

## تصميم مخمد اهتزاز عصبوني لتحسين استقرار نظم القدرة الكهربائية

الدكتور طارق ابراهيم\*

الدكتورة سميا شروف\*\*

معتز دبلو\*\*\*

(تاريخ الإيداع 24 / 7 / 2013. قُبل للنشر في 15 / 8 / 2013)

### ▽ ملخص ▽

يقدم البحث منهجية جديدة لتصميم مخمد اهتزاز يعتمد في عمله على الشبكات العصبونية الاصطناعية (ANN)، وذلك لخفض زمن تخامد النظام الكهربائي، ومعرفة فاعلية المخمد المقترح في استقرار النظام، وذلك عن طريق مقارنته بمخمد اهتزاز تقليدي. يعتمد المخمد على شبكة عصبونية تعالج إشارة سرعة دوران المولد، وذلك للتحكم بتهييج الآلة المتوافقة، وقد أظهر المخمد المصمم قدرته على انقاص مطال الاهتزازات (الجهد والسرعة) الناشئة عن الأعطال وبالتالي إنقاص زمن التخامد عن طريق تقديم إشارة جهد إضافية إلى دخل نظام التهييج. تتميز التقانة المقترحة بإمكانية زيادة تحسين الاستقرار الديناميكي وبالتالي استقرار النظام الكهربائي.

**الكلمات المفتاحية:** نظام القدرة الكهربائية، استقرار نظام القدرة الكهربائية، الشبكات العصبونية الاصطناعية (ANN)، نظام التهييج، مخمد اهتزاز.

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

## Design neural damper vibration to the improve the stability of electric power systems

Dr. Tareek Ibrahim<sup>\*</sup>  
Dr. Somia Sharoof<sup>\*\*</sup>  
Moataz Dablo<sup>\*\*\*</sup>

(Received 24 / 7 / 2013. Accepted 15 / 8 / 2013)

### ▽ ABSTRACT ▽

The research of a new methodology for the Vibration damper Depends on his work on neural networks, in order to reduce the damping of electrical system and find out the effectiveness of damper proposed in the stability of the system, so by comparing it with traditionally Power system stabilizer, it depends on Neural network Process the signal of rotation speed of the generator to control of the irritation synchronous machine, the designed damper showed ability to reduce amplitude vibrations arising from failures and thus reduce the time of damping by providing additional effort to signal entered to the agitation system.

Characterized the proposed technical possibility of further improving the dynamic stability and thus the stability of the electrical system

**Keywords:** Electric power system, the stability of the electric power system, artificial neural networks (ANN), artificial intelligence (AI), agitation system, vibration damper.

---

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

\*\* Assistant Professor, Department of Electrical Power 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:**

تهتم دراسات الاستقرار بسلوك الآلات المتواقة بعد تعرضها لاضطراب ما، إذا لم يتضمن هذا الاضطراب أي تغير في الاستطاعة، عندئذ يجب أن تعود الآلات إلى حالتها الأصلية أو إلى حالة تشغيل جديدة [1]. إذا حدث عدم توازن بين المنبع والحمل عن طريق تغير في الحمل، أو التوليد، أو في شروط الشبكة عندئذ من الضروري نشوء حالة تشغيل جديدة. علماً أن جميع الآلات المتواقة المربوطة فيما بينها على التوازي سوف تبقى في التوافق إذا كان النظام مستقراً [2]، هذا يعني، أنها ستبقى جميعها تعمل بالتوازي عند السرعة نفسها [3].

يعدّ نظام التهييج من الوسائل المستخدمة لتحسين استقرار النظام، من خلال تقديم تهيج كاف لملف التهييج في الآلة المتواقة [4]، ويزداد التهييج مع انخفاض الجهد، ويتناقص مع ارتفاع الجهد، فضلاً عن أنه يقوم بوظيفة التحكم بالجهد والاستطاعة الردية المقدمة من المولد.

إن إدخال تقانات الذكاء الصناعي في مجال استقرار نظم الطاقة الكهربائية يزيد من الوثوقية، وسرعة المعالجة ويقلل من خطأ العنصر البشري [5]. سنصمم مخدم اهتزاز يعتمد في عمله على الشبكات العصبونية ويستخدم الذكاء الصناعي، وهو يعمل على استقرار النظم الكهربائية عن طريق التحكم بنظام التهييج، يتم تدريب المخدم على قيم تعتمد على النظام الكبير، وتؤخذ من أكثر قيم الاضطرابات تداولاً، وكذلك الحال بالنسبة لقيم معالجة هذه الاضطرابات.

**أهمية البحث وأهدافه:**

تتمثل أهمية البحث في كونه يتناول أحد أهم مسائل نظم القدرة الكهربائية؛ مسألة الاستقرار، حيث يعتمد على علوم الذكاء الصناعي في تصميم مخدم اهتزاز عصبوني، يتفوق على المخدمات التقليدية من حيث المساهمة في تحسين الاستقرار الديناميكي [6،7]. يهدف البحث إلى ما يأتي:

1. الاطلاع على عملية استقرار النظم الكهربائية، من خلال معرفة آلية الاستقرار والتخامد ودور نظام التهييج في ذلك.
2. دراسة مبدأ عمل الشبكات العصبونية وطرق نمذجتها، وتطبيق الطرق المختلفة لهذه الشبكات في هذا البحث.
3. إجراء مقارنة بين المخدم التقليدي والمخدم الذي يعتمد على الشبكات العصبونية لاختيار الطريقة الأفضل لهذا المخدم.
4. تطبيق الطريقة الأفضل (النتيجة من عملية المقارنة) على أداء النظام في حالات عمل مختلفة.

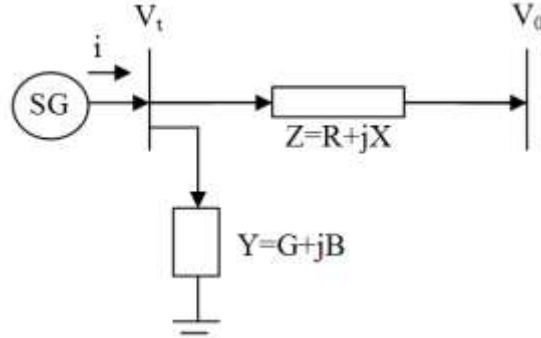
**طرائق البحث ومواده:**

لقد اعتمدنا في البحث طريقة النمذجة، والمحاكاة، لمخطط الخط الواحد لنظام مؤلف من آلة متواقة موصولة إلى قضيب تجميع لانهائي باستخدام بيئة Simulink في برنامج MATLAB، وتم الاعتماد على الشبكة العصبونية

لتقوم بعملية التعامل مع إشارة السرعة الزاوية، ومعالجتها من أجل عملية الاستقرار، وقد تمت عملية تدريب الشبكة العصبونية المقترحة باستخدام MATLAB-code.

### نموذج النظام المدروس:

يظهر الشكل (1) مخطط الخط الواحد لنظام مؤلف من آلة متوافقة موصولة إلى قضيب تجميع لانهائي:



الشكل(1): مخطط الخط الواحد لنظام مؤلف من آلة متوافقة موصولة إلى قضيب تجميع لانهائي

### بنية الشبكات العصبونية المستخدمة:

يعتمد النموذج المقترح على شبكة عصبونية تتألف من ثلاث طبقات (طبقة دخل وطبقة مخفية وطبقة خرج) [8]، ويكون عدد العصبونات في طبقة الدخل 2، وفي الطبقة المخفية 4، وعصبون واحد في طبقة الخرج، ( بحسب الكود newff في برنامج الماتلاب والذي من خلاله يتم إدخال عينات الدخل وعينات الخرج)، ونستطيع أن نحدد عدد العصبونات في كل طبقة من طبقات الشبكة العصبونية، والتابع newff يدرّب الشبكة العصبونية بخوارزمية الانتشار الخلفي حيث نضع فيه قيم الدخل وقيم الخرج المرغوب، فضلاً عن تحديد عدد العصبونات في طبقة الدخل والطبقة المخفية. أما التوابع التفعيل المستخدمة في الشبكة العصبونية فهي tansig في طبقة الدخل و tansig في الطبقة المخفية و purelin. يتم في طبقة الخرج إعطاء قيم عشوائية للأوزان، والانزياحات من قبل برنامج الماتلاب، حيث يكون دخل الشبكة عبارة عن  $W$  و  $W$ ، هنا  $W$  هي سرعة دوران المولد (سرعة التوافق) و  $W$  هي مشتق سرعة دوران المولد بالنسبة للزمن، وخرج الشبكة  $V_s$ ، حيث  $V_s$  هي إشارة خرج محمد الاهتزاز، حيث تم جمع المعطيات من حالات مختلفة للاضطراب والمعالجة من محمد اهتزاز تقليدي، والتابع sim عبارة عن نمذجة الشبكة العصبونية على قيم الدخل ومعرفة القيم الناتجة منها، التابع train يعمل على تدريب الشبكة على قيم الخرج المرغوبة، حتى تتم عملية التدريب والتي من خلالها تثبت الأوزان والانزياحات [9].

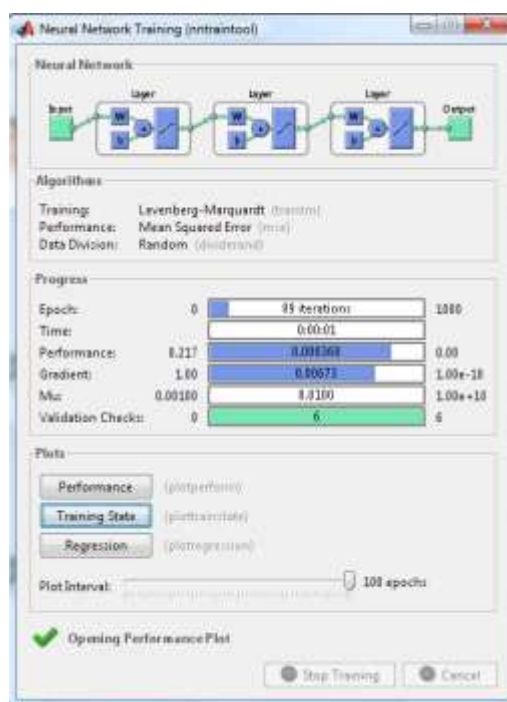
ويكون الكود كما مثلناه في برنامج الماتلاب:

```
P=[W;dW];
T = Vs;
net = newff(P,T,[2 4]);
Y = sim(net,P);
net = train(net,P,T);
Y = sim(net,P);
```

**التدريب:**

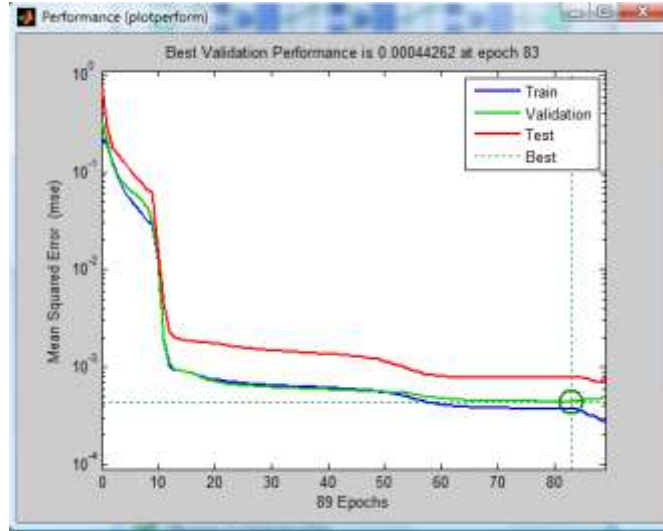
يتم إدخال البارامترات إلى الماتلاب، ومن ثم يتم تشغيل البرنامج m.file ، وقد تم تصميم خلية عصبونية من دون خوارزمية الانتشار الخلفية وذلك من أجل حساب Vs، حيث تكون الأوزان والانزياحات هي الناتجة من عملية التدريب.

عند تنفيذ التعليمات المذكورة سابقاً وبعد التدريب تظهر لنا واجهة تدريب الشبكة العصبونية، شكل (2):



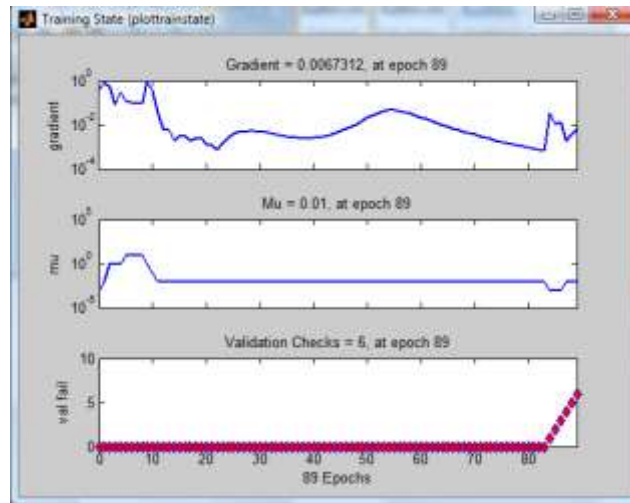
الشكل(2): واجهة تدريب الشبكة العصبونية.

والتي تظهر شبكة عصبونية مؤلفة من ثلاث طبقات /طبقة دخل، طبقة مخفية، طبقة خرج/، وتوابع التفعيل مثل ماهو واضح على الترتيب/tansig،tansig،purelin/، وعند إظهار الأداء، الذي هو عبارة عن أربعة منحنيات؛ منحنى عملية التدريب، ومنحنى عملية الاختبار، ومنحنى صلاحية الشبكة العصبونية، ومنحنى القيم الأفضل، نرى من خلاله أن القيم تقاربت، وبالتالي نعتد الأوزان والانزياحات في هذه المرحلة، كما يوضح الشكل(3).



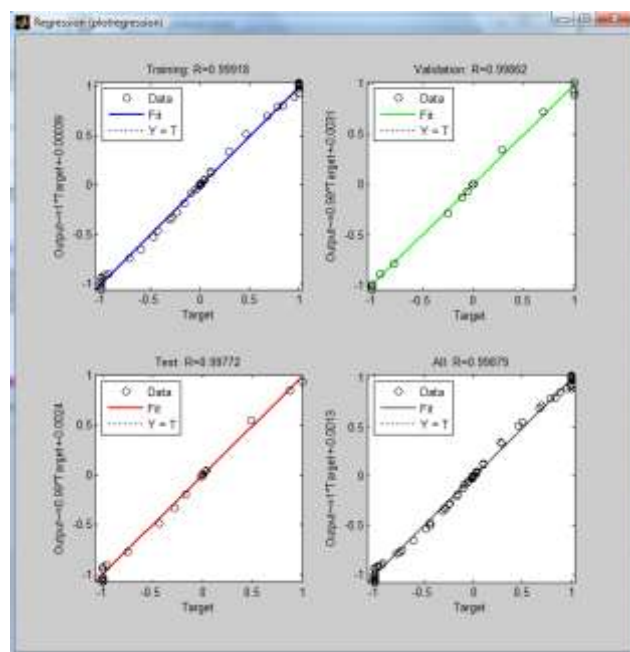
الشكل(3): الأداء

وعند إظهار حالة التدريب، يبين المنحني الأول ميل القيم التي تم التدريب بها، ويبين المنحني الثاني  $\mu$  وهو الفرق بين قيمة الخرج وقيمة الهدف عند كل قيمة للتدريب، والمنحني الثالث بين صلاحية القيم المدربة، كما هو موضح بالشكل(4):



الشكل(4): حالة التدريب

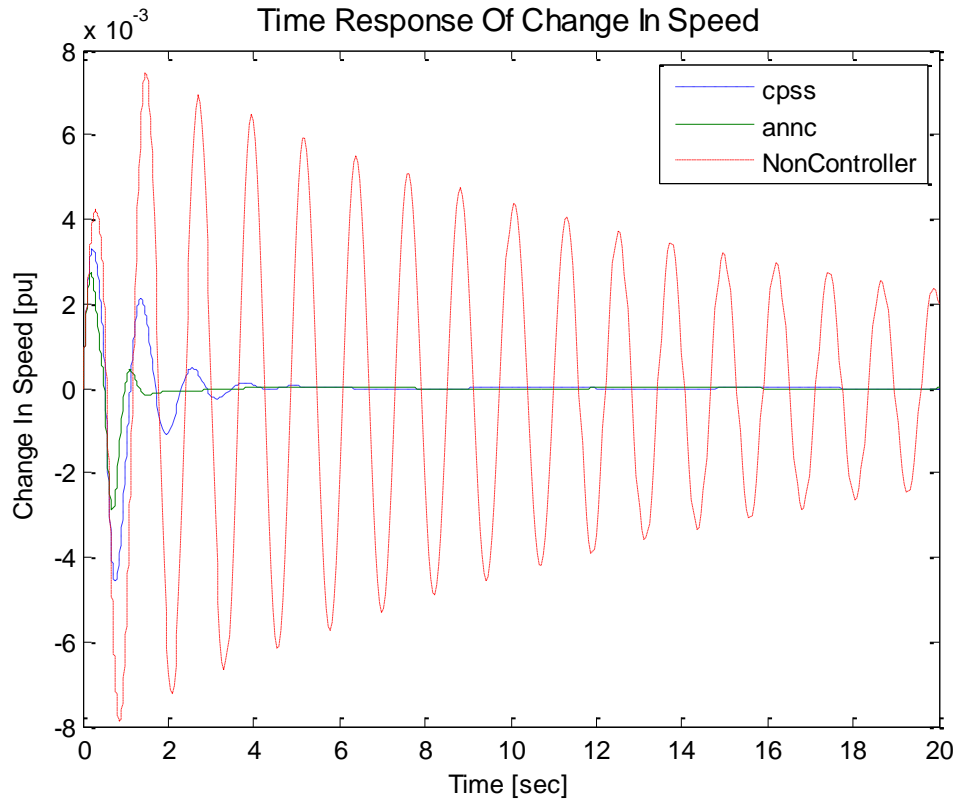
عند إظهار الانحدار يظهر لنا معادلة الانحدار لل (التدريب، صلاحية الشبكة، الاختبار، الكل) والتي هي عبارة عن معادلة تربط الخرج مع الدخل مضافة إلى الدخل معاملات حتى تساوي الخرج، كما يبين الشكل (5):



الشكل (5): معادلات الانحدار

### النتائج والمناقشة:

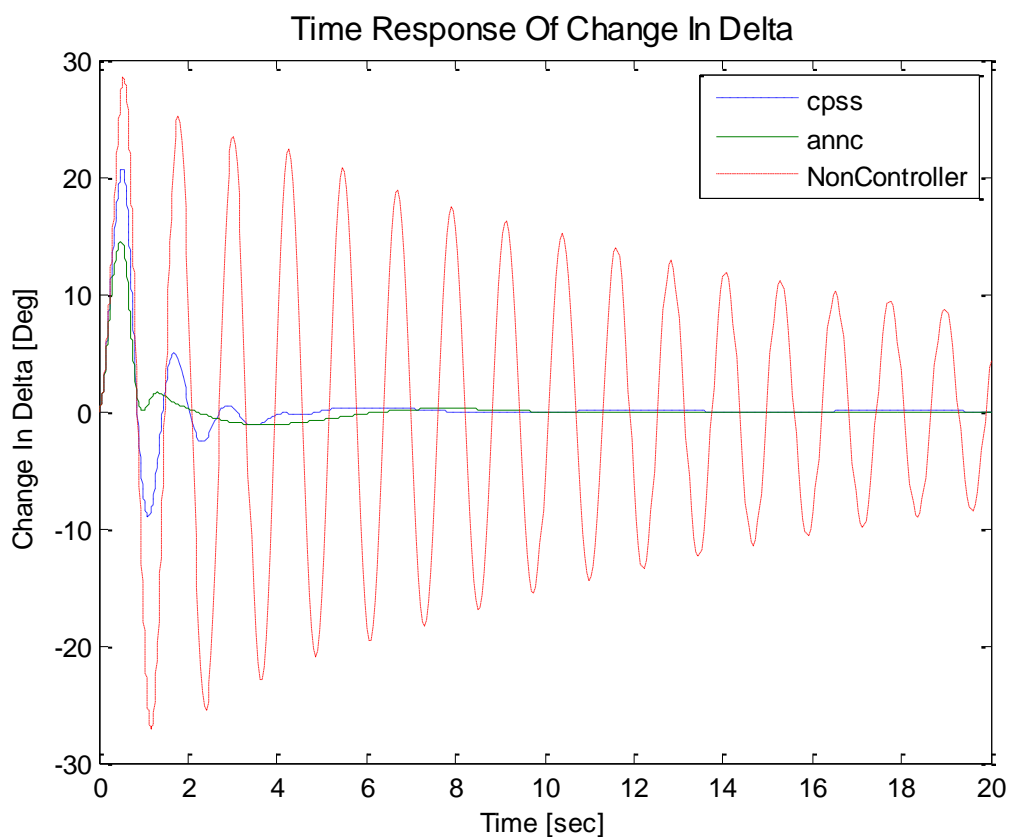
تم تطبيق الشبكة العصبونية الناتجة /والتي هي عبارة عن المخدم المقترح/ على النموذج ومقارنة الإشارة الناتجة مع إشارة النموذج من دون تحكم /أي بعدم وجود مخدم اهتزاز/ ونقارنه أيضاً بإشارة النموذج، وذلك بوجود مخدم اهتزاز تقليدي (للسهولة سنطلق اسم المتحكم العصبوني /ANNC/ Artificial Neural Network Controller ) فكانت الاستجابة كما هو واضح في الأشكال الآتية [6-17]:



الشكل (6): الاستجابة الزمنية لتغير السرعة الزاوية لدوار المولد.

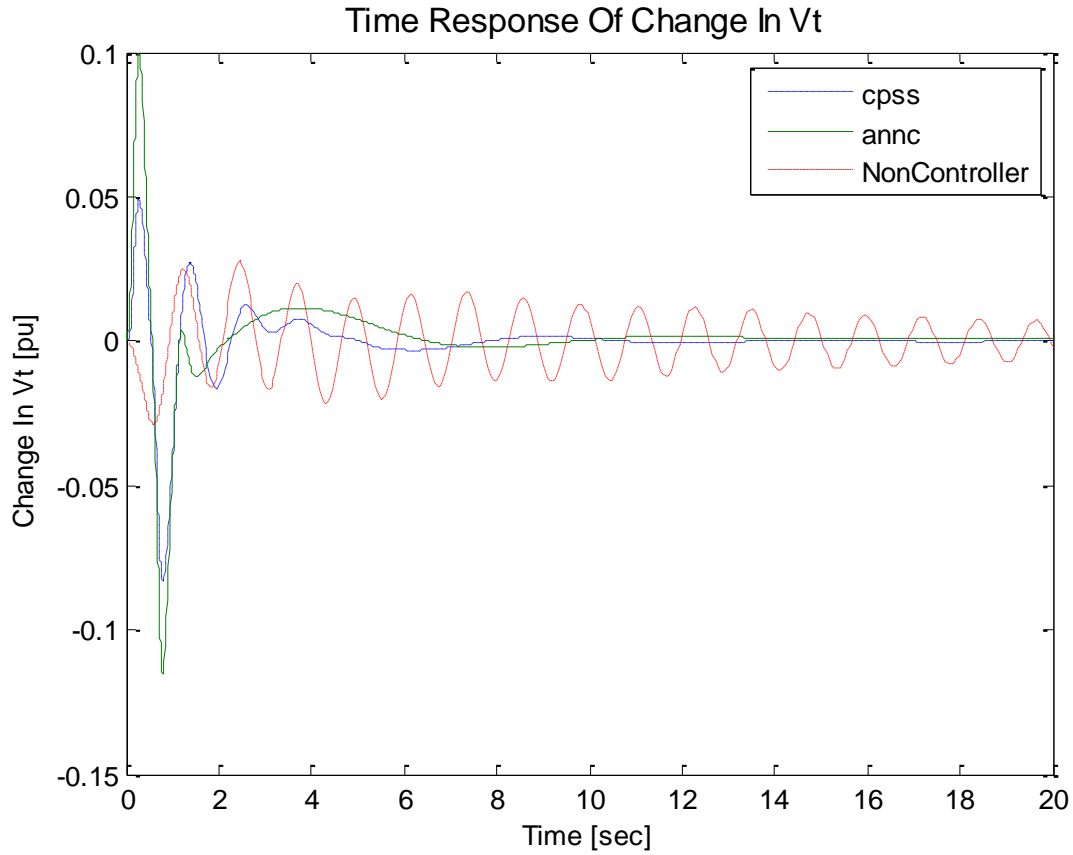
في مخطط الاستجابة الزمنية لتغير السرعة الزاوية لدوار المولد /والموضح بالشكل (6)/ نجد أن إشارة النموذج الذي يحتوي المخدم العصبوني/ANNC/ أفضل من غيرها، لأنه عمل على إنقاص زمن تخادم الإشارة /وهو باللون الأخضر/ وهو أفضل من إشارة النموذج الذي يحتوي على مخدم الاهتزاز التقليدي/CPSS/ وأفضل من إشارة النموذج من دون تحكم/NonController/.





الشكل(7):الاستجابة الزمنية لتغير زاوية دوار المولد.

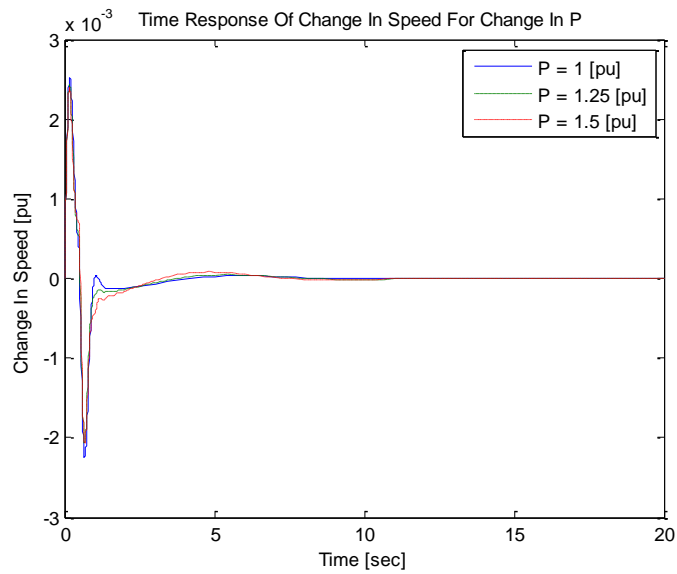
وكما يبين الشكل(7) وهو مخطط الاستجابة الزمنية لتغير زاوية دوار المولد، نرى أن إشارة النموذج الذي يحتوي على المخمد العصبوني/ANNC/ أصبحت أكثر انسيابية؛ إذ قلّت التغيرات فيها، على عكس إشارة النموذج بوجود مخمد الاهتزاز التقليدي/CPSS/ والتي تحتوي على تغيرات مختلفة فيها، وأفضل من إشارة النموذج الذي لا يحتوي على تحكم /NonController/.



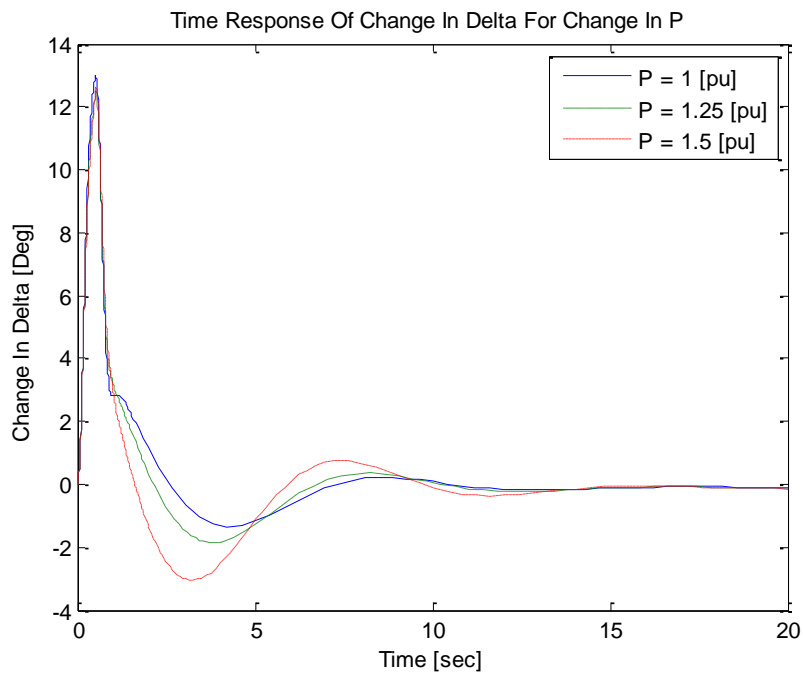
الشكل(8):الاستجابة الزمنية لتغير الجهد الطرفي للمولد.

يبين الشكل (8) مخطط الاستجابة الزمنية لتغير الجهد الطرفي للمولد، ونرى أن إشارة النموذج الذي يحتوي على المخدم العصبوني/ANNC/ تجاوزها الأعظمي كبير بالمقارنة مع بقية الإشارات ومن ثم تصبح الإشارة انسيابية أكثر وتقل فيها التغيرات، وهي أفضل من إشارة النموذج بوجود مخدم الاهتزاز التقليدي/CPSS/ والتي تحتوي على تغيرات مختلفة فيها، وأفضل من إشارة النموذج الذي لا يحتوي على تحكم ./NonController/.

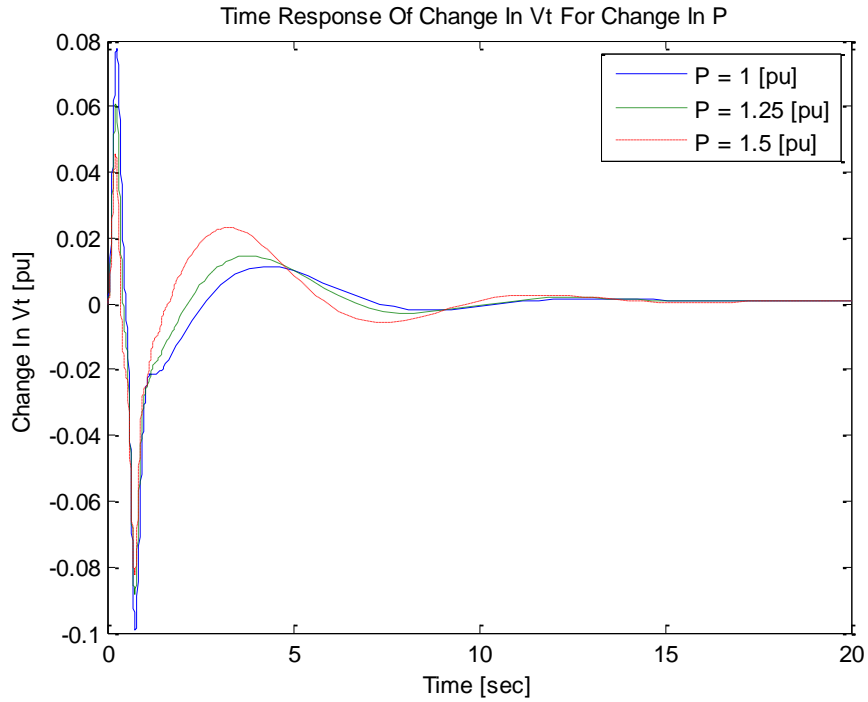
• سندررس أداء /ANNC/ في حال زيادة التحميل، وسيتم رسم الاستجابة الزمنية للاستجابة الزمنية لتغير زاوية دوار المولد ( $\delta$ )، و الاستجابة الزمنية لتغير السرعة الزاوية لدوار المولد ( $\omega$ )، و الاستجابة الزمنية لتغير الجهد الطرفي للمولد ( $V_t$ ) وذلك من أجل تغير قيم الاستطاعة الفعلية ( $P$ ) /  $P=1.25[pu]$ ,  $P=1[pu]$ ,  $P=1.5[pu]$  :



الشكل(9):الاستجابة الزمنية لتغير السرعة الزاوية لدوار المولد.



الشكل(10):الاستجابة الزمنية لتغير زاوية دوار المولد.



الشكل(11):الاستجابة الزمنية لتغير الجهد الطرفي للمولد.

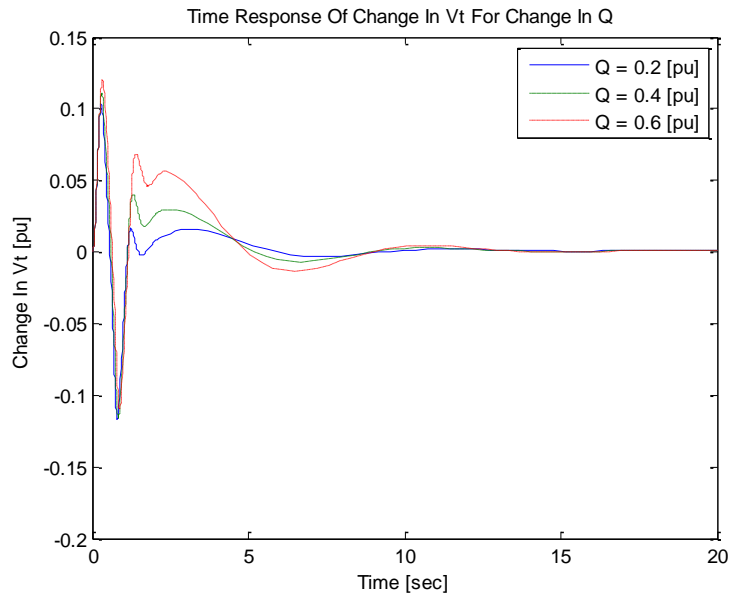
يظهر الشكل (9) الاستجابة الزمنية لتغير السرعة الزاوية لدوار المولد حيث نلاحظ مع زيادة التحميل فعالية أداء المخمد العصبوني وذلك بانقاص زمن تخادم الإشارة، بينما يبقى مطال التجاوز الأعظمي نفسه تقريباً، من أجل حالات التحميل المختلفة، و يظهر الشكل(10) الاستجابة الزمنية لتغير زاوية دوار المولد حيث نلاحظ ازدياد التغير بالإشارة حول زمن 5 ثانية بازدياد التحميل، ويبين الشكل (11) الاستجابة الزمنية لتغير الجهد الطرفي للمولد حيث نلاحظ تناقص زمن التجاوز الأعظمي مع ازدياد التحميل، ويوضح الجدول رقم (1) مقارنة أداء النظام بوجود المتحكم العصبوني من حيث زمن استقرار والتجاوز الأعظمي لتغير قيم الاستطاعة الفعلية (P):

الجدول(1): المقارنة بين أداء النظام بوجود المتحكم /ANNC/ من أجل حالات تحميل مختلفة

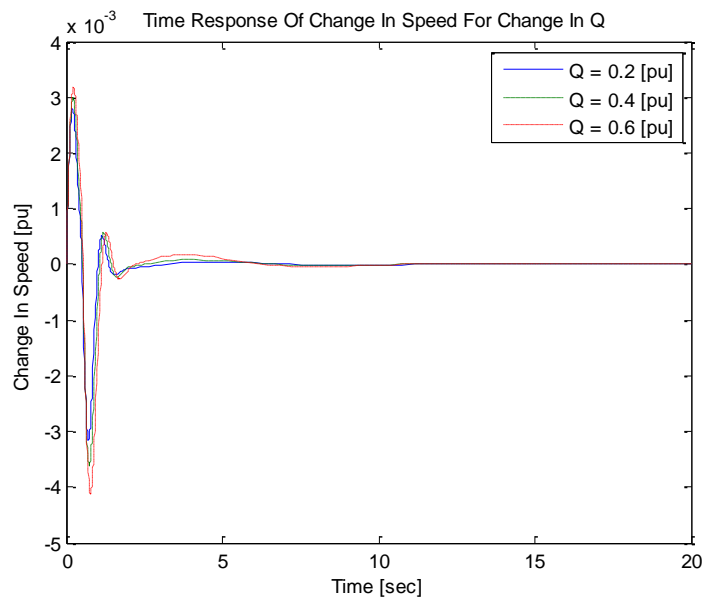
Vt	W	Delta	قيم P / نوع الاستجابة	
12	6	16	1	زمن الاستقرار Sec
14	8	16	1.25	
15	8	16	1.5	
0.0775	0.00253	12.985	1	التجاوز الأعظمي Sec
0.0604	0.00243	12.482	1.25	
0.0453	0.00239	12.612	1.5	

•- سندرس أداء /ANNC/ في حال تغير الاستطاعة الردية للمولد (Q) وسيتم رسم الاستجابة الزمنية لتغير زاوية دوار المولد ( $\delta$ )، والاستجابة الزمنية لتغير السرعة الزاوية لدوار المولد ( $\omega$ )، والاستجابة الزمنية

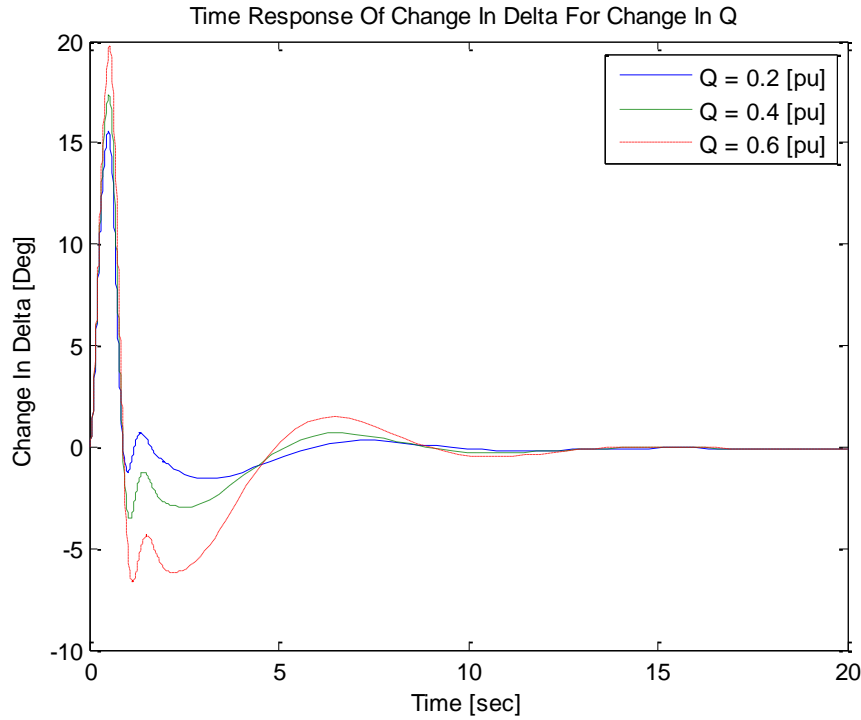
لتغير الجهد الطرفي للمولد ( $V_t$ ) وذلك من أجل تغير قيم الاستطاعة الردية للمولد ( $Q$ ),  $Q=0.2$ [pu],  $Q=0.4$ [pu],  $Q=0.6$ [pu]



الشكل (12): الاستجابة الزمنية لتغير الجهد الطرفي للمولد.



الشكل (13): الاستجابة الزمنية لتغير السرعة الزاوية لدوار المولد.



الشكل(14):الاستجابة الزمنية لتغير زاوية دوار المولد.

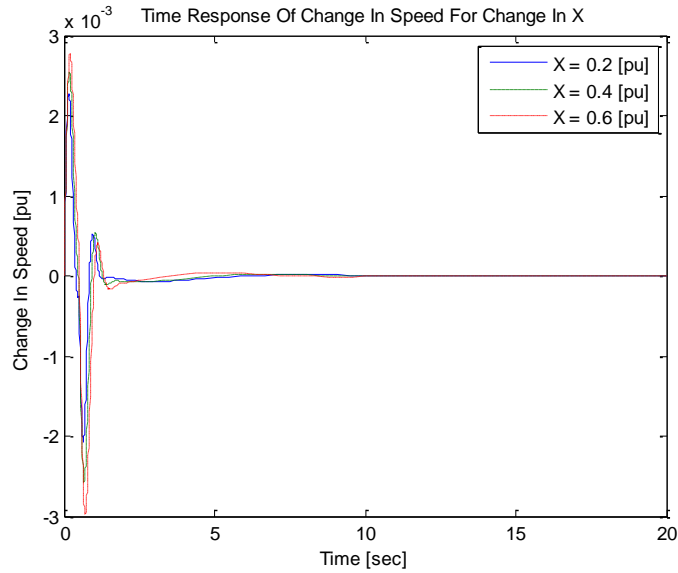
يظهر الشكل (12) الاستجابة الزمنية لتغير الجهد الطرفي للمولد حيث نلاحظ مع زيادة التحميل ازدياد زمن التجاوز الأعظمي للإشارة، بينما يظهر الشكل(13) الاستجابة الزمنية لتغير السرعة الزاوية لدوار المولد حيث نلاحظ ازدياد زمن التجاوز الأعظمي للإشارة، ويبين الشكل (14) الاستجابة الزمنية لتغير زاوية دوار المولد حيث نلاحظ ازدياد التغير بالإشارة حول زمن 5 ثانية بازدياد التحميل، ويوضح الجدول رقم (2) مقارنة أداء النظام بوجود المتحكم العصبوني من حيث زمن استقرار والتجاوز الأعظمي لتغير قيم الاستطاعة الردية (Q):

الجدول(2): المقارنة بين أداء النظام بوجود المتحكم /ANNC/ من أجل قيم مختلفة لـ Q

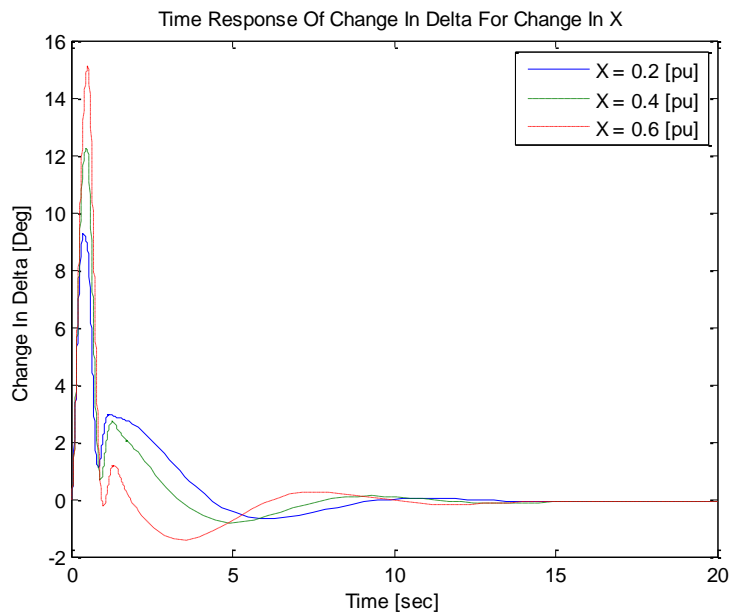
Vt	W	Delta	قيم Q / نوع الاستجابة	
14	6	14	0.2	زمن الاستقرار Sec
14	6	14	0.4	
13.5	6.5	14	0.6	
0.1037	0.00282	15.5618	0.2	التجاوز الأعظمي Sec
0.1108	0.00298	17.4	0.4	
0.12	0.00319	19.7951	0.6	

• - سندرس أداء /ANNC/ في حال تغير قيمة المفاعلة المكافئة لخطي النقل (X) (بغض النظر عن سبب حصول هذا التغير) وسيتم رسم الاستجابة الزمنية لتغير زاوية دوار المولد ( $\delta$ ) والاستجابة الزمنية لتغير السرعة الزاوية لدوار المولد ( $\omega$ ) والاستجابة الزمنية لتغير الجهد الطرفي للمولد ( $V_t$ ) وذلك من أجل تغير قيمة

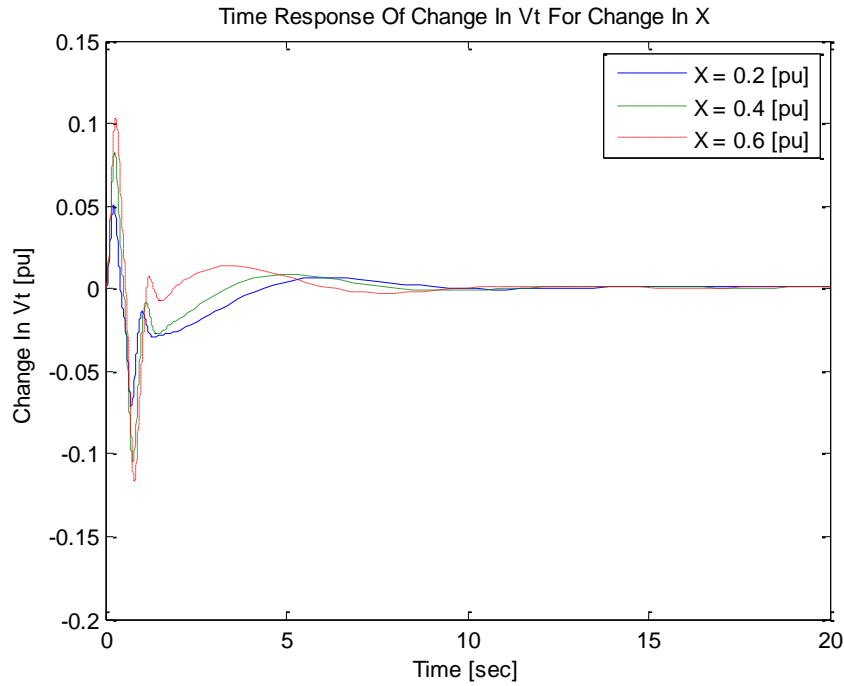
المفاعلة المكافئة لخطي النقل (X) / X=0.2[pu], X=0.4[pu], X=0.6[pu]



الشكل(15):الاستجابة الزمنية لتغيير السرعة الزاوية لدوار المولد.



الشكل(16):الاستجابة الزمنية لتغيير زاوية دوار المولد.



يظهر الشكل (15) الاستجابة الزمنية لتغير السرعة الزاوية لدوار المولد حيث نلاحظ أنه مع زيادة التحميل يزداد زمن الاستقرار وزمن التجاوز الأعظمي للإشارة، بينما يظهر الشكل(16) الاستجابة الزمنية لتغير زاوية دوار المولد حيث نلاحظ ازدياد زمن التجاوز الأعظمي مع ازدياد قيم  $X$ ، ويبين الشكل (17) الاستجابة الزمنية لتغير الجهد الطرفي للمولد حيث نلاحظ تناقص زمن الاستقرار وازدياد التجاوز الأعظمي مع ازدياد قيمة  $X$ ، ويوضح الجدول رقم (3) المقارنة لأداء النظام بوجود المتحكم العصبوني من حيث زمن الاستقرار والتجاوز الأعظمي لتغير قيم المفاعلة المكافئة ( $X$ ):

الجدول(3): المقارنة بين أداء النظام بوجود المتحكم /ANNC/ من أجل قيم مختلفة لـ  $X$

Vt	W	Delta	قيم X / نوع الاستجابة	
12	6	12	0.2	زمن الاستقرار Sec
11	7.5	14	0.4	
10	8	14	0.6	
0.0511	0.00227	9.27	0.2	التجاوز الأعظمي Sec
0.0824	0.00254	12.228	0.4	
0.1036	0.00277	15.1071	0.6	



## الاستنتاجات والتوصيات:

من خلال ماتقدم يمكن استخلاص ما يأتي:

1. يتمتع مخدم الاهتزاز المعتمد في عمله على الشبكات العصبونية بامكانية زيادة تحسين الاستقرار الديناميكي.
2. يتميز المخدم المصمم بفعالية عالية من أجل جميع حالات العمل المدروسة.
3. يعتمد أداء المخدم المصمم على الذكاء الصناعي ويساهم في تقليل الخطأ البشري.
4. يمكن الاستفادة من البحث في تطوير مخدم اهتزاز يرتبط مباشرة مع القيم المتغيرة لكل من الثوابت  $T_1, T_2$ ,  $K_{Stab}$ ، من دون الحاجة إلى أخذ القيم وإضافتها على مخدم الاهتزاز التقليدي.
5. يفضل استكمال البحث بدراسة تغيرات البارامترات  $P, Q, X$  معاً.
6. يمكن الاستفادة من البحث، وتطبيقه في نظام متعدد الآلات، من أجل تحسين استقرار أنظمة الطاقة الكهربائية.

## المراجع :

- [1] K. R. Padiyar, " *POWER SYSTEM DYNAMICS Stability and Control Second Edition* ", BS Publications , Copyright © 2008, by Author
- [2] Mohamed E. El-Hawary, " *Electrical Energy Systems* ", © 2000 CRC Press LLC , New York Washington, D.C
- [3] Alexandra von Meier, " *ELECTRIC POWER SYSTEMS – A CONCEPTUAL INTRODUCTION* ", IEEE PRESS, ©2006 by John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved
- [4] Chee-Min ong, " *Dynamic Simulation of Electric Machinery* ", © 1998 by Prentice Hall, PTR
- [5] AbhisekUkil, " *Intelligent Systems and Signal Processing in Power Engineering* ", © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007.
- [6] Young-Moon Park, Senior member, IEEE, Myeon-Song Choi, member, IEEE, Kwang Y. Lee, Senior member, IEEE, " *A Neural Network-Based Power System Stabilizer using Power Flow Characteristics* ", 0885-8969/96/\$05.00 Q 1996 IEEE, IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 11, No. 2, June 1996.
- [7] Kwang Y. Lee, Fellow IEEE, Hee-Sang Ko, " *Power System Stabilization Using A Free-Model Based Inverse Dynamic Neuro Controller* ", 0-7803-7278-6/02/\$10.00 ©2002 IEEE
- [8] Martin T.Hagan, HowareB..Dcmuth, Mark Beale, " *Neural Nerwork Design* ", China Machine Press, CITIC Publishing House
- [9] Howard Demuth, Mark Beale, " *Neural Network Toolbox* ", ©1992 - 2002 by The MathWorks, Inc