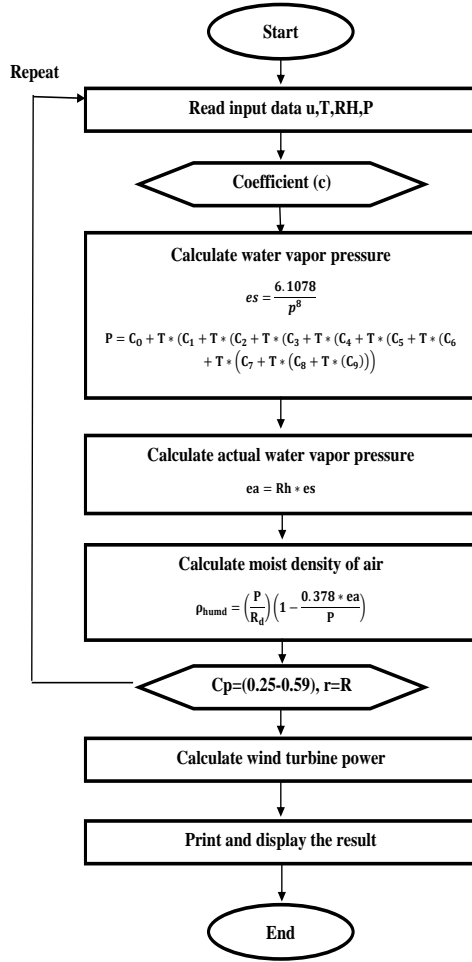
حيث يبين الشكل (2) الاجهزة المستخدمة في الجانب العملي.



شكل(2) الاجهزة المستخدمة

النتائج والمناقشة

من خلال النتائج العملية التي تم الحصول عليها من نصب توربين هوائي في محافظة كركوك واخذ بيانات بمعدل كل 12



الشكل (1) المخطط الانسيابي لخطوات العمل

الجانب العملي

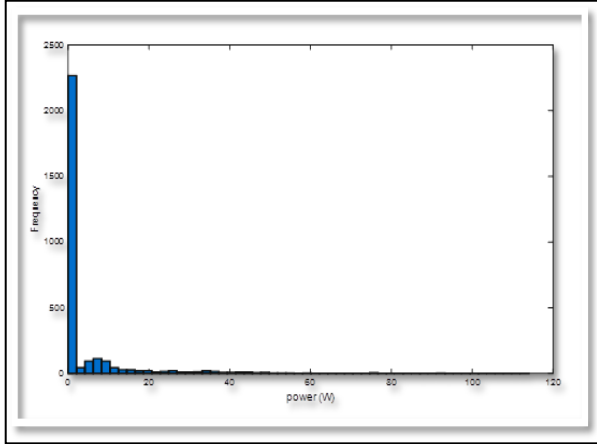
الاجهزة المستخدمة

تم استعمال البيانات الناتجة من نصب توربين صغير صالح للاستعمال المنزلي نوع fd1.5-400w في موقع الكلية التقنية / كركوك واخذ قراءات باستخدام تقنية برمجة المتحكم الدقيق نوع (ATMEG328P-PU) بلغة (MICRO-C). البرنامج الخاص بالتحكم الدقيق يحتوي على المعادلات الخاصة لحساب القدرة اضافة الى قراءة المتغيرات الجوية (درجة الحرارة، الرطوبة، وسرعة الرياح) حيث تنقسم منظومة العمل الى ثلاث اقسام اساسية وكما يلي:

1. التوربين الريحي :

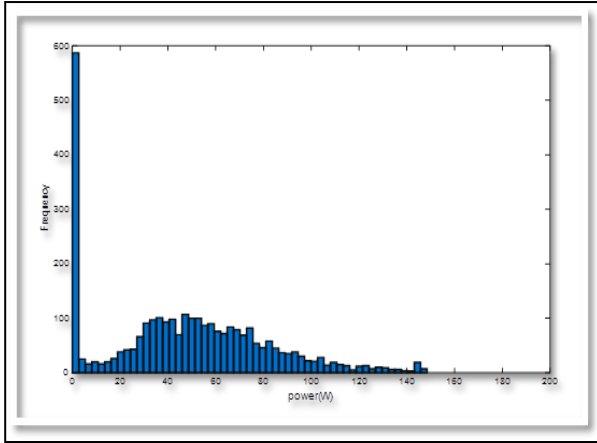
هو عبارة عن جهاز مكون من قسمين أحدهما متحرك والآخر ساكن ، يقوم بتحويل الطاقة الحركية للرياح إلى حركة ميكانيكية تعقبها طاقة كهربائية . إذ تم نصب توربين ريحي صغير صالح للاستخدام المنزلي ثلاثي الطور وثلاثي الريش يتميز بصنعه من مادة (الالمنيوم) والتي تتميز بالقوة والمتانة ومقاومتها للإجهادات والتي تعدّ من الميزات المهمة لصلاحية التوربين الريحي وعمله

دقيقة وعلى مدار 24 ساعة لفترات زمنية طويلة خلال كل من الموسم الشتوي والصيفي باعتبار ان هذين الموسمين هما من المواسم الطويلة والتي تبرز فيها الظروف المناخية بصورة واضحة في ظل الظروف المناخية لمحافظة كركوك . حيث اشارت نتائج البيانات الى ما يلي :-

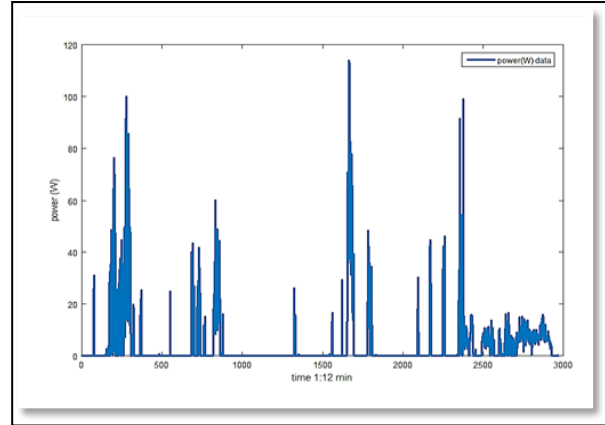


شكل (5) قيم التكرار للقدرة المتولدة خلال الموسم الشتوي

الشكل (3) ان مقدار القدرة التي تم الحصول عليها من خلال النتائج العملية لتشغيل التوربين الهوائي في الموسم الشتوي قد بلغت قيمتها القصوى ما يقارب (115W) عند سرعة الرياح المسجلة بمقدار (27km/h) كما تقدر كمية القدرة التي يمكن الحصول عليها خلال شهر واحد بما يقارب (13.26kW). اما في ما يخص القدرة المتولدة خلال الموسم الصيفي فبلغت اقصى قيمة للقدرة المتولدة (148W) وكما مبين في الشكل (4) بينما كان مقدار القدرة التي من الممكن الحصول عليها خلال شهر واحد ما يقارب (139.89kW) . ويلاحظ ان اعلى القيمة تكرر للموسم الشتوي كانت بمقدار صفر وذلك بسبب سرعة الرياح المنخفضة والتي كانت غير كافية لتشغيل التوربين الهوائي بينما القيمة الاكثر تكراراً في الموسم الصيفي كانت عند الصفر تلتها القيمة (49W) وكما مبين في المخطط البياني للشكلين (5) و (6) على التوالي بينما تقدر كمية الطاقة التي من الممكن الحصول عليها خلال شهر شتوي واحد اي بما يعادل (720 h) بالقيمة (9552.54kW.h) في حين يبلغ مقدار الطاقة المقدره خلال فصل صيفي واحد بالقيمة (100724kW.h) .

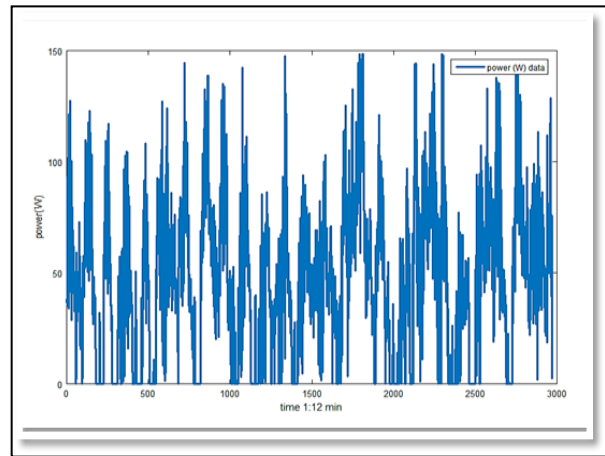


شكل (6) قيم التكرار للقدرة المتولدة خلال الموسم الصيفي

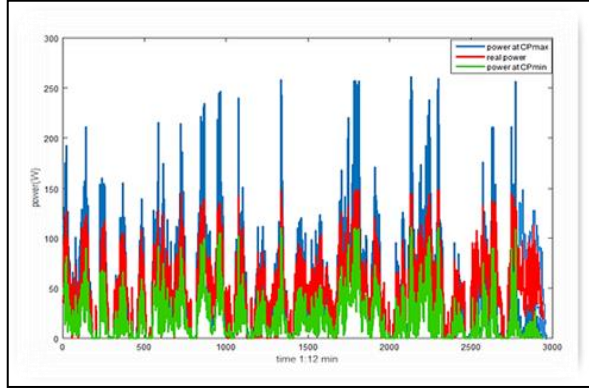


شكل (3) التغير الزمني للقدرة المتولدة خلال الموسم الشتوي

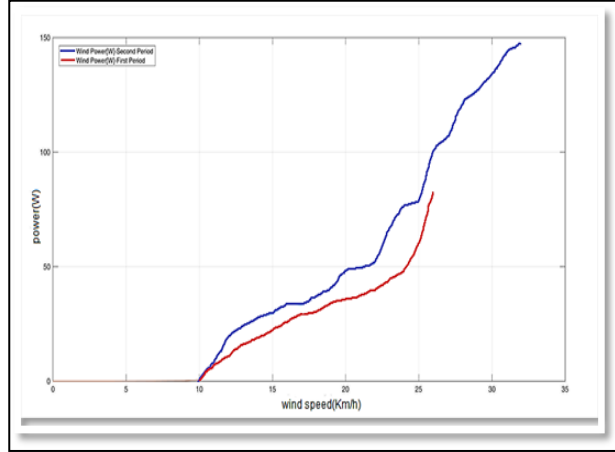
ان اجراء المقارنة بين الموسمين يعتمد على اساس منحنى القدرة باعتبار ان المؤثر الاكبر على قدرة التوربين الهوائي هو سرعة الرياح وكما موضح في الشكل (7) الذي يظهر فيه القدرة المتولدة في الموسمين ويتبين من خلاله ان سرعة الرياح ضمن الموسم الصيفي هي اعلى منها في الموسم الصيفي وبالتالي تكون الزيادة في القدرة واضحة ويوضح من خلاله ان الموسم المناسب لنصب التوربين الهوائي لاستغلال اكبر كمية من طاقة الرياح هو الموسم الصيفي فبالإضافة الى ارتفاع السرعة عنها في الموسم الشتوي فان معدل سرعة الرياح ايضا في حالة تزايد.



شكل (4) التغير الزمني للقدرة المتولدة خلال الموسم الصيفي



شكل(9) القدرة العملية مع تعويض معامل القدرة (0.59,0.25) خلال الموسم الصيفي



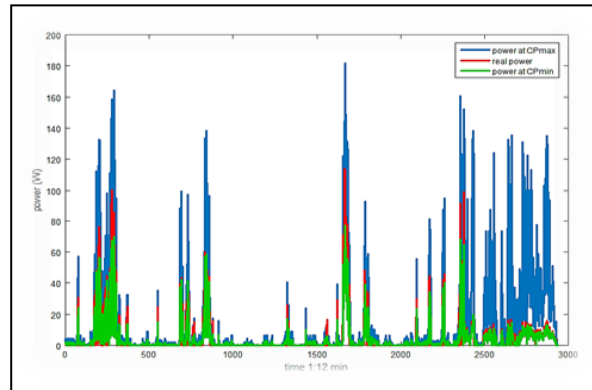
شكل (7) علاقة المقارنة بين كل من القدرة المتولدة في الموسم الشتوي والصيفي

الاستنتاجات

1. أن أقصى مقدار للقدرة التي تم التوصل إليها في الموسم الصيفي لمدينة كركوك كان بمقدار (148W) وهي أكثر من القدرة الشتوية بنسبة زيادة بلغت (28.7%) لذلك يمكن استخدام توربينات الرياح في الموسم الصيفي بشكل أكبر .
2. إن المعدل الشهري لكمية الطاقة التي تم التوصل إليها في الموسم الصيفي بلغت (100724kWh) وهي تعادل ما يقارب عشرة أضعاف معدل الطاقة الشهرية التي من الممكن الحصول عليها في الموسم الشتوي .
3. ان قدرة التوربين الهوائي المستخرجة من برنامج التحليل الهندسي عند معامل القدرة ذاتها للبيانات العملية كانت متطابقة مع النتائج العملية بنسبة تتراوح بين (2%) الى (7%) .

المصادر

- 1.Tavner, P., et al. (2013). "Study of weather and location effects on wind turbine failure rates." Wind Energy 16(2): 175-187.
- 2.Analyses, E. E. (2007). "50% wind power in Denmark in 2025." Energy Agency, Copenhagen, Denmark.
- 3.Khonkar, H. (2009). "Complete survey of wind behavior over the Arabian Gulf." Journal of King Abdulaziz University-Marine Sciences 20: 31-47.
- 4.Tavner, P., et al. (2010). "Study of weather and location effects on wind turbine failure rates." Wind Energy 16(2): 175-187.



شكل (8) القدرة العملية مع تعويض معامل القدرة (0.59,0.25) خلال الموسم الشتوي

8.Nelson, V. C. (2013). Wind energy: renewable energy and the environment, CRC press.

9.احمد, ع. خ. (2014). مبادئ الطاقة المتجددة. بغداد, وزارة التعليم العالي و البحث العلمي دار الكتب و الوثائق.

10.Lopez, H. V. (2014). The Illusion of Power Curves, Master's thesis, Delft University of Technology-Department of Wind Energy.

11.Marimuthu, C. and V. Kirubakaran (2014). "A critical review of factors affecting wind turbine and solar cell system power production." Int. J. Adv. Engg. Res. Studies/III/II/Jan.-March 143: 147.

5.Hassoon, A. F. (2013). "Assessment potential wind energy in the north area of Iraq." Journal homepage: www. IJEE. IEEFoundation. org 4(5): 807-814.

6.Salih, S. M., et al. (2012). "Performance analysis of wind turbine systems under different parameters effect." International Journal of Energy and Environment 3(6): 895-904.

7.عباس, ا. ع. ا. وجماعته. (2014). "تقدير معاملات ويبيل وقدرة الرياح لثلاث مواقع في العراق." المجلة العراقية للعلوم (2): 740-729.