

## اختيار المبدلة المناسبة مع تصميم دارة تحكم لمنشأة ريحية تستخدم مولداً متوافقاً بدون علبة سرعة

الدكتور جورج اسبر\*

الدكتور كمال جوني\*\*

غيث فندي\*\*\*

(تاريخ الإيداع 8 / 6 / 2010. قُبل للنشر في 8 / 11 / 2010)

### □ ملخص □

دراسة محطة ريحية يكون المولد فيها متوافقاً ذا أقطاب بارزة وذلك للاستغناء عن علبة السرعة مما يزيد في المردود ويقلل من التكلفة الاستثمارية وصيانة هذه المحطات، إضافةً إلى اختيار المبدلة المناسبة لهذه المحطة وتطوير استراتيجية تحكم بالمنشأة وذلك تبعاً للمبدلة المختارة ومن ثم نمذجة كامل النظام باستخدام برنامج ماتلاب وذلك بهدف الحصول على نتائج لتقييمها وبيان فعالية هذا النظام وبأني البحث متماشياً مع الواقع الذي فرضه الارتفاع غير المسبوق على أسعار الوقود الأحفوري مع تزايد الطلب على الطاقة في بلادنا وازدياد نسبة انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون مما يدفعنا لان نتوجه لاستخدام الطاقات المتجددة بحيث نستطيع تغطية الطلب المتزايد على الطاقة مع التركيز على الجانب البيئي .

**الكلمات المفتاحية:** محطة ريحية، مولد متوافق ذو أقطاب بارزة، مولد متوافق تهييج دائم، المبدلة، منشأة ريحية، طاقة الرياح، نمذجة، التحكم.

\*أستاذ- قسم هندسة الطاقة الكهربائية- كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية- جامعة تشرين- اللاذقية - سورية.

\*\*مدرس- قسم الهندسة البحرية- كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين- اللاذقية - سورية.

\*\*\*طالب دراسات (ماجستير)-قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين- اللاذقية- سورية.

## Choose The Suitable Converter With Designing A Control Circuit for Wind Planet That Uses Synchronous Generator Without Speed Packet

Dr. George Isber\*  
Dr. Kamal Joni\*\*  
Ghaeth Fandi\*\*\*

(Received 8 / 6 / 2010. Accepted 8 / 11 / 2010)

### □ ABSTRACT □

Wind planet composed of permanent synchronous generator without using the speed packet, this will increase in quantity and to decrease the investment cost and plant maintenance besides the choosing of suitable converter of this planet, and improving the control strategy of this planet, depending on this chosen converter, then simulating the whole system by using MATLAB program and this for getting results for making sure of the activity of this system. This research conforms with reality which is imposed by the increase of the fuel cost (prices), with the demands of power and the ratio of co<sub>2</sub> in our country, so this lead us to use renewable energy which enable us to cover the increasing demands for power and concentrating on environmental aspects.

**Keywords:** wind planet, Permanent Synchronous Generator, Converter, Wind energy, simulation, control.

---

\*Professor, Department of Electrical Power Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering , Tishreen University, Lattakia, Syria.

\*\*Assistant Professor, Department of Marine Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

\*\*\*Postgraduate student, Department of Electrical Power Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering , Tishreen University, Lattakia, Syria.

**مقدمة:**

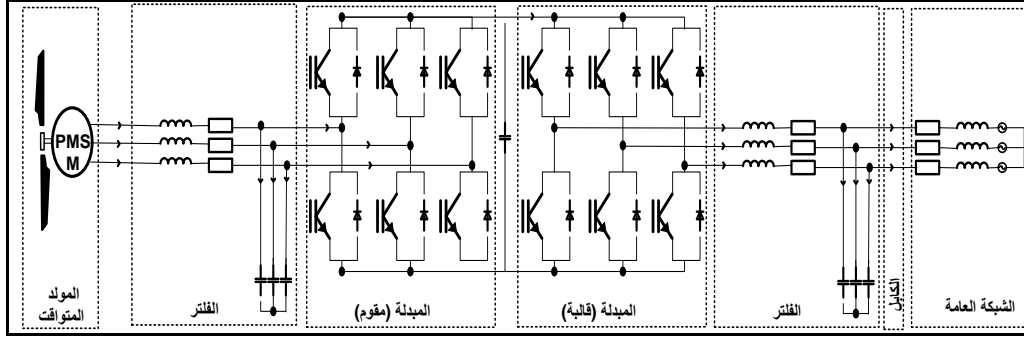
يشكل التغير المناخي أسوأ مشكلة بيئية نواجهها اليوم، فالإصرار على حرق الوقود الأحفوري كالنفط والفحم لتوليد الطاقة يساهم بصورة هائلة في انبعاث ثاني أكسيد الكربون في غلافنا الجوي وهو الغاز المسئول عن ارتفاع الحرارة الشامل، أما الطاقة النووية وهي من الحلول الهامة، ولكن استثمارها يبقى خطراً من الناحية البيئية ومن حيث تأمين الوقود النووي اللازم بالإضافة إلى التخلص من النفايات النووية. لذلك يمكن المساهمة في حل مشكلتي التغير المناخي وخطورة استخدام الطاقة النووية في اعتماد الحكومات والشركات والأفراد موارد الطاقة المتجددة، كالشمس والرياح والأمواج [1]. وبالعودة إلى طاقة الرياح نجد أن كلفة الكيلوات ساعة هي ما بين (0,05-0,09) دولار أميركي مما يجعل الرياح تنافس الفحم الحجري و قوة الرياح ليست موزعة بالتساوي أو في مكان واحد من العالم فلذلك هي في مصلحة الجميع، إن تركيب عدد كبير من العنفات الريحية يؤثر على المناخ المحلي وبالتالي على المناخ العالمي وذلك بتغيير أنماط الرياح كما تقول أبحاث ديفيد كيث رئيس أنظمة الطاقة والبيئة في جامعة كالغري بكندا، حيث إن الرياح تميل لتبريد الأشياء وبهذا يمكن أن ترتفع درجة الحرارة حول مزرعة ريحية كبيرة لأن العنفات الريحية تبطئ الرياح لامتصاص طاقتها، ويوصي كيث وفريقه بأن توليد 2TW من استطاعة الرياح يمكن أن تؤثر في درجة الحرارة بنحو 0,5 درجة مئوية فتسخن في مناطق خطوط العرض المتوسطة و تبرد في القطبين و ربما في هذه الحالة تُحدث تغيراً مفاجئاً يعادل تأثير الاحتباس الحراري العالمي بفعل الدفيئة [2]. ومن الملاحظ أنه تم سابقاً استخدام محركات تحريضية بأنواع مختلفة مع علبه سرعة في المحطات الريحية و سينة هذه المحطات أنها تخرج عن الخدمة و تحتاج تكاليف عالية في الصيانة والاستثمار وذلك بسبب وجود علبه السرعة [3]. أما في بحثنا هذا فقمنا بوضع مولد متواقت تهييج دائم و ذلك للاستغناء عن علبه السرعة و للحصول على استطاعات كبيرة عند سرعات صغيرة أو متغيرة [4] ، [5] ، و قمنا باختيار مبدلة مناسبة لهذه المنشأة [6] ، [7] ، و وضع دارات تحكم [8]، [9] ، و طريقة قيادة مناسبة ، [10] .

**أهمية البحث وأهدافه:**

نظراً للارتفاع غير المسبوق في أسعار مصادر الوقود الأحفوري في أنحاء العالم كافة ونتيجة ازدياد انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وازدياد استهلاك الوقود الأحفوري في بلادنا مع ارتفاع الطلب على الطاقة [11]، لا بد من التوجه نحو استخدام الطاقات المتجددة، و يأتي بحثنا هذا في إطار التوسع في مجال البحث العلمي للطاقات المتجددة وتفعيلها بحيث تصبح جزءاً يُعتمد عليه في إنتاج الطاقة و نهدف في بحثنا هذا إلى تصميم مبدلة مع دارة تحكم لعنفه ريحية تستخدم مولد متواقت تهييج دائم و ذلك للحصول على أفضل مردود ممكن من طاقة الرياح .

**طرائق البحث و موادها:**

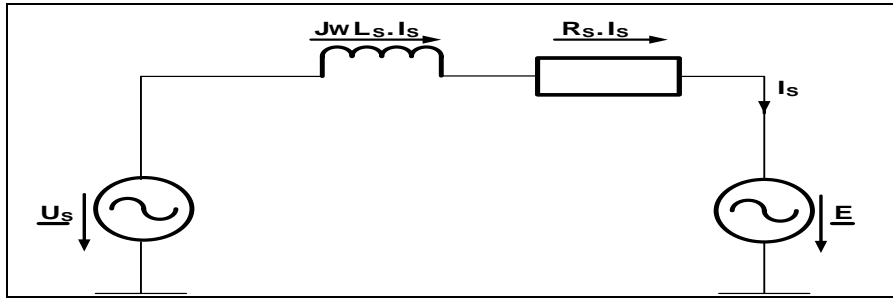
قمنا بوضع منشأة تتألف من مبدلة ترانزستوريه ومولد متواقت و قمنا بوضع فلتر ما بين المولد والمبدلة و فلتر ما بين الشبكة الكهربائية والمبدلة و وضع كابل كهربائي ما بين الفلتر والشبكة ثم قمت بوضع دارات تحكم لهذه المنشأة ومن ثم وضع الموديل الرياضي ونمذجة المنشأة باستخدام برنامج MATLAB ومن ثم أخذ النتائج وتقييمها والشكل (1) يبين لنا المنشأة المختارة بكافة عناصرها .



الشكل (1) المنشأة المدروسة

## وضع الموديل الرياضي للآلة المتوافقة ذات التهيج الدائم:

إن التحكم في الآلة المتوافقة ذات التهيج الدائم يتم في نظام إحداثيات الدائر للآلة. ويكون حقل التهيج المغناطيسي مرتبطاً بالدائر، إن محور تدفق الدائر هو في نفس الوقت المحور الأفقي للدائر ويجب أن تكون زاوية النسب بين الدائر والثابت معلومة والشكل (2) يظهر الدارة المكافئة الطورية لآلة متوافقة.



الشكل (2) الدارة المكافئة الطورية لآلة متوافقة

معادلة جهد الثابت تعطى بالعلاقة:

$$\underline{U}_s = I_s \cdot R_s + L_s \frac{di_s}{dt} + \underline{E} \quad (1)$$

$\underline{U}_s$  : جهد الثابت،  $\underline{E}$  : الجهد المتحرض،  $L_s$  : مفاعلة الثابت،  $I_s$  : تيار الثابت،  $R_s$  : مقاومة الثابت و باعتبار أن نظام إحداثيات الثابت، نظام إحداثيات الدائر  $(d, q)$  يكون لدينا معادلة الجهد في إحداثيات الثابت:

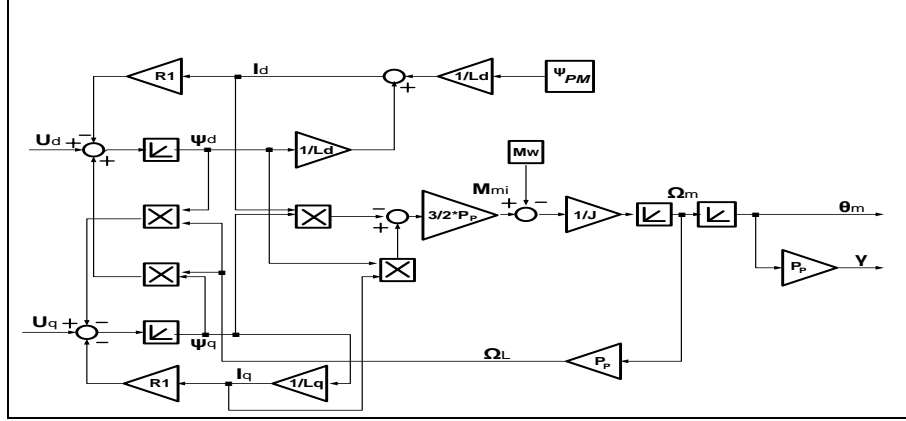
$$\underline{U}_s(\alpha, \beta) = I_s \cdot R_s(\alpha, \beta) + L_s \frac{di_s(\alpha, \beta)}{dt} + \underline{E} \quad (2)$$

$$U_s(d, q) = U_d + jU_q \quad (3) \quad \text{معادلة الجهد في إحداثيات الدائر:}$$

$$I_s(d, q) = I_d + jI_q \quad (4) \quad \text{معادلة التيار في إحداثيات الدائر:}$$

حيث إن التحكم في التيار ينجز في نظام إحداثيات الدائر  $(d, q)$

والشكل (3) يوضح لنا المخطط الصندوقي للآلة المتواقة :



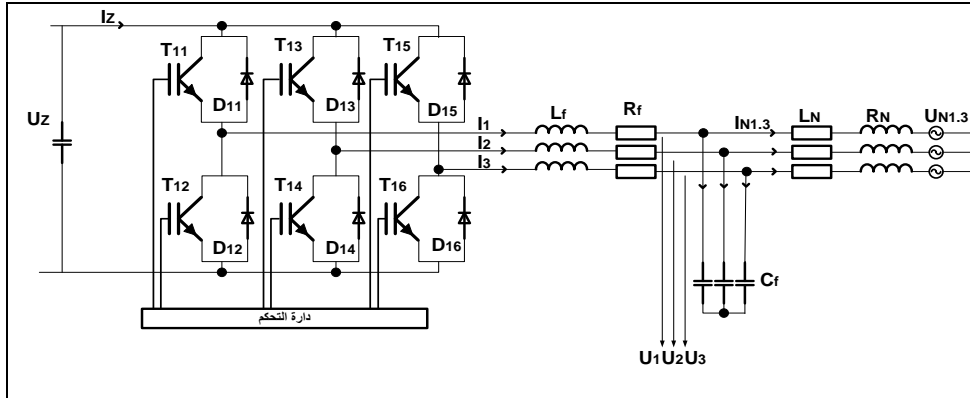
الشكل (3) المخطط الصندوقي لآلة متواقة

#### اختيار المبدلة:

لقد تم اختيار مبدلة نبضية تستخدم الترانزستور IGBT كمفاتيح الكترونية نلاحظ من الشكل (1) أنه يوجد لدينا :

القالب النبضية من جهة الشبكة و هي عبارة عن عنصر منفذ في دائرة التحكم لقيم الشبكة .  
المقوم النبضي من جهة المولد المتواقت و هي عبارة عن عنصر منفذ لدائرة التحكم في المولد المتواقت .  
لكن من حيث مبدأ العمل فهما متشابهتان لذلك سنكتفي بشرح مبدأ العمل لمبدلة واحدة فقط و وضع الموديل الرياضي (المخطط الصندوقي) و ليكن للمبدلة الأولى من جهة الشبكة .

#### وصف المبدلة الجسرية ثلاثية الطور IGBT و الشبكة و الفلتر:



الشكل (4) مبدلة جسرية من جهة الشبكة

تتألف المبدلة الجسرية ثلاثية الطور كما هو مبين في الشكل (4) من ستة مفاتيح الكترونية كل مفتاح هو عبارة عن ترانزستور IGBT موصول على التوازي و بشكل عكسي مع ديود حر D وظيفته حماية الترانزستور . إن ميزة استخدام الترانزستورات من نوع IGBT هي أننا نستطيع التحكم بلحظات الوصل والفصل وهي ذات وصل سريع جداً وبتردد نبضي عالٍ 10 KHz .

## وضع الموديل الرياضي للمبدلة:

من أجل عمل المبدلة الترانزستورية ذات الدارة الأولية للجهد المستمر يجب المحافظة على بعض الشروط عند وصل المفاتيح الالكترونية ولتجنب قصر الدارة الأولية للجهد لا يسمح أبداً في نفس الوقت وصل مفاتيح الكترونيين موجودين على فرع واحد من فروع الجسر وعندما لا تأخذ بعين الاعتبار ظاهرة تأخر الوصل في نمذجة المبدلة الترانزستورية (تبديل مثالي - مفتاح مثالي) نحصل على 8 حالات وصل من أجل مبدلة ثلاثية الطور في كل فرع من فروع الجسر يجب أن يكون مفتاح الكتروني واحد في حالة عمل و في هذه الحالة يكون دائماً في كل حالة وصل ثلاثة مفاتيح الكترونية في وضعية الوصل. يمكن قراءة قيم جهود الخرج الطورية للمبدلة الترانزستورية وتيار الدارة الأولية تبعاً لحالات الوصل من الجدول (1) .

الجدول (1) حالات الوصل

n	k1	k2	k3	IZ	u1	u2	u3
1	1	-1	-1	i1	$\frac{2}{3} \cdot U_z$	$-\frac{1}{3} \cdot U_z$	$-\frac{1}{3} \cdot U_z$
2	1	1	-1	-i3	$\frac{1}{3} \cdot U_z$	$\frac{1}{3} \cdot U_z$	$-\frac{2}{3} \cdot U_z$
3	-1	1	-1	i2	$-\frac{1}{3} \cdot U_z$	$\frac{2}{3} \cdot U_z$	$-\frac{1}{3} \cdot U_z$
4	-1	1	1	-i1	$-\frac{2}{3} \cdot U_z$	$\frac{1}{3} \cdot U_z$	$\frac{1}{3} \cdot U_z$
5	-1	-1	1	i3	$-\frac{1}{3} \cdot U_z$	$-\frac{1}{3} \cdot U_z$	$\frac{2}{3} \cdot U_z$
6	1	-1	1	-i2	$\frac{1}{3} \cdot U_z$	$-\frac{2}{3} \cdot U_z$	$\frac{1}{3} \cdot U_z$
7	1	1	1	0	0	0	0
8	-1	-1	-1	0	0	0	0

n ترمز لحالة الوصل.

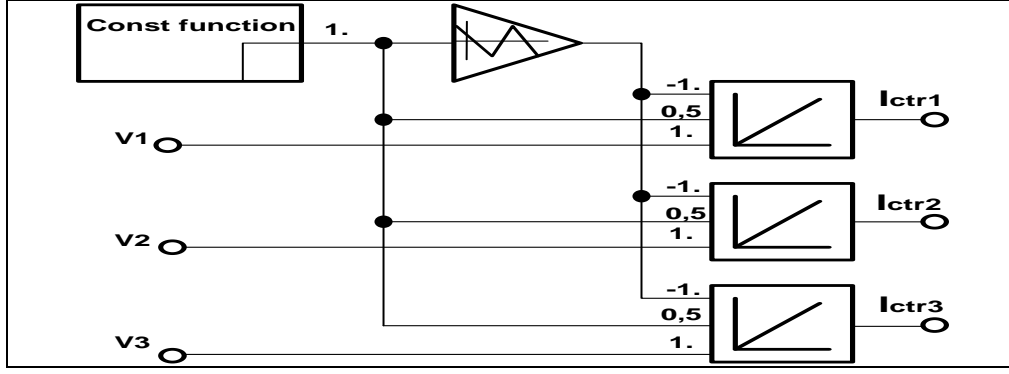
k ترمز إلى المفاتيح الالكترونية الموصول في فرع الجسر للمبدلة الترانزستورية

إذا كان المفاتيح الالكترونية العلوي في الفرع موصل يكون  $k = 1$  بالمقابل لهذا الشيء تصبح  $k = -1$  عندما

يكون المفاتيح الالكترونية السفلي موصل.

## طريقة قيادة المبدلة و الموديل الرياضي:

الهدف من طريقة القيادة هو تحديد لحظة و مدة وصل كل مفتاح الكتروني على حدة (تشكيل نبضات التحكم بالمفاتيح الالكترونية). إن طريقة القيادة المستخدمة في النمذجة هي طريقة تعديل عرض النبضة ( PWM ) . يتم توليد نموذج النبضات في هذه الطريقة من خلال مقارنة جهد مرجعي  $U_{Ref}(t)$  (شعاع القيادة  $V_{St}$ ) مع جهد تحكم مساعد  $U_H(t)$  مثلثي الشكل حيث إن نقاط تقاطع المنحنيين تعطينا النقاط الزمنية لتبديل وصل كلا المفاتيح الالكترونيين في فرع ما في الوصلة الجسرية بشكل متبادل. يبني نموذج النبضات للفرعين المتبقين من خلال الإزاحة الطورية للجهد المرجعي بمقدار  $\frac{\pm 2\pi}{3}$  و الشكل (6) يوضح كيفية قيادة المبدلة



الشكل (6) قيادة المبدلة

ومن الشكل نستطيع وضع العلاقات التالية :

$$I_{ctr1} = \underline{V}_1(t) = 0,5. AF. \sin(\omega. t) \quad (5)$$

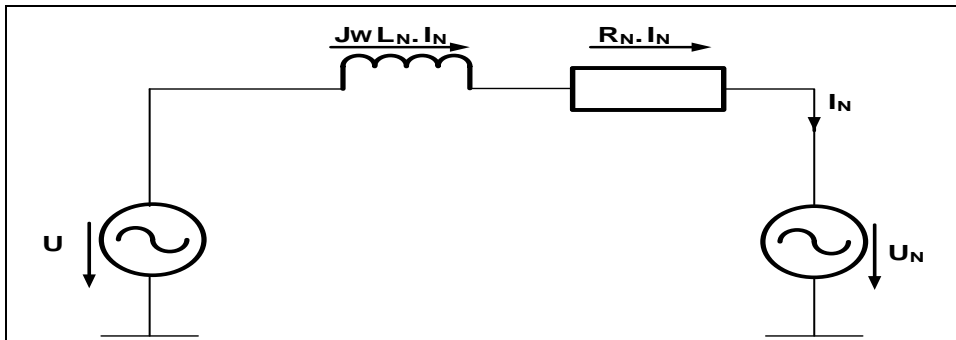
$$I_{ctr2} = \underline{V}_2(t) = 0,5. AF. \sin(\omega. t + \frac{2.\pi}{3}) \quad (6)$$

$$I_{ctr3} = \underline{V}_3(t) = 0,5. AF. \sin(\omega. t - \frac{2.\pi}{3}) \quad (7)$$

يطابق التردد النبضي  $f_p$  الذي به يتم فتح وإغلاق المفاتيح الالكترونية تردد الجهد المساعد ، بينما يكون تردد التوافقية الأساسية لكميات مخرج المبدلة مطابقاً لتردد الجهد المرجعي .  
تسمى النسبة بين الجهد المرجعي و الجهد المساعد عامل المطال AF . هذا العامل يحدد مطال التوافقية الأساسية لجهد الخرج منسوب إلى جهد الدارة الأولية .

#### وضع الموديل للشبكة:

يمكن وضع موديل بسيط لشبكة عامة مستقرة عبارة عن وصل تسلسلي لمقاومة أومية مع تحريضية و منبع جهد متناوب و يوضح الشكل (7) الدارة المكافئة لطور الشبكة باعتبار أن النظام ثلاثي الطور متناظر .



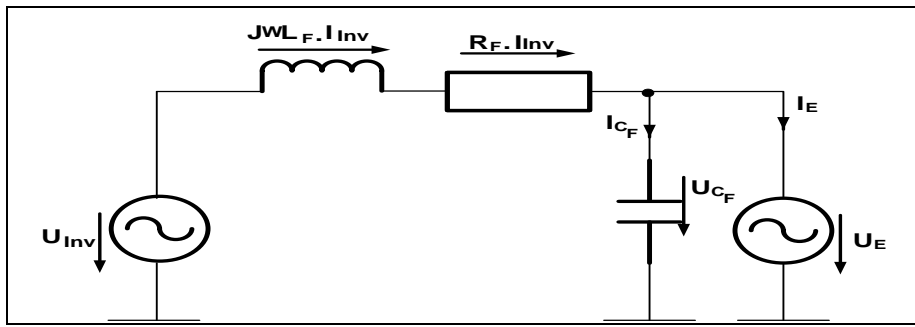
الشكل (7) الدارة المكافئة لطور واحد

يمكن استنتاج الموديل الرياضي للشبكة من الدارة المكافئة كما في المعادلات التالية:

$$\underline{U} = \underline{U}_N + R_N \cdot I_N + L_N \cdot \frac{di}{dt} \quad (8)$$

### وضع الموديل الرياضي للفلتر:

نستخدم الفلتر بين القالبية من جهة الشبكة والشبكة وذلك لأن خرج المبدلة عبارة عن جهد نبضي بعرض نبضة مختلف و وجود فرق جهد متناوب بين جهد المبدلة النبضي وجهد الشبكة الجيبي مما يؤدي إلى مرور تيارات توازن بترددات عالية وتكون مهمة الفلتر ترشيح هذه الترددات وبين المولد المتواقت ومقوم التيار من جهة المولد يستخدم الفلتر في حالة وجود مسافة بين ثابت الآلة والمقوم لأنه تنشأ نتيجة خرج المبدلة النبضي جهود عالية على مدخل ملفات الثابت والتي تسبب إجهادات حرارية، مهمة الفلتر إلغاء أثر هذه الجهود العالية ويمكن وضع موديل رياضي بسيط للفلتر وهو عبارة عن وصل تسلسلي لمقاومة أومية مع تحريضية و منبع جهد متناوب يمثل جهد المقوم مع مكثف على التفرع و يوضح الشكل ( 8 ) الدارة المكافئة للفلتر على طور واحد باعتبار النظام ثلاثي الطور متناظر.



الشكل ( 8 ) الدارة المكافئة للفلتر على طور واحد

يمكن استنتاج الموديل الرياضي للفلتر من الدارة المكافئة كما في المعادلات التالية:

$$I_{CF} = C_F \cdot \frac{dU_{CF}}{dt} \quad (9)$$

$$U_{LF} = L_F \cdot \frac{dI_{Inv}}{dt} \quad (10)$$

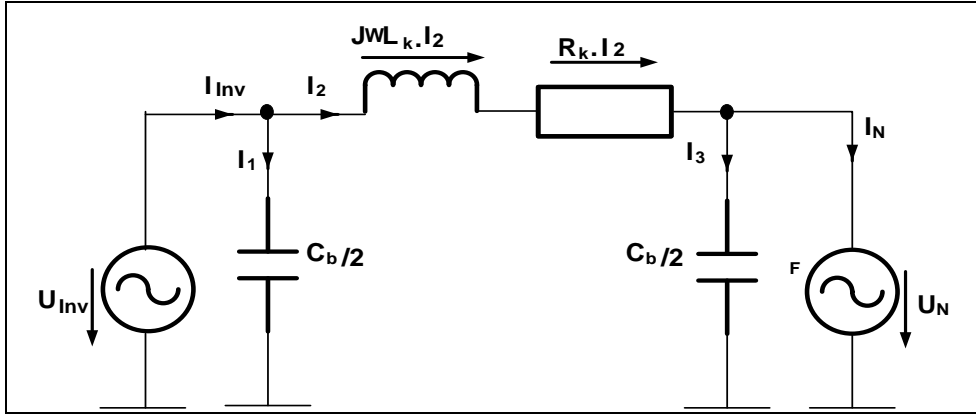
$$U_{Inv} = U_{LF} + U_{RF} + U_{CF} \quad (11)$$

$$I_{Inv} = I_E + I_{CF} \quad (12)$$

### وضع الموديل الرياضي للكابل:

نقل الطاقة بين مقوم التيار من جهة الشبكة والشبكة وبين المولد المتواقت و مقوم التيار من جهة المولد يتم عبر كابلات. والكابلات المستخدمة في المحطات الريحية تكون عادة طويلة ( 50 - 80 متر) لذلك يجب الأخذ بعين الاعتبار كلا من السعة بين النواقل وتحريضية النواقل، نمذجة الكابل تتألف من عدة عناصر منسوبة لطوله (تحريضيات طولية، مقاومات طولية، مكثفات ربط) والشكل ( 9 ) الدارة المكافئة لكابل واحد باعتبار النظام ثلاثي الطور متناظر.





الشكل (9) الدارة المكافئة لكابل واحد

يمكن استنتاج الموديل الرياضي للكابل من الدارة المكافئة كما في المعادلات التالية:

$$\frac{1}{2} C_b = C_b \cdot \frac{dU_{Inv}}{dt} = I_1 \quad (13)$$

$$\frac{1}{2} C_b = C_b \cdot \frac{dU_N}{dt} = I_3 \quad (14)$$

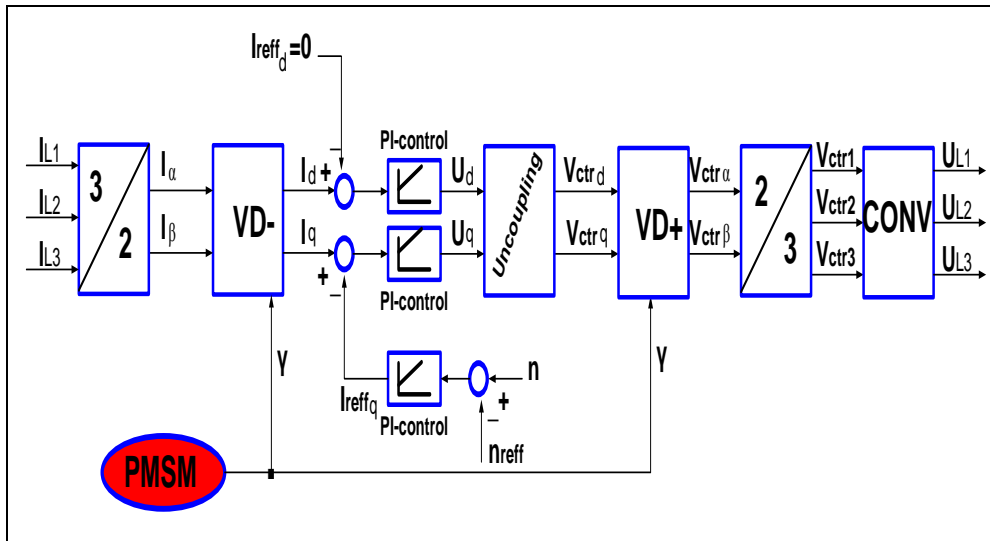
$$U_{LK} = L_K \cdot \frac{dI_2}{dt} \quad (15)$$

$$U_{LK} = U_{Inv} - U_{RK} - U_N \quad (16)$$

$$I_{Inv} = I_1 + I_2 \quad (17)$$

$$I_N = I_2 + I_3 \quad (18)$$

دارة التحكم بالمولد المتوافق:



الشكل (10) دارة التحكم بالمولد المتوافق

نلاحظ من الشكل (10) الذي يمثل دائرة التحكم بالمولد المتوافق أنه :

يتم التحكم بتيارات المولد المتوافق في نظام الإحداثيات المرتبط بالدوائر، وكما هو واضح في الشكل. إن كميات الدخل هي تيارات الثابت الثلاثية الطور  $(I_{L1}, I_{L2}, I_{L3})$  والتي تحول بواسطة محول  $(2/3)$  إلى نظام ثنائي الطور في إحداثيات الثابت  $(\alpha, \beta)$  وينتج عن عملية التحويل التيارات  $(I_\alpha, I_\beta)$  بعد ذلك يتم تدوير هذه التيارات من نظام إحداثيات الثابت إلى نظام إحداثيات الدائر  $(d, q)$  وذلك باستخدام المحول الشعاعي  $(VD-)$  والزاوية الكهربائية اللازمة لعملية التحويل والتي تؤخذ كمزج من الموديل الرياضي للآلة المتوافقة وينتج عن عملية التحويل، هذه تيارات الثابت في نظام الدائر  $(I_d, I_q)$  و هذه الكميات تكون في الحالة المستقرة ( قيم مستمرة ثابتة ) و هي مناسبة بشكل جيد لكميات ضبط .

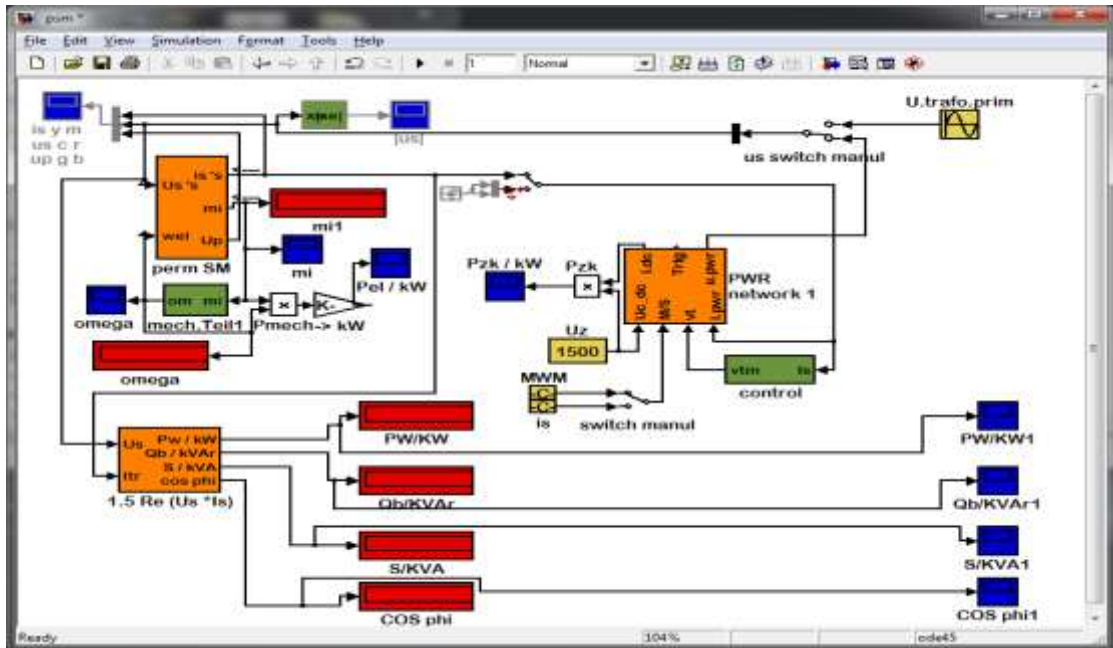
المركبة  $I_d$  تستخدم للتحكم بالاستطاعة الردية للمولد المتوافق، والمركبة  $I_q$  تستخدم للتحكم بعزم دوران المولد المتوافق،

تقارن كل من المركبتين  $(I_d, I_q)$  بالقيم المرجعية  $(I_{d.ref}, I_{q.ref})$  والفرق الناتج يقدم كدخل للمنظم التكاملي التناسبي  $(PI)$  ، على مخرجي المنظم تتم عملية فك الارتباط للمنظمات و بهذه الطريقة نحصل على مركبات شعاع جهد القيادة  $(V_{d.ctr}, V_{q.ctr})$  للمبدلة النبضية من جهة المولد المتوافق في نظام إحداثيات الدائر، بعد ذلك يتم تحويل هذه الكميات إلى جهود تحكم في نظام إحداثيات الثابت  $(V_{\alpha.ctr}, V_{\beta.ctr})$ ، والتي تحول بواسطة محول  $(3/2)$  إلى نظام ثلاثي الطور  $(V_{ctr1}, V_{ctr2}, V_{ctr3})$  لقيادة عملية الفصل والوصل، لمفاتيح المبدلة و ذلك وفقاً لنقطة عمل المنشأة .

### نمذجة كامل المنشأة في برنامج MATLAB-Simulink:

يعرض الشكل (11) النموذج الناتج لكامل المنشأة مع دوائر التحكم بعد نمذجته في برنامج MATLAB-

Simulink



الشكل (11) نموذج المنشأة الناتج في برنامج MATLAB-Simulink

## النتائج والمناقشة:

### نتائج المنشأة عند العمل بنقاط مختلفة:

المولد المتوافق المختار في هذه المنشأة هو مولد يملك المواصفات الاسمية التالية كما هي موضحة

بالجدول (2):

الجدول (2) المواصفات الاسمية

$P_N$	25[KW]
$2P_p$	24
$I_N$	38[A]
$n_N$	125[rpm]

سنقوم باختيار ثلاث نقاط عمل للمنشأة و ذلك لوضع النتائج و من ثم تقييم هذه النتائج و بيان صلاحية

الموديل و فعالية دارة التحكم :

$$n_1 = 20\%n_N = 25[\text{rpm}]$$

1-نقطة العمل الأولى(Ā1):

$$n_2 = 70\%n_N = 88[\text{rpm}]$$

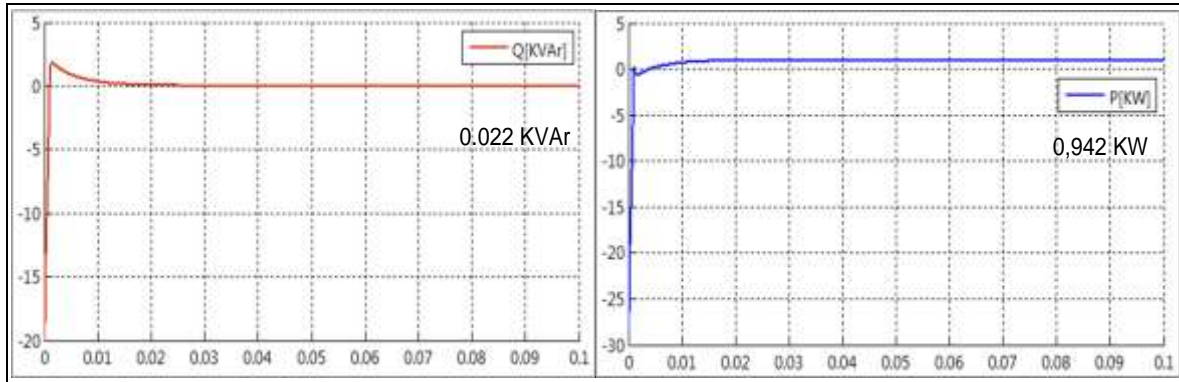
2-نقطة العمل الثانية(Ā2):

$$n_3 = 90\%n_N = 113[\text{rpm}]$$

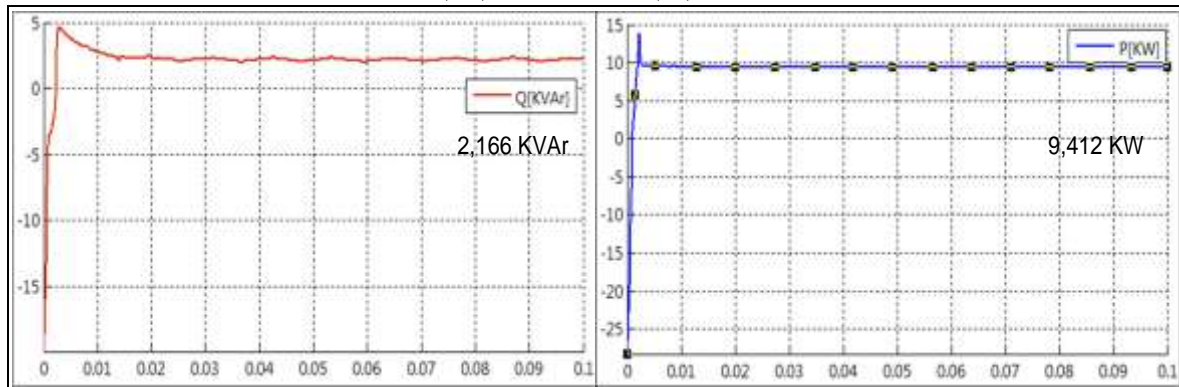
3-نقطة العمل الثالثة(Ā3):

تمثل الأشكال التالية(12) ، (13) ، (14) الاستطاعة الفعلية و الردية المقدمة إلى الشبكة عند عمل المنشأة

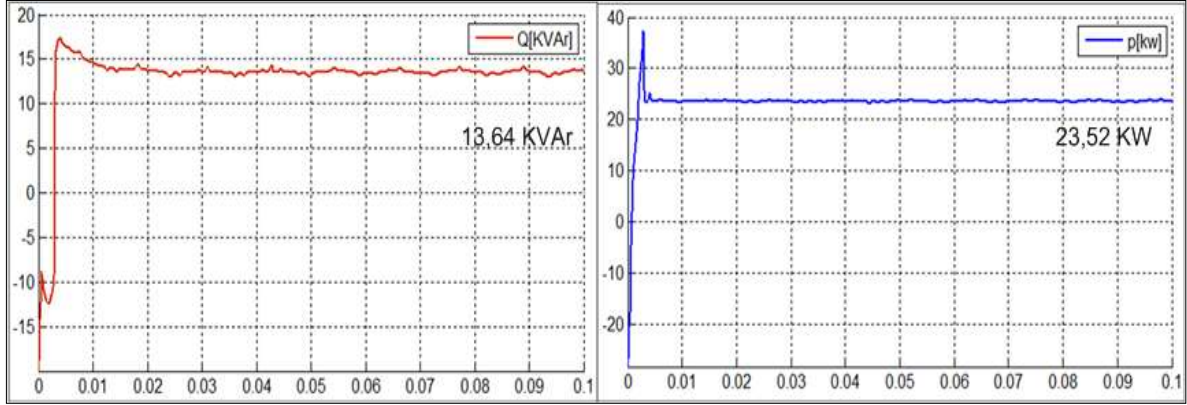
بسرعات دوران مختلفة (نقاط العمل الثلاثة).



الشكل (12) نقطة العمل الأولى(Ā1)

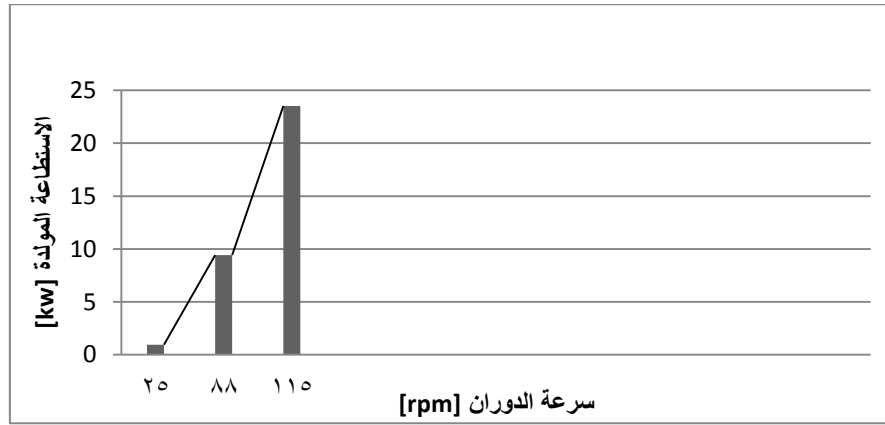


الشكل (13) نقطة العمل الثانية(Ā2)



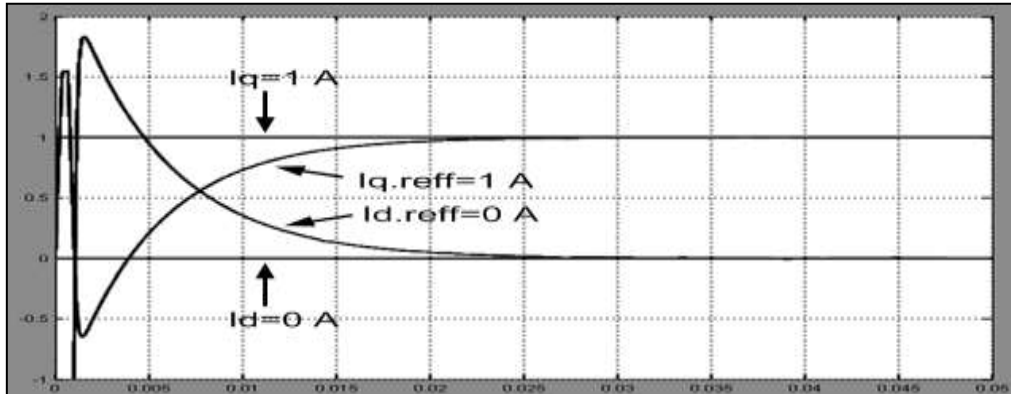
الشكل (14) نقطة العمل الثالثة (A3)

نلاحظ من الأشكال السابقة كيفية ازدياد الاستطاعة الردية و الفعلية المقدمة للشبكة الكهربائية بازياد سرعة الدوران والشكل (15) يبين لنا الزيادة الكبيرة عند ازدياد سرعة الدوران مما يدل على صلاحية الموديل والمنشأة الموضوعة.

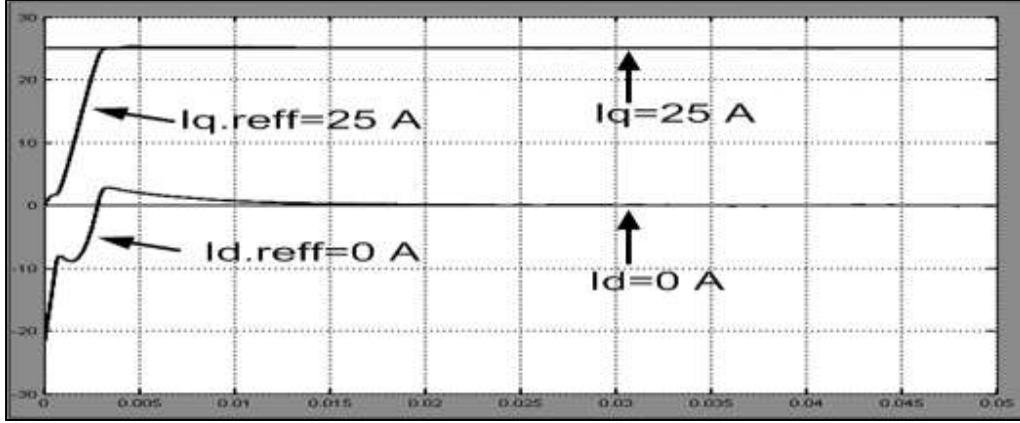


الشكل (15) العلاقة بين الاستطاعة و سرعة الدوران

تمثل الأشكال التالية (16)، (17)، تيارات دائرة التحكم وذلك عند الانتقال من نقطة العمل الأولى إلى نقطة العمل الثالثة وذلك بشكل قفزة.



الشكل (16) نقطة العمل الأولى (A1)



الشكل (17) نقطة العمل الثالثة (A3)

المنحنيات السابقة الموضحة في الأشكال تظهر لنا سلوك دائرة التحكم عند تغيير نقاط العمل من (A1) إلى (A3) بشكل قفزة حيث يتبين لنا أنه تم بزمن صغير جداً ( $T = 0,02 S$ ) استقرار التيارات وهذا دليل على أن دائرة التحكم دائرة مستقرة ويؤكد على صلاحية دائرة التحكم و صلاحية الموديل

### الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- استخدام المولد المتوافق ذي التهيج الدائم (أقطاب بارزة) يسمح لنا بالحصول على استطاعات كبيرة عند سرعات صغيرة و متغيرة .
- 2- الاستغناء عن علبة السرعة يؤدي إلى انخفاض الكلفة الاستثمارية وكلفة الصيانة للمنشأة الريحية وكذلك إلى زيادة مردود المنشأة بشكل عام والإقلال من الأعطال المحتملة حيث إن علبة السرعة من أكثر الأجزاء في المنشأة الريحية تعرضاً للأعطال .
- 3- استخدام الإحداثيات المنطبقة على شعاع التدفق في الدائر للمولدة المتوائمة يسمح بالتحكم بشكل منفصل لكل من عزم المولدة و التدفق المغناطيسي في المولدة و ذلك عن طريق مركبتي تيار الدائر المحسوبتين في هذا النظام .
- 4- كذلك الأمر بالنسبة للقيم المقدمة إلى الشبكة (الاستطاعة الفعلية ، الاستطاعة الردية ) يتم التحكم فيها بشكل منفصل عن طريق مركبتي تيار الشبكة المحسوب في نظام الإحداثيات الدوارة الموجه باتجاه شعاع جهد نقطة وصل المولدة مع الشبكة .
- 5- تبين النتائج المعروضة في هذا العمل صلاحية الموديل الموضوع لمنشأة ريحية تستخدم مولد متوافق تهيج دائم و بدون علبة سرعة و كذلك صلاحية دارات التحكم المقترحة و استقرارها في الحالة العابرة و المستقرة.
- 6- ضرورة التوجه لاستخدام الطاقة الريحية كطاقة بديلة للوقود الاحفوري في بلادنا نظراً لارتفاع أسعار الوقود و مراعاةً للجانب البيئي و بالأخص النوع المدروس في بحثنا هذا نظراً لما يوفره من استطاعات كبيرة ومردود ممتاز .

**المراجع:**

- [1]-SATHYAJITH, M.; GEETA,P.*Advances in Wind Energy and Conversion Technology* .Hardcover , Aug 1 2009,450.
- [2]-الولايات المتحدة الأمريكية , مجلة عالم الذرة . العدد المائة و العشرون, نيسان 2009, 51, 52, 53.
- [3]-BATTISTA,J;CHRISTIANSEN,F.*Energy-based approach to the output feedback control of wind energy systems*, London , 2007,300.
- [4]-بدر، زيد. *الآلات الكهربائية المتوافقة* . جامعة تشرين,1996, 350 .
- [5]-اسبر، جورج؛شعبان ، فيصل. *تصميم و تخطيط الشبكات الكهربائية* . جامعة تشرين,2003,600.
- [6]-باصيل، شفيق ؛ عطية، بسام ؛ شيخوك، حبيب، *الالكترونيات القدرة الكهربائية* . جامعة تشرين , 2000, 330.
- [7]-عقيل، محمد سعيد . *الالكترونيات الصناعية (2)* . جامعة حلب, 1998,530.
- [8]-حايك، غسان ؛ عبود، قيس . *القيادة الكهربائية (2)* . جامعة تشرين , 2006, 550.
- [9]-JONY, K. *Beitrag zur Modellbildung dezentraler Elektroenergieversor*. Germany, 1999,125.
- [10]-Brosh, Peter F. *Moderne Stromrichterantriebe* . Vogel- Buchverlage , Germany , 2008,300.
- [11]-22 Sept.2009. <<http://www.albankaldawli.org>>