مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (29) العدد (2) 2007
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol. (29) No. (2) 2007

دراسة المقارنة بين تأثير إشارات الدخل المختلفة لمخمد الاهتزاز على استقرار أنظمة الطاقة الكهربائية

الدكتور محمد عبد الحميد*
الدكتور علاء الدين حسام الدين**
عماد قميرة ***

(تاريخ الإيداع 16 / 4 / 2007. قُبِل للنشر في 2007/5/13)

□ الملخّص □

يهدف هذا البحث إلى تحسين استقرار نظم الطاقة الكهربائية باستخدام مخمد اهتزاز تقليدي يقدم تخامد إضافي عن طريق تقديم إشارة جهد على دخل نظام التهييج من أجل توليد عزم تخامد متوافق بالطور مع السرعة. لقد تم في البحث تطبيق إشارات دخل مختلفة لمخمد الاهتزاز تمثّل تغيّر التردد، تغيّر الاستطاعة المسرعة وتغيّر السرعة. رسمت الاستجابات الزمنية لتغيّر كلٍ من السرعة $\Delta\omega$ والجهد الطرفي ΔV_t وزاوية القدرة $\Delta\delta$ بدلالة الزمن عند حدوث اضطراب في تغيّر الاستطاعة الميكانيكية، كما تم مقارنة أداء النظام بوجود وجود مخمد الاهتزاز وبدونه.

أظهرت النتائج أن استخدام مخمد اهتزاز بتغذية عكسية من إشارة تغير السرعة يعطي أفضل تخامد للنظام وذلك لأن مخمد الاهتزاز يعطي تخامد متوافق بالطور مع السرعة

الكلمات المفتاحية : مخمد الاهتزاز، استقرار نظام القدرة، المتحكمات.

*أستاذ مساعد في قسم هندسة الطاقة الكهربائية – كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية – جامعة تشرين- اللاذقية سورية.
** أستاذ مساعد في قسم هندسة الطاقة الكهربائية –كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية – جامعة تشرين- اللاذقية سورية.
***طالب دراسات عليا–قسم هندسة الطاقة الكهربائية–كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية –جامعة تشرين–اللاذقية سورية.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (29) العدد (2) 2007
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol. (29) No. (2) 2007

A Comparative Study of the Effect of Different Signals of the Power System Stabilizer on the Stability of Electric Power Systems

Dr. Mohammed Abd El-hamid*
Dr. Alla Eldeen hosam deen **
Emad komaira***

(Received 16 / 4 / 2007. Accepted 13/5/2007)

□ ABSTRACT □

The objective of this research is to improve the electrical power system stability using the conventional power system stabilizer that gives additional damping by providing voltage signal to the excitation system input to generate damping torque that is in phase with the speed. It has applied different signals to the power system stabilizer, speed change, accelerator power change, and frequency change. The time responses of rotor angle change $\Delta\delta$, speed change $\Delta\omega$, terminal voltage change ΔV_t have been drawn when a disturbance in mechanical power happened. Moreover, the system performance of the system has been compared with and without power system stabilizer.

Results showed that using power system stabilizer with a feedback signal from speed change gives the best damping for the system. This is because the power system stabilizer gives damping torque in phase with the speed.

Keyword: Power system stability, Power system stabilizer, Controller.

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

1-المقدمة:

توسعت في السنوات الأخيرة أنظمة الطاقة الكهربائية وتعاظمت بذلك أهمية التزويد المستمر للطاقة والتشغيل السلس للنظام مع المحافظة على موثوقية الخدمة الكهربائية، وهنا ظهرت أهمية دراسة استقرار نظم الطاقة الكهربائية والممثلة من مجموعة من الآلات المتواقتة التي تعمل مع بعضها بعضاً على التوازي وتدور بسرعة متواقتة. عند حدوث أي خلل في النظام سيتولّد اضطراب يسري عبر خطوط النقل الى الآلات المتواقتة، إذ إن كل آلة تتحسس أو تتأثر بالعطل حسب حجمه وحسب موقعه، أي حسب بعده وقربه عن كل آلة. حسب الحالة الأساسية للنظام قبل الاضطراب يمكن هنا أن نعرّف نوعين من الاستقرار تبعاً لحجم الاضطراب أو لمطال الاضطراب [1,2] هما:

- ❖ **الاستقرار الديناميكي *dynamics stability*:** وهو قدرة النظام للعودة إلى حالة الاستقرار بعد حدوث اضطراب صغير، ويهتم بدراسة أثر التغيرات الطفيفة التدريجية في الطاقة .
- ❖ **الاستقرار العابر *transient stability*:** وهو قدرة النظام للعودة إلى حالة الاستقرار بعد حدوث اضطراب كبير، ويرتبط الاستقرار العابر بتغييرات مفاجئة في توصيل أو فصل الأحمال أو عمليات وصل أو فصل الخطوط أو نقصان تهييج المولد وجميع حالات القصر في النظام.

2- أهمية البحث والهدف منه:

*** أهمية البحث:**

بما أن الطلب على الطاقة يعتبر حالة عشوائية فإن ذلك يعني أن هناك جملة من التغيرات التي تحدث في نظام الطاقة أثناء التشغيل الطبيعي تؤثرعلى سريان الطاقة في خطوط النقل بين المولدات، وبالتالي فإن الآلات المتواقتة لا تكون في حالة استقرار حقيقي أبداً، إذ إن كل آلة تكون في حالة تذبذب مستمر بالنسبة للآلات الأخرى في الشبكة. الاهتزازات ذات التردد المنخفض التي تؤثر على الاستقرار الديناميكي للآلة يمكن أن تصنف كما يلي :[2,3,4]

Inter – tie mode*:** هذا النوع من الاهتزازات يرافق مجموعة من الآلات في جزء من النظام يتأرجح مقابل مجموعة من الآلات في الجزء الأخر من النظام، يتراوح التردد الطبيعي لهذا النوع من الاهتزازات في المجال ***(0.2-0.5) Hz.

Local mode*:** هذا النوع يرافق مجموعة من وحدات التوليد في محطة التوليد الموصولة إلى نظام الطاقة الكهربائية عبر خطوط نقل ضعيفة، التردد الطبيعي لهذا النوع من الاهتزازات يتراوح في المجال بين ***(1.8-0.8) Hz .

***Intra –System mode*:** وهذا النوع ينشأ بين الوحدات المنفردة ضمن النظام وتميل لأن تكون مشابهة بالسلوك للنوع الثاني .

*** الهدف من البحث:**

يهدف البحث إلى تحسين أداء نظام الطاقة الكهربائي من خلال تقليل مطال الاهتزازات الناشئة عن الأعطال وتقليل زمن التخامد من خلال التحكم الإضافي بالتهييج عن طريق مخمد اهتزاز نظام الطاقة الكهربائي

power system stabilizer)PSS). وذلك لأن الإخماد الذي يقدمه نظام التهييج لايكفي لإخماد تلك الاهتزازات.

3-طريقة البحث والتجهيزات المستخدمة:

تم في البداية عرض الأبحاث المهتمة بهذا المجال، ومن ثمّ تم استخراج معادلات النظام الكهربائي المؤلف من آلة متواقتة موصولة إلى قضيب تجميع لانهائي، حيث تم بناء النموذج الرياضي للآلة وللمخمد ومحاكاته بوساطة برنامج *Matlab* مع الاختيار الدقيق لبارمترات نظام التهييج ومع عملية الضبط الدقيقة للمخمد والتي تعتمد على طريقة (*trial and error*). بعد ذلك تم استخدام كلٍ من إشارة التردد والسرعة والاستطاعة المسرعة كلٌ على حده كإشارة دخل للمخمد مع دراسة المقارنة بين الحالات الثلاثة.

الدراسات المرجعية المتعلقة بالبحث:

في [5] تم عرض نتائج دراسة مقارنة لتطبيق ثلاثة أنواع مختلفة من المتحكمات، مخمد اهتزاز نظام الطاقة (*PSS*)، معوض الطاقة الساكن (*SVC*) ومنظم التيار المقوم (*RCR*) لتحسين تخامد اهتزازات المولد في نظام الطاقة، وتخامد كل من النمط الميكانيكي(*Mechanical mode*) ونمط المهيج(*exciter mode*) في نظام الطاقة. تم اقتراح طريقة تعتمد على نظرية التحكم النمطية *(modal)* في تصميم *PSS, SVC , RCR* حيث تم استخدام متحكم من نوع *PID* وهو متحكم تناسبي – تكاملي– تفاضلي واستخدامه كمولد لإشارة الإخماد المطلوبة، ولتوضيح فعالية *PID* المقترح تم استخدام طريقة المجال الترددي بالاعتماد على تحليل الجذور عند حالات التشغيل المختلفة إضافةً إلى طريقة المجال الزمني اعتماداً على محاكاة النظام اللاخطي عند حالات الاضطراب.

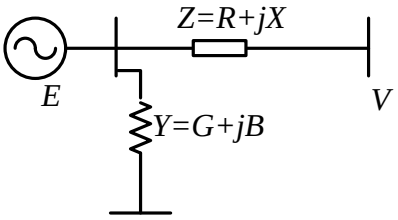
أما في [6] فإنها تظهر نتائج استخدام المتحكمات في الآلات المتواقتة اعتماداً على الموديلات الخطية واللاخطية، حيث تم تطوير طريقة تصميم النموذج غير الخطي للمتحكم وتنفيذها على آلة صغيرة موصولة مع خط قصير ومقاده بمحرك *DC*، تمت مقارنة نتائج الاختبار مع النتائج الرقمية، بينت النتائج الفائدة العملية للمتحكم في تحسين الاستقرار، كما بينت أن المتحكمات المثلى التي تعتمد النموذج الخطي يكون أدائها فعال في حالة الاضطرابات الصغيرة وأن النموذج اللاخطي يكون أكثر فعالية وذو استجابة أفضل في حالة الاضطرابات الكبيرة.

وفي [7] تم تطوير مخمد الاهتزاز اعتماداً على السرعة والاستطاعة الكهربائية وتم بحث تقنية تنفيذ نموذج المخمد بإزالة بعض الحدود التي تعيق عمل المخمد . وتم تجريبه في أرض الواقع على المحطات الكبيرة والوحدات النووية وبينت التجربة أنه تم إخماد جيد لأنماط الاهتزازت وبالتالي يمكن الاستغناء عن الفلترة في المخمدات وهذا يعني أنه يمكن زيادة ربح المخمد وبالتالي زيادة الإخماد.

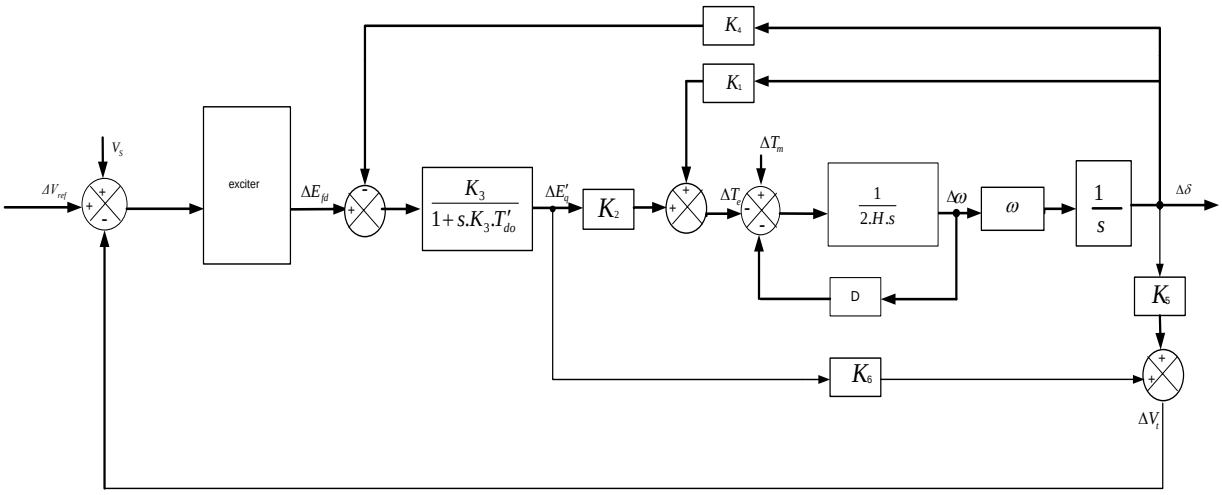
وفي [8] تم اختبار تخامد الاهتزازات من نوع *Local mode* باستخدام ثلاثة أنواع من مخمدات نظام الطاقة *PSS* وهي التردد الداخلي، الاستطاعة الكهربائية، وتسارع الاستطاعة ولقد تمت دراسة المقارنة لميزات التشغيل لهذا المخمد *PSS* كضجيج الخرج، والحساسية لتغييرات الحمولة. ثم تقديم النتائج بالاعتماد على تحليل نتائج المحاكاة بالحاسب لمجموعة معطيات الحالة.

النموذج الرياضي:

لدراسة الاستقرار الديناميكي لنظم الطاقة الكهربائية لا بد أن نحول النظام الى نظـــام خطـــي حـــول نقطـــة التشغيل[2,13] حيث يظهر الشكل(1) والشكل(2) مخطط النظام والمخطط الصندوقي لآلة متواقتة موصـــولة الـــى قضيب تجميع لانهائي ومزودة بنظام تهييج من النموذج [IEEE TYPE-1].

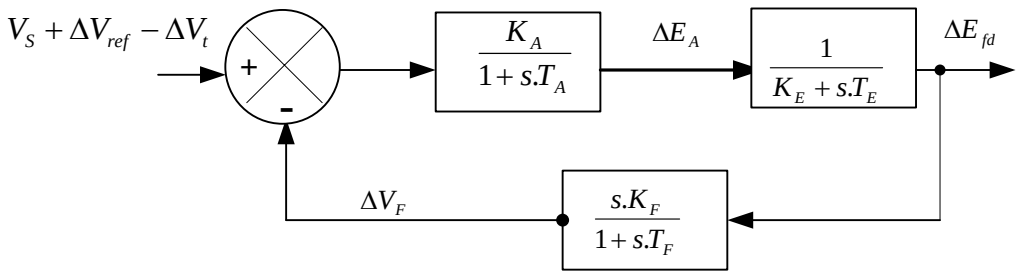


الشكل (*1*) آلة متواقتة موصولة إلى قضيب تجميع لانهائي عبر خط نقل.



الشكل (2) المخطط الصندوقي للآلة المتواقتة.

ويظهر الشكل (3) المخطط الصندوقي لنظام التهييج من النوع *[IEEE TYPE-1]* مع منظم الجهد الآلـــي [2,13] .



الشكل (3) المخطط الصندوقي لنظام التهييج من النوع *[IEEE TYPE-1]* مع منظم الجهد الآلي.

الشكل (3) المخطط الصندوقي لنظام التهييج المستخدم.

انطلاقاً من المخطط الصندوقي للآلة وبارمتراتها تم استخراج مجموعة المعادلات التفاضلية التي تصف هذا النظام وهي [12,13] :

***معادلات الآلة المتواقتة:**

$$* \quad \frac{\Delta\delta}{\Delta\omega} = \frac{2\pi f}{s} \quad , \omega = 2.\pi.f$$

$$s \cdot \Delta\delta = 2\pi f \cdot \Delta\omega$$

$$\boxed{\dot{\Delta\delta} = 2\pi f \cdot \Delta\omega} \qquad (1)$$

$$* \quad \Delta T_e = K_1 \cdot \Delta\delta + K_2 \cdot \Delta E'_q$$

$$\frac{\Delta\omega}{-D \cdot \Delta\omega + \Delta T_m - \Delta T_e} = \frac{1}{2.H \cdot s}$$

$$2.\mathrm{H} \cdot s \cdot \Delta\omega = -D \cdot \Delta\omega - K_1 \cdot \Delta\delta - K_2 \cdot \Delta E'_q + \Delta T_m$$

$$2.\mathrm{H} \cdot \dot{\Delta\omega} = -D \cdot \Delta\omega - K_1 \cdot \Delta\delta - K_2 \cdot \Delta E'_q + \Delta T_m$$

$$\boxed{\dot{\Delta\omega} = -\frac{K_1}{2.\mathrm{H}} \cdot \Delta\delta - \frac{D}{2.\mathrm{H}} \cdot \Delta\omega - \frac{K_2}{2.\mathrm{H}} \cdot \Delta E'_q + \frac{1}{2.\mathrm{H}} \cdot \Delta T_m} \qquad (2)$$

***معادلات نظام التهييج ومنظم الجهد:**

$$* \quad \frac{\Delta E'_q}{-K_4 \cdot \Delta\delta + \Delta E_{fd}} = \frac{K_3}{1 + s \cdot K_3 \cdot T'_{do}}$$

$$\Delta E'_q + s \cdot K_3 \cdot T'_{do} \cdot \Delta E'_q = -K_3 \cdot K_4 \cdot \Delta\delta + K_3 \cdot \Delta E_{fd}$$

$$K_3 \cdot T'_{do} \cdot \dot{\Delta E'_q} = -K_3 \cdot K_4 \cdot \Delta\delta - \Delta E'_q + K_3 \cdot \Delta E_{fd}$$

$$\boxed{\dot{\Delta E'_q} = -\frac{K_4}{T'_{do}} \cdot \Delta\delta - \frac{1}{K_3 \cdot T'_{do}} \cdot \Delta E'_q + \frac{1}{T'_{do}} \cdot \Delta E_{fd}} \qquad (3)$$

$$* \quad \frac{\Delta E_A}{-\Delta V_F - \Delta V_t + \Delta V_{ref} + V_S} = \frac{K_A}{1 + s \cdot T_A}$$

$$\Delta V_t = K_5 \cdot \Delta\delta + K_6 \cdot \Delta E'_q$$

$$\Delta E_A + s \cdot T_A \cdot \Delta E_A = -K_A \cdot \Delta V_F - K_A \cdot K_5 \cdot \Delta\delta - K_A \cdot K_6 \cdot \Delta E'_q + K_A \cdot \Delta V_{ref} + K_A \cdot V_S$$

$$T_A \cdot \dot{\Delta E_A} = -K_A \cdot \Delta V_F - \Delta E_A - K_A \cdot K_5 \cdot \Delta\delta - K_A \cdot K_6 \cdot \Delta E'_q + K_A \cdot \Delta V_{ref} + K_A \cdot V_S$$

$$\boxed{\dot{\Delta E_A} = \frac{-K_A \cdot K_5}{T_A} \Delta\delta - \frac{K_A \cdot K_6}{T_A} \Delta E'_q - \frac{1}{T_A} \Delta E_A - \frac{K_A}{T_A} \Delta V_F + \frac{K_A}{T_A} \Delta V_{ref} + \frac{K_A}{T_A} \cdot V_S} \qquad (4)$$

عندما لايستخدم التحكم الإضافي يكون الحد الذي فيه V_S مساويا للصفر.

$$* \frac{\Delta E_{fd}}{\Delta E_A} = \frac{1}{K_E + s \cdot T_E}$$

$$K_E \cdot \Delta E_{fd} + s \cdot T_E \cdot \Delta E_{fd} = \Delta E_A$$

$$T_E \cdot \dot{\Delta E}_{fd} = \Delta E_A - K_E \cdot \Delta E_{fd}$$

$$\boxed{\dot{\Delta E}_{fd} = \frac{1}{T_E} \Delta E_A - \frac{K_E}{T_E} \cdot \Delta E_{fd}} \qquad (5)$$

$$* \frac{\Delta V_F}{\Delta E_{fd}} = \frac{s \cdot K_F}{1 + s \cdot T_F}$$

$$\Delta V_F + s \cdot T_F \cdot \Delta V_F = s \cdot K_F \cdot \Delta E_{fd}$$

$$T_F \cdot \dot{\Delta V}_F = K_F \cdot \dot{\Delta E}_{fd} - \Delta V_F$$

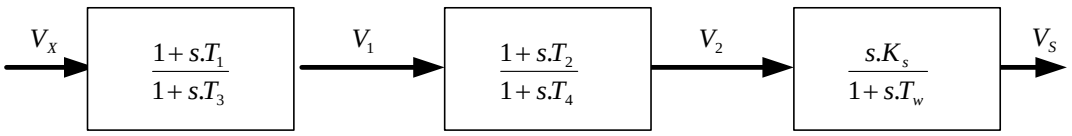
$$T_F \cdot \dot{\Delta V}_F = \frac{K_F}{T_E} \Delta E_A - \frac{K_F . K_E}{T_E} \cdot \Delta E_{fd} - \Delta V_F$$

$$\boxed{\dot{\Delta V}_F = \frac{K_F}{T_F \cdot T_E} \cdot \Delta E_A - \frac{K_F \cdot K_E}{T_F \cdot T_E} \cdot \Delta E_{fd} - \frac{1}{T_F} \Delta V_F} \qquad (6)$$

حيث أن $K_6 ، K_5 ، K_4 ، K_3 ، K_2 \; K_1$, هي ثوابت النظام المؤلف من آلة متواقتة موصولة إلى قضيب التجميع عبر خط النقل والتي يتم حسابها انطلاقا من بارمترات النظام كما هو موضح في [12,13] .

*** نموذج مخمد الاهتزاز *PSS(power system stabilizer)*:**

يعمل مخمد الاهتزاز على زيادة حدود الاستقرار الزاوي لنظام القدرة من خلال تقديم إخماد الاهتزازات لدوار الآلة المتواقتة عبر نظام التهييج للمولد. يُقدم هذا التخامد من خلال العزم الكهربائي المطبق على الدوار والمتوافق بالطور مع تغيرات السرعة، هذا التحكم الإضافي مهم جداً إذا كانت كمية الطاقة المنقولة كبيرة [12]. يتم ضبط مخمد الاهتزاز حول نقطة التشغيل في الحالة المستقرة. يبين الشكل (*4*) المخطط الصندوقي لمخمد الاهتزاز التقليدي المستخدم.



الشكل (*4*) مخمد الاهتزاز الكلاسيكي *PSSC (conventional power system stabilizer).*

ويتم استنتاج معادلات مخمد الاهتزاز انطلاقاً من المخططط الصندوقي للشكل (*4*):

$$\frac{V_1}{V_X}=\frac{1+s\cdot T_1}{1+s\cdot T_3}$$
$$V_1\cdot(1+s\cdot T_3)=V_X\cdot(1+s\cdot T_1)$$
$$V_1+T_3\cdot\dot{V}_1=V_X+T_1\cdot\dot{V}_X$$
$$\dot{V}_1=\frac{1}{T_3}\cdot V_X+\frac{T_1}{T_3}\cdot\dot{V}_X-\frac{1}{T_3}\cdot V_1$$
$$\frac{V_2}{V_1}=\frac{1+s\cdot T_2}{1+s\cdot T_4}$$
$$V_2\cdot(1+s\cdot T_4)=V_1\cdot(1+s\cdot T_2)$$
$$V_2+T_4\cdot\dot{V}_2=V_1+T_2\cdot\dot{V}_1$$
$$\dot{V}_2=\frac{1}{T_4}\cdot V_1+\frac{T_2}{T_4}\cdot\dot{V}_1-\frac{1}{T_4}\cdot V_2$$
$$\frac{V_S}{V_2}=\frac{s\cdot K_S}{1+s\cdot T_W}$$
$$V_S\cdot(1+s\cdot T_W)=V_2\cdot s\cdot K_S$$
$$V_S+T_W\cdot\dot{V}_S=K_S\cdot\dot{V}_2$$
$$\dot{V}_S=\frac{K_S}{T_W}\cdot\dot{V}_2-\frac{1}{T_W}\cdot V_S$$
$$\boxed{V_S=\frac{s.K_s.T_W(1+s.T_1)(1+s.T_3)}{(1+s.T_W)(1+s.T_2)(1+s.T_4)}\cdot V_X} \qquad (7)$$

يتألف المخمد من صندوق التصريف $\frac{s.K_s.T_W}{(1+s.T_W)}$ الذي يعمل على التقليل من الاستجابة الأعظمية للإخماد عند حدوث أعطال قاسية، وبما أن المخمد يقدم عزم كهربائي متوافق بالطور مع تغييرات السرعة، فإن دارة تقديم الطور تستخدم لتعويض التأخير الحاصل بين خرج المخمد وتطبيق العزم الكهربائي الذي هو الغاية من المخمد والذي يُعبّر عنهم بالصندوقين $\frac{(1+s.T_3)}{(1+s.T_4)}$ و $\frac{(1+s.T_1)}{(1+s.T_2)}$. إن العدد اللازم من صناديق (تقديم – تأخير) يعتمد بشكل أساسي على النظام وعلى ضبط مخمد الاهتزاز، حيث T_W الثابت الزمني للتصريف، وربح المخمد K_S هو عامل مهم جداً لزيادة الإخماد المقدم حتى يصل إلى قيمة محددة حرجة يبدأ بعدها الإخماد بالنقصان.

تعتبر عملية ضبط بارمترات المخمد عملية دقيقة جداً لأنها تعتمد على نوع الآلة المتواقتة وطريقة التمثيل ونوع المهيج المستخدم، كما تعتمد أيضاً على إشارة دخل المخمد، كما أن إشارة الخرج لأي مخمد اهتزاز هي إشارة الجهد المشار إليها هنا بـ V_S، وتضاف كإشارة دخل إلى منظم الجهد الآلي لنظام التهيج.

إشارة دخل المخمد المشار إليها هنا بـ V_X، والتي هي موضوع دراستنا، قد تم تمثيلها إما بـ $\Delta\omega$ التي تمثل تغيّر السرعة، أي الفرق بين سرعة الآلة والسرعة المرجعي، أو بـ Δf التي تمثل تغيّر التردد، أو تغيّر الاستطاعة المسرعة (الفرق بين الاستطاعة الميكانيكية والكهربائية) $\Delta p_{ac}=\Delta p_m-\Delta p_e$ حيث أن الرموز المستخدمة في المعادلات السابقة الواصفة للنظام هي:

Δ	رمز يشير إلى تغييرات صغيرة حول قيم التشغيل
$\bullet = \frac{d}{dt}$	التفاضل الزمني
$\omega ، \delta$	زاوية القدرة والسرعةالزاوية على التوالي
E_{fd}	جهد حقل التهييج
E'_q	القوة المحركة الكهربائية العابرة
E_A	جهد خرج المنظم
f	الترددويساوي *50 Hz*
K_A, T_A	الثابت الزمني والربح لدارة للمنظم على التوالي
K_E, T_E	الثابت الزمني والربح لدارة التهييج على التوالي
K_F, T_F	الثابت الزمني والربح لدارة مخمد المهيج على التوالي
T'_{do}	الثابت الزمني العابر للدارة المفتوحة على المحور المباشر
s	عامل لابلاس
T_m	العزم الميكانيكي
T_e	العزم الكهربائي
V_S	إشارة التحكم التي هي خرج الـــ PSS
V_{ref}	الجهد المرجعي
V_t	الجهد الطرفي
V_F	جهد خرج مخمد المهيج
X_d, X_q	المفاعلة المتواقتة على المحور غير المباشر والمباشر على التوالي
X'_d	مركبة المفاعلة العابرة على المحور المباشر
H,D	ثابت التخامد وعزم عطالة للآلة على المحور

4- النتائج والمناقشة:

تمت الدراسة على نظام مؤلف من آلة متواقتة موصولة إلى قضيب تجميع لانهائي، حيث تم تزويـــد الآلـــة بنظام تهييج من النموذج *[IEEE TYPE-1]*، ونبين فيما يلي ثوابت النظام:

ثوابت الآلة المتواقتة :

X_d =1.6	T'_{do}=7.76
X'_d =0.320	H=5
X_q =1.550	D=0

ثوابت نظام التهييج :

K_A =50	T_A =0.05
K_F = 0.063	T_F = 0.35
K_E = 1	T_E = 0, 314

خط النقل :

R=0.0 X=0.2
G=0.0 B=0.0

حالة التشغيل:

P_G =0.8 Q_G =0.6
v_t =1.05 f=50[HZ]

لقد تم حساب ثوابت النظام المؤلف من الآلة المتواقتة وقضيب التجميع K_1، K_2، K_3، K_4، K_5، K_6 بكتابة برنامج بلغة *Matlab* اعتماداً على بارمترات النظام وذلك حسب [12,13] :

$K_1 = 1.4474$ $K_2 = 1.1873$
$K_3 = 0.28889$ $K_4 = 1.5198$
$K_5 = -0.0075165$ $K_6 = 0.32833$

بارمترات مخمد اهتزاز نظام الطاقة الكلاسيكي *PSSC*:

$T_1 = T_3 = 0.5$ $T_2 = T_4 = 0.05$
$T_W = 10$ $K_W = 50$

حبث أن :

R, X مفاعلة خط النقل ومقاومته على التوالي.

G ,B سماحية خط النقل وناقليته على التوالي .

P_G, Q_G الاستطاعة الردية والفعلية للتوليد.

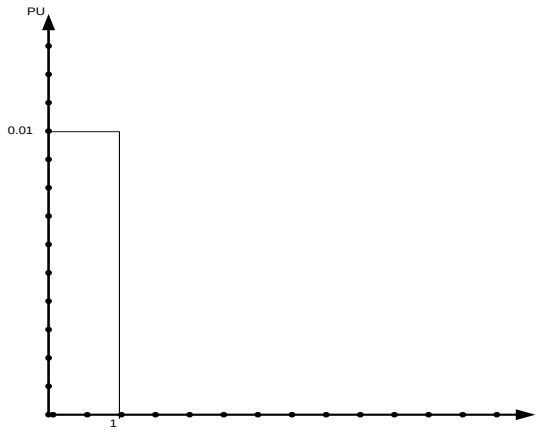
انطلاقا من الدراسة فقد تم معالجة المسائل التالية :

✓ نمذجة المخطط الصندوقي للنظام المؤلف من آلة متواقتة موصولة إلى قضيب تجميع لانهائي عبر خط نقل والمبين في الشكل (2) باستخدام برنامج *MATLAB* ، تم حل جملة المعادلات التفاضلية التي تصف النظام باستخدام طريقة *ADAMS*.

✓ حساب ثوابت النظام K_1، K_2، K_3، K_4، K_5، K_6 مع حساب القيم الأولية للنظام باستخدام *MATLAB*.

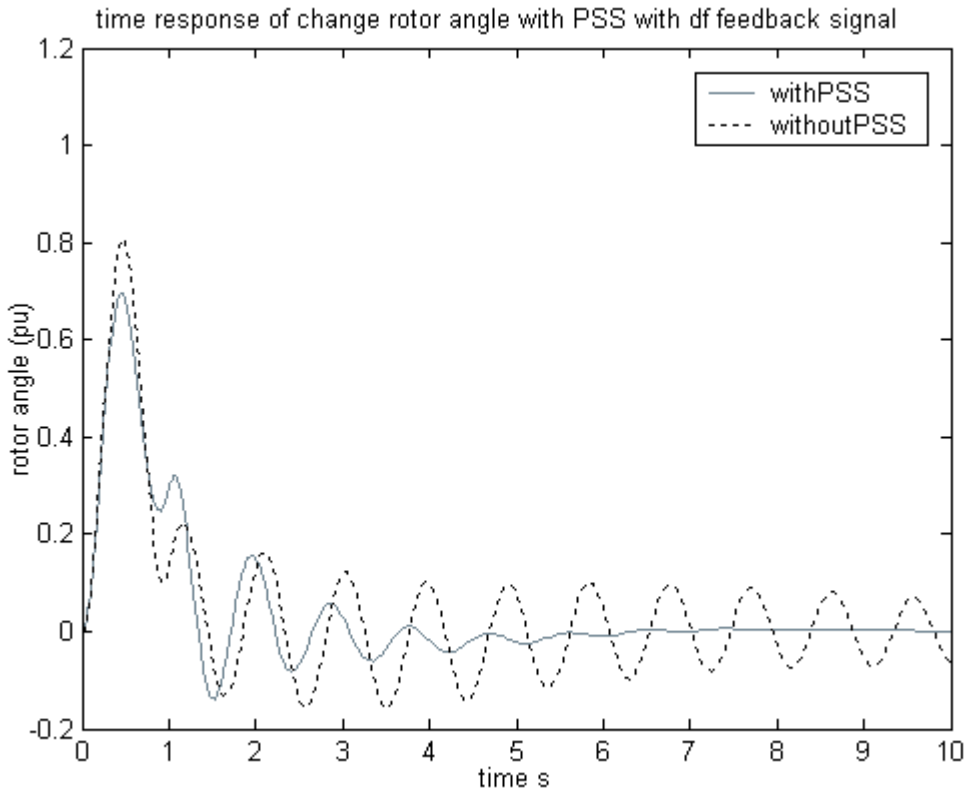
✓ اختيار بارمترات مخمد الاهتزاز باستخدام طريقة (*trial and error*) [11] حيث تم إختيار الأداء الأفضل للنظام.

✓ إحداث إضطراب أدى إلى تغير في العزم الميكانيكي بمقدار *0,01* لمدة 1 ثانية كما هو مبين في الشكل رقم (5) وتمت محاكاة النظام ورسم الاستجابة الزمنية لكل من ΔV_t، $\Delta\omega$، $\Delta\delta$ بدلالة الزمن والتي تمثل تغير الجهد الطرفي، تغير السرعة وتغير زاوية القدرة على التوالي.

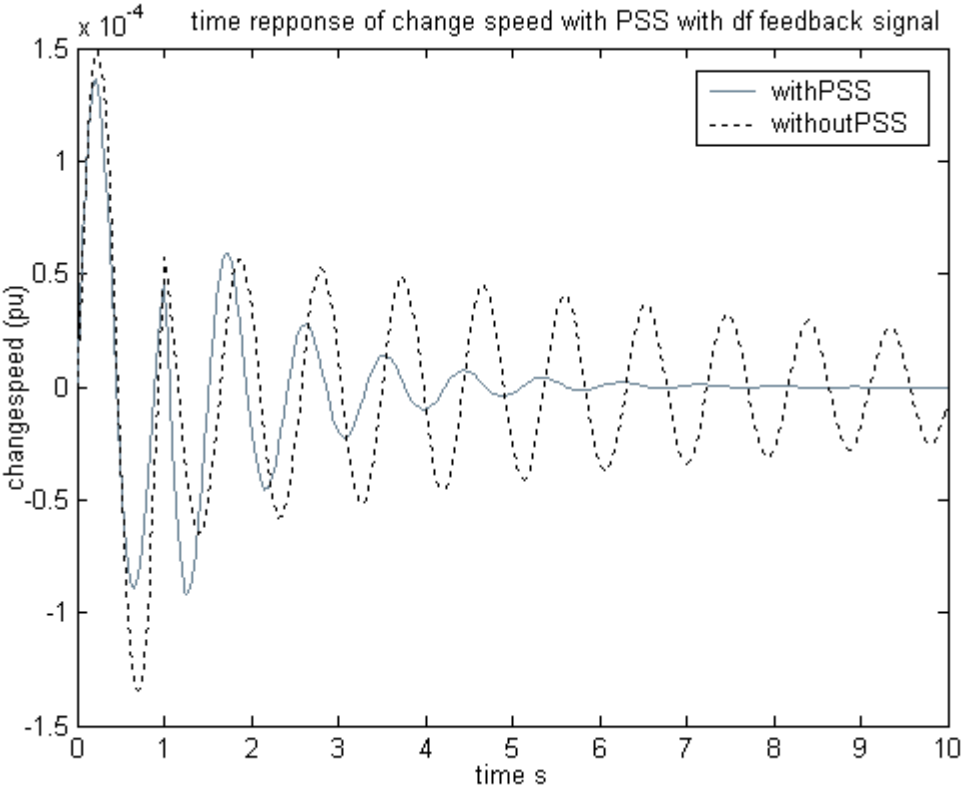


الشكل رقم(5) تغير العزم الميكانيكي على دخل المولد

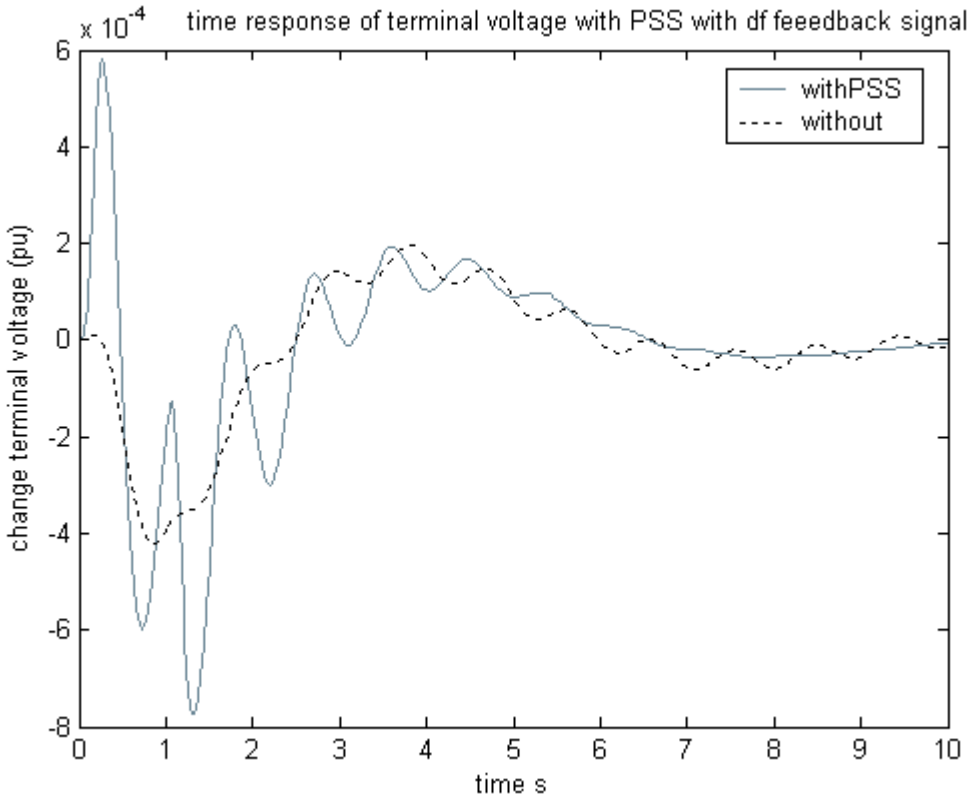
✓اختبار أداء مخمد الاهتزاز عند تطبيق إشارة دخل للمخمد، وهي عبارة عن إشارة تغذية عكسية من تغير التردد Δf ورسمت الاستجابة الزمنية لكل من $\Delta\delta$ ،$\Delta\omega$ ،ΔV_t مع مقارنتها مع اداء النظام بدون وجود مخمد الاهتزاز، وبينت النتائج أنه يوجد تأثير إخماد جيد للأهتزازات مقارنة مع عدم وجود PSS كما هو مبين في الأشكال (6)(7)(8) والتي تمثل $\Delta\delta$ ،$\Delta\omega$ ،ΔV_t على التوالي.



الشكل رقم(6) الاستجابة الزمنية لتغير زاوية القدرة مع وجود ال PSS المغذى عكسيا بتغير التردد

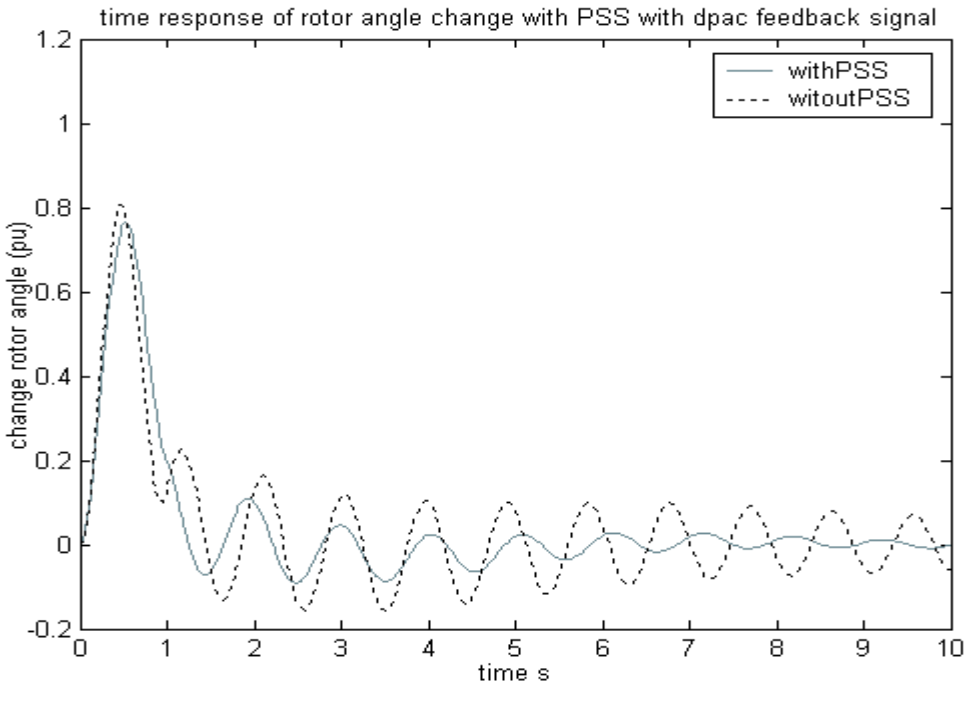


الشكل رقم (7)الاستجابة الزمنية لتغير السرعة مع وجود ال PSS المغذى عكسيا بتغير التردد.

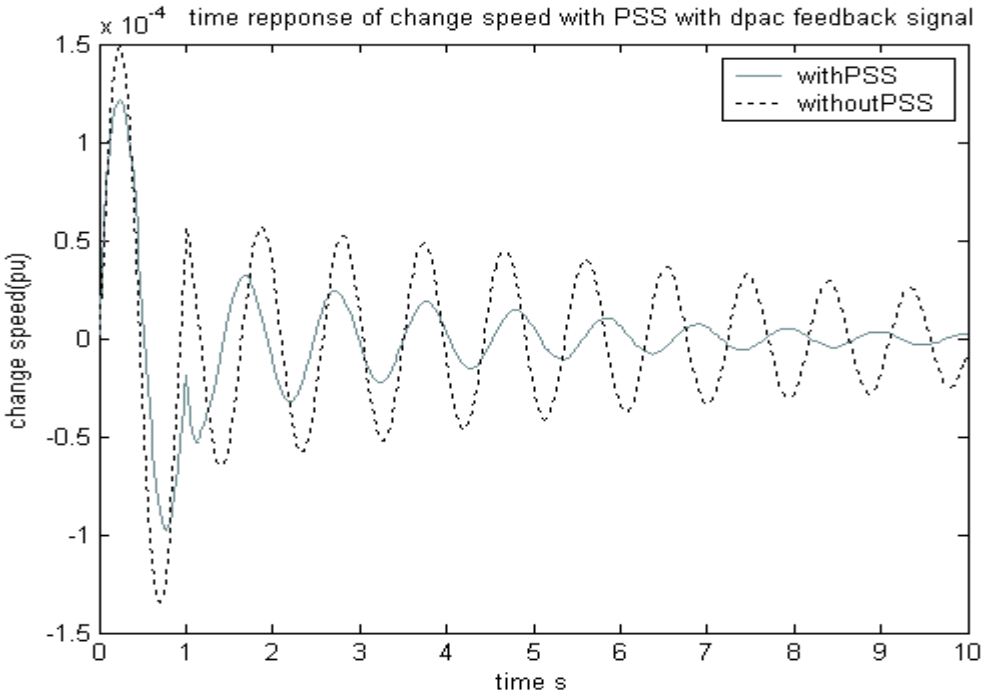


الشكل رقم(8)الاستجابة الزمنية لتغير الجهد الطرفي مع وجود ال PSS المغذى عكسيا بتغير التردد.

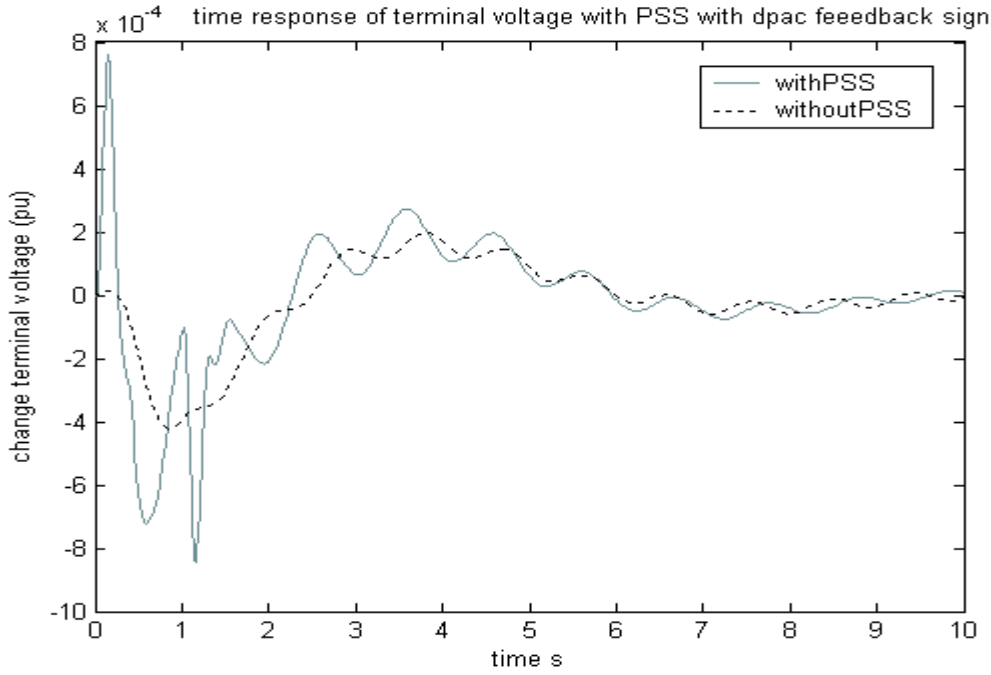
✓اختبار أداء مخمد الاهتزاز عند تطبيق إشارة دخل للمخمد، والتي تمثل إشارة تغذية عكسية من تغير الاستطاعة المسرعة ΔP_{ac}، وقد رسمت الاستجابة الزمنية لكل من $\Delta\delta$، $\Delta\omega$، ΔV_t المبينة في الأشكال (9)(10)(11) على التوالي. تبين هذه الأشكال المقارنة بين أداء النظام بوجود مخمد اهتزاز وبدونه، تبين الأشكال التأثير الواضح لأداء مخمد الاهتزاز في خفض مطال الاهتزازات الناتجة.



الشكل رقم (9)الاستجابة الزمنية لزاوية القدرة مع وجود الـ PSS المغذى عكسيا بالاستطاعة المسرعة

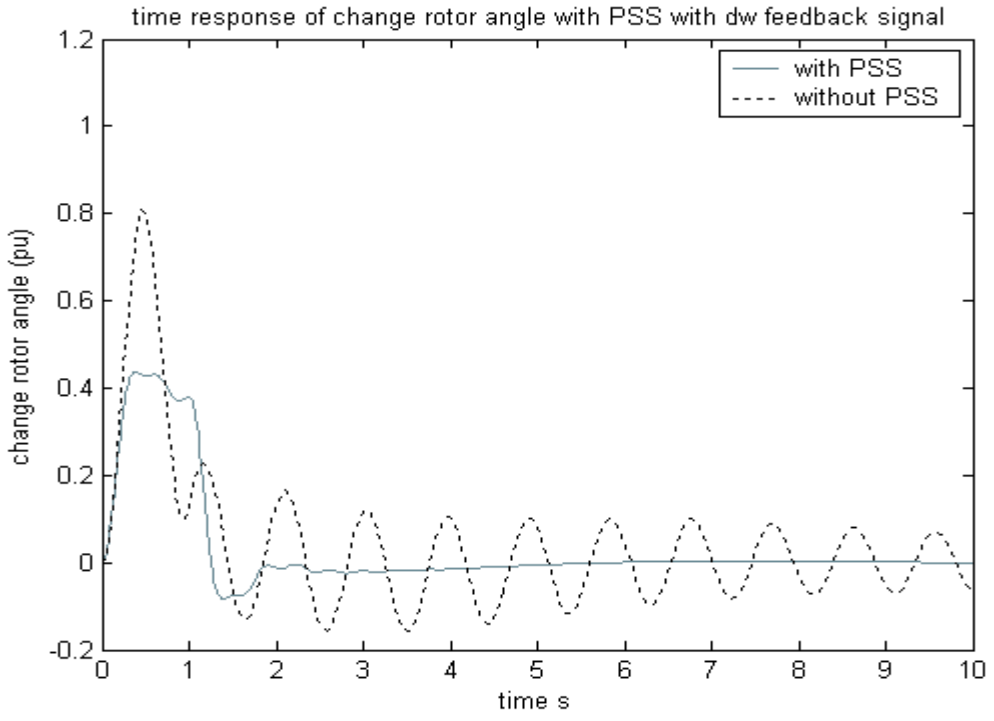


الشكل رقم(10) الاستجابة الزمنية لتغير السرعة مع وجود الـPSS المغذى عكسيا بالاستطاعة المسرعة.

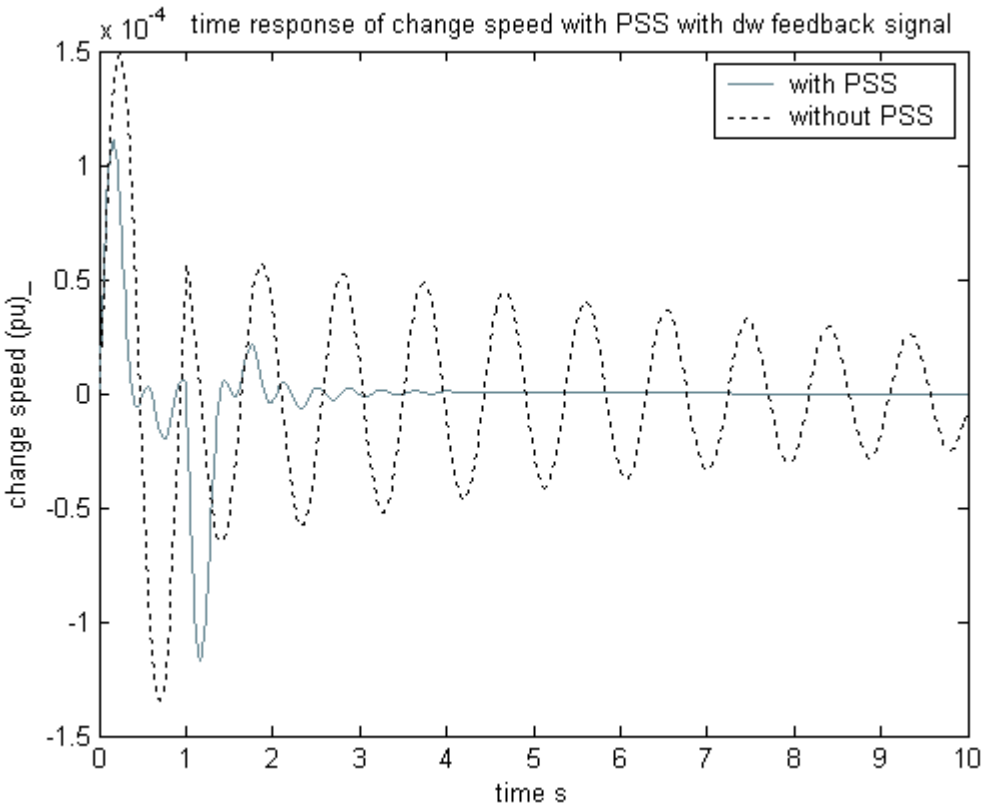


الشكل رقم (11) الاستجابة الزمنية لتغير الجهد الطرفي مع وجود الPSS المغذى عكسيا بالاستطاعة المسرعة.

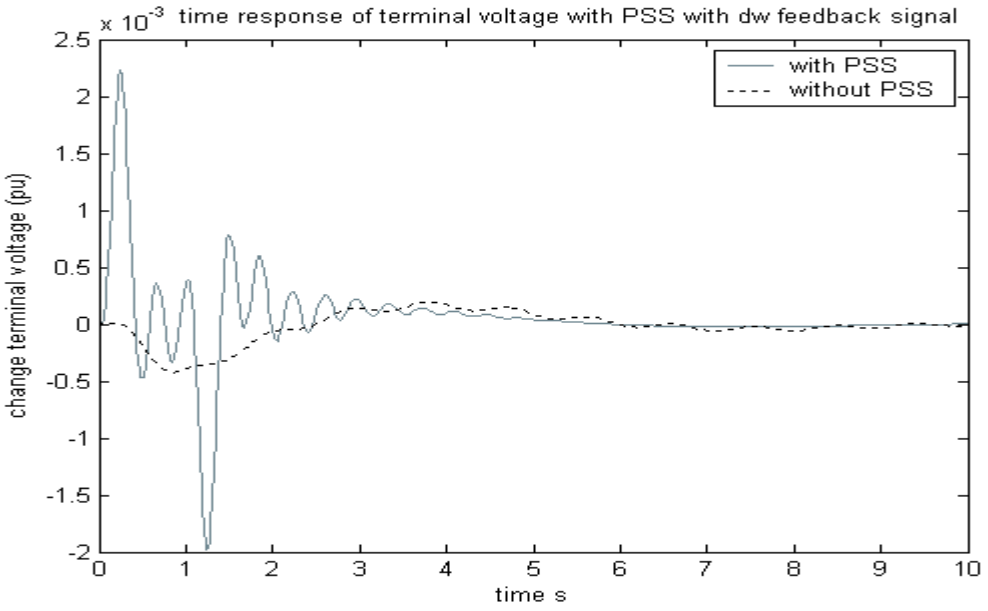
✓ اختبار أداء مخمد الاهتزاز عند تطبيق إشارة دخل للمخمد، وهي تمثل إشارة تغذية عكسية لدخل المخمد من تغير السرعة $\Delta\omega$، وتبين الأشكال (12)(13)(14) على التوالي منحنيات الاستجابة الزمنية لكل من $\Delta\delta$، $\Delta\omega$، ΔV_t وهي تمثل المقارنة بين أداء النظام بوجود مخمد اهتزاز مغذى عكسياً من تغير السرعة وبدونه. يتّضح من هذه الأشكال أن مخمد الاهتزاز قد أعطى تأثيراً واضحاً في إخماد الاهتزازات.



الشكل رقم (12)الاستجابة الزمنية لزاوية القدرة مع وجود ال PSS المغذى عكسيا بتغير السرعة



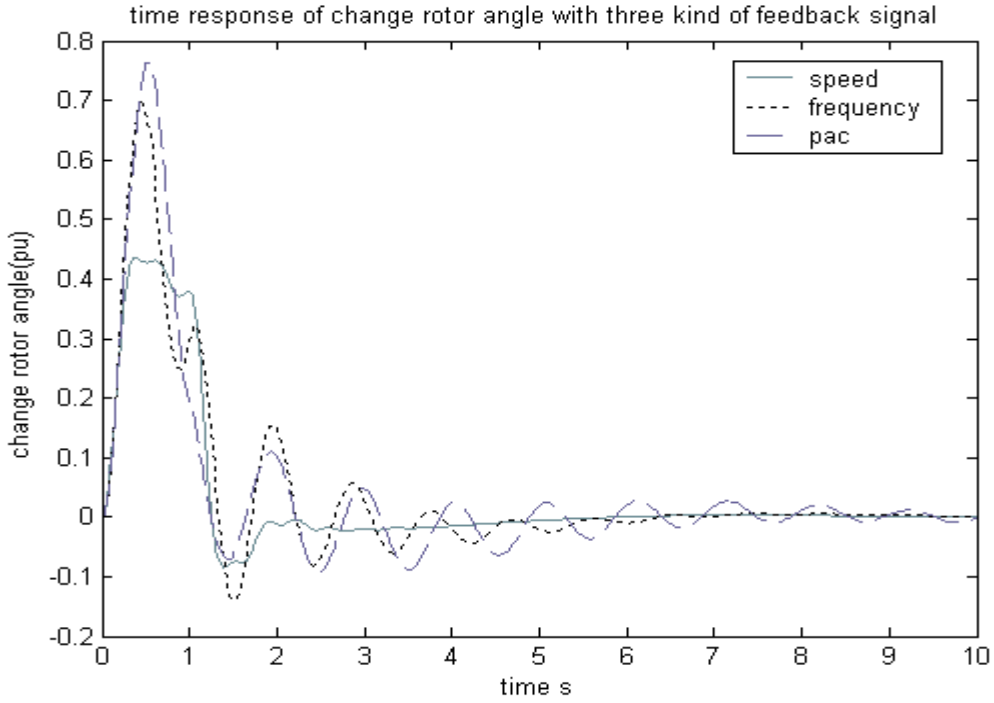
الشكل رقم (13) الاستجابة الزمنية لتغير السرعة مع وجود ال PSS المغذى عكسيا بتغير السرعة



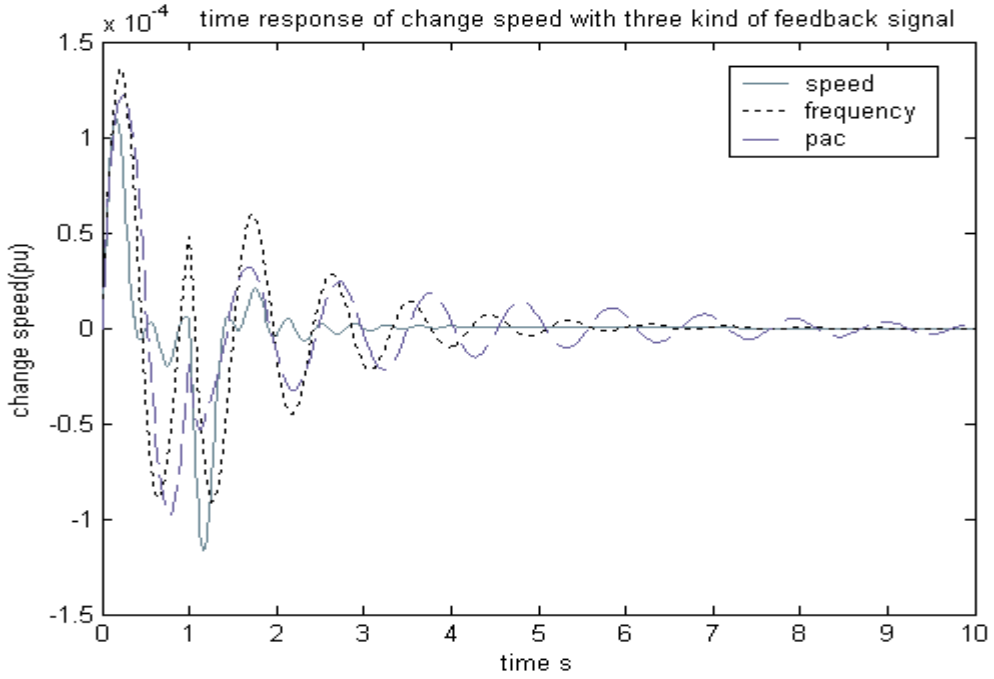
الشكل رقم (14) الاستجابة الزمنية لتغير الجهد الطرفي مع وجود ال PSS المغذى عكسيا بتغير السرعة

✓ إجراء مقارنة استجابة النظام بوجود مخمد الاهتزاز عند تطبيق إشارات الدخل الثلاث كـلاً علـى حـده $\Delta\omega$ ، ΔP_{ac} ، $\Delta\omega$ ، $\Delta\delta$ كإشارات تغذية عكسية وتم رسم الاستجابات الزمنية لكل من ΔV_t ، $\Delta\omega$ ، $\Delta\delta$ للأنواع الثلاث من الاشارات كماهو مبين في الأشكال (15)(16)(17)على التوالي. وفقاً لذلك فقد قمنا بتنظيم الجدول (1) الذي يبين

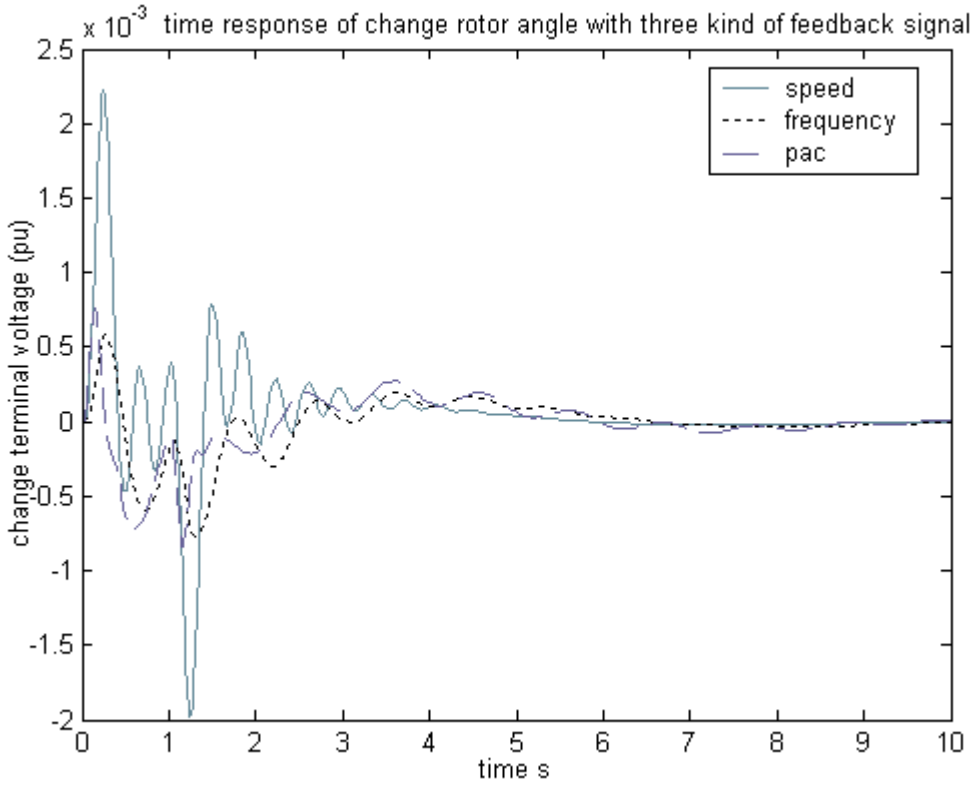
مقارنة لمنحنيات ΔV_t ، $\Delta\omega$ ، $\Delta\delta$ من حيث زمن الاستقرار و قيمة التجاوز الأعظمي. حيث يتّضح من الجدول (*1*) أن استخدام مخمد اهتزاز بإشارة تغذية عكسية من تغير السرعة يعطي أداء أفضل من استخدام الاشارات الاخرى كدخل لمخمد الاهتزاز، حيث تم إخماد الاهتزازات بعد 3.5 ثانية تقريباً، يعود ذلك كون مخمد الاهتزاز يعطي عزم تخامد متوافق بالطور مع السرعة، لذلك يكون هو الأفضل في هذه الحالة.



الشكل رقم (15) الاستجابة الزمنية لتغير زاوية القدرة مع مخمد الإهتزاز المغذى عكسيا ثلاثة أنوع من إشارات الدخل كل على حدا



الشكل رقم (16) الاستجابة الزمنية لتغير السرعة مع مخمد الاهتزاز المغذى عكسيا ثلاثة أنوع من إشارات الدخل كل على حدا



الشكل رقم (17) الاستجابة الزمنية لتغير الجهد الطرفي مع مخمد الإهتزاز المغذى عكسيا ثلاثة أنوع من إشارات الدخل كل على حدا

الجدول رقم (1) مقارنة الاستجابة لكل من ΔV_t ، $\Delta\omega$ ، $\Delta\delta$ التي تبين أداء مخمد عند تطبيق الأنواع الثلاث من الإشارات

نو ع إشارة دخل مخمد الاهتزاز	نوع منحني الاستجابة الزمنية	قيمة التجاوز الأعظمي *overshoot*	زمن الاستقرار *Time settling*
تغير التردد Δf	منحني الاستجابة الزمنية لتغير زاوية القدرة	*0.7*	7ثانية
	منحني الاستجابة الزمنية لتغير السرعة	*1.36*	7ثانية
	منحني الاستجابة الزمنية لتغير الجهد الطرفي	*0.00058*	10 ثانية
تغير الاستطاعة المسرعة ΔPac	منحني الاستجابة الزمنية لتغير زاوية القدرة	*0.76*	10 ثانية
	منحني الاستجابة الزمنية لتغير السرعة	*1.215*	10 ثانية
	منحني الاستجابة الزمنية لتغير الجهد الطرفي	*7.63*	10 ثانية
تغير السرعة $\Delta\omega$	منحني الاستجابة الزمنية لتغير زاوية القدرة	*0.435*	6 ثانية
	منحني الاستجابة الزمنية لتغير السرعة	*1.1*	4.5 ثانية
	منحني الاستجابة الزمنية لتغير الجهد الطرفي	*2.23*	5.5 ثانية

5- الاستنتاجات:

من خلال بحثنا هذا توصلنا إلى الاستنتاجات التالية :

* يمكن تحسين أداء نظام الطاقة الكهربائي باستخدام مخمد اهتزاز تقليدي يقدم عزم إخماد إضافي متوافق بالطور مع السرعة عن طريق تقديم إشارة جهد على دخل نظام التهييج.
* تبين أن أداء مخمد الاهتزاز التقليدي يعطي تخامد أفضل عند استخدام إشارة السرعة كدخل لمخمد الاهتزاز.

المراجع:

(1) ASHFAQ, H. *Electrical Power System*. *CBS* Publishers & Distributions, New Delhi, 1999, 538.

(2) ABDELHAMID, M. *Enhancement of Electrical Power Systems Stability Through Power System Stabilizer Based On Combined Lead Operation Amplifier and Optimal Control*. Damascus UNIV Journal, VoL. 19. N°. 1, 2004, 97-117.

(3) KUNDUR, P; ROGERS, G . J؛ ZYWNO, M. S. *Application Of Power System Stabilizers For Enhancement Of Overall System Stability*. Ibid, Vol. 4. N°. 2, May 1989, 614-621.

(4) LARSEN, E. V; SWAN, D. A. *Applying Power System Stabilizers*. IEEE trans, Vol. 100. N°. 6, June 1981, 3017-3046.

(5) WANG, L. *A comparative Study Of Damping Schemes On Damping Generator Oscillations*. IEEE Trans, Vol. 8. N°. 2, May 1993, 613-619.

(6) ELMETWALLY, M. M; ROA, N. D؛ MALIK, O. P. *Experimental Results On The Implementation Of An Optimal Control For Synchronous Machines*. IEEE Trans, Vol. 94. N°. 4, august 1975, 1192-1200.

(7) Lee, D. C; BEAULIEU, R. E. *A Power System Stabilizer Using Speed And Electrical Power Inputs Design And Field Experience.* IEEE Trans, Vol. 100. N°. 9, September 1981, 4151-4157.

(8) HOAVA, J; AGEE, J. O. *Comparison Of Power System Stabilizer For Damping Local Mode Oscillations*. IEEE Trans, Vol. 8, N°. 3, September 1993, 533-329.

(9) DEMELLO, F. P; CONCORDIA, C. *Concepts Of Synchronous Machine Stability As Affected By Excitation Control.* IEEE Trans, Vol. 88. N°. 1, April 1969, 316-329.

(10) HEFFRON, W. G; PHILLIPS, R. A. *Effects Of Modern Amplidyne Voltage Regulator In Underexcited Operation Of Large Turbine Generators*. IEEE Trans, Vol. 71. N°. 2, Aug 1952, 692-697.

(11) Chaaban F, Housam Eldin A. *Mathematic Method To Improve The Parameters Of Electric Power Transmission Lines*. *Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series*; 24;2002.

FLEMING, R. J; PARVATISAM, K. *Selection Of Parameters Of Stabilizers In Multi-Machine Power Systems*. IEEE Trans, Vol. 99. N°. 2, May/June 80, 892-901.

(12) PETER, W. S. *Power System Dynamics and Stability.* Prentice Hall, New Jersy, *1998, 353.*

(13) ANDERSON, P. M; FOUAD, A. A. *Power System Control & Stability*. IOWA State University Press, U.S.A, *1986, 796.*