

نمذجة ومحاكاة طرق تنظيم سرعة دوران المحركات التحريضية ثلاثية الطور

نسرین غدیر*

(تاريخ الإيداع 6 / 12 / 2015. قُبِلَ للنشر في 27 / 4 / 2016)

□ ملخص □

تعتبر المحركات التحريضية أكثر أنواع الآلات الكهربائية انتشارا و استخداما وفي شتى المجالات و المنشآت الصناعية و المنزلية بسبب موثوقيتها العالية، وتكلفتها المنخفضة ومتانتها .ومع ذلك، المحركات التحريضية ليس لديها أصلا القدرة على عملية تغيير السرعة . ونتيجة لهذا السبب سابقا كانت محركات التيار المستمر DC هي الأكثر استخداما في معظم المحركات الكهربائية . ولكن أدت التطورات الأخيرة في طرق التحكم في المحركات التحريضية لاستخدامها على نطاق واسع في كافة المجالات. يوجد عدة طرق لتنظيم سرعة دوران المحركات التحريضية منها تغيير عدد أقطاب المحرك، تغيير تردد المنبع المطبق على المحرك، تغيير مقاومة الدائر، تغيير قيمة التوتر المطبق على ملف الثابت، طريقة $(V/F = \text{Const})$. تعتبر طريقة $(V/F = \text{Const})$ من أكثر الطرق شيوعا و استخداما. في هذه الطريقة تبقى النسبة V/F ثابتة التي عندها يتولد سيالة مغناطيسية ثابتة و عندها العزم الأعظمي لا يتغير. في هذه الطريقة إن المحرك يستخدم بشكل كامل و فعال.

الكلمات المفتاحية : المحركات التحريضية ثلاثية الطور - تنظيم سرعة الدوران - MATLAB Simulink

* قائمة بالأعمال - قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

Simulation and analysis of various methods for speed control of Induction Motor

Nisreen Ghadeer*

(Received 6 / 12 / 2015. Accepted 27 / 4 / 2016)

□ ABSTRACT □

Induction motors are the most widely used electrical motors due to their reliability, low cost and robustness. However, induction motors do not inherently have the capability of variable speed operation. Due to this reason, earlier dc motors were applied in most of the electrical drives. But the recent developments in speed control methods of the induction motor have led to their large scale use in almost all electrical drives.

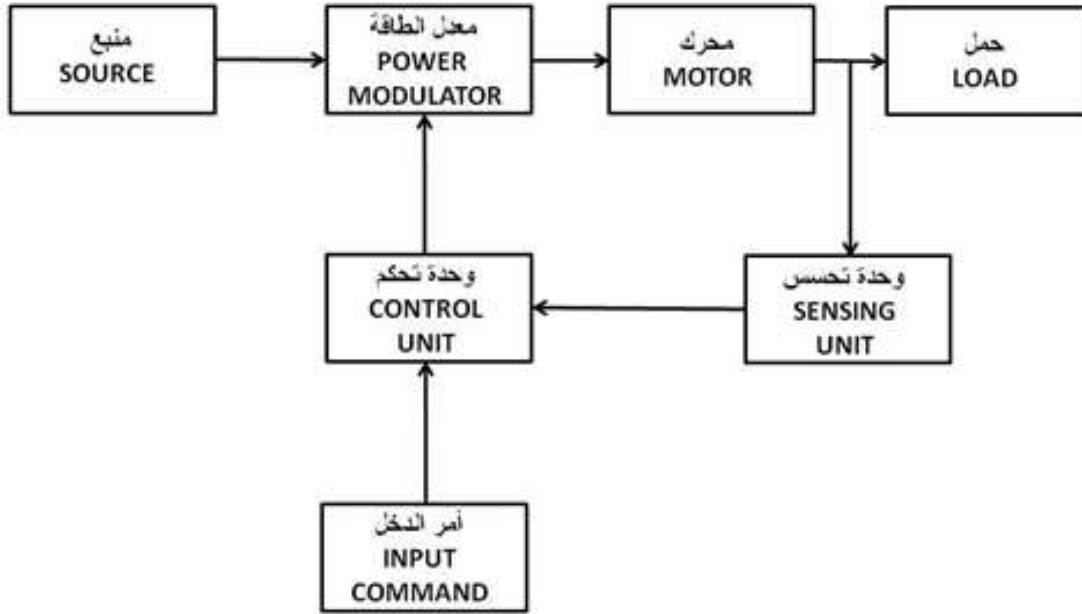
Out of the several methods of speed control of an induction such as pole changing, frequency variation, variable rotor resistance, variable stator voltage, constant V/f control, slip recovery method etc, the closed loop constant V/f speed control method is most widely used. In this method, the V/f ratio is kept constant which in turn maintains the magnetizing flux constant so that the maximum torque remains unchanged. Thus, the motor is completely utilized in this method.

Keywords : Induction motors - speed control of an induction - **MATLAB Simulink**

*Academic Assistant , Department of Electrical Power, Faculty of Mechanical & Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة

إن التحكم بسرعة دوران المحركات المستخدمة في التطبيقات المنزلية و الصناعية ضروري جدا. تسمى الأنظمة التي تستخدم لهذا الغرض بالقيادة. في القيادة الكهربائية تستخدم حساسات متنوعة وخوارزميات تحكم من أجل التحكم بسرعة المحرك وذلك باستخدام طرق التحكم المناسبة بالسرعة. يوضح الشكل (1) مخطط صندوقي للقيادة الكهربائية



الشكل (1) مخطط صندوقي للقيادة الكهربائية

لقد كانت سابقا محركات التيار المستمر الأكثر استخداما في مجال القيادة الكهربائية التي تتطلب سرعات مختلفة لان التحكم بسرعة دوران المحركات التحريضية كانت مكلفة للغاية وغير فعالة لذلك اقتصر تطبيقها على سرعات ثابتة.

أما الآن و نتيجة للتطور السريع في العلوم الالكترونية و أنصاف النواقل أصبحت طرق التحكم بسرعة دوران المحركات طرق سهلة و اقتصادية. ولهذا السبب حلت المحركات التحريضية محل محركات التيار المستمر وأصبحت الأكثر استخداما و انتشارا لأنها محركات رخيصة و صغيرة الحجم و غير معقدة مقارنة مع محركات DC. تعطي سرعة دوران المحركات التحريضية بالعلاقة التالية:

$$n_2 = n_1(1-S)$$

حيث أن n_2 سرعة دوران المحركات التحريضية و n_1 السرعة التزامنية و S الانزلاق يلاحظ من خلال هذه العلاقة انه يمكن التحكم بسرعة دوران المحركات التحريضية، يعني تغيير سرعة دورانها

بعده طرق هي:

1. بتغيير السرعة التزامنية (n_1) و المعطاة بالعلاقة ($n_1=60 f_1/p$) وهذا يمكن إما :
 - (a) بتغيير عدد أقطاب المحرك عند تردد ثابت ($f_1=const$, $2P=var$)
 - (b) بتغيير تردد المنبع المطبق على المحرك مع ثبات عدد الأقطاب ($f_1= var$, $2P= const$)

2. بتغيير الانزلاق (S) عند سرعة تزامنية ثابتة ويتم ذلك إما :

(a) بتغيير التوتر المطبق على ثابت المحرك ($U_{1n} = var$)

(b) بحقن توتر في أطوار ملفات الجزء الدائر

(c) بإدخال مقاومة أومية على التسلسل مع أطوار الجزء الدائر

تتماز الطريقة الأولى (طريقة تغيير n_1) بالمحافظة على الأداء الجيد للمحرك من حيث بقاء المردود عالياً. بينما ينخفض المردود قليلاً باستخدام الطريقة الثانية وخاصة البند c , a . كما أن تنظيم سرعة الدوران بطريقة تغيير الانزلاق فقط يحصل في المحركات التي تعمل تحت الحمولة لأنه في نظام اللاحمل يكون الانزلاق وبالتالي سرعة الدوران ثابتين لا يتغيران.

أهمية البحث و أهدافه

تأتي أهمية البحث من خلال الرغبة في تحليل و مقارنة الطرق المستخدمة في تنظيم سرعة دوران المحركات التحريضية و إجراء عملية المحاكاة لكل طريقة من هذه الطرق و وضع برامج مختلفة حسب كل طريقة للحصول على المخططات المطلوبة وخاصة مخططات السرعة و العزم باستخدام برنامج **MATLAB Simulink**.

الأهداف المرجوة من هذا البحث

• دراسة الطرق المستخدمة في تنظيم سرعة دوران المحركات التحريضية.

• تحليل و مقارنة هذه الطرق من خلال استخدام برنامج **MATLAB Simulink**.

طريقة البحث و مواده

تعتمد دراسة و تحليل العزم والسرعة الخاصين بالمحركات التحريضية ثلاثية الطور على تركيب أو بنية الجزء الدائر حيث يمكن تصنيف هذه المحركات حسب نوع الدائر إلى :

(a) محركات تحريضية ذات الدائر المقصور (ذات القفص السنجابي).

(b) محركات تحريضية ذات الدائر الملفوف (ذات حلقات الانزلاق).

إن الجزء الثابت لكلا النوعين من هذه المحركات يتألف من ثلاثة أطوار بفارق صفحة يساوي 120 درجة بين

كل طورين متتالين وذلك من أجل توليد حقل مغناطيسي دوار عند تدفق التيار خلال ملفات الجزء الثابت. [1]

يتكون الجزء الدائر في المحرك التحريضي ذو الدائر المقصور (القفص السنجابي) من قضبان طولية والتي

تكون مقصورة في النهايات بحلقات قصر (حلقات وصل) بحيث تكون القضبان و الحلقات مصنوعة من نفس المعدن

(من النحاس أو الألمنيوم). تكون كثافة التيار بحلقة الوصل أقل من كثافة التيار في القضبان بحدود % (15-20)

وذلك لسببين :لكي تكون الضياعات في حلقات الوصل أقل منها في القضبان وذلك لكي تستطيع هذه الحلقات أن

تلتعب دوراً فعالاً كمبرد ولكي تساهم في طرد الحرارة من القضبان إلى الوسط الخارجي. و السبب الأخر ضرورة أن تكون

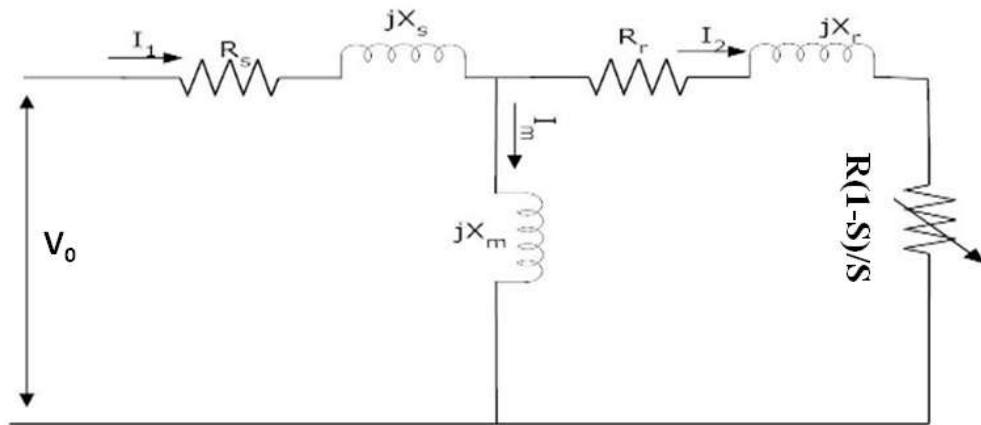
المقاومة الفعلية للحلقات أقل منها للقضبان وذلك لكي لا يقل التأثير الايجابي لفعالية تيار الإزاحة للتيار.

أما المحرك التحريضي ذو الدائر الملفوف يملك ملفات موزعة بشكل متوازن ثلاثية الطور حتى على جانبي

الجزء الدائر بنفس عدد أقطاب ملف الثابت [5].

طالما أن الأطوار الثلاثة يجب أن تكون متوازنة فإن دراسة وتحليل المحركات التحريضية الثلاثية الطور يمكن

أن تتم بدراسة طور واحد فقط. يبين الشكل (2) الدارة المكافئة للمحرك التحريضي ثلاثي الطور:



الشكل (2) الدارة المكافئة للمحرك التحريضي ثلاثي الطور

حيث أن R_s و X_s الممانعة التحريضية التسريبية و المقاومة الفعلية للطور للثابت بالترتيب و R_r و X_r الممانعة التحريضية التسريبية و المقاومة الفعلية للطور للدائر بالترتيب [6]. يعطى انزلاق المحرك بدلالة السرعة الزاوية بالعلاقة

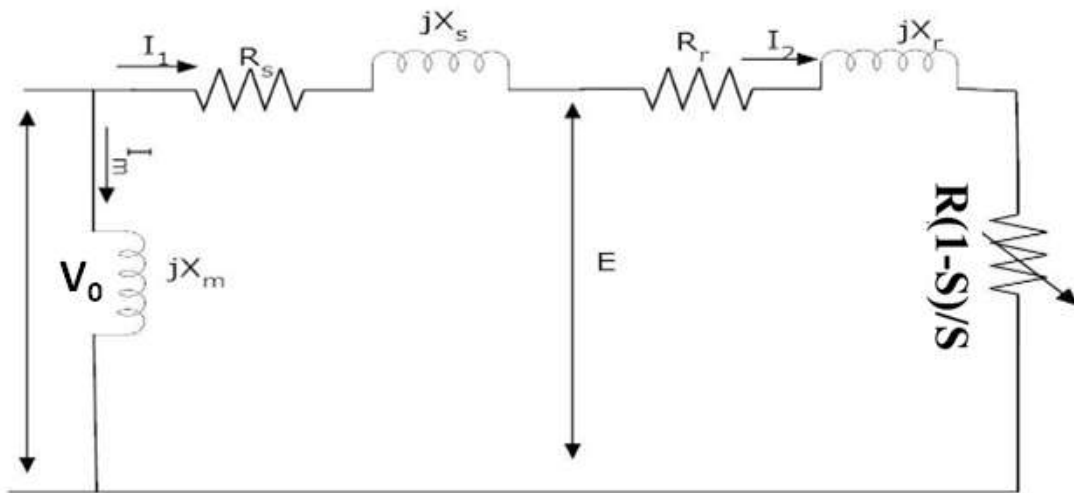
$$S = \frac{\omega_s - \omega_r}{\omega_s} \quad (2.1)$$

حيث ω_r و ω_s هي السرعة الزاوية للدائر و السرعة التزامنية على التوالي وتعطى ω_s بالعلاقة التالية :

$$\omega_s = \frac{2\pi n_1}{60} = \frac{2\pi f_1}{P} \quad (2.2)$$

حيث f و P هي التردد و عدد الأقطاب على التوالي.

إذا كانت مقاومة الجزء الثابت تقريبا مهملة فان الدارة المكافئة يمكن تبسيطها لتأخذ الحالة المبينة بالشكل (3)



الشكل (3) الدارة المكافئة التقريبية للمحرك التحريضي ثلاثي الطور

يعطى تيار الجزء الدائر بالعلاقة العقدية التالية :

$$I_2 = \frac{V_0}{\left[\left(R_s + \frac{R_r}{s} \right) + j(X_s + X_r) \right]} \quad (2.3)$$

و تعطى الاستطاعة المنقولة إلى الجزء الدائر (الاستطاعة الكهرومغناطيسية) بالعلاقة التالية :

$$P_g = 3I_2^2 \frac{R_r}{s} \quad (2.4)$$

و تحسب الضياعات النحاسية للجزء الدائر بالعلاقة التالية :

$$P_{cu} = 3I_2^2 R_r \quad (2.5)$$

أما الاستطاعة الكهربائية المتحولة إلى استطاعة ميكانيكية تعطى بالعلاقة التالية :

$$P_m = P_g - P_{cu} = 3I_2^2 R_r \left(\frac{1-s}{s} \right) \quad (2.6)$$

ويحسب عزم المحرك بالعلاقة التالية :

$$T = \frac{P_m}{\omega_m} \quad (2.7)$$

عندئذ

$$T = \frac{3I_2^2 R_r}{s \omega_s} \quad (2.8)$$

بتعويض قيمة I_2 بالمعادلة أعلاه نحصل على المعادلة التالية :

$$T = \frac{\left(\frac{3V_0^2 R_r}{s} \right)}{\omega_s \left[\left(R_s + \frac{R_r}{s} \right)^2 + (X_s + X_r)^2 \right]} \quad (2.9)$$

وتحسب القيمة العظمى لـ S من العلاقة التالية :

$$S_m = \pm \frac{R_r}{\sqrt{[R_s^2 + (X_s + X_r)^2]}} \quad (2.10)$$

حيث أن إشارة الموجب تقابل نظام العمل كمحرك و إشارة السالب نظام العمل كمولدة.

بتعويض S_m بعلاقة العزم T نحصل على العزم الأعظمي T_{max} أو العزم الحرج T_{cr}

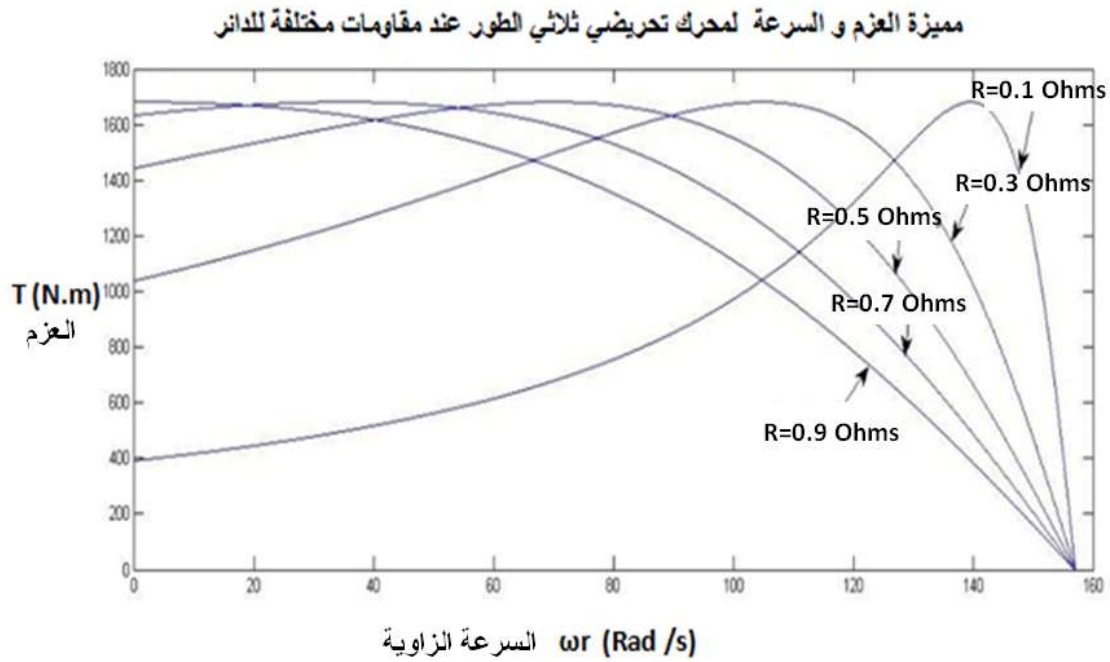
$$T_{cr} = T_{max} = \frac{3V_0^2}{2\omega_s [R_r \pm \sqrt{(R_r^2 + (X_s + X_r)^2)]}$$

(2.11)

النتائج و المناقشة

تنظيم سرعة الدوران بتغيير مقاومة الدائر

إن هذه الطريقة للتنظيم صالحة و ممكن استخدامها فقط في تنظيم سرعة دوران المحركات التحريضية ذات الدائر الملفوف لأنه ممكن و بسهولة إدخال مقاومة خارجية إضافية إلى دارة الدائر عن طريق حلقات الانزلاق [7]. لقد قمنا ببناء برنامج على ال **Matlab** يساعدنا في إظهار العلاقة بين العزم و السرعة عند مقاومات مختلفة للدائر وخرج هذا البرنامج موضح على الشكل (4) و مواصفات المحرك المستخدم في هذه النمذجة موضح بالجدول رقم (1).



الشكل (4) العلاقة بين السرعة و العزم لمحرك تحريضي ثلاثي الطور عند مقاومات مختلفة للدائر

الجدول رقم 1 يبين مواصفات المحرك المستخدم في عملية النمذجة على برنامج ال **Matlab**

415V	قيمة الجهد المطبق RMS
4	عدد الأقطاب
0.075 Ω	مقاومة الثابت
0.1 Ω	مقاومة الدائر
50 Hz	التردد

0.45 Ω	مقاومة الثابت عند تردد 50 Hz
0.45Ω	مقاومة الدائر عند تردد 50Hz
8.3	النسبة V/f

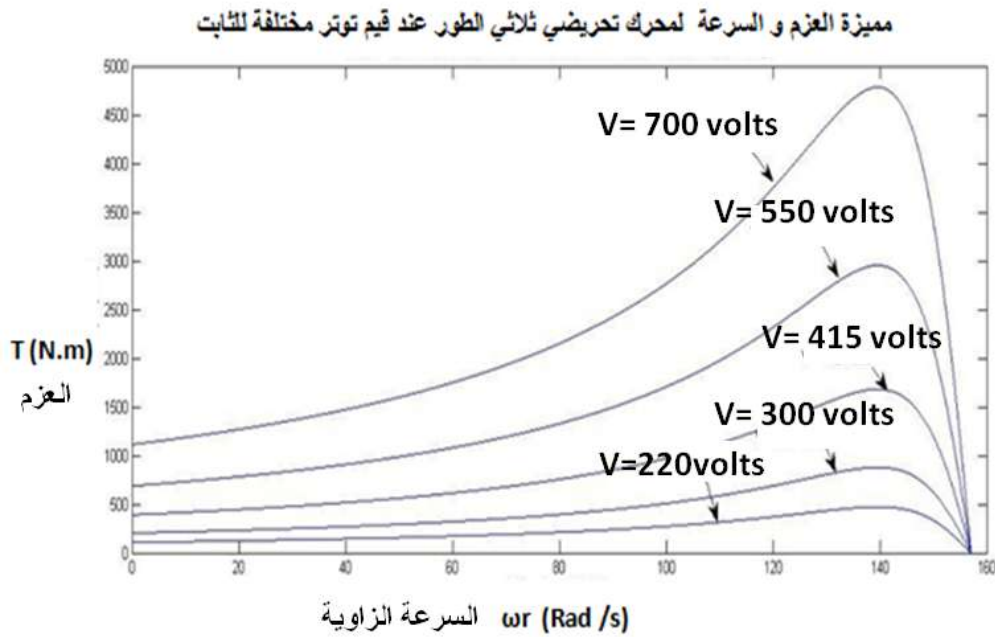
إن إضافة مقاومة خارجية متغيرة إلى الدائر تؤدي إلى تغيير الانزلاق الموافق لعزم حمولة معطى أو محدد كذلك يتغير الانزلاق الحرج ويتحسن بشكل ملحوظ عزم الإقلاع للمحرك وهذا موضح على الشكل(4). يتم تنظيم السرعة بهذه الطريقة في المجال دون المنحني الطبيعي و تتعلق نعومته بعدد درجات هذه المقاومة المضافة و بكيفية إدخالها تدرجيا أو بقفزات تكون المقاومة محسوبة على أساس نظام عمل طويل لا قصير كما هو في حالة استخدام المقاومة للإقلاع حيث يكون الزمن قصيرا قدر الإمكان

إن من سيئات هذه الطريقة زيادة الضياعات الكهربائية بملف الدائر و بالتالي انخفاض المردود مثلا عند ثبات عزم الحمولة المطبق على محور المحرك و زيادة الانزلاق من (0.02 - 0.5) سيرافقها نقصان سرعة الدوران الى النصف تقريبا و بالتالي الضياعات الكهربائية بدارة الدائر تشكل حوالي نصف الاستطاعة الكهرومغناطيسية للمحرك وهذا يدعو إلى مضاعفة شروط التبريد للمحرك و إلا ارتفعت حرارته فوق الدرجة المسموح بها و احترقت الملفات. كذلك من عيوب هذه الطريقة إن قسما من الميزة الميكانيكية الموافق للعمل المستقر للمحرك عند إدخال مقاومة إضافية إلى دارة الدائر تصبح أكثر ليونة (انحدار) لكن بغض النظر عن العيوب المشار إليها فان استخدام هذه الطريقة للتنظيم لاقت انتشارا واسعا من اجل المحركات التحريضية ذات الدائر الملفوف أما في ما يتعلق بتصميم و بناء مقاومة التنظيم يمكن أن يكون التنظيم ناعما" و سلسا" و يمكن أن يكون متدرجا إذا كانت المقاومة متدرجة. إن هذه الطريقة تؤمن تنظيما لسرعة الدوران ضمن مجال واسع ولكن فقط بسرعة اقل من السرعة التزامنية.

تنظيم سرعة الدوران بتغيير التوتر

يمكن تنظيم سرعة دوران المحركات التحريضية بتغيير قيمة التوتر المطبق على ملف الثابت و لكن لا يسمح بتغيير التوتر فوق التوتر الاسمي.

لقد قمنا ببناء برنامج على ال **Matlab** يساعدنا في إظهار العلاقة بين العزم و السرعة عند قيم توتر مختلفة للثابت وخرج هذا البرنامج موضح على الشكل (5) و مواصفات المحرك المستخدم في هذه النمذجة موضح بالجدول رقم(1) السابق.

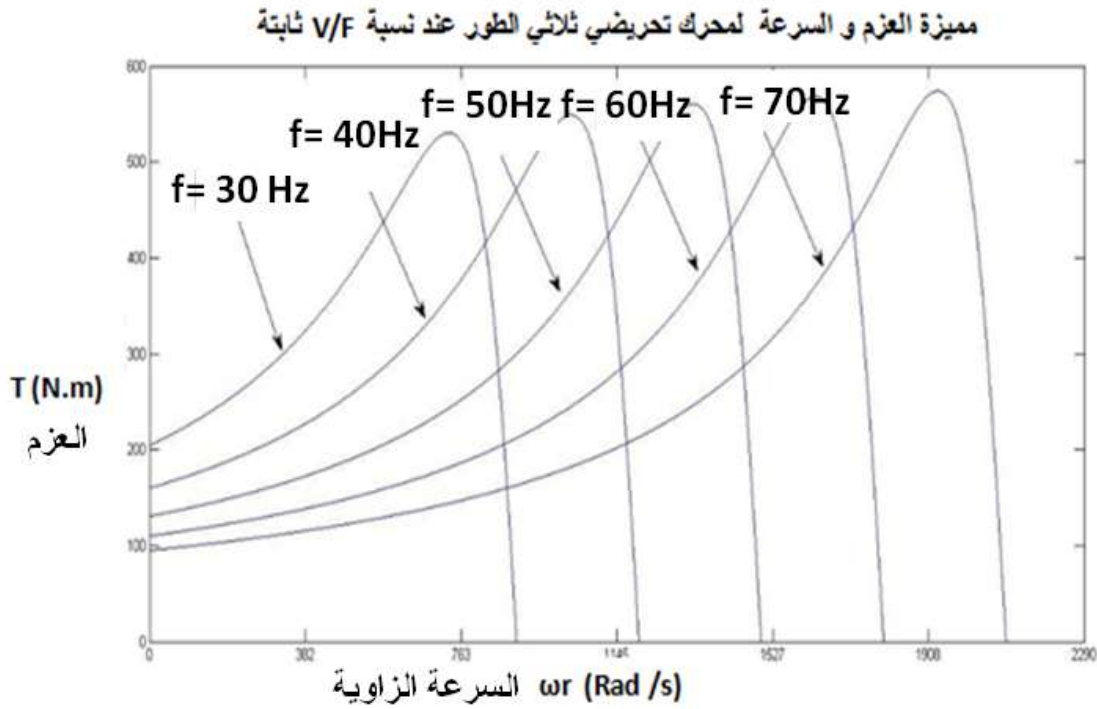


الشكل (5) العلاقة بين السرعة و العزم لمحرك تحريضي ثلاثي الطور عند قيم توتر مختلفة للثابت

نلاحظ من الشكل انه عند ثبات العزم المطبق على محور الدائر يتغير الانزلاق مع تغيير التوتر و كذلك العزم الحرج لان العزم يتناسب مع مربع التوتر أما الانزلاق الحرج فيبقى ثابتا لا يتغير و بالتالي فان المميزات الميكانيكية للمحرك عند توتر اقل من التوتر الاسمي تكون واقعة تحت الميزة الميكانيكية الطبيعية إن تنظيم السرعة بهذه الطريقة يمكن ضمن المجال ($0 < S < S_{cr}$) لان الاستمرار في تخفيض قيمة التوتر خارج المجال السابق يؤدي إلى جعل العزم الأعظمي للمحرك اقل من العزم المقاوم و بالتالي يتوقف المحرك عن الدوران من اجل الحصول على مجال واسع بما فيه الكفاية للتنظيم بهذه الطريقة نسعى لزيادة الانزلاق الحرج S_{cr} وذلك عن طريق زيادة المقاومة الفعلية لدارة الدائر. إن تنظيم السرعة بهذه الطريقة يتم عن طريق محولة ذاتية ذات نسبة تحول متغيرة أو بإدخال مقاومة أومية متغيرة على التسلسل مع أطوار الثابت الموصول مع المنبع الكهربائي لكن هذه الطريقة في تنظيم السرعة تستخدم عندما لا يكون مردود المحرك عنصرا هاما. وهي تستعمل فقط في المحركات ذات الاستطاعة الصغيرة. من مزاياها ارتفاع قيمة معامل الاستطاعة للمحرك و الشبكة معا.

تنظيم سرعة الدوران عن طريق نسبة ثابتة V/F

لقد قمنا ببناء برنامج على ال **Matlab** يساعدنا في إظهار العلاقة بين العزم و السرعة عند قيم توتر مختلفة للثابت وخرج هذا البرنامج موضح على الشكل (6) و مواصفات المحرك المستخدم في هذه النمذجة موضح بالجدول رقم (1) السابق.



الشكل (6) العلاقة بين السرعة و العزم لمحرك تحريضي ثلاثي الطور عند نسبة V/F ثابتة

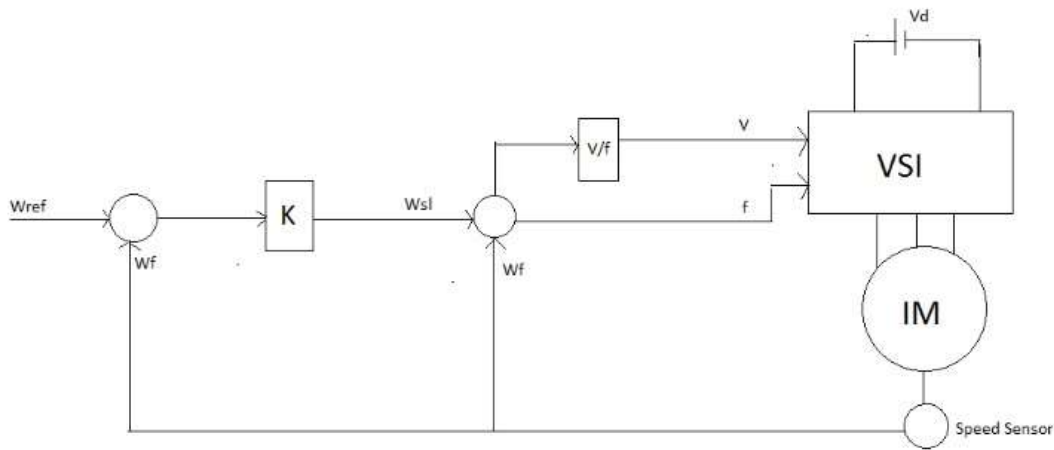
يصحح تيار المنبع المستمر و يطبق على مبدلة للحصول على تردد متغير .يقدم العزم الكهرومغناطيسي المحسن من قبل المحرك مباشرة إلى الحقل المغناطيسي المولد عن الثابت و التدفق المولد من الثابت يحول إلى نسبة من التوتر و التردد المطبقين. لذلك عند تغير التوتر و التردد بنفس النسبة سيحافظ العزم على قيم ثابتة خلال مجال السرعة

إن هذه الميزة تجعل طريقة تنظيم السرعة عن طريق نسبة V/F ثابتة أكثر الطرق استخداما في المحركات التحريضية ثلاثية الطور

طريقة تنظيم سرعة الدوران بالحلقة المغلقة V/F

تعتمد هذه الطريقة على تزويد حقل مغناطيسي متغير و توتر و تردد متغيرين إلى المحرك. مصدر توتر المبدلة و مصدر تيار المبدلة يستعملان في تنظيم سرعة أجهزة التيار المستمر .

يوضح الشكل (7) تنظيم السرعة بالحلقة المغلقة V/F المستعمل في VSI



الشكل (7) تنظيم سرعة الدوران بالحلقة المغلقة V/F لمحرك تحريضي ثلاثي الطور

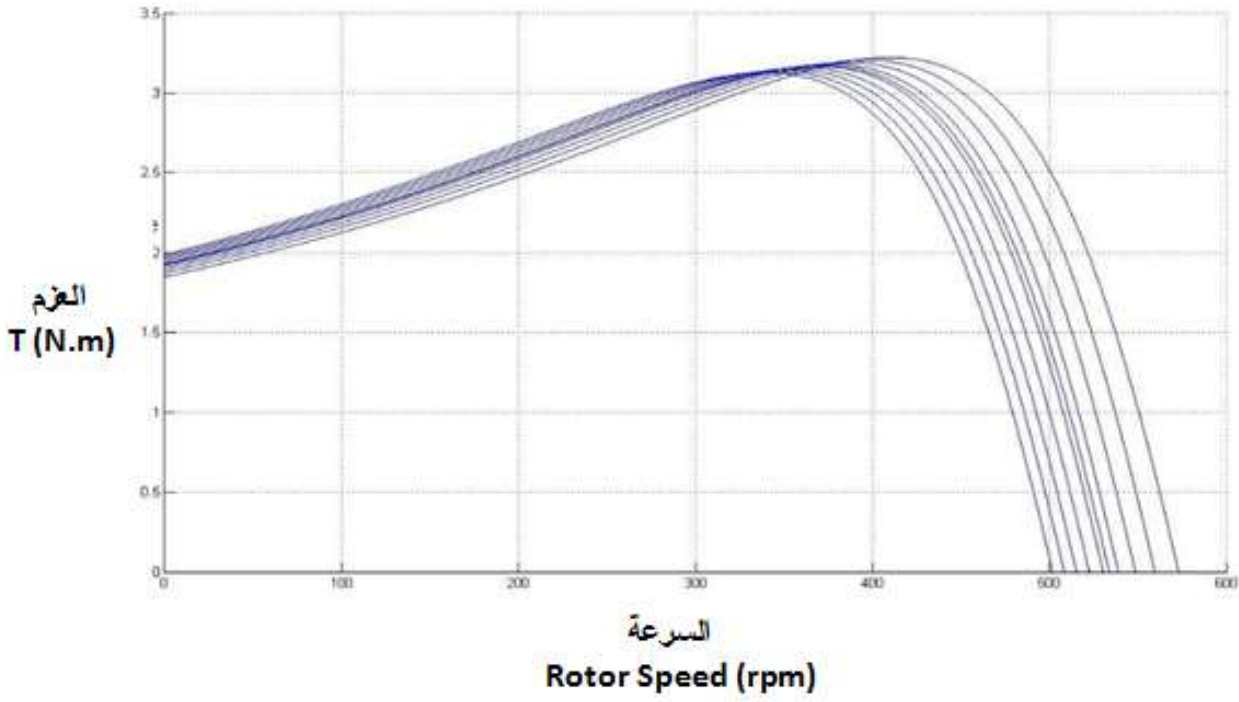
يستخدم حساس السرعة للحصول على السرعة الحالية للمحرك ومن ثم تقارن مع السرعة الاسمية و الفرق بين القيمتين يولد خطأ وهذا الخطأ يعالج في متحكم تناسبي وخرجه يضع تردد المبدلة. إن السرعة التزامنية التي نحصل عليها بإضافة السرعة الحالية w_f و سرعة الانزلاق w_{sl} تحدد تردد المبدلة. لقد قمنا بوضع برنامج **Matlab** كما هو موضح بالشكل (8) من اجل حساب قيم الاختلاف في التردد حسب قيم عزم الحمولة المختلف حيث أن التوتر متغير لجعل النسبة V/F ثابتة وخرج هذا البرنامج موضح بالأشكال (11،10،9) و مواصفات المحرك المستخدم في هذه النمذجة موضح بالجدول رقم(1) السابق.

```

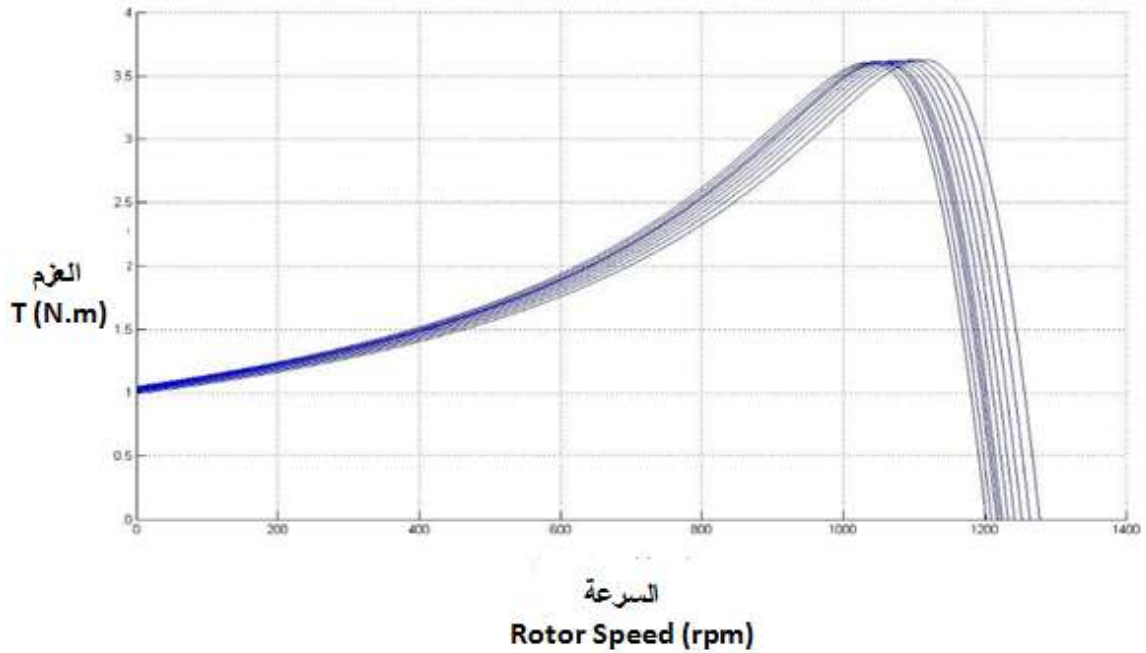
1 %Vratedph = Rated Voltage of the motor (per phase) RMS value in Volts
2 - Vratedph=240;
3
4 %P = Number of poles
5 - P=4;
6
7 %Rs = Stator Resistance in ohms
8 - Rs=0.075;
9
10 %Rr = Rotor Resistance in ohms
11 - Rr=0.1;
12
13 %Xs = Stator Leakage Reactance @ 50 Hz frequency in ohms
14 - Xs=0.45;
15
16 %Xr = Rotor Leakage Reactance @ 50 Hz frequency in ohms
17 - Xr=0.45;

```

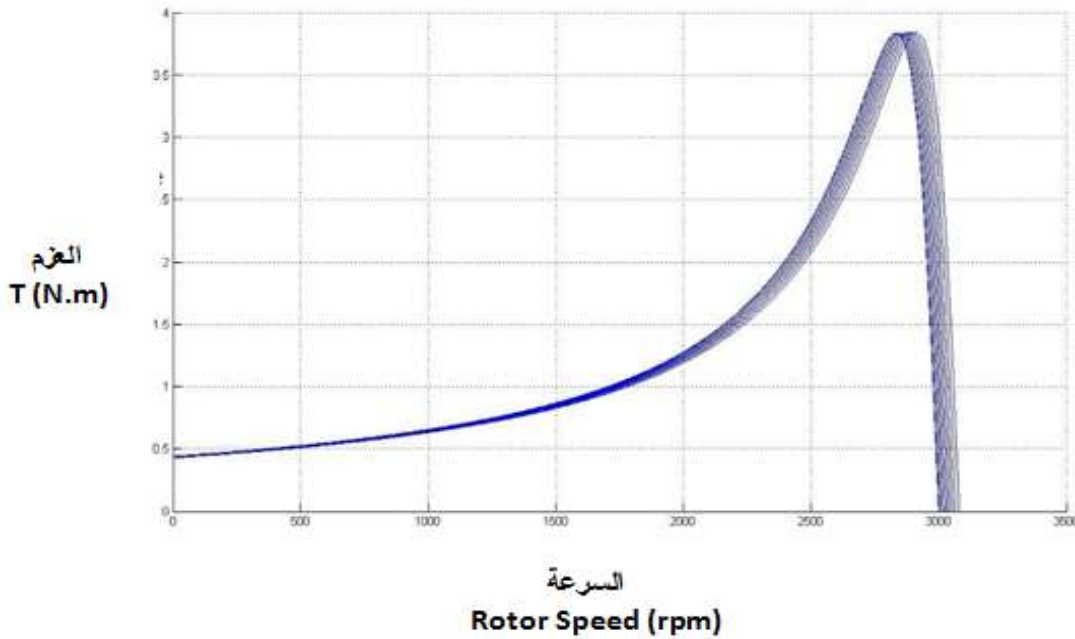
الشكل (8) مدخلات البرنامج المستخدم في طريقة تنظيم سرعة الدوران بالحلقة المغلقة V/F



الشكل (9) العلاقة بين السرعة و العزم عند عزم إقلاع 2 Nm و سرعة اسمية 500 rpm



الشكل (10) العلاقة بين السرعة و العزم عند عزم إقلاع 1 Nm و سرعة اسمية 1200 rpm



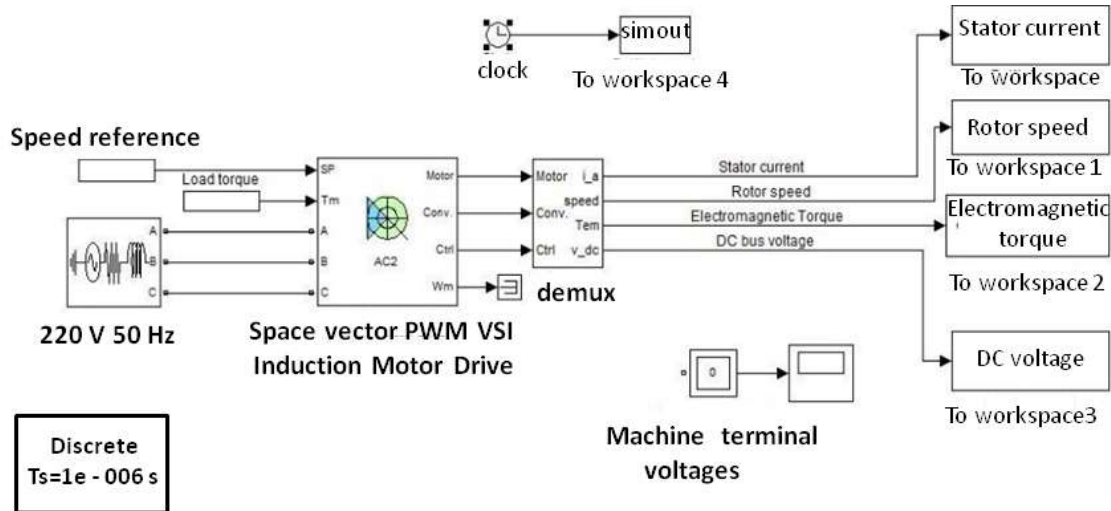
الشكل (11) العلاقة بين السرعة و العزم عند عزم إقلاع 0.6 Nm و سرعة اسمية 3000 rpm

في البداية يبدأ المحرك بالإقلاع عند السرعة الاسمية و عند عزم إقلاع ثابت بعد ذلك عزم الحمولة يتغير بما يتوافق مع سرعة عملية التبديل. السرعة تؤخذ كتغذية و الخطأ في السرعة يحسب و بعدها يضبط التردد بواسطة المتحكم التناسبي. هذا التردد المصحح يعطى إلى مصدر التوتر بنفس الوقت التوتّر يتغير بحيث تبقى النسبة V/F ثابتة عند أي قيمة للتردد و عندها يمكن أن نقارب سرعة ثابتة عند أحمال متغيرة.

طريقة تنظيم سرعة الدوران بالحلقة المفتوحة V/F باستخدام متحكم تناسبي

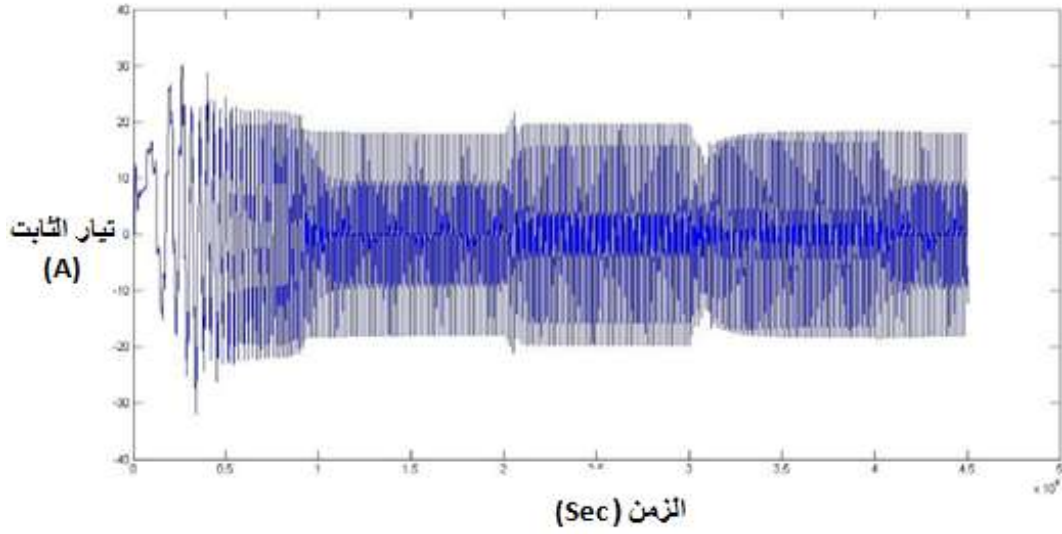
يوضح الشكل(12) النموذج الذي تم بناؤه على برنامج **Matlab Simulink** و الذي يسمح بتحليل طريقة

تنظيم سرعة الدوران بالحلقة المفتوحة V/F وذلك باستخدام متحكم تناسبي. [2]



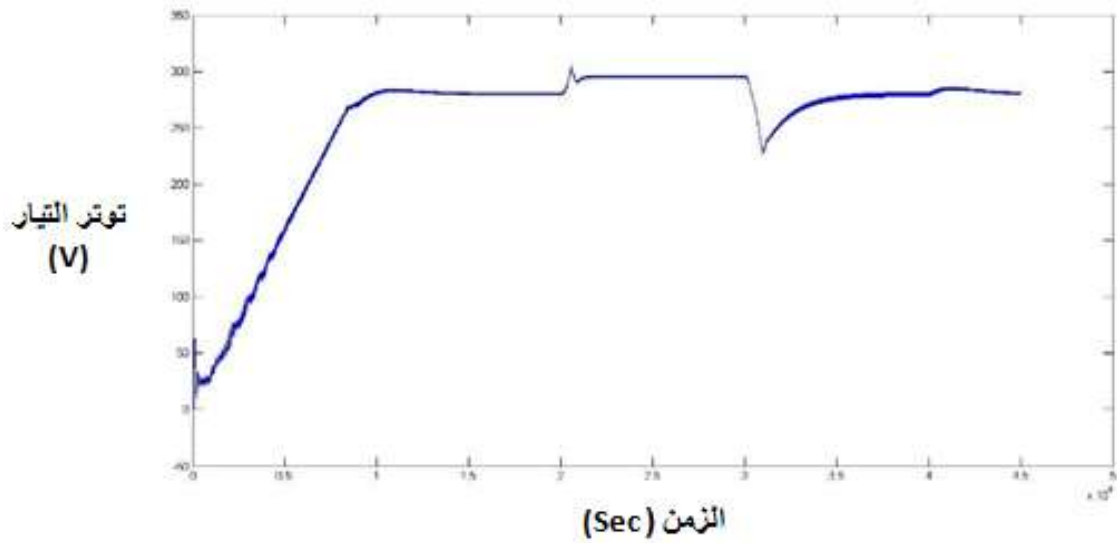
الشكل (12) نموذج طريقة تنظيم سرعة الدوران بالحلقة المفتوحة V/F على برنامج Matlab Simulink

وخرج هذا البرنامج يوضح العلاقة بين تيار الثابت و الزمن كما هو موضح بالشكل(13).



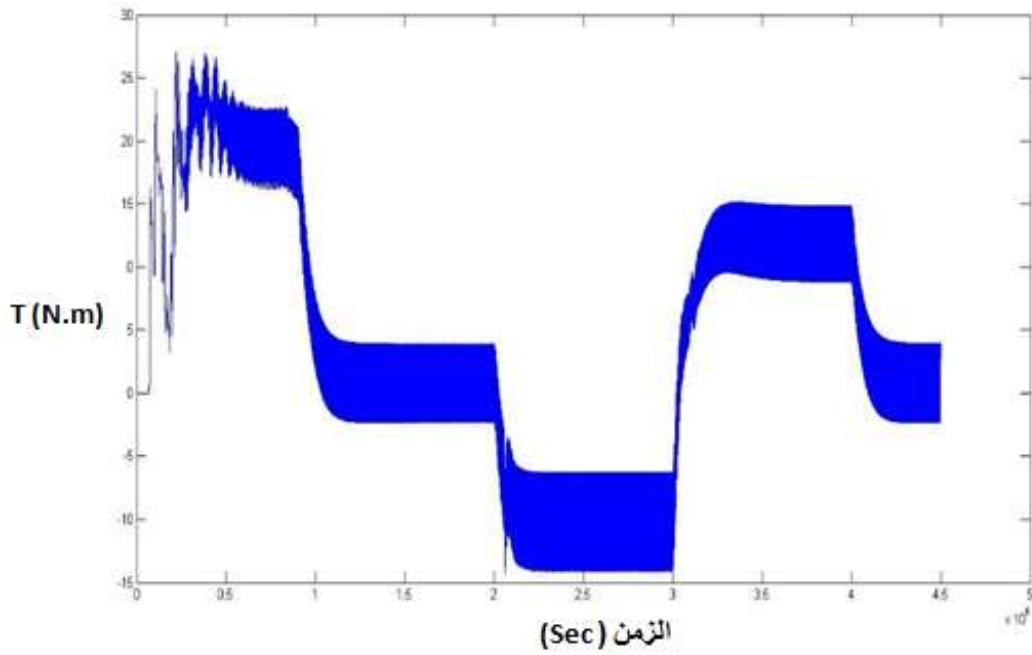
الشكل (13) العلاقة بين تيار الثابت و الزمن في طريقة تنظيم سرعة الدوران بالحلقة المفتوحة V/F باستخدام متحكم تناسبي

و يوضح الشكل (14) العلاقة بين توتر التيار المستمر مع الزمن في طريقة تنظيم سرعة الدوران بالحلقة المفتوحة V/F باستخدام متحكم تناسبي



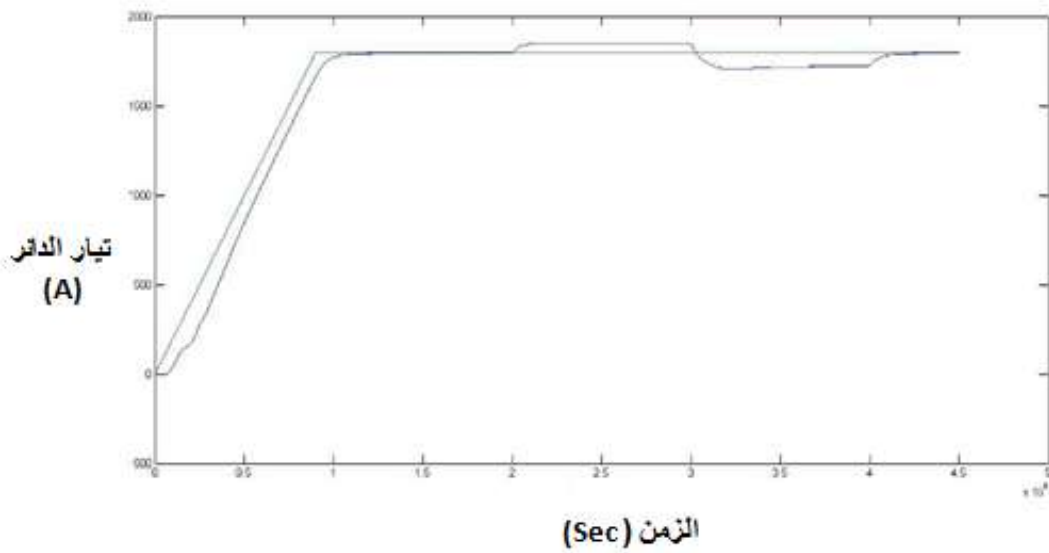
الشكل(14) العلاقة بين توتر التيار المستمر مع الزمن في طريقة تنظيم سرعة الدوران بالحلقة المفتوحة V/F باستخدام متحكم تناسبي

و يوضح الشكل (15) العلاقة بين العزم و الزمن في طريقة تنظيم سرعة الدوران بالحلقة المفتوحة V/F باستخدام متحكم تناسبي



الشكل (15) العلاقة بين العزم و الزمن في طريقة تنظيم سرعة الدوران بالحلقة المفتوحة V/F باستخدام متحكم تناسبي

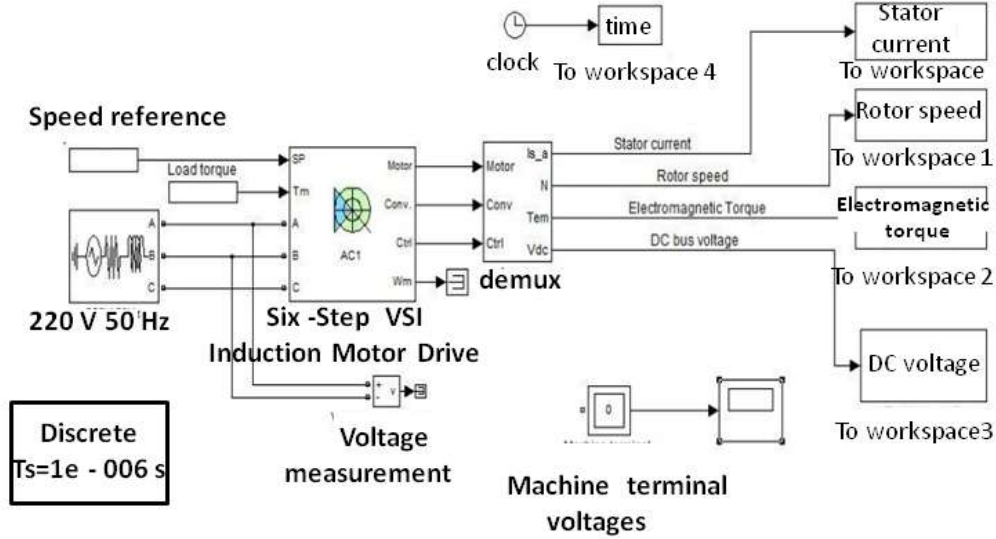
ويوضح الشكل (16) العلاقة بين تيار الدائر و الزمن في طريقة تنظيم سرعة الدوران بالحلقة المفتوحة V/F باستخدام متحكم تناسبي



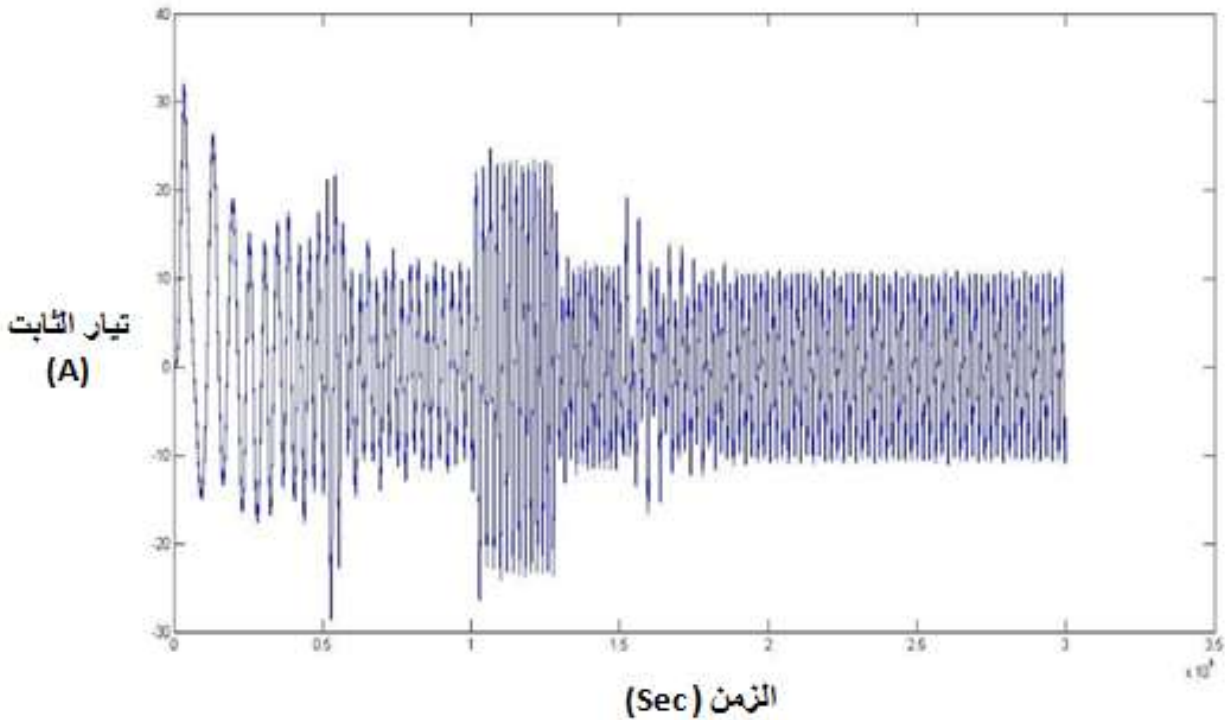
الشكل (16) العلاقة بين تيار الدائر و الزمن في طريقة تنظيم سرعة الدوران بالحلقة المفتوحة V/F باستخدام متحكم تناسبي

طريقة تنظيم سرعة الدوران بالحلقة المغلقة V/F باستخدام متحكم تناسبي

يوضح الشكل (17) النموذج الذي تم بناؤه على برنامج **Matlab Simulink** و الذي يسمح بتحليل طريقة تنظيم سرعة الدوران بالحلقة المغلقة V/F وذلك باستخدام متحكم تناسبي . وخرج هذا البرنامج يوضح العلاقة بين تيار الثابت و الزمن كما هو موضح بالشكل (18) . [3,4]

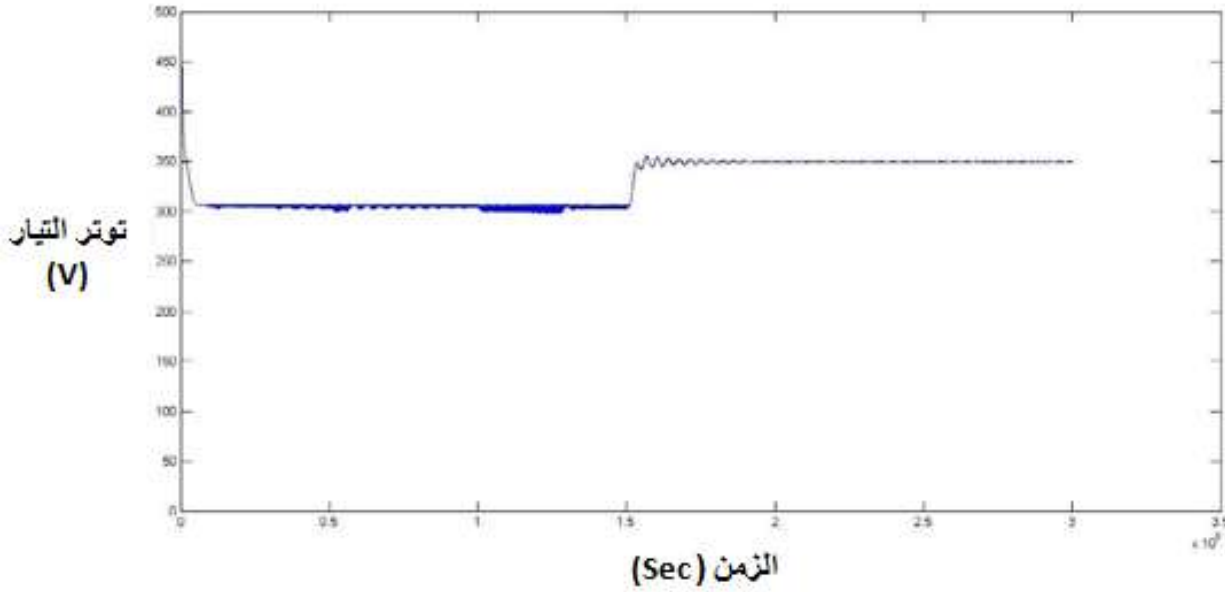


الشكل (17) نموذج طريقة تنظيم سرعة الدوران بالحلقة المغلقة V/F على برنامج **Matlab Simulink**



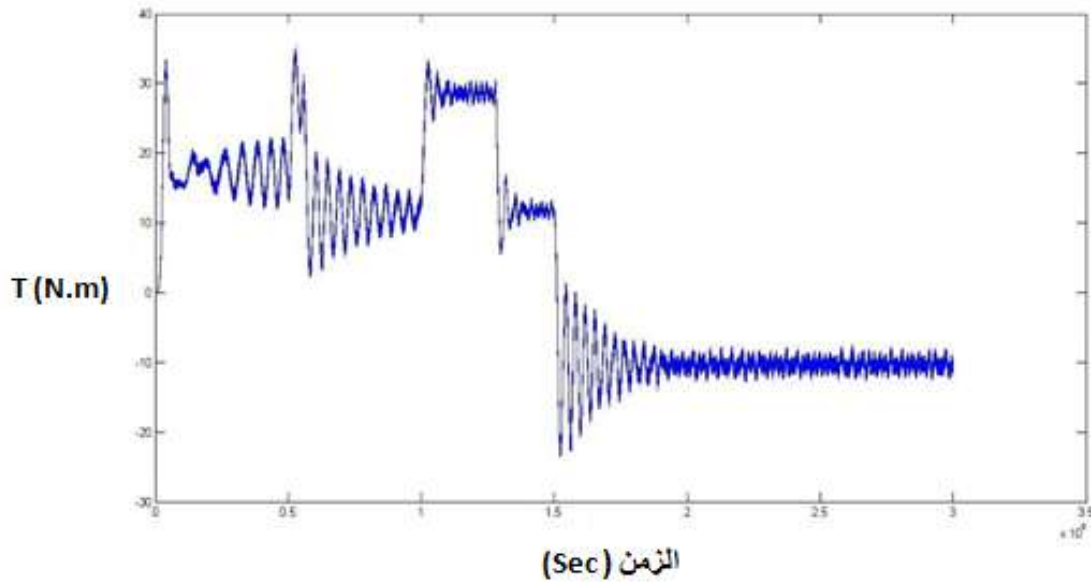
الشكل (18) العلاقة بين تيار الثابت و الزمن في طريقة تنظيم سرعة الدوران بالحلقة المغلقة V/F باستخدام متحكم تناسبي

و يوضح الشكل (19) العلاقة بين توتر التيار المستمر مع الزمن في طريقة تنظيم سرعة الدوران بالحلقة المغلقة V/F باستخدام متحكم تناسبي



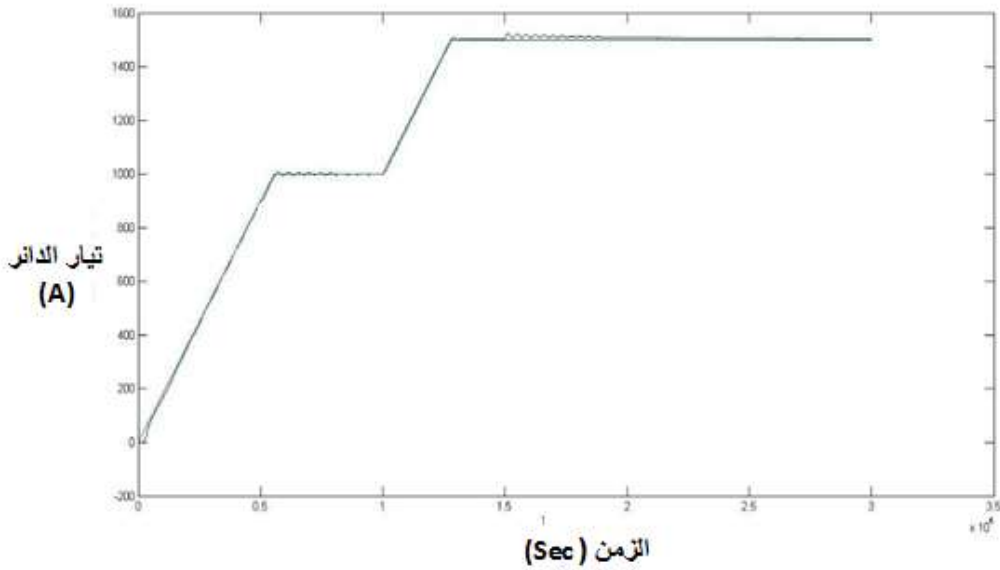
الشكل (19) العلاقة بين توتر التيار المستمر مع الزمن في طريقة تنظيم سرعة الدوران بالحلقة المفتوحة V/F باستخدام متحكم تناسبي

و يوضح الشكل (20) العلاقة بين العزم و الزمن في طريقة تنظيم سرعة الدوران بالحلقة المغلقة V/F باستخدام متحكم تناسبي



الشكل (20) العلاقة بين العزم و الزمن في طريقة تنظيم سرعة الدوران بالحلقة المغلقة V/F باستخدام متحكم تناسبي

ويوضح الشكل (21) العلاقة بين تيار الدائر والزمن في طريقة تنظيم سرعة الدوران بالحلقة المغلقة V/F باستخدام متحكم تناسبي



الشكل (21) العلاقة بين تيار الدائر و الزمن في طريقة تنظيم سرعة الدوران بالحلقة المفتوحة V/F باستخدام متحكم تناسبي

الاستنتاجات و التوصيات

لقد قمنا في هذه المقالة بدراسة و تحليل طرق مختلفة لتنظيم سرعة دوران المحركات التحريضية ثلاثية الطور و ذلك من خلال وضع برامج و كودات خاصة بكل طريقة على برنامج ال **Matlab** . في طريقة تنظيم سرعة الدوران بتغيير مقاومة الدائر فإن عزم الإقلاع يمكن أن يتغير بتغيير مقاومة الدائر و مع ذلك العزم الاعظمي يبقى طبيعياً. من أجل العمليات التي تتطلب عزم إقلاع كبير، مقاومة الدائر يمكن أن تتغير حتى الحصول على العزم الاعظمي اللازم للإقلاع ولكن بنفس الوقت الضياعات النحاسية سوف تزداد بازدياد المقاومة لذلك هذه الطريقة غير فعالة بشكل كافي.

في طريقة تنظيم سرعة الدوران بتغيير التوتر فإن العزم الاعظمي يتناقص عند نقصان التوتر المطبق و نتيجة لذلك فإن المحرك يبقى غير مستخدم بشكل فعال وهذه الطريقة لا يمكن استخدامها في حالات العمل الجيدة. في طريقة تنظيم سرعة الدوران باستخدام نسبة V/F ثابتة باستخدام مصحح و مبدلة يمكن أن نغير الجهد المطبق و التردد المطبق حيث تبقى النسبة V/F ثابتة و بحيث يبقى التدفق أيضاً ثابتاً و هكذا يمكن أن نحصل على مجالات عمل مختلفة من اجل سرعات و عزوم متعددة و أيضاً يمكن أن نحصل على سرعات تزامنية مختلفة من اجل نفس العزم الاعظمي نتيجة لذلك فان المحرك بهذه الطريقة يستخدم بشكل كامل و فعال و لدينا مجال تنظيم جيد لسرعة الدوران.

من التوصيات التطبيقية يمكن الاستفادة من نتائج هذا البحث في المنشآت الصناعية التي تتغير فيها الحمولة بشكل ملحوظ وهذا يتطلب تنظيم سرع الدوران اعتماداً على الحمولات المذكورة بما يساهم بالتوفير من الناحية الاقتصادية.

المراجع

1. د.عزت ،حسن ، الآلات الكهربائية (4) ، منشورات جامعة تشرين ، 2003 – 2004
- 2.LAKHYAJyotiPhukon, NEELANJANABaruah, “*A Generalized Matlab Simulink Model of a Three Phase Induction Motor*” , Vol. 4, Issue 5, May2015
- 3.ALECKLeedy, “*Simulink / MATLAB Dynamic Induction Motor Model for Use as a Teaching and Research Tool,*” International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE),ISSN: 2231-2307, Volume-3, Issue-4, September, 2013
- 4.M.S. Kumar, P.R. Babu, and S. Ramprasath , “*Four Quadrant Operation of Direct Torque Control-SVPWM Based Three Phase Induction Motor Drive in MATLAB/Simulink Environment,*” in Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Communication Control and Computing Technologies (ICACCCT), pp. 397–402,2012
5. GOPAL Dubey, “*Fundamental Of Electrical Drives*”, Narosa Publication House, Second Edition, 2011
6. A. E. Fitzgerald, CHARLES Kingsley, Jr. And STEPHAN Umans, “*Electrical Machinery*”, McGraw-Hills Publications, Year 2002
7. SCOTT Wade, MATTHEWDunnigan, and BARRY Williams, “*Modelling and Simulation of Induction Machine Vector Control with Rotor Resistance Identification*”, IEEE transactions on power electronics, vol. 12, no. 3, may 1997.