نمذجة ومحاكاة نظام توليد قدرة كهربائية متعدد المصادر

الأستاذ الدكتور مصطفى الحزوري[1]

الملخص

يتناول البحث مسألة تصميم نمذجة رياضية ومحاكاة حاسوبية لنظام توليد قدرة كهربائية متعدد المصادر (ريحي– شمسي) ومقارنة نتيجة المحاكاة بقياسات حقيقية لنظام حقيقي يعمل في الواقع بهدف بيان صحة ودقة التمثيل الرياضي والمحاكاة الحاسوبية. يتكون البحث من ثلاثة أجزاء رئيسية، في الجزء الأول سنتناول تحليل نظام توليد قدرة كهربائية باستخدام الخلايا الشمسية (Photovoltaic Cells)، في الجزء الثاني سيحلّل نظام توليد قدرة كهربائية باستخدام العنفات الريحية (Wind Turbines)، أما في الجزء الأخير فسوف يتم وصل نظامي توليد القدرة الكهربائية الشمسي والريحي لتكوين نظام توليد هجين أو متعدد المصادر (Hybrid System).

كلمات مفتاحية: نمذجة – محاكاة – نظام متعدد المصادر – نظام هجين – خلية شمسية – توربين.

[1] قسم هندسة الطاقة الكهربائية– كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– جامعة دمشق.

مقدمة:

يتناول هذا البحث مسألة تصميم نمذجة رياضية ومحاكاة حاسوبية لنظام توليد قدرة كهربائية متعدد المصادر (ريحي– شمسي) ومقارنة نتيجة المحاكاة بقياسات حقيقية لنظام حقيقي يعمل في الواقع بهدف بيان صحة ودقة التمثيل الرياضي والمحاكاة الحاسوبية. يتكون البحث من ثلاثة أجزاء رئيسية، يتناول الجزء الأول تحليل نظام توليد قدرة كهربائية باستخدام الخلايا الشمسية (Photovoltaic Cells)، وفي الجزء الثاني سيحلّل نظام توليد قدرة كهربائية باستخدام االعنفات الريحية (Wind Turbines)، أما في الجزء الأخير فسوف يتم وصل نظامي توليد القدرة الكهربائية الشمسي والريحي لتكوين نظام توليد هجين أو متعدد المصادر (Hybrid System).إن الهدف الأساسي من تصميم نظام توليد طاقة كهربائية هجين هو الحصول على استطاعة كهربائية أعلى و ضمان استمرارية توليد القدرة الكهربائية ما أمكن ذلك.أما الغاية والهدف من تصميم النمذجة والمحاكاة لهذا النظام موضوع هذا البحث فهو تصميم نموذج حاسوبي يمكن استخدامه من قبل الطلاب في إنجاز العديد من التجارب المخبرية في مجال نظم توليد الطاقة الكهربائية باستخدام الخلايا الشمسية والعنفات الريحية والنظم الهجينة الشمسية – ريحية. كما أن طلاب الدراسات العليا يمكنهم الاستفادة من هذا النموذج الحاسوبي لإنجاز بحوثهم العلمية.

1- النموذج الرياضي والمحاكاة الحاسوبية لنظام توليد قدرة كهربائي باستخدام الخلايا الشمسية:

قبل البدء بشرح النموذج الرياضي للخلية الشمسية التي تشكل النواة الرئيسية لنظام توليد الطاقة الكهربائية باستخدام الخلايا الشمسية لابد من توضيح التعاريف الآتية:[1][2][3][4]

الخلية الشمسية (Photovoltaic cell) أو (PV): مجموعة من صفائح رقيقة من أنصاف النواقل (غالباً من السيلكون) القادرة على امتصاص أشعة الشمس ومن ثم تحرير الكترونات تشكل التيار الكهربائي للخلية.

الموديول Module:

هو مجموعة من الخلايا متوضعة على شكل مصفوفة مربعة أو مستطيلة حسب الشركة المصنعة للموديول موصلة كهربائياً على التسلسل.

النموذج Model :

هو مجموعة من الموديولات موصلة كهربائياً مع بعضها بعضاً على التسلسل.

صف أو شعاع Array :

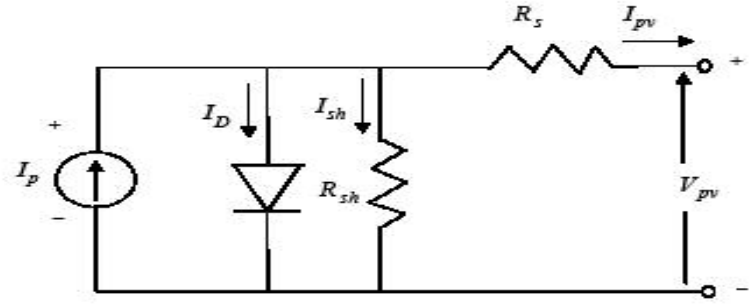
هو مجموعة من الموديولات على شكل مصفوفة مربعة أو مستطيلة موصلة مع بعضها على التسلسل والتفرع .

1-1 الدارة المكافئة والنموذج الرياضي للخلية الشمسية(Equivalent Circuit and mathematical model of PV) :[5][6][7]

عملياً يمكن تمثيل الخلية الشمسية بدارة رباعية العناصر، أو دارة خماسية العناصر الكهربائية.

1-1-1 النموذج الرياضي والدارة المكافئة خماسية العناصر :

الشكل (1.1) يبين الدارة المكافئة للخلية الشمسية خماسية العناصر.



الشكل (1.1) الدارة المكافئة للخلية الشمسية خماسية العناصر.

$$I_{pv} = I_p - I_D - I_{sh} \quad (1.1)$$

$$I_{pv} = I_p - I_0\left[e^{\frac{q\left(V_{pv}+R_s I_{pv}\right)}{NKT}} - 1\right] - \frac{V_{pv}+R_s I_{pv}}{R_{sh}} \quad (1.2)$$

إذْ:

Ip: التيار المولد في الخلية الشمسية [A].

Ipv:تيار خرج الخلية الشمسية[A]

Vpv: توتر خرج الخلية الشمسية [V].

Id: تيار الديود [A] .

Io: تيار الإشباع [A].

Ish:التيار المار في المقاومة التفرعية [A].

N: عامل مثالية الديود.

q: شحنة الالكترون.

K: ثابت بولتزمان.

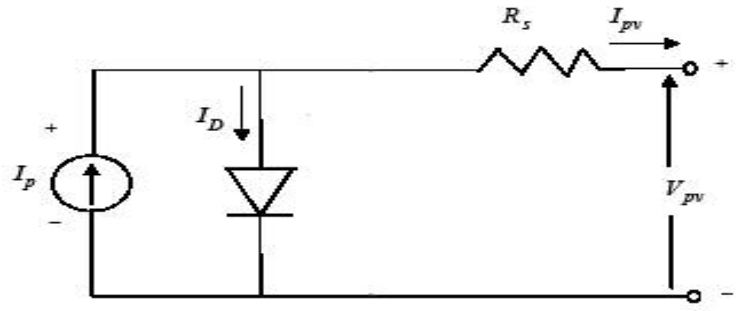
T: درجة حرارة الخلية الشمسية.

Rs: المقاومة التسلسية [Ohm].

Rsh: المقاومة التفرعية [Ohm].

1-1-2 النموذج الرياضي والدارة المكافئة رباعية العناصر:

الشكل (1.2) يبين الدارة المكافئة للخلية الشمسية رباعية العناصر.



الشكل (1.2) الدارة المكافئة للخلية الشمسية رباعية العناصر.

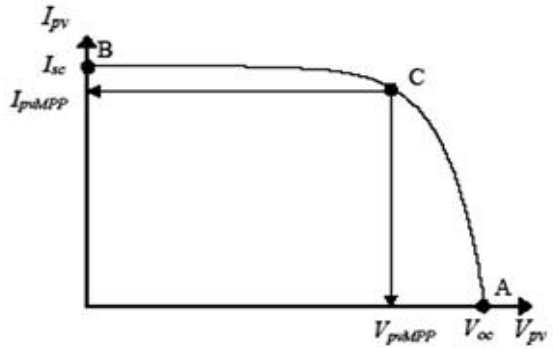
$$I_{pv} = I_p - I_D - I_{sh}$$

$$I_{pv} = I_p - I_0\left[e^{\frac{q\left(V_{pv}+R_s I_{pv}\right)}{NKT}} - 1\right] \qquad (1.3)$$

الفرق بين الدارتين المكافئتين هو وجود المقاومة التفرعية في الدارة المكافئة خماسية العناصر. أما في الدارة المكافئة رباعية العناصر اعتبر أن قيمة هذه المقاومة لانهائية وحُذِفَتْ من الدارة.

2-1 البارامترات الكهربائية الأساسية للخلية الشمسية:

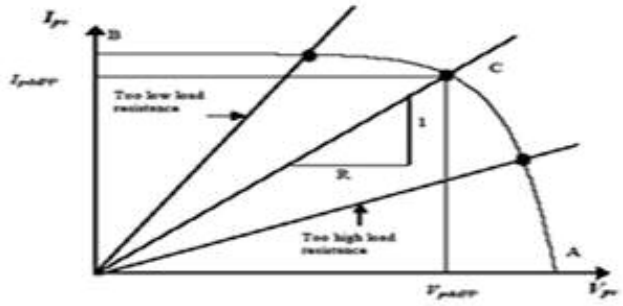
بناء على هاتين الدارتين يتم اختيار البارامترات الكهربائية وتحديدها للخلية الشمسية، إذْ تنفذ تجربتان على هذه الدارات المكافئة وهما تجربة الدارة القصيرة وتجربة الدارة المفتوحة، وذلك عند شروط نظامية قياسية دولية تعرف بـــ Standard Test Condition(STC). وفق هذه الشروط تحدد درجة الحرارة بـــ 25 درجة مئوية وشدة الإشعاع الشمسي ب 1000W/m2 .نتائج تجربتي الدارة القصيرة والدارة المفتوحة مبينة في الشكل (1.3)



الشكل(1.3) نتائج تجربة الدارة المفتوحة وتجربة الدارة القصيرة .

1-3 نقطة الاستطاعة العظمى:

على الشكل (3.1) تعدُّ النقطة C هي النقطة التي تعطي عندها الخلية الاستطاعة العظمى. إن موقع نقطة العمل هذه غير ثابت؛ وإنما يتحرك حسب مقاومة الحمل الموصول إلى خرج الخلية .الشكل (1.4) يوضح ذلك .

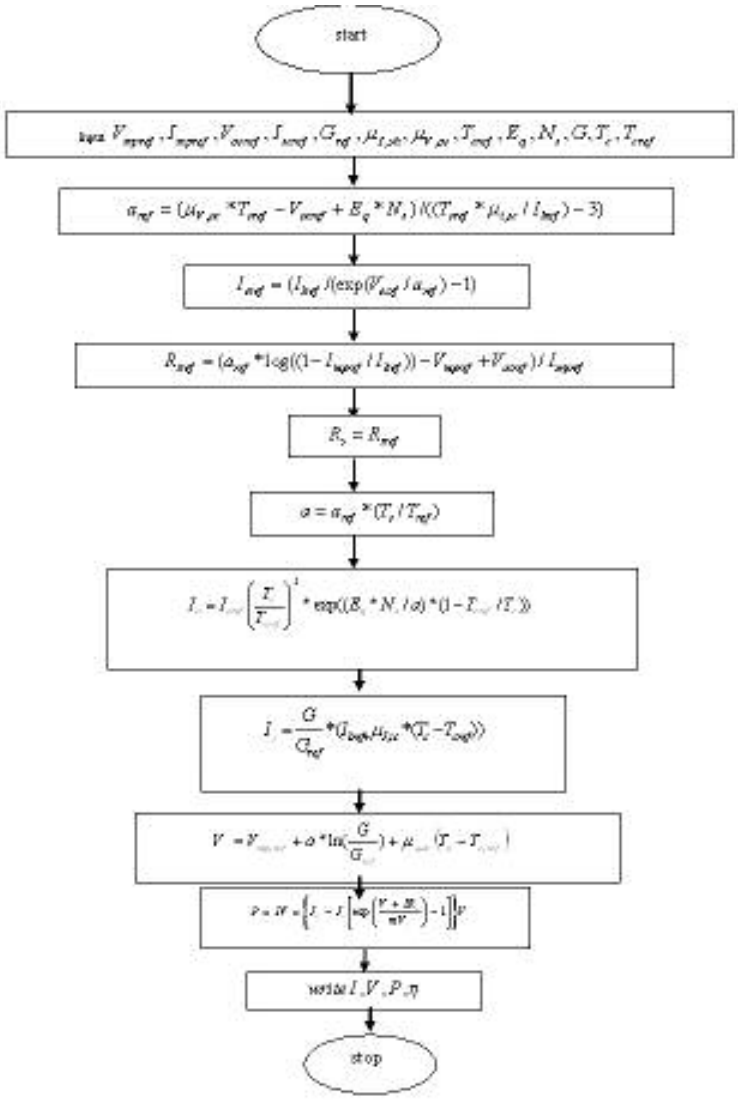


الشكل (1.4) تغير موقع نقطة الاستطاعة العظمى على منحنى تجربتي الدارة القصيرة والدارة المفتوحة .

1-4 الخوارزمية:

في التحليل الرياضي للمواصفات الكهربائية للخلية الشمسية (حساب التيار والتوتر وكذلك الاستطاعة) اِعْتُمِدَ النموذج الرياضي والدارة المكافئة رباعية العناصر وبناءً

عليه صُمِّمَتِ الخوارزمية لحساب التيار والاستطاعة المنتجة من موديول خلايا شمسية الشكل (1.5).



الشكل (1.5) خوارزمية حساب التيار والاستطاعة المنتجة من موديول خلايا شمسية.

إذْ:

Tref: درجة الحرارة المرجعية 25C.

Tc: درجة الحرارة الآنية.

Gref: شدة الإشعاع الشمسي المرجعي 1000w/m.

G: شدة الإشعاع الشمسي الآني.

μish: معامل درجة حرارة الدارة القصيرة.

μvoc: معامل درجة حرارة الدارة المفتوحة.

Vmpref: التوتر المرجعي ويؤخذ من نتائج تجربة الدارة المفتوحة.

m: عامل مثالية ويحدد من العلاقة : m = NsnI إذْ Ns: عدد الخلايا المربوطة على التسلسل، n_I: عامل مثالية الديود.

Vt: بارامتر تحدد قيمته بـ Vt=K*Tc/q، إذْ k: ثابت بولتزمان.

1- 5 البرامج :

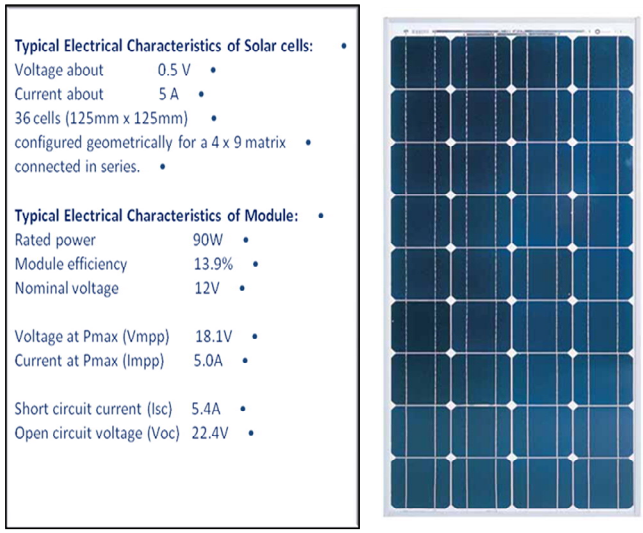
كُتِبَتْ برامج بلغة C++ وفق الخوارزمية السابقة لحساب كل من تيار الخلية وتوترها والاستطاعة الناتجة منها.

1-6 النموذج الحقيقي:

لاختبار صحة ودقة النمذجة الرياضية والمحاكاة الحاسوبية اِعْتُمِدَ نموذج من الخلايا الشمسية مركب على واجهة أحد المباني الشكل (1.6)

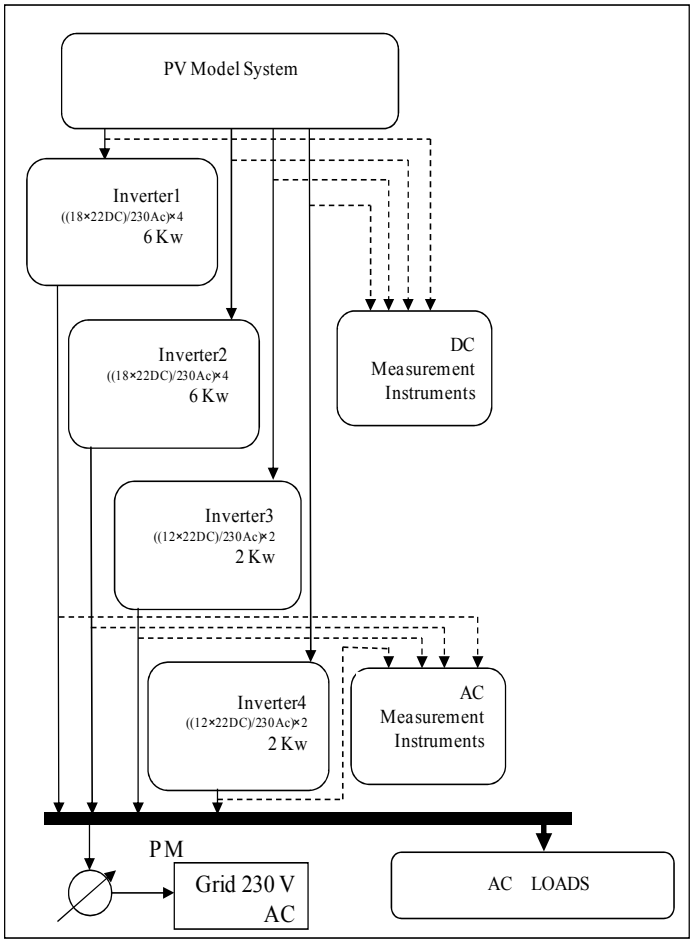
الشكل (1.6) نموذج الخلايا الشمسية على واجهة أحد المباني.

يتكون النموذج من 192 موديولاً موصلة على التسلسل موزعة على 32 صفاً في كل صف 6 موديولات تميل بزاوية 45 درجة.كل موديول يتكون من 36 خلية فوتوفولتية .المواصفات الفنية للموديول مبينة في الشكل (1.7) .



الشكل (1.7) المواصفات الفنية للموديول

فضلاً عن ذلك رُكِّبَ مقياس شدة إشعاع شمسي على سطح البناء يميل عن الشاقول بزاوية مقدارها 45 درجة أيضاً. ولم يركب هناك أي مقياس لدرجة الحرارة ، إذْ اعتمدنا في النمذجة على قيم درجة الحراة الوسطية لكامل المنطقة والمعطاة على الشبكة الشابكة (الانترنت). مخطط التوصيل الكهربائي لهذا النموذج الحقيقي يبينه الشكل (1.8).

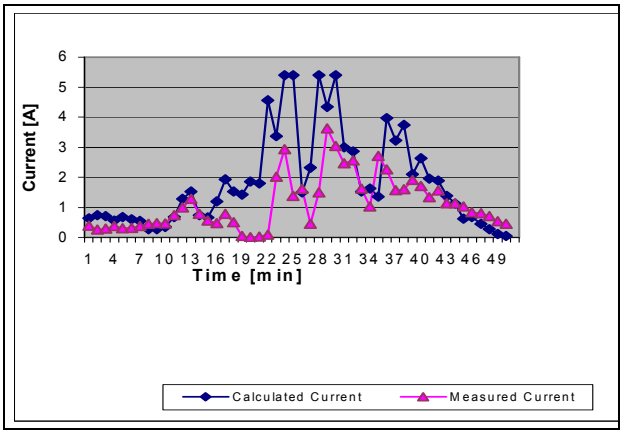


الشكل (1.8) مخطط التوصيل الكهربائي لنموذج الخلايا الشمسية .

7-1 مقارنة نتائج النمذجة الرياضية والمحاكاة للنموذج الحقيقي مع قراءات عدادات النموذج الحقيقي:

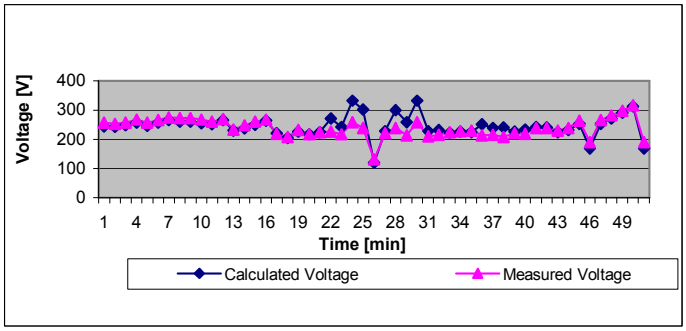
تم مقارنة نتائج حساب التيار والتوتر والاستطاعة بواسطة النمذجة والمحاكاة المنجزة لنموذج الخلايا الشمسية مع القيم الحقيقية المقيسة للنموذج نفسه وكانت النتائج كالآتي:

أ– التيار:



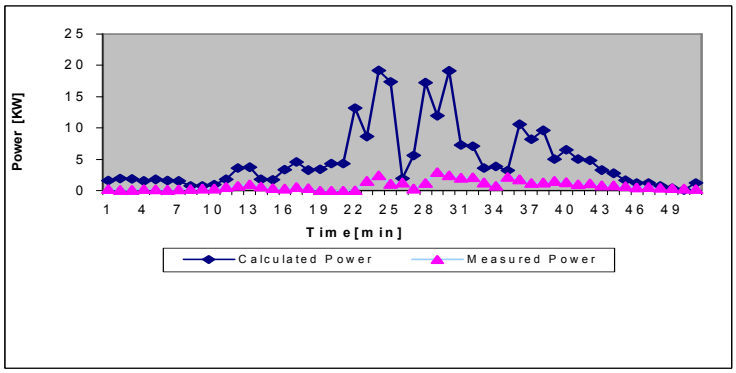
الشكل (1.9) منحنى تغير شدة التيار المحسوب من النمذجة والمقيس من النموذج الحقيقي.

ب – التوتر :



الشكل (1.10) منحنى تغير التوتر المحسوب من المحاكاة والمقيس من الموديل الحقيقي

ج- الاستطاعة:



الشكل (1.11) منحنى تغير الاستطاعة المحسوبة من المحاكاة والمقيسة من النموذج الحقيقي

من الشكلين (1.9) و(1.10). نلاحظ وجود فرق بين المنحني المرسوم على أساس المحاكاة والمنحنى المرسوم بناء على القيم الحقيقية المقيسة .الفرق بين المنحنيين ناتج عن أسباب أهمها:

- الارتياب في قياس شدة الاشعاع الشمسي، لأنَّ مقياس الإشعاع الشمسي مركب على مسافة تبعد بحدود 30 متراً عن نموذج الخلايا .
- الارتياب في قياس درجة الحرارة، وقد اعتمدنا في المحاكاة على قيم درجات حرارة وسطية مأخوذة من الشابكة (الإنترنت).
- عدم مثالية دارات تحصيل البيانات (Data Accuestion Cards) والبرمجيات المركبة على الحواسب المخصصة لتخزين قراءات المقاييس.

2- نظام توليد الطاقة الكهربائية باستخدام العنفات الريحية:

2-1: مقدمة:

يتكون نظام توليد القدرة الكهربائية باستخدام العنفات الريحية من الأجزاء الآتية:

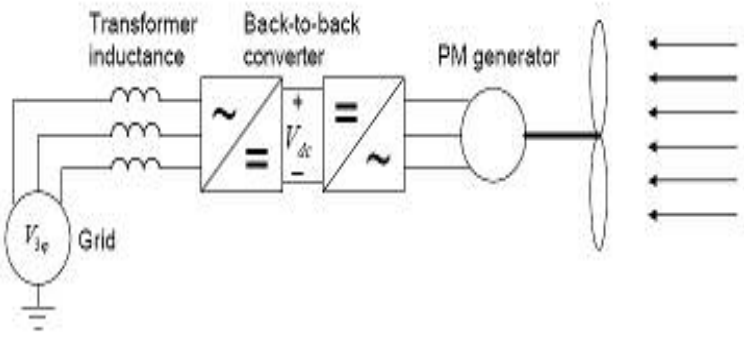
- موجة الرياح.

- العنفة الريحية:

تتكون العنفة الريحية من الأجزاء الرئيسية الآتية:

- الشفرات وعلبة السرعة.
- المنوبة أو المولد.
- دارات التحكم والقيادة.
- مجموعة معرج – مقوم.
- البطاريات.
- مجموعة مقوم – معرج.
- لوحات الربط مع الحمل أو الشبكة.

الشكل(2.1) يبّين البنية الهيكلية لنظام توليد قدرة كهربائية باستخدام العنفات الريحية[11] .



الشكل(2.1) البنية الهيكلية لنظام توليد قدرة كهربائية باستخدام العنفات الريحية.

2-2: نمذجة نظام توليد قدرة كهربائية باستخدام العنفات الريحية:

تتمُّ مسألة نمذجة نظام توليد قدرة كهربائية باستخدام العنفات الريحية بعدة طرائق حسب الهدف المطلوب من عملية النمذجة. من هذه الطرائق نميز الآتي:

أ– دراسة الخصائص الكهربائية للمنوبة:

في هذه الحالة يجب تصميم نموذج رياضي للمنوبة، لأنَّ دخل هذا النموذج سرعة الريح وخرجه البارامترات الكهربائية المطلوب حسابها.

ب- دراسة جريان الحمولة في شبكة التوزيع الذي يرتبط معها نظام التوليد.

في هذه الحالة يكفي وضع نموذج رياضي لمجموعة المقوم-معرج بحيث يتضمن فقط البارامترت الكهربائية الاسمية له كالاستطاعة والتوتر الاسمي والتردد، واعتبار هذا النموذج منبع تغذية مربوطاً مع نموذج الشبكة.

ج- دراسة خصائص طاقة الرياح وحساب القدرة الكهربائية المولدة منها:

تعدُّ مرحلة دراسة خصائص طاقة الرياح وحساب القدرة الكهربائية المولدة منها من أهم المراحل في حل مسألة تصميم نظام توليد قدرة كهربائية باستخدام العنفات الريحية ،حيث يتم فيها دراسة وتحليل إحصائيات سرعة الرياح واتجاهها. **هذه المرحلة من الدراسة تشمل:**

1 - تحديد سرعة الرياح الأكثر تكرارا" في المنطقة المدروسة :

تُحَدَّدُ سرعة الرياح الأكثر تكرارا" في المنطقة المدروسة بناءً على جداول إحصائية لسرعات الرياح لهذه المنطقة وخلال مدة زمنية محددة .بعد تحديد قيمة هذه السرعة تعتمد قيمتها في حساب القدرة الكهربائية التي تعطيها الرياح[11]. الشكل (2.2) يبين المخطط الخوارزمي لإيجاد قيمة السرعة الأكثر تكراراً.

في المخطط الخوارزمي اِستُخْدِمَتِ المتحولات الآتية:

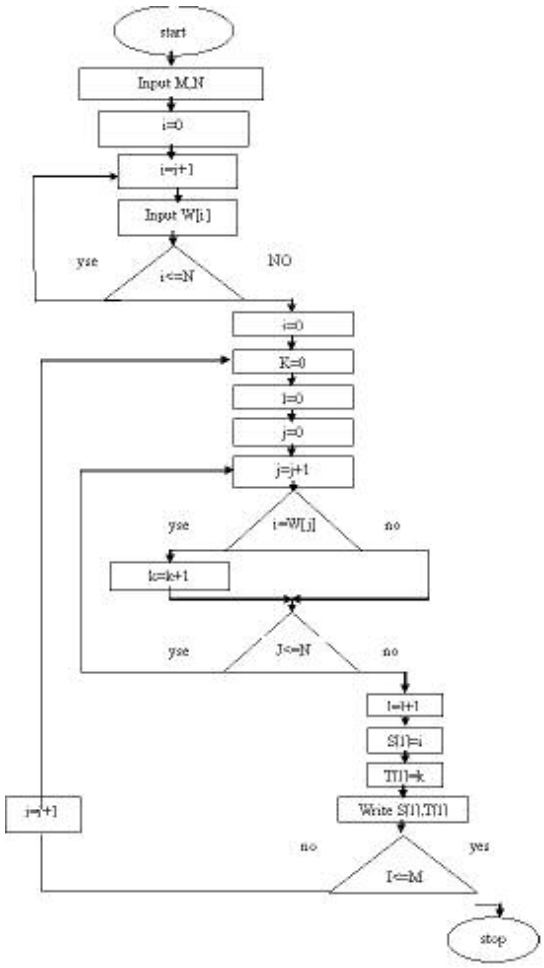
N:عدد قياسات سرعات الرياح .

M:عدد تدريجات سرعات الرياح التي ستقارن بها سرعات الرياح المقيسة للحصول على عدد مرات تكرار سرعة الرياح المقيسة خلال المدة المدروسة.

W[i]: مصفوفة سرعات الرياح المقيسة.

S[l]: مصفوفة السرعات الأكثر حدوثاً.

T[l]: مصفوفة عدد مرات تكرار السرعة S[l].

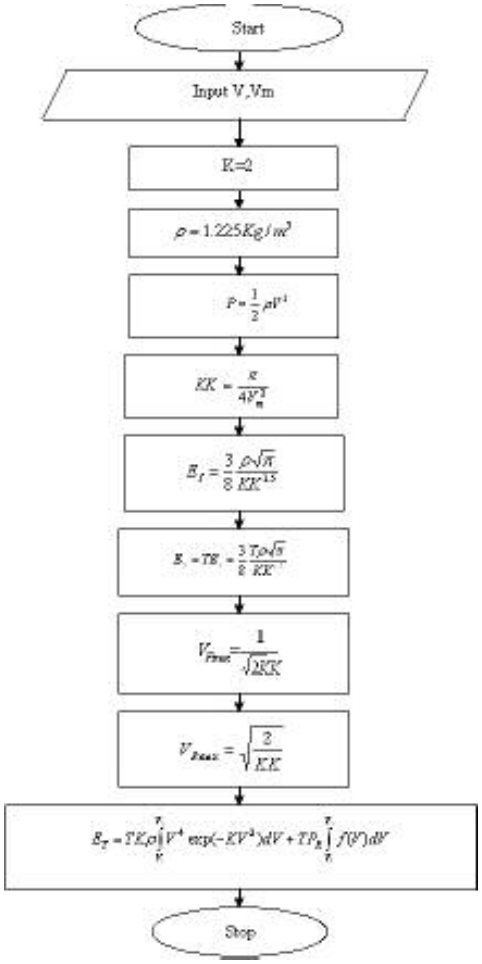


الشكل (2.2) خوارزمية إيجاد السرعات الأكثر تكراراً في المنطقة المدروسة خلال مدة زمنية محددة.

2 - حساب توزع كثافة الطاقة في الرياح :

أشهر العلماء الذين تناولوا هذا الموضوع بالبحث الدقيق العالم (Weibull) والعالم (Rayleigh)[13] [14]. درس هذان العالمان الطاقة في الرياح ووضعا مجموعة من العلاقات الرياضية التي تحسب وبدقة الاستطاعة و الطاقة الكهربائية التي يمكن

الحصول عليها من موجة رياح ذات سطح مقطع عرضي معين. في هذا البحث اعتمد على هذه العلاقات في تصميم نموذج رياضي وبناء" عليه وضع مخطط خـــوارزمي لحساب الاستطاعة والطاقة الكهربائية في موجة الرياح ضمن مساحة محددة. الـــشكل (2.3) يبين المخطط الخوارزمي لحساب الطاقة الكهربائية في موجة الرياح.



الشكل (2.3) المخطط الخوارزمي لحساب الطاقة الكهربائية في موجة الرياح.

إذْ:

r: كثافة الهواء Kg/m3.

K,c: عاملا ويبل.

V: سرعة الرياح m/s.

Vm: معدل السرعة الوسطي m/s.

VI: سرعة الرياح التي تبدأ عندها العنفة بتوليد الكهرباء(Cut-in wind velocity of the turbine).

VR: معدل سرعة العنفة m/s.

VO: سرعة الرياح التي تتوقف عندها العنفة عن توليد الكهرباء.(Cut-out wind velocity of the turbine, m/s).

VE: سرعة الرياح العظمى التي تمتلك أعظم طاقة في المنطقة المدروسةm/s.

VF: سرعة الرياح الأكثر حدوثاً (ذات التردد الأعلى) m/s.

V(Z): سرعة الرياح على الارتفاع z وتقدر بـــ m/s.

V(ZR): سرعة الرياح على الارتفاع المرجعي.

ZO: ارتفاع العمود m.

P: كثافة الاستطاعة w/m2.

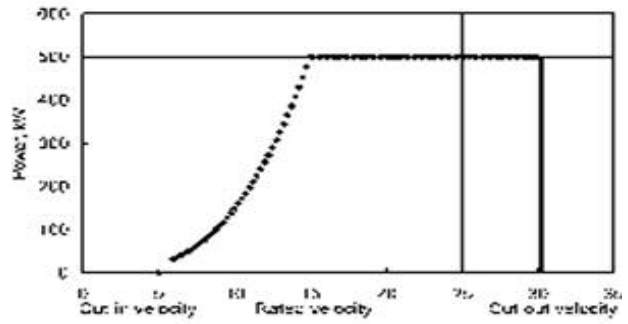
ES: كثافة الطاقة الكهربائية المنتجة خلال المدة المحددة Kwh/m2.

بناءً على هذه الخوارزمية كُتِبَ برنامج بلغة C++. بينت نتيجة الحساب أن توزع الاستطاعة الكهربائية في المنطقة المدروسة هي بحدود 40 w/m .

بناءً على هذه الحسابات لتردد سرعات الرياح وتوزع الاستطاعة والطاقة الكهربائيـــة اختيرت عنفة ريحية استطاعتها الاسمية 1 Kw، ركبت على سقف المبنى نفسه التـــي ركبت على واجهته الخلايا الشمسية.

3- دراسة وتحليل منحنى علاقة الطاقة الكهربائية المولدة من عنفه ريحية بسرعة الرياح:

يبيّن الشكل (2.4) المنحنى النموذجي لعلاقة الطاقة الكهربائية المولدة من عنفة ريحية بسرعة الرياح .[16],[15]



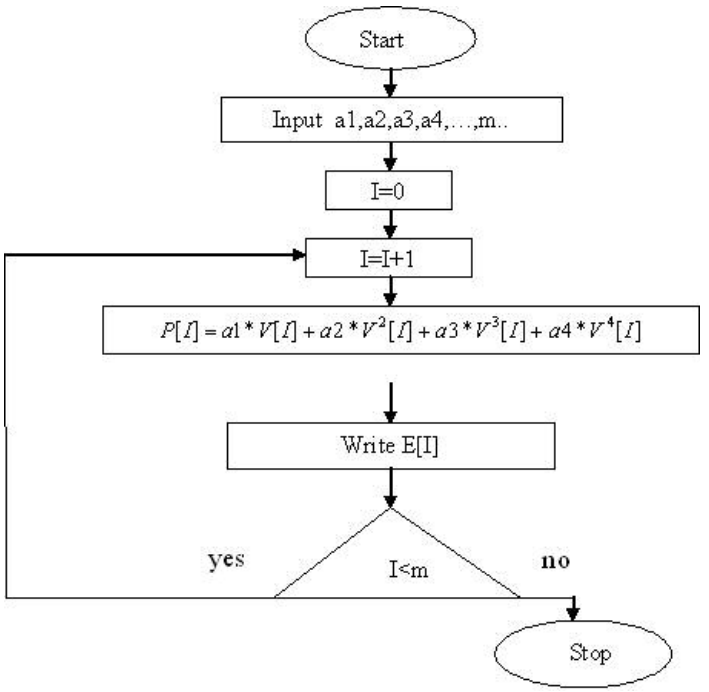
الشكل (2.4) المنحنى النموذجي لعلاقة الطاقة الكهربائية المولدة من عنفه ريحية بسرعة الرياح .

نلاحظ من الشكل أن التوليد يبدأ من قيمة محددة لسرعة الرياح. هذه القيمة تدعى نقطة القطع Cut in كما أن العنفة لا تدور بسرعة لانهائية مع تعاظم شدة الرياح وإنما هناك مكابح تخفف من سرعة دورانها أو توقفها عند سرعات عالية للرياح . إن نقطة كبح العنفة تسمى Cut out. إن هذا المنحنى للعنفة يعطى من قبل المصنع.[17][18] إن التابع الرياضي الذي يعبر عن هذا المنحنى هو عبارة عن كثير حدود يأخذ الصيغة العامة الآتية:

$$P = a1*V + a2*V^2 + a3*V^3 + a4*V^4 \qquad (2-1)$$

إذْ إنّ تحديد قيم الثوابت a1,a2,a3… يتم باستخدام الطرائق الرياضية المعروفة.

الشكل (2.5) يبيّن المخطط الخوارزمي:



الشكل (2.5) المخطط الخوارزمي لحساب الطاقة الكهربائية في الرياح.

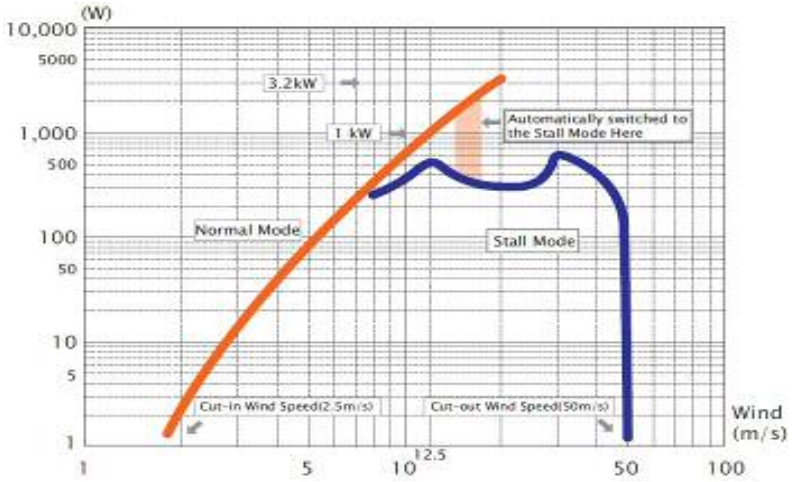
بناءً على هذا النموذج الرياضي كُتِبَ برنامج بلغة C++ لحساب الطاقة الكهربائي في الرياح.

3-2 النموذج الحقيقي:

النموذج الحقيقي هو عنفة ريحية استطاعتها الاسمية1Kw مركبة على سقف المبنى الشكل(2.6)[19] .

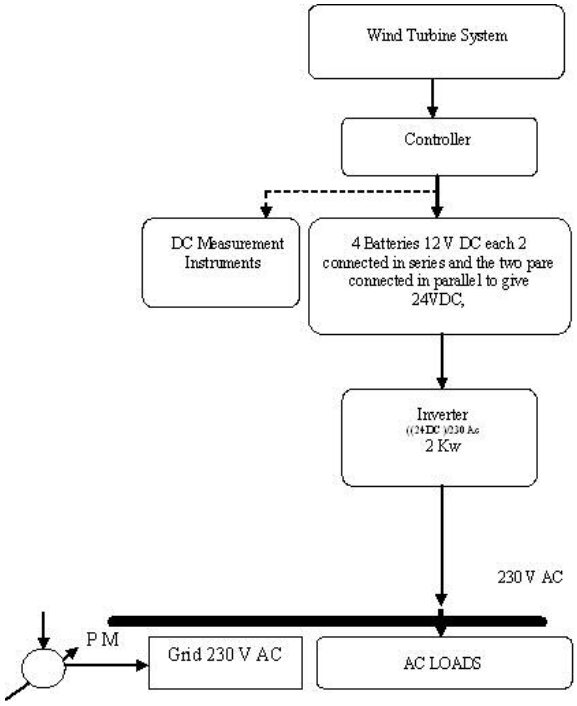
الشكل(2.6) عنفة ريحية استطاعة 1Kw.

الشكل (2.7) يبّين منحنى توليد الطاقة الكهربائية كتابع لسرعة الرياح لهذه العنفة والمعطى من قبل الشركة المصنعة لها .



الشكل (2.7) منحنى توليد الطاقة الكهربائية كتابع لسرعة الرياح للعنفة الريحية المستخدمة في التجارب.

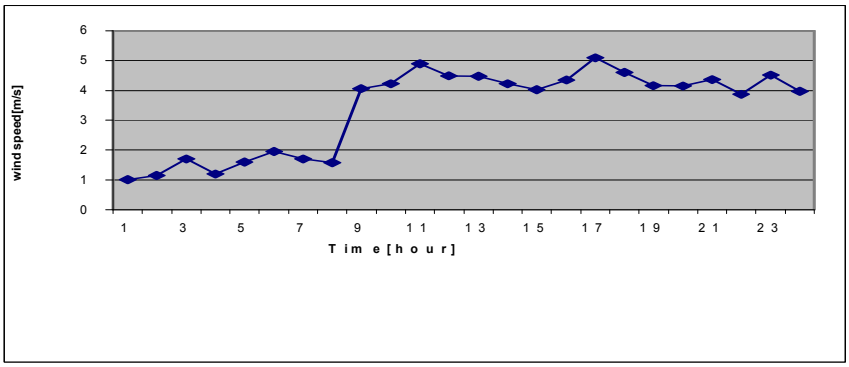
إن مخطط التوصيل الكهربائي لهذه العنفة مبين في الشكل (2.8).



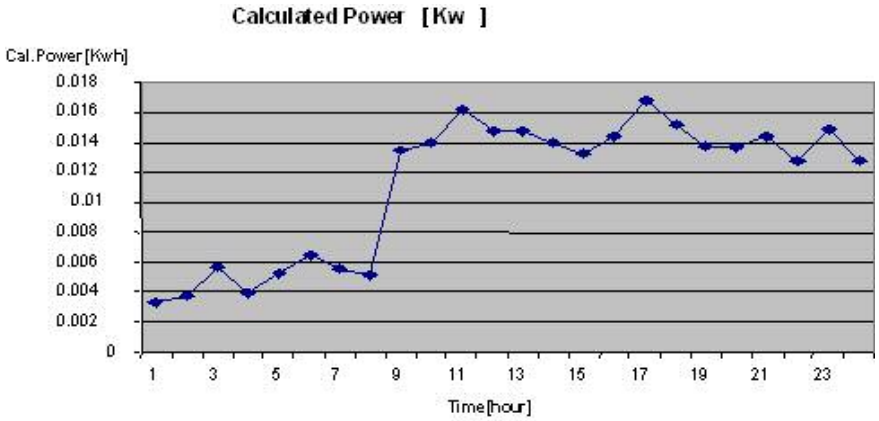
الشكل (2.8) مخطط التوصيل الكهربائي للعنفة الريحية .

2-4 : النتائج:

2-4-1 : نتائج المحاكاة:



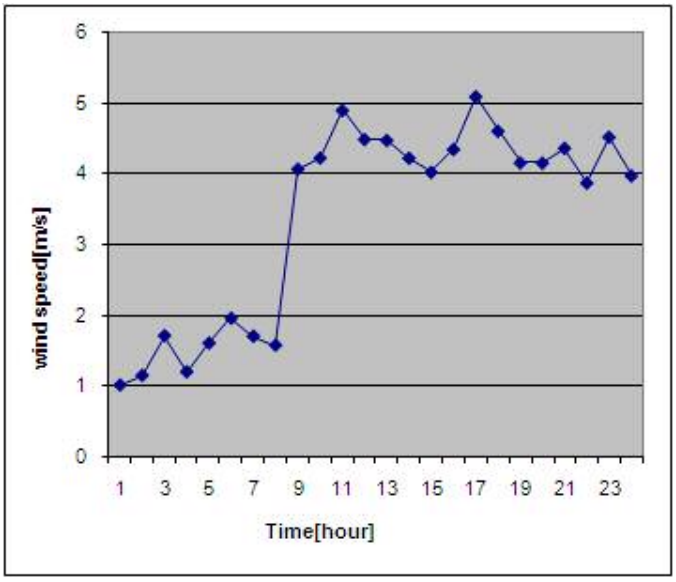
الشكل (2.9) منحنى سرعة الرياح مع الزمن.



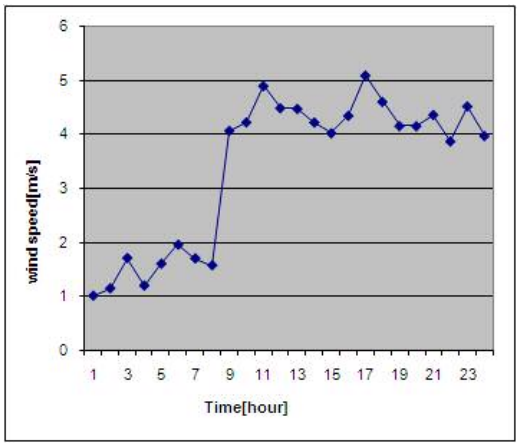
الشكل (2.10) منحنى الاستطاعة المحسوبة مع الزمن .

2-4-2: نتائج النموذج الحقيقي:

إن نتائج النموذج الحقيقي هي الآتية:



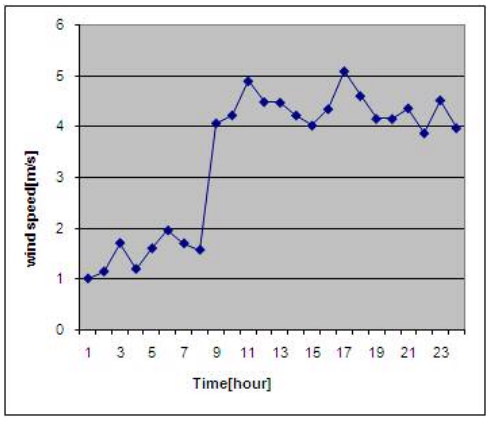
الشكل(2.11) منحنى سرعة الرياح مع الزمن.



الشكل(2.12) الاستطاعة الكهربائية المقيسة من خرج العنفة الريحية مع الزمن.

5-2 : مقارنة نتيجة المحاكاة مع قراءات عدادات النموذج الحقيقي:

إنَّ مقارنة نتيجة المحاكاة مع نتيجة النموذج الحقيقي يوضحه الشكل (2.13) :



الشكل (1.13) مقارنة نتيجة المحاكاة مع نتيجة النموذج الحقيقي.

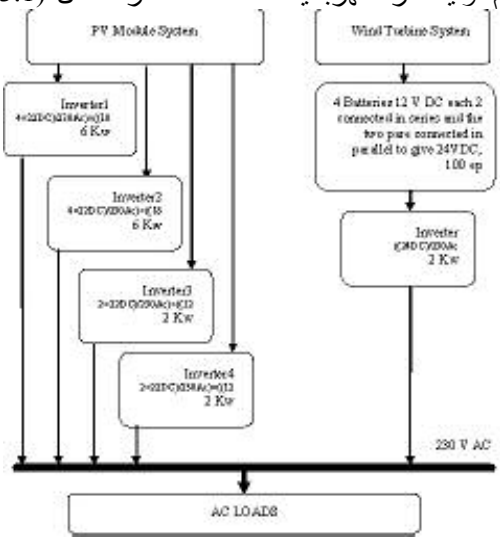
من الشكل (1.13) نلاحظ أن قيمة الاستطاعة المحسوبة من النمذجة عند كل قيمة لسرعة الرياح وقيمة الاستطاعة المقروءة من مقاييس النموذج الحقيقي. هذا الفرق يعود لعدة أسباب أهمها:

- أن منحني التوليد المعطى من قبل الشركة الصانعة والذي اعتمدنا عليه في النمذجة مرسوم بناءاً على تجارب تكون فيها سرعة الرياح منتظمة من كل الاتجاهات وموجة الرياح متجانسة، ومن ثَمَّ فإن القوة المطبقة على شفرات مروحة العنفة تكون متساوية مما يولد عزماً دورانياً ثابتاً على محور العنفة عند كل سرعة رياح مطبقة في أثناء الاختبار. تنتج ظروف الاختبار المثالية هذه منحنى توليد طاقة كهربائية مستمرغير متقطع ولايحوي قفزات الشكل(2.7) .في حين في الواقع وعلى سطوح المباني تكون الرياح دورانية أو إعصارية نظراً إلى وجود مصدات وخصوصاً الأطراف العلوية للمباني أي أن موجة الرياح هنا غير متجانسة والقوة المطبقة على شفرات مراوح العنفة غير متساوية، ومن ثَمَّ عزم الدوران على محور العنفة غير ثابت مما يؤدي إلى أن يكون منحنى توليد الاستطاعة غير مستمر وعلى شكل قفزات الشكل(2.12).
- عدم مثالية دارات تحصيل البيانات(Data Accuesition Card) والبرمجيات المستخدمة لإدارة البيانات .

3- نظام توليد القدرة الكهربائية متعدد المصادر:

3-1 مقدمة:

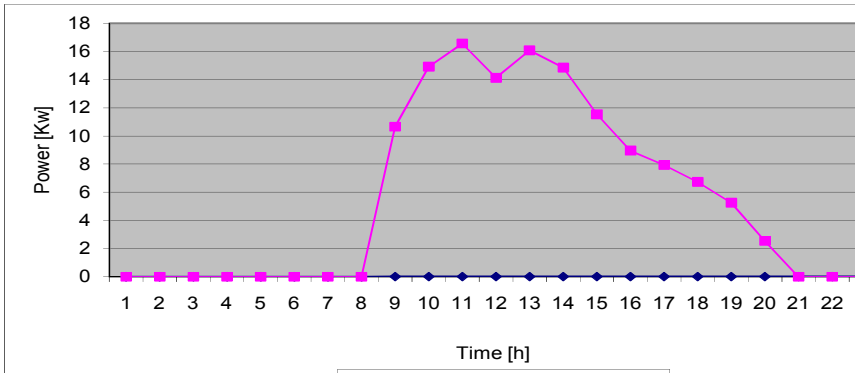
في هذا البحث اقْتُرِحَ ربط نظامي توليد الطاقة الكهربائية من الخلايا الشمسية وطاقة الرياح لتشكيل نَظَام توليد قدرة كهربائية متعدد المصادر الشكل (3.1).



الشكل (3.1) نظام توليد قدرة كهربائية متعدد المصادر .

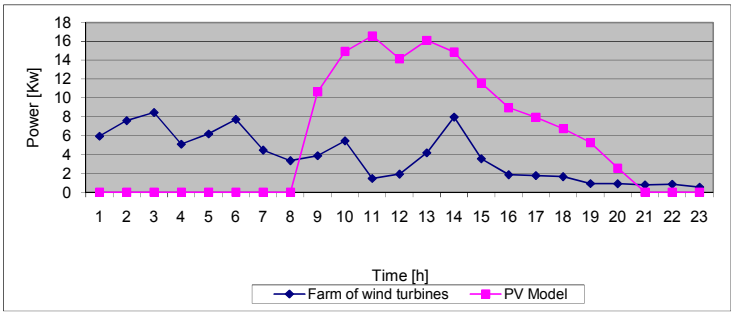
كما هو واضح من الشكل يشترك نظاماً التوليد لتغذية الأحمال المربوطة على قضبان التوزيع 230 V .

إن منحنى التوليد للنظام المتعدد المصادر يوضحه الشكل (3.2) .



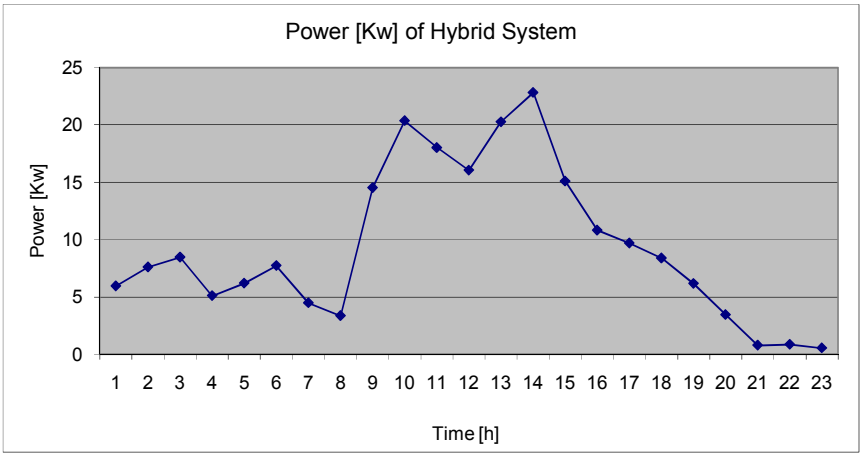
الشكل (3.2) منحنى توليد النظام الشمسي والريحي.

كما هو ملاحظ فإن الاستطاعة المولدة من النظام الشمسي تكون أكبر بكثير إذْ إنَّ الاستطاعة عند الذروة لهذا النظام هي بحدود 14.4KW . في حين استطاعة الذروة للنظام الريحي هي 1KW فقط، لذلك يلاحظ هذا الفرق في التوليد.وبهدف توضيح مفهوم النظام الهجين سنقترح تركيب مجموعة من العنفات الريحية (مزرعة ريحية) من عشر عنفات متماثلة ومماثلة للعنفة موضوع البحث لكون المنحنى أوضح كما في الشكل (3.3).



الشكل (3.3) نظام تولدي شمسي وريحي باعتبار وجود مزرعة ريحية .

وبأخذ محصلة منحنيي نظامي التوليد نحصل على منحنى توليد للنظام الهجين الشكل (3.4).



الشكل (4.3) منحنى توليد النظام متعدد المصادر.

4- النتائج

في هذا البحث تم إنجاز النقاط الآتية:

- تصميم نموذج رياضي ومحاكاة لنظام توليد طاقة كهربائية باستخدام الخلايا الشمسية.
- مقارنة وتحليل نتائج المحاكاة بالنموذج الحقيقي لنظام التوليد الشمسي.
- دراسة تحليلية وإحصائية لسرعات الرياح في المنطقة المدروسة وتحديد السرعة الأكثر تكراراً.
- حساب توزع الاستطاعة في الرياح في المنطقة المدروسة.
- تحديد استطاعة العنفة الريحية.
- تصميم نموذج رياضي ومحاكاة لنظام توليد قدرة كهربائية باستخدام العنفات الريحية.
- مقارنة وتحليل نتائج المحاكاة بالنموذج الحقيقي لنظام التوليد الريحي.

• دمج نظامي التوليد للحصول على نظام توليد طاقة كهربائية هجين أو متعدد المصادر.

• تحليل نتائج النظام الهجين .

إن نتائج النمذجة والمحاكاة لنظامي التوليد الشمسي والريحي جيدة ودقيقة إلى حد كبير، ولكن عند ربط هذين النظامين للحصول على نظام هجين كان هناك فرق كبير في الاستطاعة الاسمية لنظام التوليد الشمسي (14.4Kw) ونظام التوليد الريحي (1Kw) الأمر الذي أدَّى دوراً في عدم إيجاد منحنى توليد متناسق للنظام الهجين من ناحية الاستطاعة المولدة من النظامين الريحي والشمسي. وهذا مافرضه واقع النموذج الحقيقي الذي أجريت عليه الاختبارات.

المراجع

[1] Anca D.Hansen , Poul Sorensen ,Lars H.Hansen and Henrik Bindner , "Models for a Stand –Alone PV System ", Riso National Laboratory ,Roskilde ,2007.
[2] Blas MA, Torres JL, Prieto E, Garcia A. Selecting a suitable model for characterizing photovoltaic devices.Renew Energ 2002;25:371–80.
[3] Eicker U. Solar technologies for buildings. New York: Wiley; 2003.
[4]Fanney AH, Dougherty BP, Davis MW. Evaluation building-integrated photovoltaic performance models. In: Proceedings of the 29th IEEE photovoltaic specialists conference (PVSC), New Orleans, LA, USA;2002. p. 9-194.
[5]Friedrich sick, Thomas Erge," Photovoltaics In Buildings", International Energy Agency ,Paris ,France ,Solar Heating&cooling Programme, Task 16.2004.
[6]Ali Naci Celik *, Nasır Acikgoz," Modelling and experimental verification of the operating current of mono-crystalline photovoltaic modules using four- and five-parameter models",Mustafa Kemal University, Faculty of Engineering and architecture, Mechanical Engineering Department,31024 Antakya, Hatay, Turkey,2006.
[7]H.X.Yang ,L.Lu and J.Burent ," Weather data and probability analysis of Hybrid PV-wind power Generation systems in Hong Kong". Department of Building Service Engineering 2005.
[8] Laboratory Tests ,' Measuring Solar Radiation", group engineers.
[9]Mohamed Jahngir Khan ," Dynamic Modeling , Simulation and Control of a Small Wind-Fuel Cell Hybrid Energy System for Stand – Alone
[10]ErichHau, "Wind Turbines, Funndamentals. Technologies, p plication, Economics", 2nd edition ,Springer,2007.
[11]Gary L. Johnson ," Wind Energy Systems ", Electronic Edition November 20, 2001.J.V.Seguro ,
[12] Ali Naci Celik," A statistical analysis of wind power density based on the Weibull and Rayleigh models at the southern region of Turkey", Science Direct, Renewable Energy 29(2007) 593–604.
[13] Atsu, S.S. Dorvlo ," Estimating wind speed distribution", Energy Conversion and Management 43 (2004) 2311-2318.

[14] T.W.Lambert," Modern estimation of the parameters fo the Weibull wind speed distribution for wind energy analysis",Wind energy and internationalAerodynamics85(2002)75-84.
[15]Katerina Gabrovska, Nicolay ihailov," Software system for calculation and nalysisof electrical power, derived from renewable energy sources International Conference on Computer Systems and Technologies - CompSysTech'2006 .
[16] M.R. Nounia, S.C. Mullickb, T.C. Kandpal,"Techno-economics of small wind electric generator projects for decentralized power supply in India", Energy Policy 35.2007) 2491–2506.
[17] Sathyajith Mathew a,*, K.P. Pandey b, Anil Kumar.V,"Analysis of wind regimes for energy Estimation". Renewable Energy 25 (2004) 381–399.
[18] Tomas Petru and Torbjörn Thiringer," Modeling ofWind Turbines for Power System Studies",IEEE transaction on power systems, vol 7,O.4,November2005.
[19] SempliceEnergy (Zephyr) Airdolphin Power Generation Technical brochure 2007.

تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق: 2008/7/24.