

التحكم بنظام تحويل طاقة رياح متغير السرعة للحصول على الاستطاعة العظمى باستخدام الخوارزمية الجينية

د. خالد زيدان*

حسن بوشيه**

(تاريخ الإيداع 27 / 8 / 2020. قُبِلَ للنشر في 28 / 10 / 2020)

□ ملخص □

يقدم هذا البحث استراتيجية تحكم بالعنفات الريحية متغيرة السرعة والموصولة مع مولد تزامني ذي مغناطيس دائم، بهدف الحصول على أعظم استطاعة ممكنة من العنفات الريحية.

استخدمنا نموذج نظام تحويل طاقة الرياح متغير السرعة (Variable speed Wind turbine conversion) VWST (Permanent magnetic system) ، والمكون من عنفة ريحية، مولد تزامني ذي مغناطيس دائم (PMSG (Proportional Integral synchronous generator) ، مقوم، مقطع رافع-خافض، قالبية، حمل، ومتحكم تقليدي (PI Controller) لتثبيت الجهد الذي حصلنا عليه من العنفة الريحية والمولد التزامني عند سرعة رياح متغيرة، ومن ثم استخدمنا إحدى تقنيات الذكاء الصناعي والمتمثلة بالخوارزمية الجينية (genetic algorithm) GA للحصول على مميزات أعظم استطاعة ممكنة من العنفة الريحية.

تمت نمذجة المتحكم التقليدي PI والخوارزمية الجينية باستخدام برنامج الماتلاب MATLAB R2014a ومنه حصلنا على مميزات الاستطاعة الميكانيكية للعنفة الريحية وحددنا نقاط الاستطاعة الأعظمية عند كل سرعة للرياح.

الكلمات المفتاحية: نظام تحويل طاقة الرياح متغير السرعة VWST، المولد التزامني ذو المغناطيس الدائم PMSG، متحكم تقليدي PI، الخوارزمية الجينية GA.

*أستاذ مساعد - قسم هندسة الطاقة الكهربائية- كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية- جامعة دمشق- دمشق-سورية.
**طالب دراسات عليا(ماجستير)-قسم هندسة الطاقة الكهربائية-كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية-جامعة دمشق-دمشق-سورية.

موبايل +963988594503 +إيميل bosheahassan@hotmail.com

Control of a Variable Speed wind Energy System for Maximum Power Using Genetic Algorithm

Dr. Khalid Zedan*
Hassan Boushea**

(Received 27 / 8 / 2020. Accepted 28 / 10 / 2020)

□ ABSTRACT □

This paper presents a strategy of variable speed wind turbine connected to a permanent magnet synchronous generator; the goal is to get the most possible wind turbines.

We used a wind energy conversion system model consisting of a wind turbine, permanent magnet synchronous generator, rectifier, buck-boost chopper, inverter, load, and traditional controller PI to stabilize the voltage obtained from the wind turbine and synchronous generator at a variable wind speed.

Then we used one of the artificial intelligence techniques represented by the genetic algorithm to get the maximum possible wind turbine.

The traditional controller PI and the genetic algorithm we modeled using the Matlab R2014a program and from it we obtained the advantages of mechanical power for wind turbine and determined maximum power points at each wind speed.

Keywords: Variable speed Wind turbine conversion system, Permanent magnetic synchronous generator, Traditional controller PI, Genetic Algorithm.

* Associate Professor, Department of Electric Power Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University, Syria.

**Postgraduate student(Master), Department of Electric Power Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University, Syria, email: bosheahassan@hotmail.com, tel: +963988594503

مقدمة:

1- بدأ استخدام طاقة الرياح في توليد الطاقة الكهربائية باستطاعات كبيرة وبشكل جدي منذ ثمانينات القرن الماضي، وازدادت استطاعة العنفات الريحية بشكل كبير وبسرعة بفضل التطور التقني والفني الكبير الذي حصل على وجه الخصوص في تصنيع عناصر الكترونييات القدرة الكهربائية وتطور دارات القيادة والتحكم المستخدمة حالياً في هذا المجال. وهذا النوع من القيادة خفض كلفة تصنيع الدارات الالكترونية وسهل عملية التحكم والقيادة وجعل استخدام هذه الأنظمة أكثر أماناً وحماية.

إن استخدام المولد التزامني ذي المغناطيس الدائم هو الأنسب في تطبيقات العنفات الريحية لما له من مرونة في العمل ولا يحتاج إلى وجود علبه السرعة التي تحتاجها معظم المولدات الأخرى، الأمر الذي يخفض من الإجهادات الميكانيكية ويزيد من موثوقية النظام.

اعتمدت بعض الخوارزميات على الطرق التقليدية حيث وضع الباحثون خوارزمية لملاحقة نقطة لاستطاعة العظمى بحيث يتم التحكم بطاقة خرج العنفة عن طريق التحكم بنظام التعديل النبضي العرضاني الجيني للقالبة. وتم ربط العنفة مع الشبكة عبر (مولد تزامني مع علبه سرعة - مقوم-قالبة)[1].

استخدمنا أيضاً خوارزمية تقليدية اعتمدت على منحني الطاقة كتابع لسرعة الدائر. وتم ربط العنفة مع الشبكة عبر مولد تزامني تسبقه علبه سرعة ومنظم جهد AC/AC [2].

كما تم استخدام طريقة التحكم Hill-Climb-Search (HCS) حيث يتم التحكم باستطاعة الخرج وضبط العزم الكهربائي، كما تم التحكم أيضاً بسرعة المولد بشكل غير مباشر للحصول على السرعة المناسبة التي تعطينا الاستطاعة العظمى. ومن ثم تم تطبيق إشارة التحكم على المبدلة المستخدمة. أهم ما يميز هذه الطريقة عدم الحاجة لقياس سرعة الرياح [3].

استخدمت أيضاً تقنيات الذكاء الصناعي (الشبكات العصبونية) للحصول على الاستطاعة العظمى ومعامل الاستطاعة الأعظمي، حيث تم تقدير سرعة الرياح من خلال التحكم tip speed ratio (TSR)، واستخدمت الشبكات العصبونية لتقدير سرعة الرياح بالإضافة لقاعدة بيانات لنسبة السرعة المثالية. تم التحكم بسرعة الدوار عن طريق التعديل النبضي العرضاني الجيني للمبدلة المستخدمة [4].

أهمية البحث وأهدافه:

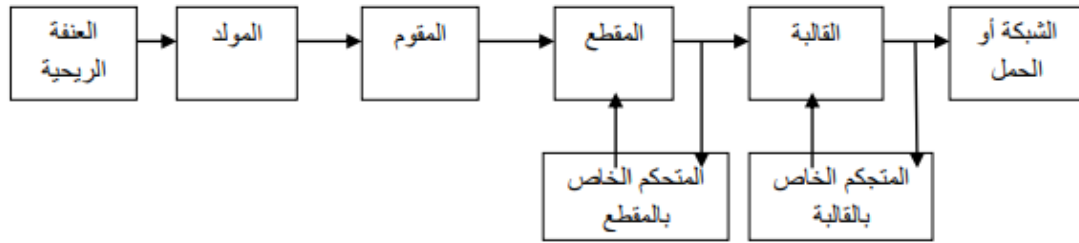
تأتي أهمية هذا البحث كونه يعالج مشكلة الحصول على أعظم استطاعة ممكنة من العنفة الريحية وهي من أهم المشاكل التي تواجه استخدام طاقة الرياح واستثمارها بشكل يزيد من مردود الطاقة، وهو يندرج ضمن محاور بحثية هامة على مستوى العالم تهدف إلى الاستفادة من الطاقات المتجددة بكافة أشكالها.

انطلاقاً من المشاكل التي لوحظت في أنظمة تحويل طاقة الرياح، فإن هذا البحث يهدف إلى :

- الحصول على جهد خرج ذي مطال وتردد ثابتين من نظام تحويل طاقة الرياح باستخدام متحكم تقليدي PI (Proportional Integral Controller).
- الحصول على الاستطاعة العظمى للعنفة الريحية باستخدام الخوارزمية الجينية.

طرائق البحث ومواده:

قمنا في هذا البحث بتصميم ونمذجة نظام تحويل طاقة ريحي يتكون من الأجزاء التالية: عنفة ريحية، مولد، مقوم، مقطع رافع-خافض للجهد، انفرتر مع أنظمة التحكم المناسبة للمقطع والقالبية حيث تمت عملية التصميم كما يلي:



الشكل (1) المخطط الصندوقي لتوصيل النموذج المقترح

تم في هذا البحث استخدام بارامترات ومعطيات عنفة ريحية محدداها كما ورد في الجدول (1)، واستخدام حاسوب شخصي بالمواصفات التالية: النوع LENOVO-PC، الذاكرة 2 GB، المعالج intel celeron 2core 2.16 GHz بالإضافة إلى استخدام برنامج MATLAB R2010a.

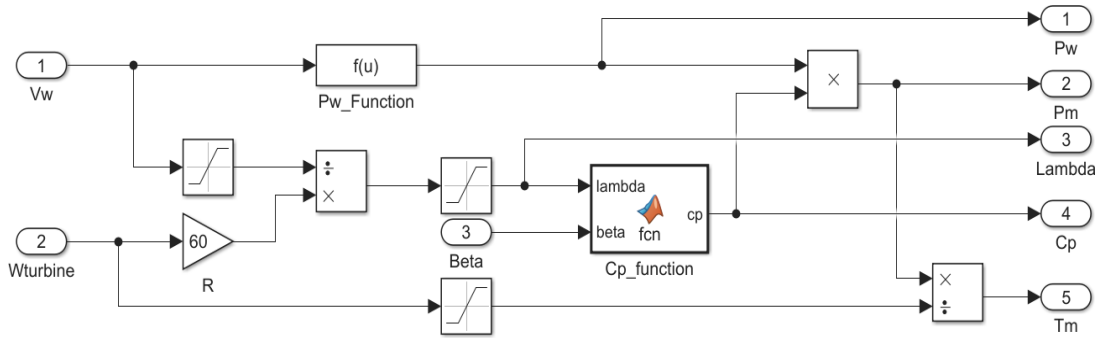
1- نمذجة العنفة الريحية:

تمت نمذجة العنفة الريحية التي تمتلك المحددات الموضحة في الجدول (1):

الجدول (1) محدثات العنفة الريحية [5]

المحددات	القيمة	الواحدة
الاستطاعة الاسمية	800	Kw
السرعة الاسمية	10.3	m/s
سرعة البدء	3	m/s
السرعة القصوى	20	m/s
كثافة الهواء	1.225	Kg/m ³
عدد الشفرات	3	

تمت نمذجة العنفة الريحية باستخدام برنامج الماتلاب حيث تمثل مداخل هذا النظام كل من سرعة الرياح V_w وسرعة الدائر Wt وبالإستفادة من معادلات العنفة الريحية حصلنا على خرج النموذج والمتمثل بالاستطاعة المستخلصة من الرياح P_w ، والاستطاعة الميكانيكية للعنفة الريحية P_m ، سرعة نهاية ريش العنفة λ ، ومعامل مردود العنفة C_p ، والعزم الميكانيكي T_m ، كما في الشكل التالي:



الشكل (2) النموذج الكامل للتعفة الريحية

2-المولد المستخدم:

مولد تزامني ذو مغناطيس دائم بأقطاب بارزة موصول مباشرة مع محور العنفة الريحية بدون علبة سرعة ويمتلك المواصفات التالية [5] سرعة الدوران الأعظمية هي 26.6 دورة في الدقيقة، عدد أزواج الأقطاب هو (113).

3-تصميم ونمذجة المقطع:

تصميم المقطع يعني اختيار قيم تردد العمل وقيمة كل من الملف و المكثف [6].

3-1-اختيار تردد العمل:

يتم اختيار تردد العمل للترانزستورات بحيث يتحقق لدينا الشرط التالي: يجب أن يكون الدور الأصغري لدارة توليد النبضات أكبر بحوالي مئة مرة من زمن فتح الترانزستور حسب المرجع [7]. لدينا الترانزستورات القادرة على العمل في هذا النظام ذات أزمنة فتح مقدارها (5µs) أي دور العمل الأصغري هو (5.0ms) وبالتالي سيكون تردد العمل الأعظمي هو [2KH] ، من أجل جميع الترانزستورات.

3-2-اختيار الملف:

يتم اختيار الملف اعتماداً على المعادلة (1) [8] .

$$L \geq \frac{-Vo*Ts}{2Io(crit)} * \frac{Vi(max)}{Vo-Vi(max)} \quad (1)$$

حيث:

Vo [v] جهد خرج المقطع،

Ts [sec] دور إشارة التحكم المرسل إلى الترانزستور،

Vi [max] (v) جهد الدخل الأعظمي،

$Io(crit)$ [A] قيمة تيار الخرج الأصغري المطلوب من أجل العمل بنظام التوصيل المستمر وتحسب قيمته باستخدام المعادلة (2):

$$Io(crit) = \frac{\Delta I}{2} \quad (2)$$

حيث تغير التيار هو تأرجح التيار المرغوب للتيار المار في الملف وتأخذ نسبته (10%---30%) وهنا أخذنا (10%).

وبالتالي ينتج لدينا قيمة الملف الأصغرية، التي تضمن العمل بنمط التوصيل المستمر (CCM) (Continues Mode).

$L=10$ [mH]

3-3- اختيار المكثف:

يتم اختيار قيمة المكثفة اعتماداً على المعادلة (3) وهي القيمة التي تضمن العمل بنمط التوصيل المستمر (CCM) [8].

$$C \geq I_o(max) * \frac{Dmax}{fs * \Delta Vo} \quad (3)$$

حيث:

$I_o (max)[A]$ تيار الخرج الأعظمي للمقطع،

$Dmax$ نسبة توصيل المقطع الأعظمية وهي موافقة أصغر قيمة جهد تصل إلى دخل المقطع .

$fs [Hz]$ تردد عمل المقطع.

ΔVo تغير الجهد وهو تأرجح الجهد المرغوب وتؤخذ نسبته (1%).

$$I_o(max) = \frac{1 - D}{D} * I_{in}(max) \quad (4)$$

$$Dmax = \frac{Vo}{Vo + Vi(min)} \quad (5)$$

ومن المعادلات السابقة نتج لدينا القيمة الأصغرية للمكثف وهي $C=81[mf]$.

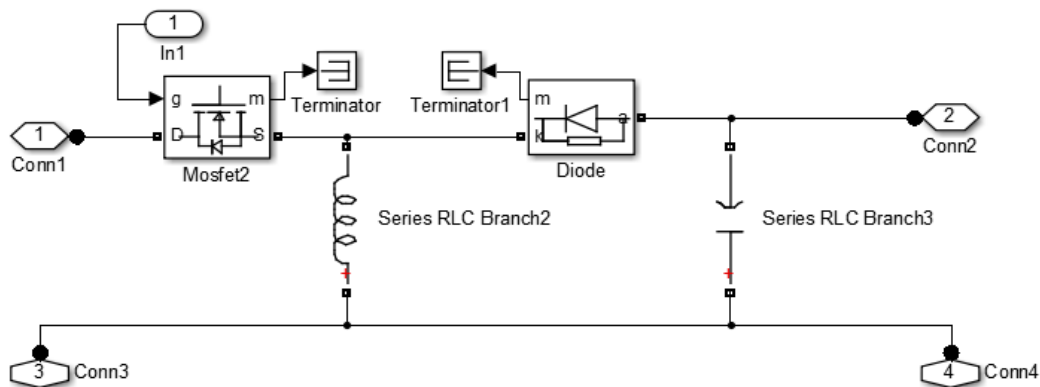
يوضح الجدول التالي (2) قيمة تردد العمل وقيمة كل من الملف و المكثف وجهد الخرج الأعظمي للمقطع:

الجدول (2) بارامترات المقطع

2 KHz	تردد العمل
10 mH	الملف
81 mf	المكثف
622 V	جهد الخرج الأعظمي

4-3- نمذجة المقطع:

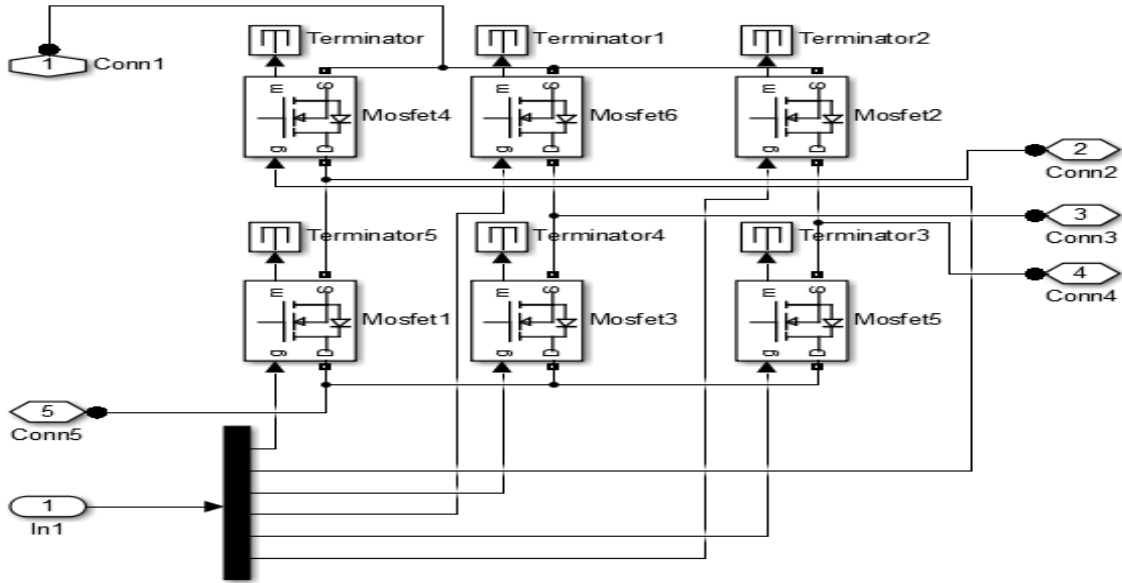
بعد اختيار قيمة تردد العمل وقيم الملف و المكثف أصبح بإمكاننا نمذجة المقطع والموضح بالشكل (3):



الشكل (3) نموذج المقطع المستخدم (رافع-خافض)

4- نمذجة القالبية:

تقوم القالبية بتحويل الإشارة المستمرة في الدخل (جهد أو تيار) إلى إشارة متناوبة في الخرج (جهد أو تيار) بمطال وتردد محددين، التقنية المستخدمة للتحكم بالقالبية هي Sine pulse Width Modulation (SPWM)، بحيث نحصل دائماً على جهد متناوب ثلاثي الأطوار بقيمة فعالة مقدارها (220 v) لجهد الطور. يبين الشكل (4) نموذج القالبية المستخدم:



الشكل (4) نموذج القالبية المستخدم

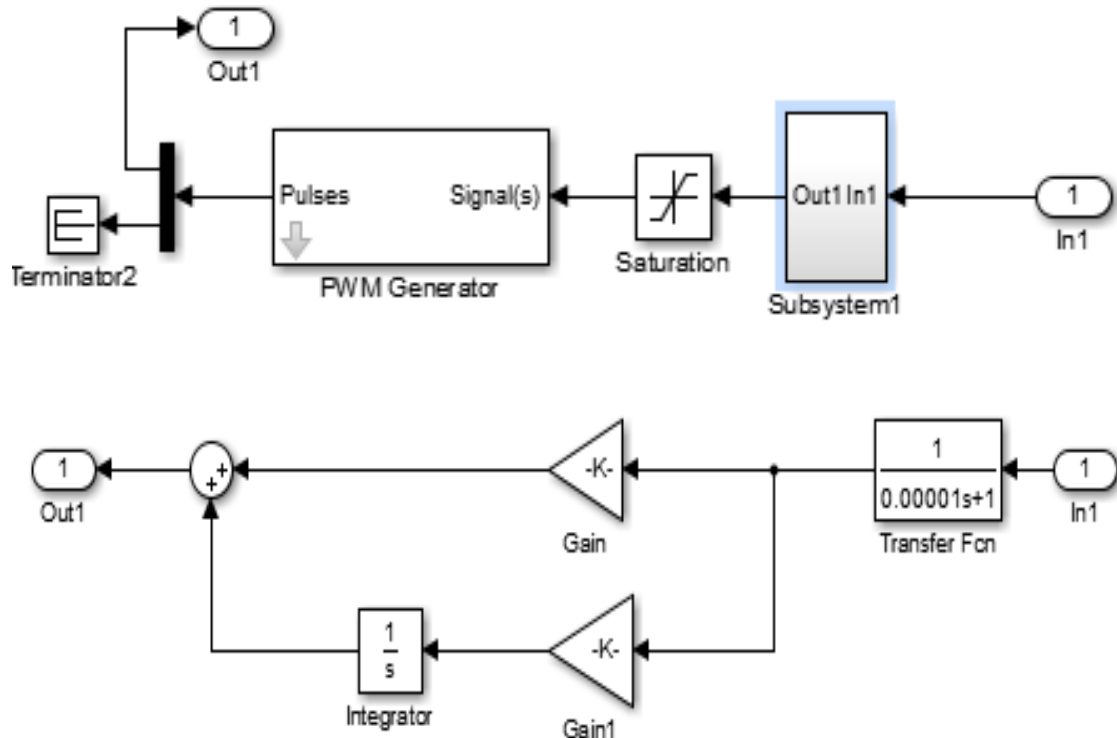
5- نظام التحكم الخاص بالمقطع:

قمنا بتصميم نظام تحكم خاص بالمقطع باستخدام المتحكمات التقليدية PI للحصول على جهد خرج مستمر ثابت قدره (622) فولط مهما تغيرت سرعة الرياح. بارامترات المتحكم PI موضحة بالجدول (3) وذلك حسب المراجع [9] و [10]:

الجدول (3) بارامترات المتحكم

المتحكم	ثابت الريح التناسبي Kp	ثابت لريح التكامل Ti
PI	0.171428	0.001047

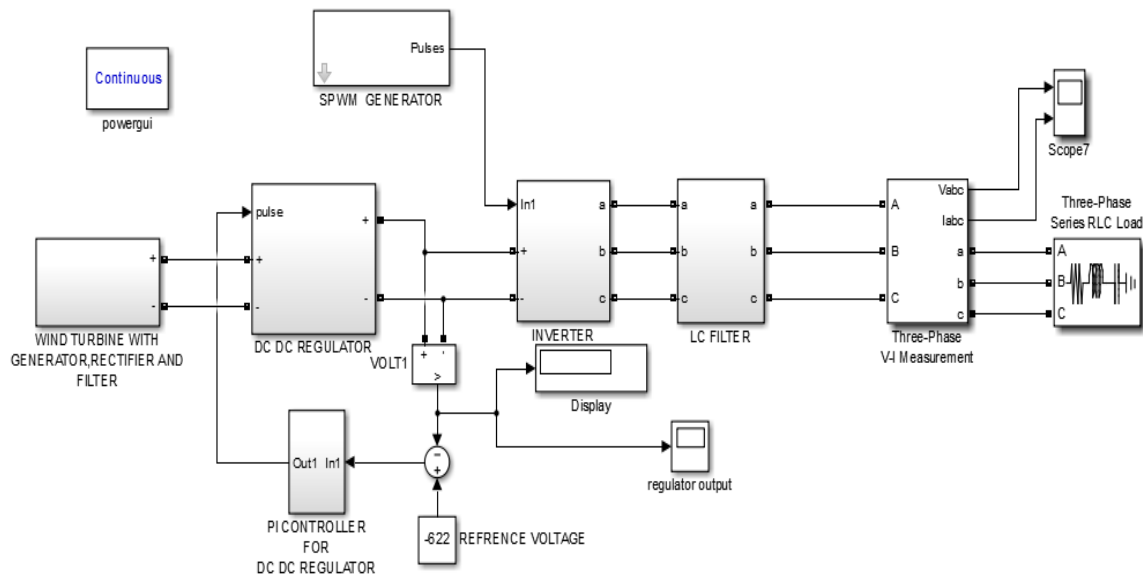
يبين الشكل التالي (5) طريقة توصيل المتحكم القليدي PI مع المقطع في بيئة الماتلاب بعد تحديد قيم ثابت الريح التناسبي والتكامل للتحكم:



الشكل (5) توصيل المتحكم مع المقطع

6- توصيل النموذج مع المتحكم في بيئة الماتلاب:

بعد القيام بنمذجة العنفة الريحية، المقطع، القالبية، وتحديد قيم ثوابت المتحكم التقليدي وطريقة توصيله في بيئة الماتلاب أصبح نموذج نظام تحويل طاقة الرياح على الشكل التالي (6):



الشكل (6) نموذج نظام تحويل طاقة الرياح

7- الخوارزمية الجينية (GA) Genetic Algorithm:

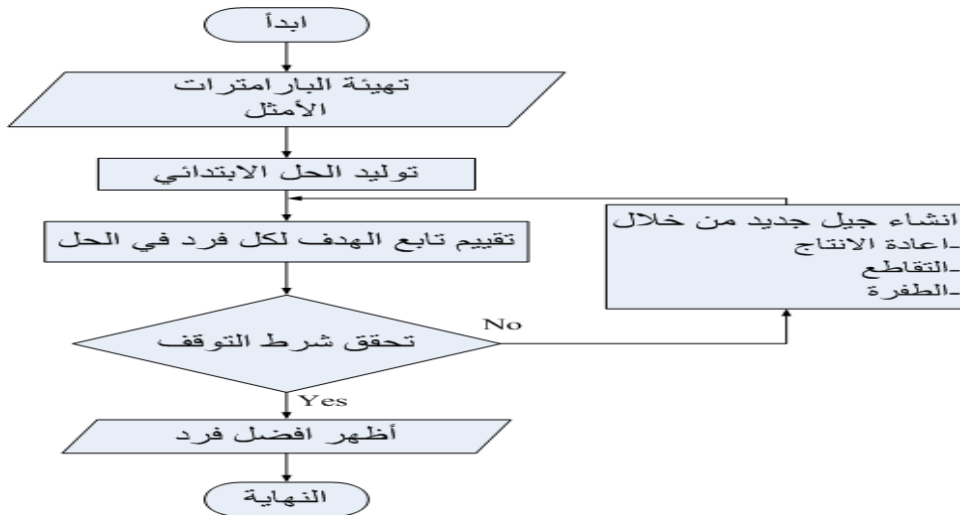
تعد الخوارزمية الجينية جزءاً من الحوسبة التطورية Computational Evolution، والتي هي منطقة سريعة النمو في علم الذكاء الاصطناعي، وهي مستوحاة من نظرية داروين في التطور. باستخدام هذه الخوارزمية، يتم الحصول على الحلول المثلى للمشاكل المطروحة عن طريق عملية تطورية ينتج عنها أفضل (أمثل) حل [11] [12].

8- استخدام الخوارزمية الجينية في الحصول على الاستطاعة العظمى للعنفة الريحية:

يمكن توضيح استخدام الخوارزمية الجينية في الحصول على الاستطاعة العظمى للعنفة الريحية كما يلي:

1. إعداد قيم بارامترات تقنية الحل الأمثل الابتدائية مثل عدد الحلول في الجيل الواحد والعدد الأعظمي للأجيال، بالإضافة إلى قيم بارامترات الخوارزمية الجينية مثل شرط التوقف ونوع التقاطع مع نسبة حدوثه ونوع الطفرة مع نسبة حدوثها وقيم بارامترات العنفة الريحية.
2. تشكيل جيل ابتدائي من الحلول الصحيحة بشكل عشوائي بحيث يأخذ بالحسبان المتغيرات التي يجب تحديد قيمها الأمثل ضمن المجالات المسموحة لهذه المتغيرات.
3. تقييم كل حل من مجموعة الحلول الابتدائية وفقاً لتابع الهدف المحدد.
4. تشكيل جيل جديد من الحلول اعتماداً على العمليات الجينية للخوارزمية الجينية (الاختيار والتقاطع والطفرة).
5. تقييم جميع حلول الجيل الجديد وفقاً لتابع الهدف المحدد.
6. إذا تحقق شرط التوقف يجب إيقاف البرنامج وإخراج أفضل حل وإلا يتم العودة إلى الخطوة (4) من جديد حتى نصل إلى عدد التكرارات الأعظمي.

يبين الشكل التالي (9) المخطط التدفقي للخوارزمية الجينية:



الشكل (9) المخطط التدفقي للخوارزمية الجينية

النتائج والمناقشة:

أولاً: سنقوم بتشغيل نموذج تحويل طاقة الرياح عند سرعات رياح مختلفة باستخدام متحكم تقليدي PI: عند تشغيل النموذج في بيئة (MATLAB)، تبدأ العنفة بالدوران بسرعة متناسبة مع سرعة الرياح، فيدور المولد بنفس السرعة معطياً على خرجه جهوداً متناسبة في ترددها ومطالها مع سرعة الرياح.

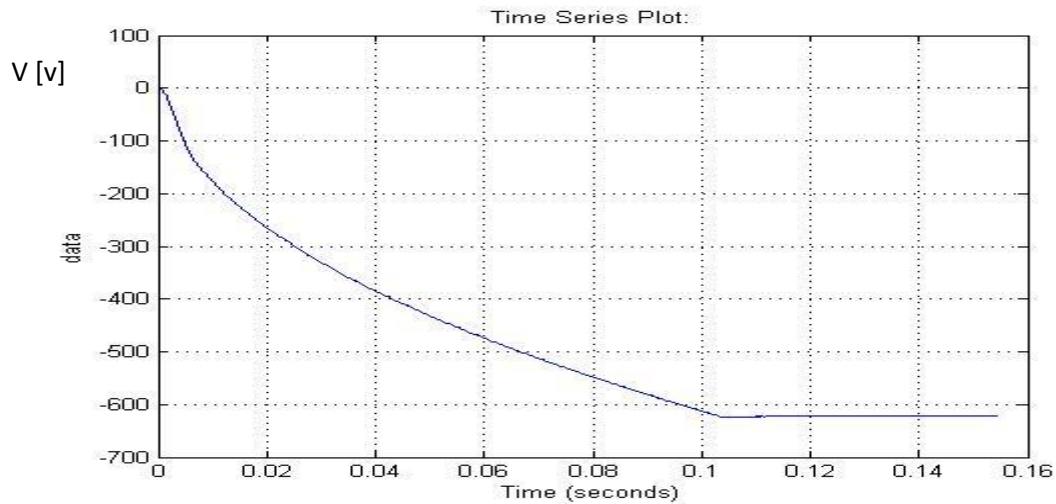
1. تشغيل النموذج عند سرعات رياح مختلفة:

1.1. تشغيل النموذج عند سرعة رياح أقل من السرعة الاسمية ولتكن $5(m/s)$:

✓ جهد المقطع والقالبة عند سرعة رياح $5(m/s)$:

يبين الشكل (10) جهد المقطع عند سرعة رياح $5(m/s)$ ونلاحظ من الشكل:

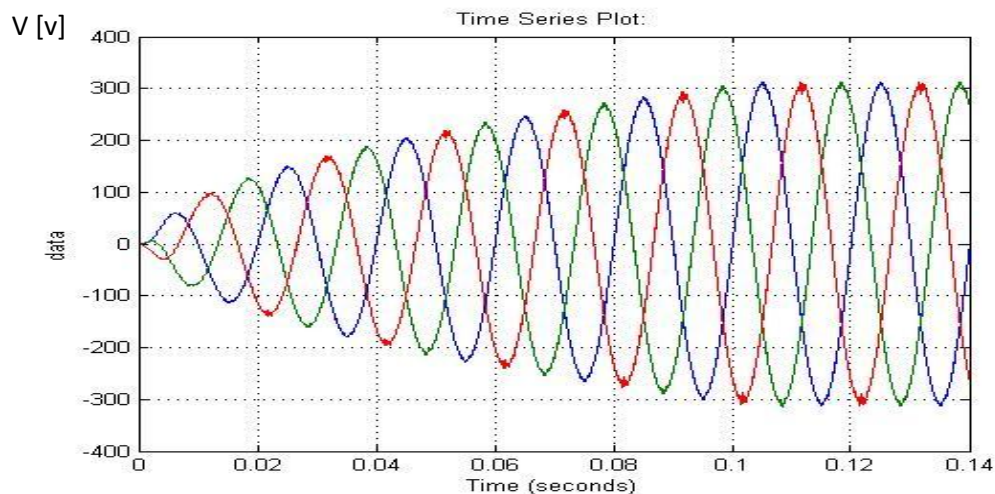
استقرار جهد الخرج للمقطع عند زمن وقدره $0.1(s)$ عند قيمة الجهد المرغوب وهي (-622) فولط.



الشكل (10) جهد المقطع عند سرعة رياح $5(m/s)$

يبين الشكل (11) جهد القالبة عند سرعة رياح $5(m/s)$ ونلاحظ من الشكل:

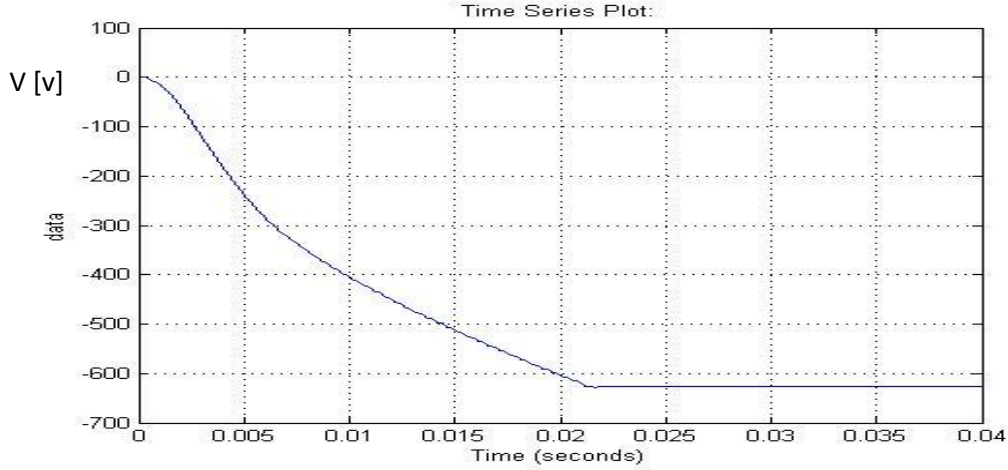
استقرار جهد الخرج للقالبة عند زمن وقدره $0.1(s)$ عند قيمة الجهد المرغوب وهي (311) فولط.



الشكل (11) جهد القالبة عند سرعة رياح $5(m/s)$

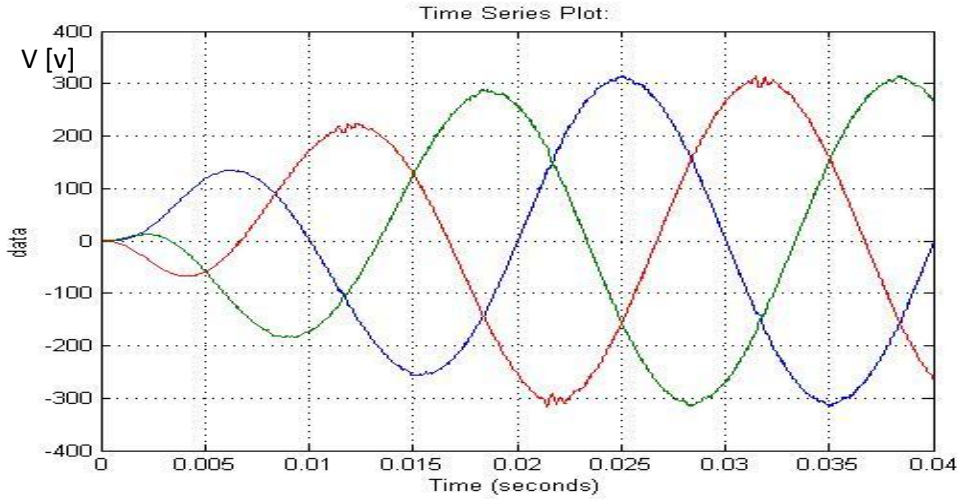
2.1. تشغيل النموذج عند السرعة الاسمية 10.3(m/s):✓ **جهد المقطع والقالبه عند سرعة رياح 10.3(m/s):**

يبين الشكل (12) جهد المقطع عند السرعة الاسمية 10.3(m/s) ونلاحظ من الشكل: استقرار جهد الخرج للمقطع عند زمن أقل من 0.025(s) عند قيمة الجهد المرغوب وهي (-622) فولط. يبين الشكل (13) جهد القالبه عند السرعة الاسمية 10.3(m/s) ونلاحظ من الشكل:



الشكل (12) جهد المقطع عند سرعة رياح 10.3(m/s)

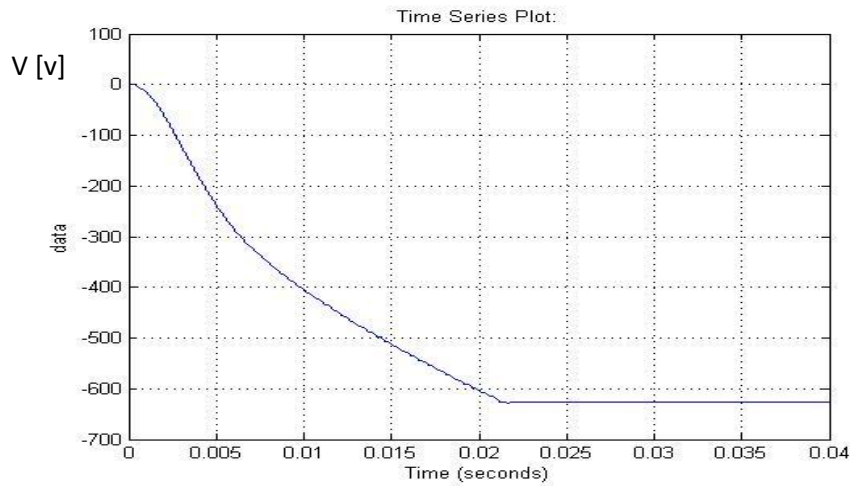
استقرار جهد الخرج للقالبه عند زمن أقل 0.025(s) عند قيمة الجهد المرغوب وهي (311) فولط.



الشكل (13) جهد القالبه عند السرعة الاسمية 10.3(m/s)

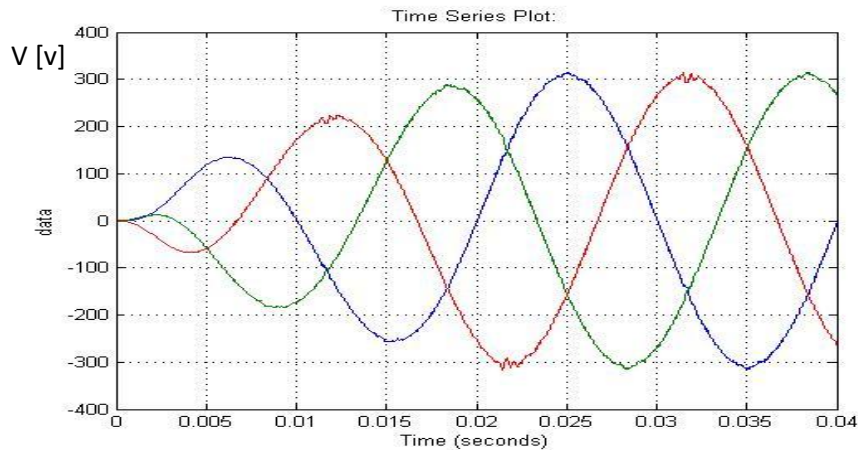
3.1. تشغيل النموذج عند سرعة رياح أكبر من السرعة الاسمية ولتكن 12(m/s):✓ **جهد المقطع والقالبه عند سرعة رياح 12(m/s):**

يبين الشكل (14) جهد المقطع عند سرعة رياح 12(m/s) ونلاحظ من الشكل استقرار جهد الخرج للمقطع عند زمن وقدره 0.02(s) عند قيمة الجهد المرغوب وهي (-622) فولط.



الشكل (14) جهد المقطع عند سرعة رياح 12(m/s)

يبين الشكل (15) جهد القالبية عند سرعة رياح 12(m/s) ونلاحظ من الشكل استقرار جهد الخرج للقالبية عند زمن وقدره 0.02(s) عند قيمة الجهد المرغوب وهي (311) فولط.

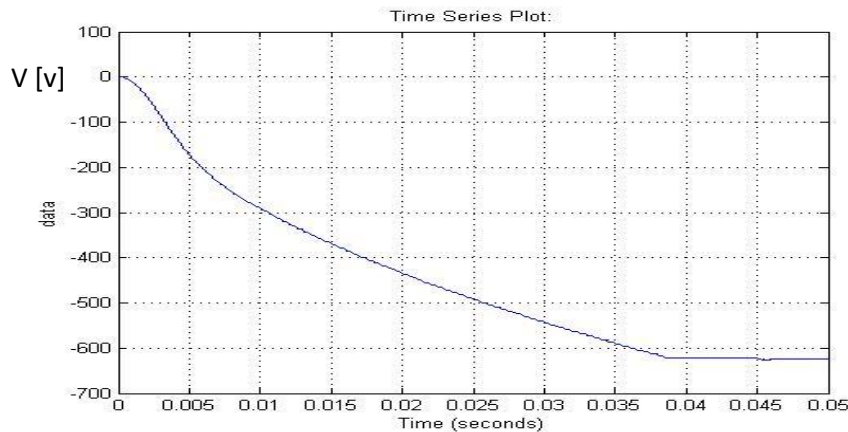


الشكل (15) جهد القالبية عند سرعة رياح 12(m/s)

4.1. تشغيل النموذج عند سرعة رياح متغيرة:

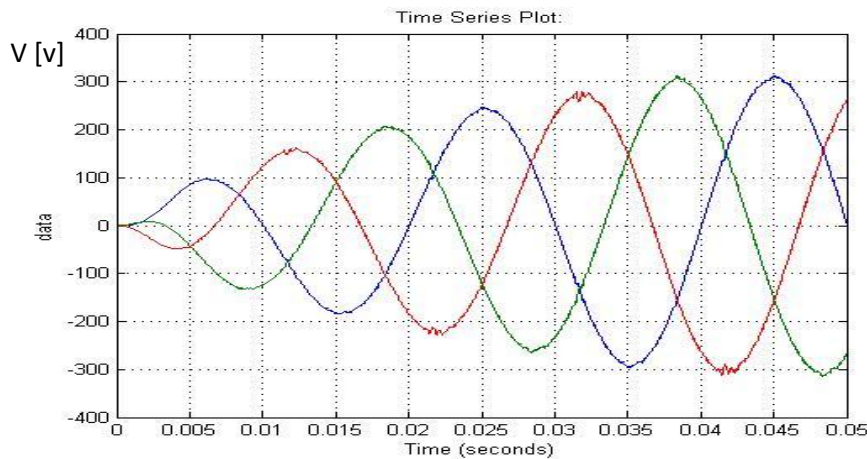
✓ جهد المقطع والانفرتر عند سرعة رياح متغيرة:

يبين الشكل (16) جهد المقطع عند سرعة رياح متغيرة ونلاحظ من الشكل استقرار جهد الخرج للمقطع عند زمن وقدره 0.04(s) عند قيمة الجهد المرغوب وهي (-622) فولط.



الشكل (16) جهد المقطع عند سرعة رياح متغيرة

يبين الشكل (17) جهد القالبية عند سرعة رياح متغيرة ونلاحظ من الشكل استقرار جهد الخرج للقالبية عند زمن وقدره 0.04(s) عند قيمة الجهد المرغوب وهي (311) فولط.



الشكل (17) جهد القالبية عند سرعة رياح متغيرة

✓ نستنتج مما سبق استقرار خرج المقطع والقالبية على القيمة المرجعية المرغوبة رغم تغير سرعة الرياح بشكل دائم خلال زمن قصير.

ثانياً: للتأكد من صلاحية وفعالية الخوارزمية الجينية في الحصول على مميزات الاستطاعة الميكانيكية في العنقات الريحية، تم تصميم برنامج الخوارزمية الجينية بلغة الـ (MATLAB)، وذلك بهدف تحديد أعظم استطاعة ممكنة للعنفة الريحية من خلال مميزات الاستطاعة الميكانيكية التي سنحصل عليها. تم اختبار برنامج الخوارزمية الجينية المصمم على العنفة المقترحة المدروسة والتي تمتلك البارامترات الموضحة في الجدول (1).

1. اختيار قيم بارامترات الخوارزمية الجينية:

يبين الجدول (4) قيم بارامترات الخوارزمية الجينية علماً أن القيم هي قيم اختيارية ولكن ضمن المجال المحدد لكل بارامتر حيث تم اختيار احتمالية العبور (Crossover probability) تساوي 0.85 وهي تنتمي إلى المجال [0.6-

[0.9، كذلك اخترنا قيمة احتمالية الطفرة (Mutation probability) تساوي 0.01 وهي تنتمي إلى المجال [0.005-0.01].

الجدول (4) قيم بارامترات الخوارزمية الجينية (GA)

بارامترات الخوارزمية الجينية	
100	حجم الجيل
ثنائي	نوع الترميز
عشوائي	اختبار التابع
0.8 عدد الحلول*	احتمال الاختيار
0.8 عدد الحلول*	احتمال التقاطع
0.01 عدد الحلول*	احتمال الطفرة

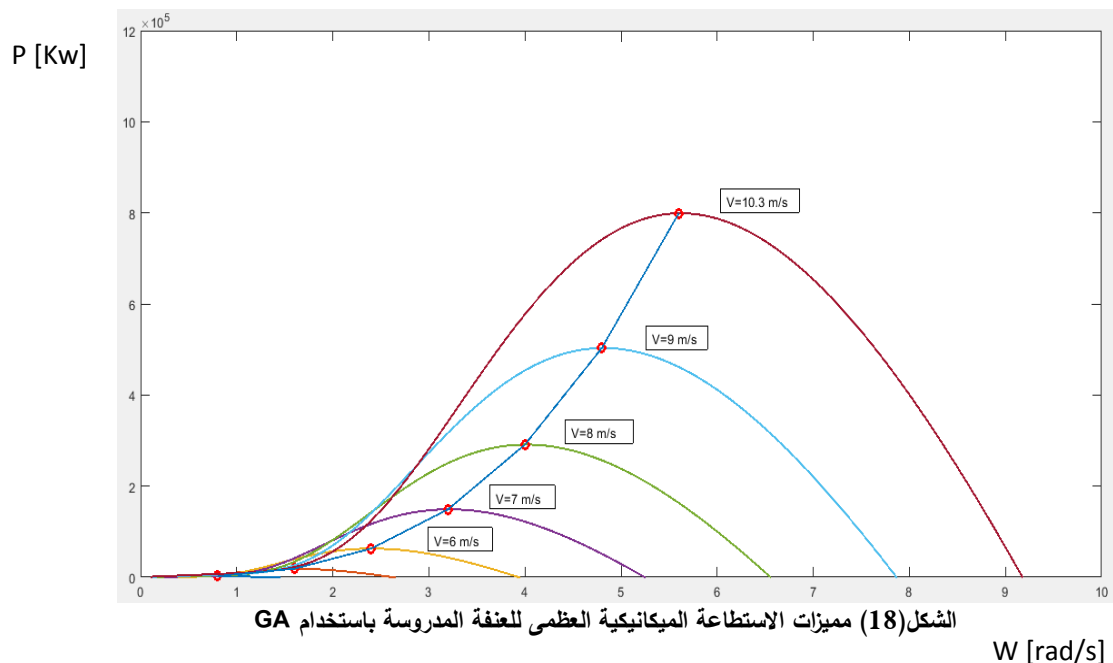
2. نتائج تنفيذ الخوارزمية الجينية على العنفة المدروسة:

تم تنفيذ برنامج الخوارزمية الجينية على بارامترات العنفة المدروسة، حيث تم اعتبار سرعة الرياح المتغيرة هي المتغير في تابع الهدف والممثل بتابع الاستطاعة للعنفة الريحية. يبين الجدول (5) قيم الاستطاعة العظمى التي حصلنا عليها عند كل قيمة لسرعة الرياح باستخدام الخوارزمية الجينية

الجدول (5) قيم الاستطاعة العظمى عند كل سرعة رياح

P [w]	799148.7	503254.0	291234.9	149112.2	62906.7
V [m/s]	10.3	9	8	7	6

يبين الشكل (18) نتائج تنفيذ الخوارزمية الجينية على العنفة المدروسة.



نلاحظ من الشكل (18) ما يلي:

- تم الحصول على مميزات الاستطاعة الميكانيكية للعنفة الريحية المدروسة وذلك عند سرعات رياح متغيرة.
- حصلنا على الاستطاعة العظمى للعنفة $799148.7 [W]$ عند السرعة الاسمية للرياح $10.3 [m/s]$ ، وهذا يمكننا من الاستفادة من كامل استطاعة العنفة عند هذه السرعة.
- تنخفض الاستطاعة المولدة من العنفة بانخفاض سرعة الرياح، مثلاً عند سرعة رياح $9 [m/s]$ قد حصلنا على قيمة استطاعة عظمى من العنفة تساوي $503254.0 [W]$ ، أي أنه عند هذه السرعة للرياح لانستطيع الاستفادة من كامل استطاعة العنفة وبالتالي يمكننا تغذية حمل بقدر هذه الاستطاعة فقط.
- تم الحصول على أعظم استطاعة ممكنة من العنفة الريحية عند كل سرعة للرياح.

الاستنتاجات والتوصيات:

من خلال النتائج التي حصلنا عليها نستنتج ما يلي:

- 1- يعتبر هذا البحث مساهمة فعالة في عملية التحكم بالعنفات الريحية متغيرة السرعة حيث تمكنا من خلال استخدام المتحكم التقليدي PI من:
 - a. الحفاظ على ثبات خرج المقطع عند القيمة المرجعية مع اختلاف سرعة الرياح وبالتالي الحفاظ على خرج القالب ثابتاً.
 - b. الحصول على جهد جيبي متناوب ذي مطال وتردد ثابتين من أجل أي سرعة رياح.
- 2- كما استطعنا من خلال استخدام تقنيات الذكاء الصناعي والمتمثل بالخوارزمية الجينية الحصول على مميزات الاستطاعة الميكانيكية للعنفة الريحية وتحديد أعظم استطاعة يمكن الحصول عليها من العنفة عند كل سرعة رياح.
- 3- زيادة مردود العنفة الريحية نتيجة حصولنا على نقاط الاستطاعة الأعظمية والعمل عندها.

References:

- [1] M, Kesraoui.; N.Korichi.; A.BelKadi. "Maximum Power Point Tracker of Wind energy conversion System(2010) " .
- [2] Shriant.; Kushare. "Mppt Algorithms: Extracking Maximum power from wind tutbines(2013) " .
- [3] Wai, Lin.; Chang. "Novel Maximum Power Extraction Algorithm for PMSG Wind Generation System(2007) " .
- [4] Shi.; McLaren. "Neural-network based sensorless Maximum wind energy capture with compensated power coefficient (2005) " .
- [5] WWW.DDISWT.COM.
- [6] Shaheen, Hussam, Yakhor, and Youssef. Ali, Zeina. Designing and Modeling a Wind Energy Transmission System in the Qattina Area and Controlling it with the Aim of Linking it with the Syrian Electrical Grid. Tishreen University Journal - Syria, Volume (36), Issue (4), 2014.
- [7] Attia, Bassam (2010). Electric Power Electronics 1. Syria: Tishreen University Publications.
- [8] Rogres, Everett(2002). Understanding Buck-Boost Power Stages in Switch Mode Power Supplies. USA: Texas Instruments.

- [9] Daoud, Mohsen (2013). "Automated Control, Tishreen University, Directorate of Books and Publications.
- [10] Xu, Diangyu.; Chen, Yang Quan.; Atherton, Derek. "PID Controller Design", Society for Industrial and Applied Mathematics, 2007 .
- [11] GOLDBERG, D. E. Genetic algorithms in search, Optimization and Machine Learning. Addison-Wesley, Reading, MA, U.S.A, 1989.
- [12] DAVIS, L. Handbook of Genetic Algorithms. Van Nostrand Reinhold, New York, 1991.