

استخدام تقنية ANFIS لتقليل اضطرابات

المولدات المتوافقة

دراسة حالة

الباحثة: د. عبير الجربوع

كلية: الهندسة الكهربائية والإلكترونية - جامعة: حلب

الملخص

تم في هذا البحث استخدام نظام الاستنتاج العصبوني الغامض ANFIS Adaptive Neuro Fuzzy Inference System لتقليل الاضطرابات في المولدات المتوافقة، حيث تم اختياره كوحدة تحكم إضافية الى نظام تهييج لمولدة متوافقة كونه يحتوي على عدة مزايا مقارنة مع وحدات التحكم الكلاسيكية الأخرى.

هذه المزايا هي مزايا Fuzzy Logic التي تتميز ببساطة التحكم وإمكانية التصميم دون معرفة النموذج الرياضي الدقيق للنظام الكهربائي ومزايا الشبكات العصبونية الصناعية التي تُظهر إمكانات كبيرة لتخميد التأرجحات الكهروميكانيكية منخفضة التردد.

لتحسين الأداء الديناميكي للمولدة المتوافقة والتوصل إلى تخميد سريع للاضطرابات تم اختيار السرعة الدورانية والإستطاعة المتسارعة كمداخل لوحدة التحكم هذه وتمت محاكاة النموذج في بيئة MATLAB/SIMULINK .

أظهرت نتائج المحاكاة قوة المتحكم الجديد ANFIS في تخميد الاضطرابات والاهتزازات الناتجة عن الحالات العابرة بزمان قليل، كما تتميز التقنية المقترحة في هذا البحث بخصائص الهيكل البسيط والاستجابة السريعة والنهج الفعال لتحقيق التخميد السريع للاضطرابات في أنظمة القدرة الكهربائية في ظل ظروف الأعطال الثلاثية الطور

الكلمات المفتاحية: ANFIS، المولدة المتوافقة، الاضطراب.

Using ANFIS Technology To Reduce The Disturbances Of Synchronous Generators - Case Study

Abstract

In this research, the Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) was used to reduce the disturbances in the synchronous generators, as it was chosen as an additional control unit to the excitation system for the synchronous generator because it contains several advantages compared to other classical controllers.

This advantages are: Fuzzy Logic advantages that distinguished Simplicity of control and possibility of design without knowing the exact mathematical model of the electrical system and the advantages of artificial neural networks that show great potential for damping low-frequency electromechanical oscillations.

The rotational speed and accelerated power were selected as inputs to this controller for improving the dynamic performance of the synchronous generator and achieving fast damping of disturbances and the model was simulated in Matlab/Simulink environment.

Simulation results showed the effectiveness of the new controller (ANFIS) in damping disturbances and oscillations resulting from transient states in a short time.

The technique proposed in this research has the characteristics of simple structure, fast response and effective approach to achieve rapid damping of disturbances in electrical power systems under three-phase faults conditions

Keywords: ANFIS, Synchronous Generator, Disturbance

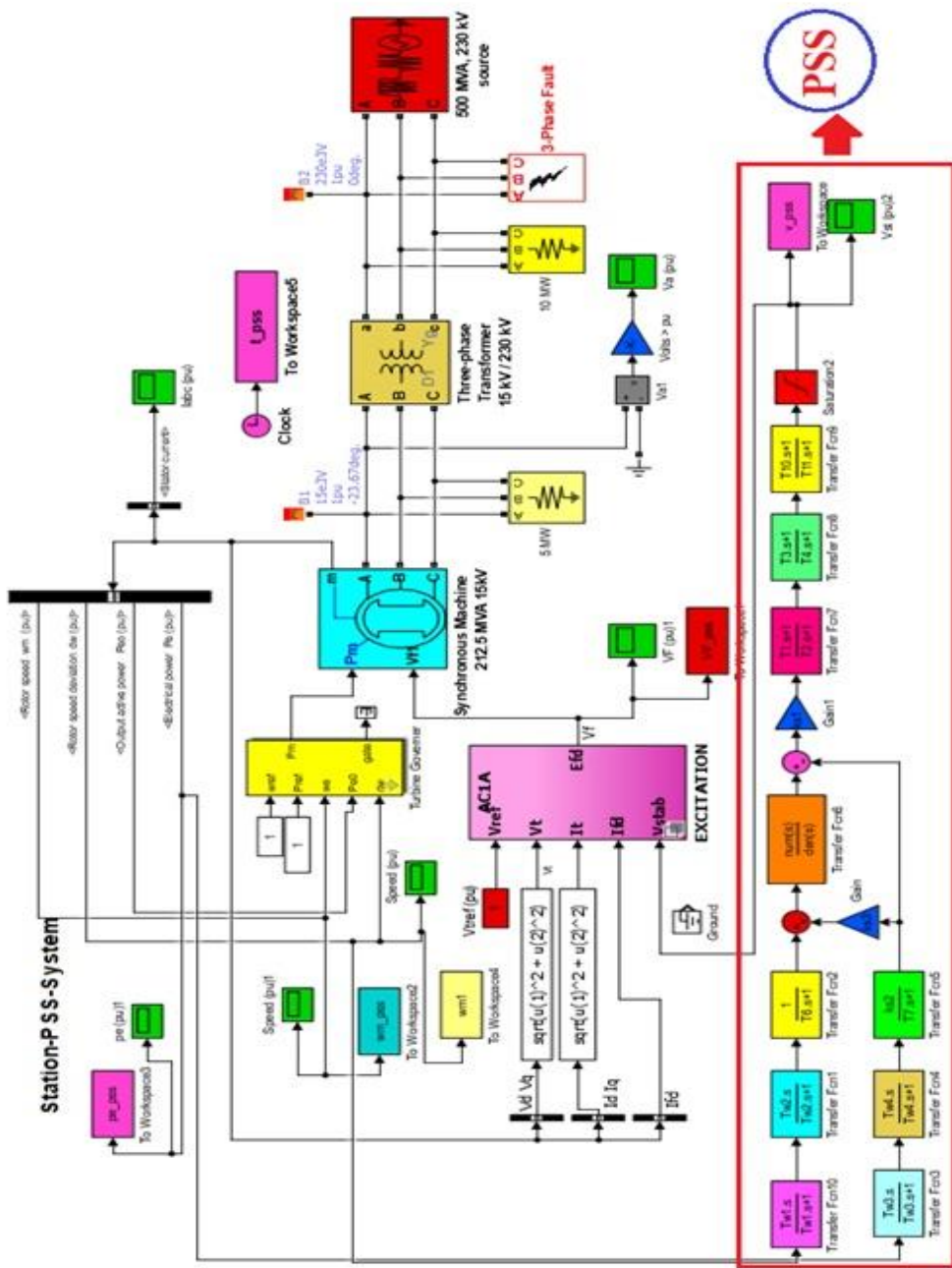
1- مقدمة:

تُعد اضطرابات الشبكة الكهربائية الناتجة عن الحالات العابرة التي تسببها الأعطال الثلاثية الطور والتأرجح منخفض التردد في أنظمة القدرة الكهربائية إحدى الصعوبات التي يواجهها عادةً مهندسو الطاقة الكهربائية [1]. ولتحسين العمل الديناميكي للمولدة المتواقتة وتحسين الاستقرار العابر والتوصل إلى تخميدٍ سريعٍ للاضطرابات، تم استخدام إشارة تحكم إضافية تُضاف إلى نظام التهيج أو نظام التحكم الألي لوحدة التوليد، يتم الحصول على هذه الإشارة الإضافية من مثبتات استقرار القدرة PSS: Power System Stabilizer حيث يتم تطبيق مثبتات استقرار نظام القدرة الكهربائية على نطاق واسع بهدف إخماد تأرجح التردد المنخفض وتعزيز استقرار النظام الديناميكي. من أجل تقليل هذه التأرجحات في أسرع وقت ممكن، يلزم تصميم مثبت استقرار نظام القدرة ديناميكي ذكي ذي قدرة كبيرة لتأمين الاستقرار الكامل لنظام القدرة الكهربائي حيث يتمثل الدور الأساسي لمثبت استقرار نظام القدرة الديناميكي في زيادة التخميد لتأرجح دوار المولد من خلال التحكم في التهيج باستخدام إشارة المثبت المساعد. هناك طرق مختلفة لتصميم PSS أحدث هذه الطرق هي تقنية (ANFIS) نظام الاستدلال العصبوني الغامض التكيفي. هذه الطريقة عبارة عن مزيج من الطريقة الضبابية مع الشبكات العصبونية، ولنمذجة هذا النظام يجب أن يتم الاختيار الصحيح لبارامترات توابع الانتماء لما له من تأثير كبير على تشغيل النظام.

في هذا البحث تم اختيار مولدة متواقتة في محطة حلب الحرارية وتمت نمذجة المولدة مع pss التقليدي الخاص بها في بيئة ماتلاب الشكل (1).

وتمت دراسة تأثير مثبت استقرار القدرة التقليدي للمولدة المتواقتة المدروسة في تخميد الاضطرابات في موجة الاستطاعة الكهربائية والسرعة الدورانية وتم تصميم مثبت استقرار

قدرة ذكي (ANFIS-PSS) والمقارنة بين أداء عملها في تخميد الاضطرابات الناتجة عن الأعطال الثلاثية الطور.



الشكل (1) نموذج المولدة المتوائمة المدروسة مع PSS التقليدي الخاص بها

2- الدراسة المرجعية:

يوجد العديد من الدراسات التي قامت بنمذجة المولدات المتوافقة وقامت بتصميم مثبتات استقرار قدرة ذكية مستخدمة عدة تقنيات وخوارزميات ذكاء صناعي بأساليب وتقنيات مختلفة لتقليل الاضطرابات وتأرجحات القدرة في المولدات المتوافقة ضمن بيئات عمل مختلفة للوصول بالمحاكاة الى أقرب سلوك يحاكي سلوك المولدة الحقيقية وتأثير مثبتات استقرار القدرة على عملها، حيث قدم البحث [2] أسلوباً جديداً لتطوير مثبت استقرار نظام القدرة الكهربائي بالاعتماد على المنطق الضبابي لتخميد تأرجحات المولّد من أجل تحسين استقراره، كما تم اختيار إشارات انحراف السرعة واستطاعة الخرج من دوار المولّد المتوافق كدخل لجهاز تحكم المنطق الضبابي حيث لهذه الإشارات تأثير هام على تخميد تأرجحات عمود المولّد الميكانيكية، بينما حُسِبَتْ إشارات الاستقرار باستعمال تابع الربط الضبابي بالاعتماد على إشارات الدخل، كما قدم البحث [3] طريقة مبسطة لإستخدام النموذج الخطي والمعروف باسم نموذج Heffron-Phillips كنموذج لألة متوافقة موصولة إلى قضيب تجميع لا نهائي وتم باستخدام خوارزمية الشبكة العصبية الموزعة للتأخير الزمني DTDNN للتحكم في بارامترات مثبت استقرار نظام القدرة PSS وتقليل تجاوز السرعة والحصول على موثوقية النظام.

3- أهمية البحث وأهدافه:

تتجلى أهمية البحث في تخميد كافة أنواع التآرجحات منخفضة التردد وتحسين وتعزيز الاستقرار العابر والعمل الديناميكي لنظام القدرة الكهربائي بطريقة أفضل. باستخدام مثبت استقرار قدرة ذو بنية بسيطة وأداء فعال وأفضل من مثبت استقرار نظام القدرة التقليدي وذلك من خلال:

❖ تصميم نموذج مثبت استقرار نظام القدرة الكهربائية PSS يعتمد على نظام الاستنتاج العصبوني الغامض (ANFIS).

❖ مناقشة وتحليل نتائج استخدام (ANFIS_PSS) المقترح استخدامه في المحطة المدروسة ومقارنة أدائه مع مثبتات استقرار القدرة التقليدي (CPSS).

4- الأنظمة العصبونية الغامضة Neuro-Fuzzy Systems:

يعتمد نظام ANFIS على نظام الاستدلال الغامض من النوع (T-S) Takagi Sugeno) ويتألف من خمس طبقات من العقد، تتكون الطبقتان الأولى والرابعة من العقد التكيفية بينما الطبقات الثانية والثالثة والخامسة تتكون من العقد الثابتة، ترتبط العقد التكيفية مع البارامترات الخاصة بكل منها ويتم تحديثها حسب القواعد التالية مع كل التكرارات اللاحقة [4].

القاعدة 1: إذا كان (x هو A_1) و (y هو B_1) فإن $f_1 = p_1x + q_1y + r_1$

القاعدة 2: إذا كان (x هو A_2) و (y هو B_2) فإن $f_2 = p_2x + q_2y + r_2$

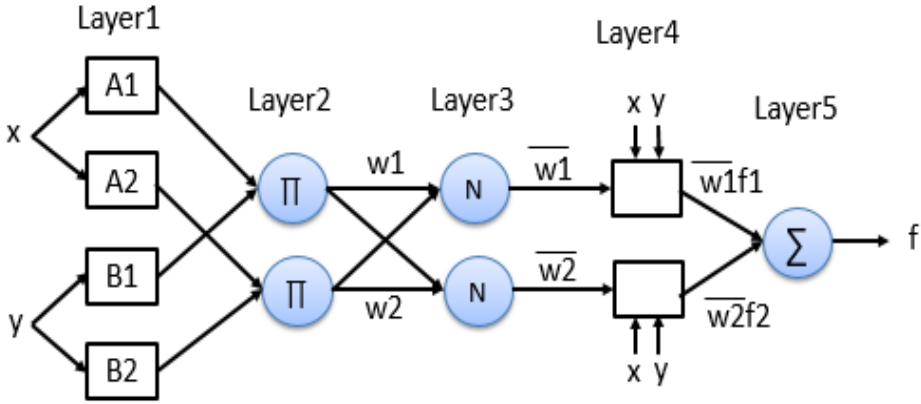
حيث: x و y هي المدخلات، A_1 ، A_2 ، B_1 و B_2 هي مجموعات الانتماء

الغامضة، f_1 ، f_2 هي المخرجات داخل المنطقة الغامضة المحددة بموجب القاعدة

الغامضة. p_1 ، p_2 ، q_1 ، q_2 و r_1 ، r_2 هي بارامترات التصميم التي يتم تحديدها أثناء

عملية التدريب. يبين الشكل (2) البنية العامة لنظام ANFIS الذي يتألف من عدة

طبقات:



الشكل (2) البنية العامة لنظام ANFIS

الطبقة 1 : (L1) تولد كل عقدة تسمية خاصة لكل من توابع الانتماء، حيث أن كل عقدة (i) في هذه الطبقة متكيفة مع تابعها حيث x هي المدخلات إلى العقدة i ، و A_i هي التسمية اللغوية المرتبطة بتابع العقدة هذه.

$$O_i^1 = \mu_{A_i}(x) \quad (1)$$

الطبقة 2 : (L2) تحسب كل عقدة قوة الإطلاق لكل قاعدة باستخدام عامل التفعيل \min أو \prod ، يمكن استخدام أي عملية غامضة أخرى، كل قاعدة في هذه الطبقة تُمثل بعقدة واحدة وخرج هذه العقد هي جداء الإشارات الواردة. يمثل كل مخرج عقدة قوة إطلاق القاعدة.

$$O_i^2 = \mu_{A_i}(x) \times \mu_{B_i}(y) \quad ; i = 1, 2 \dots \quad (2)$$

الطبقة 3 : (L3) وهي تمثل نسبة قوة إطلاق القاعدة إلى مجموع كل قوى إطلاق القواعد، ويُسمى خرج هذه الطبقة بقوى إطلاق عقدة التطابق، والتي تعدل قوة جميع القواعد وفقاً للمعادلة الواردة أدناه:

$$O_i^3 = \bar{\omega}_i = \frac{\omega_i}{\sum_i \omega_i} \quad ; i = 1, 2 \dots \quad (3)$$

الطبقة 4 : (L4) يتم حساب توابع العقد بناءً على مخارج الطبقة 3، كل العقد في هذه الطبقة هي عقد متكيفة وتقوم بحساب جزء النتيجة من القاعدة (then part):

$$O_i^4 = \bar{\omega}_i \times f_i = \bar{\omega}_i \times (p_i \times x_1 + q_i \times x_2 + b_i) \quad (4)$$

حيث : $\bar{\omega}_i$ هو خرج الطبقة 3 ، (p_i, q_i, b_i) تسمى البارامترات المترتبة أو اللاحقة. الطبقة 5: (L5) عادةً عقدة غير متكيفة وهي عقدة واحدة تجمع إجمالي الخرج كجمع لجميع الإشارات الواردة.

$$O_i^5 = y = \sum_i \bar{\omega}_i f = \frac{\sum_i \omega_i f_i}{\sum_i \omega_i} \quad (5)$$

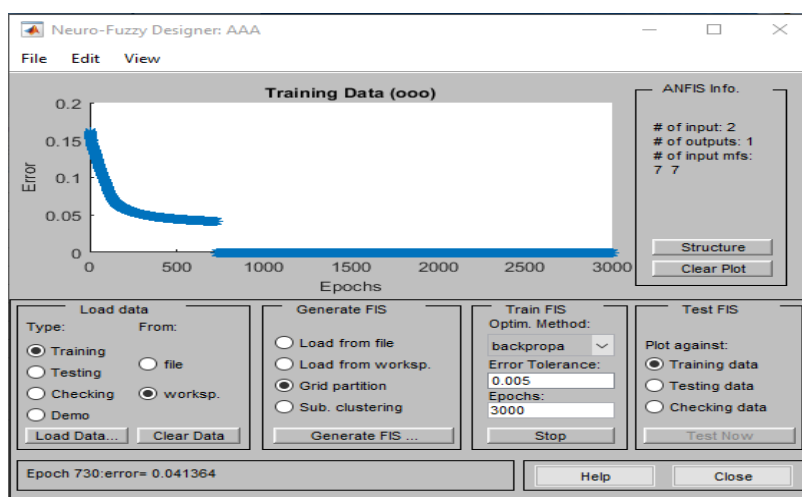
تستخدم الأنظمة العصبونية الغامضة المنطق الغامض لبناء نماذج معقدة بالاستفادة من إمكانيات الشبكات العصبونية [5] ، حيث يتم الدمج بين الشبكة العصبونية التي يتم تدريبها وفق خوارزمية تدريب معينة، وبين المنطق الغامض الذي يعتمد على قواعد معرفة مسبقة تسمى fuzzy rules، حيث يتم إدخال الإشارات المراد معالجتها إلى الشبكة العصبونية وتتم هذه المعالجة من خلال تحديث أوزان الشبكة العصبونية بشكل آلي، ومن ثم تطبيق مخارج الشبكة على النظام الذي يعتمد على المنطق الضبابي وفق قواعد منطقية محددة [6]. وهكذا للحصول على نظام تكيفي وفق خوارزمية تدريب معينة وبالاعتماد على قواعد (If-then) محددة مما يعطي ملاحقة مستمرة لجميع التغيرات التي من الممكن أن تطرأ على النظام بالإضافة إلى الحصول على دقة عالية للنموذج التكيفي [7] .

5- تصميم النموذج العصبوني الضبابي التكيفي المقترح (ANFIS-PSS):

يتم بناء نظام الاستدلال الضبابي (FIS) من محرر ANFIS GUI في Fuzzy Logic Toolbox في MATLAB ويتم ضبط مجموعة بيانات الدخل/الخرج بحيث يتم ضبط بارامترات توابع الانتماء MF FISs إما باستخدام خوارزمية الانتشار الخلفي backpropagation فقط أو بطريقة المربعات الصغرى [8]، [9]. يتلخص تصميم ANFIS-PSS وفق الخطوات التالية:

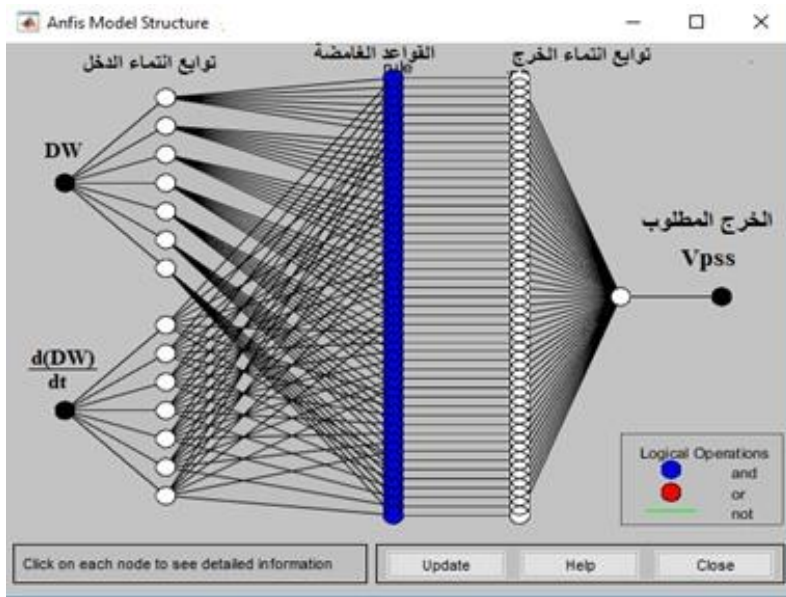
- توليد بيانات الدخل والخرج للنظام باستخدام مصفوفات CPSS الناتجة من محاكاة نموذج المولدة المتوافقة بوجود مثبت استقرار القدرة التقليدي CPSS.

- إنشاء بنية ANFIS مناسب لنموذج المولدة المتواقنة المدروسة
 - تحديد عدد مراحل التدريب ونسبة خطأ التدريب.
 - استخدام أنماط التدريب و الاختبار لتدريب ANFIS حتى يصل أدائه للمستوى المطلوب.
 - التحقق من صحة النموذج.
- في البداية تم محاكاة وتشغيل نموذج CPSS التقليدي الموجود للمولدة المتواقنة في محطة حلب الحرارية وتم تخزين مصفوفاته و المتمثلة بمصفوفات الدخل والخرج الناتجة عن المحاكاة والتي سيتم استخدامها لتدريب نظام ANFIS-PSS وتحوي كل مصفوفة (220557) عينة تدريب في نموذج مولدة حلب الحرارية وذلك لكل دخل من المداخل، تسمى بيانات التدريب و تُحدّد هذه البيانات العلاقة الدقيقة بين الدخل والخرج لـ ANFIS-PSS. ويُستدعى الكود البرمجي الخاص بتوليد مصفوفة التدريب الخاصة بنظام ANFIS في حقل Workspace وذلك بالاعتماد على مصفوفات PSS التقليدية ثم باستخدام تعليمة anfisedit يتم فتح واجهة تصميم ANFIS كما في الشكل (3).



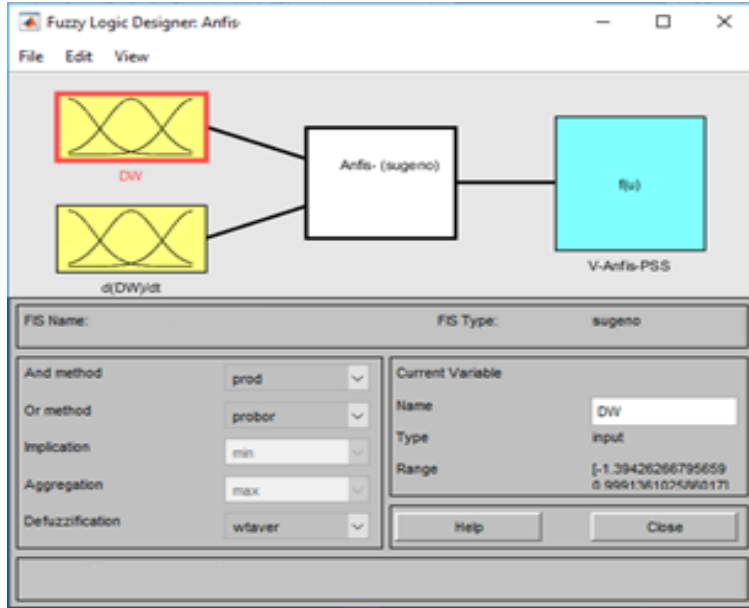
الشكل (3) واجهة تصميم ANFIS

تم تحميل المصفوفة الناتجة عن الكود البرمجي وتم اختيار عدد المداخل إثتان هما: تغيرات سرعة الدوار للمولدة $\Delta\omega$ ومشتق تغيرات السرعة $\frac{d(\Delta\omega)}{dt}$ المتمثلة بالتسارع وتم اختيار خرج واحد وهو V_{pss} جهد متحكم Anfis، كما تم استخدام نموذج FIS من نوع Takagi-Sugeno (T-S) حيث تحوي المداخل سبعة توابع انتماء MFs غاوصية Gaussian لكل دخل التي ينتج عنها 49 قاعدة لغوية تربط توابع انتماء الدخل وفق قاعدة if-then، وهي مطلوبة لتغطية كامل ظروف التشغيل. تُستخدم الشبكات العصبية الصناعية ANN لتكييف توابع الانتماء وتحديد القواعد الغامضة في نموذج FIS. تم الحصول على نموذج Anfis لمولدة واحدة في المحطة المدروسة كما في الشكل (4) ولتدريب Anfis تم اختيار طريقة التقسيم الشبكي Grid partition وخوارزمية الانتشار العكسي backpropagation لتدريب الشبكة العصبونية، و تم اختيار نسبة الخطأ المطلوب (0.005) في نموذج Anfis في محطة حلب الحرارية وعدد مراحل التدريب (3000) مرحلة تدريب .



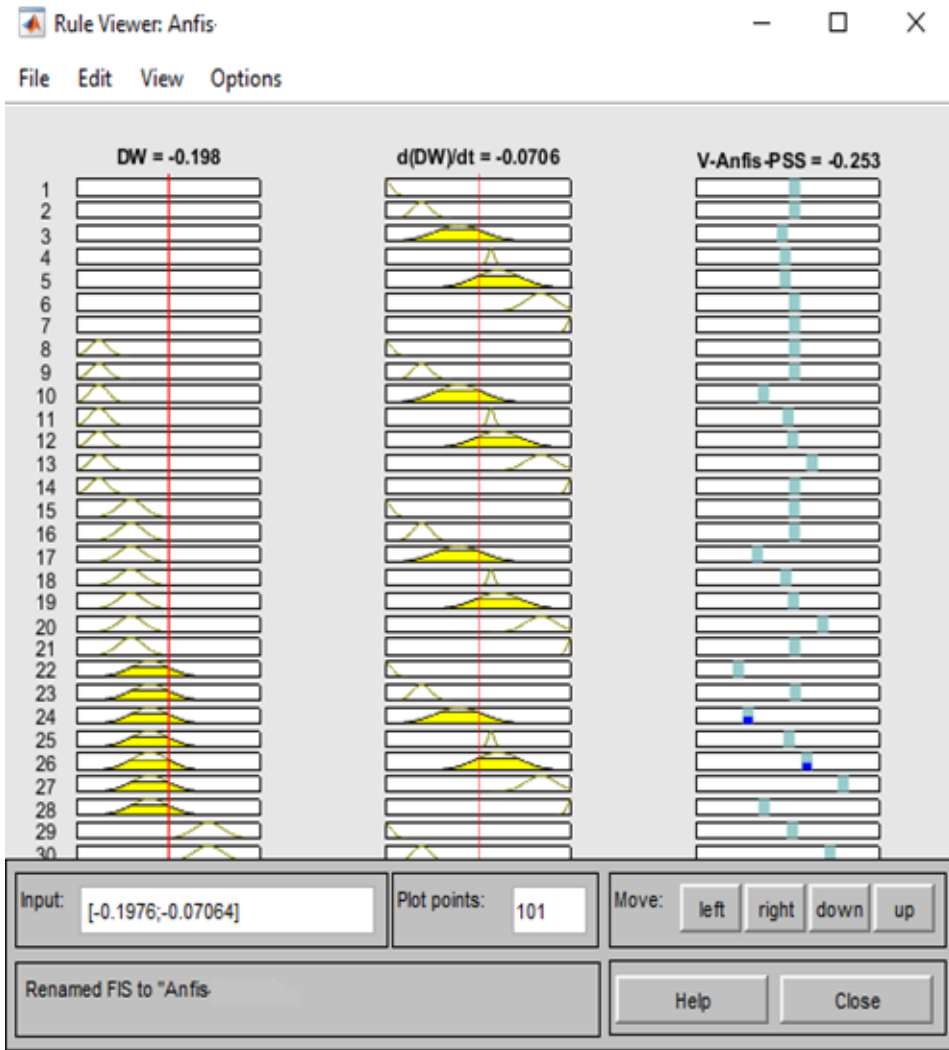
الشكل (4) نموذج Anfis لمولدة واحدة في المحطة المدروسة

تم تشغيل التدريب والاختبار لنموذج Anfis المصمم وبعد انتهاء التدريب والاختبار تم الحصول على نظام مثبت استقرار نظام قدرة كهربائي ANFIS-PSS كما في الشكل:

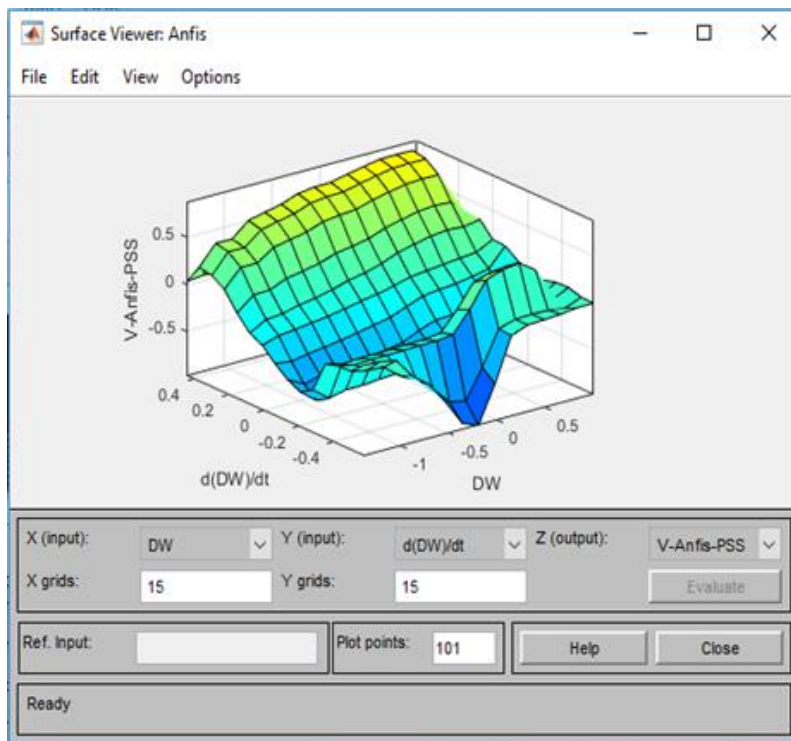


الشكل (5) مثبت استقرار نظام قدرة كهربائي ANFIS-PSS

يوضح الشكل التالي القواعد الغامضة اللغوية التي تربط توابع انتماء الدخيلين للحصول على الخرج المثالي المطلوب الناتج عن تصميم ANFIS-PSS في المحطة المدروسة.

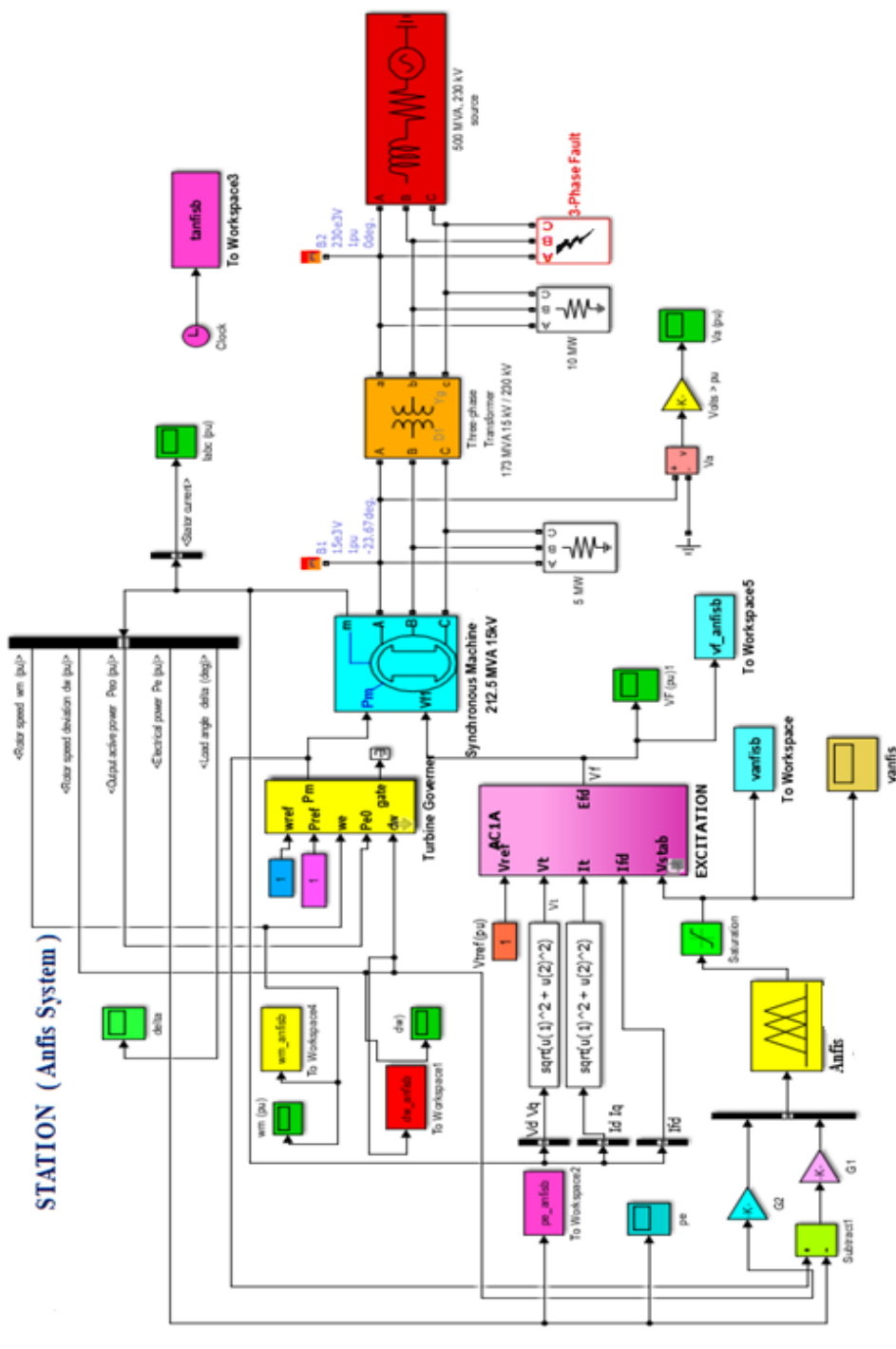


الشكل(6) القواعد الغامضة لنموذج ANFIS-PSS للمولدة المتوائمة في محطة حلب الحرارية
 أما الشكل(7) فيوضح سطوح قواعد المتحكم العصبوني الغامضة لمثبت استقرار القدرة
 المصمم ANFIS-PSS:



الشكل (7) سطوح القواعد الغامضة لنموذج ANFIS-PSS للمولدة المتوافقة المدروسة

بعد الانتهاء من التصميم والتدريب والاختبار والحصول على نموذج مثبت استقرار نظام قدرة عصبوني غامض (ضبابي) ANFIS-PSS، تم استخدامه كمثبت استقرار نظام قدرة بدل من مثبت استقرار القدرة التقليدي. فقد تمت إضافة ANFIS-PSS الخاص بالمولدة المتوافقة في نموذج محطة طلب الحرارية كما في الشكل (8) وتم إجراء المحاكاة والحصول على النتائج ومقارنتها مع نتائج المثبت التقليدي.

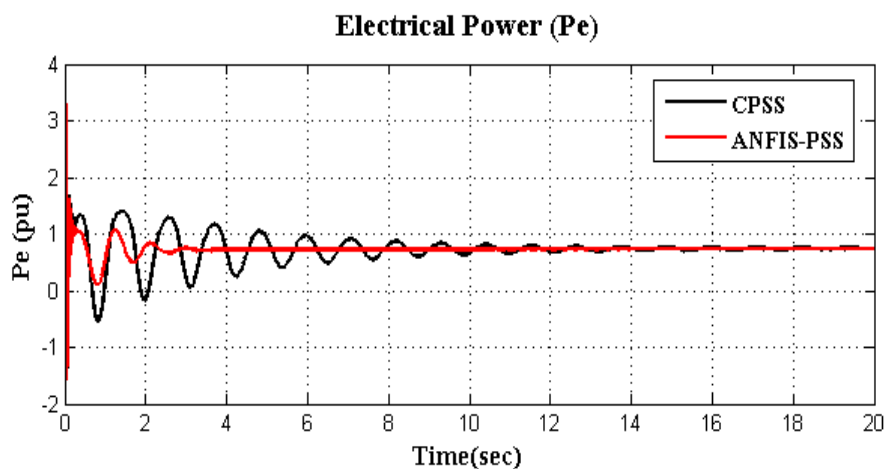


الشكل (8) نموذج ANFIS-PSS للمولدة المتوائفة المدروسة بعد وصله في المحطة

5- نتائج المحاكاة :

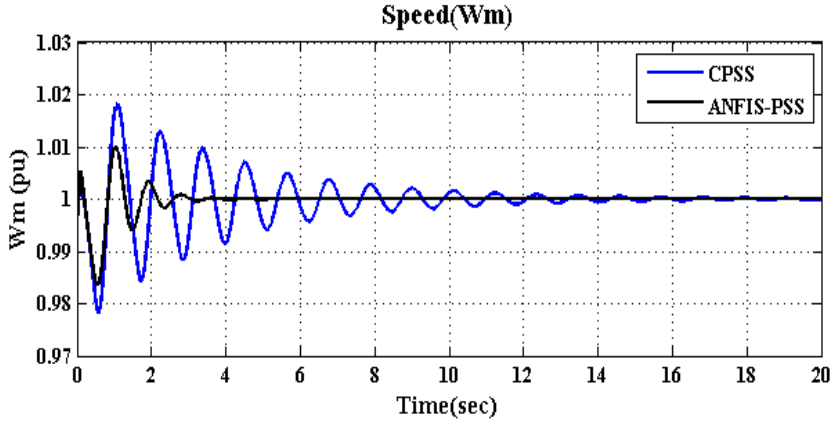
تمت دراسة الاستجابة الديناميكية لكل من السرعة الدورانية والاستطاعة الكهربائية بعد إدخال نموذج ANFIS-PSS المصمم للمولدة المتواقنة في المحطة المدروسة (حلب) الحرارية ومحاكاة هذا النموذج كما تمت مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها مع نتائج محاكاة مثبت استقرار نظام القدرة التقليدي CPSS .

5-1- الاستجابة الديناميكية للاستطاعة الكهربائية (**Pe**) للمولدة المتواقنة المدروسة من أجل PSS التقليدي والذكي التي تم تصميمه في هذا البحث :



الشكل (9) مقارنة الاستجابة الديناميكية للاستطاعة الكهربائية لمثبتات استقرار القدرة

5-2- الاستجابة الديناميكية للسرعة الدورانية (ω_m) للمولدة المتوائمة المدروسة من أجل PSS التقليدي والذكي التي تم تصميمه في هذا البحث:



الشكل (10) مقارنة الاستجابة الديناميكية للسرعة الدورانية لمثبتات استقرار القدرة

نلاحظ من الأشكال السابقة أن مثبت استقرار نظام القدرة الذي تم تصميمه باستخدام نظام الاستنتاج العصبوني الغامض التكيفي ANFIS-PSS يقوم بتحسين الاستجابة الديناميكية الكلية لنظام القدرة لتحقيق النتائج المطلوبة، كما أظهرت نتائج المحاكاة قدرة هذه التقنية الذكية على تخفيف التأرجحات منخفضة التردد وتعزيز الاستقرار الديناميكي لنظام القدرة الكهربائي بشكل أفضل بكثير من مثبت استقرار نظام القدرة التقليدي، وبينت النتائج أن ANFIS-PSS جيد من حيث الموثوقية والوصول إلى الاستقرار وتخميند تأرجحات الحالات العابرة لكل الظواهر الكهرومغناطيسية والظواهر الكهروميكانيكية ولمجال واسع من ظروف التشغيل المختلفة بشكل أفضل من غيره من مثبتات استقرار القدرة المقترحة في بعض الدراسات المرجعية.

6- مقارنة نتائج المحاكاة ومناقشتها:

بالمقارنة بين المنحنيات الموجودة في الشكل (9) نجد أن زمن استقرار تأرجحات الاستطاعة الكهربائية للمولدة المتوافقة في المحطة المدروسة بوجود مثبت استقرار القدرة ANFIS-PSS و CPSS التقليدي يُعطى وفق الجدول التالي:

الجدول (1) الاستجابة الديناميكية و تأرجحات الاستطاعة الفعلية (P_e)

زمن الاستقرار (sec)	
20<	مع (PSS) التقليدي
2.5	مع (ANFIS-PSS)

تُظهر مقارنة النتائج من الجدول السابق (1) والمنحنيات المرافقة له أن مثبت استقرار القدرة العصبوني الغامض التكيفي (ANFIS-PSS) استغرق زمناً أقل من الزمن الذي استغرقه مثبت استقرار نظام القدرة الكهربائية التقليدي CPSS للوصول إلى حد الاستقرار بالنسبة لتأرجحات الاستطاعة الكهربائية، كما أن مطال التأرجحات أثناء الحالة العابرة خلال الفترة الزمنية (0.1-0.001) ثانية وما بعدها قد نقصت بشكل كبير عند استخدام (ANFIS-PSS) مقارنة مع CPSS التقليدي.

أيضاً بالمقارنة بين المنحنيات في الشكل (10) نجد أن زمن استقرار تأرجحات السرعة الدورانية للمولدة المتوافقة في المحطة المدروسة بوجود مثبت استقرار القدرة ANFIS-PSS و PSS التقليدي يُوضح وفق الجدول التالي:

الجدول (2) الاستجابة الديناميكية و تأرجحات السرعة الدورانية (ω_m)

زمن الاستقرار (sec)	
20<	مع (PSS)
3	مع (ANFIS-PSS)

كذلك تُظهر مقارنة النتائج من الجدول السابق (2) و المنحنيات المرافقة له أن مثبت استقرار القدرة العصبوني الغامض (ANFIS-PSS) استغرق زمناً أقل من الزمن الذي استغرقه مثبت استقرار نظام القدرة الكهربائية التقليدي CPSS للوصول إلى حد الاستقرار بالنسبة لتأرجحات السرعة الدورانية، كما أن مطال التآرجحات أثناء الحالة العابرة خلال الفترة الزمنية (0.1-10) ثانية وما بعدها قد نقصت بشكل كبير عند استخدام ANFIS-PSS (PSS) مقارنة مع CPSS التقليدي وهذا يدل على أن مثبت استقرار القدرة العصبوني الغامض التكيفي فعال في تخميد تأرجحات الظواهر الكهروميكانيكية التي قد تحدث للمولدات أثناء الحالات العابرة والحالات تحت العابرة .

7- مقارنة نتائج البحث مع الدراسات المرجعية:

الجدول(3) مقارنة نتائج البحث مع نتائج بعض الدراسات المرجعية

زمن استقرار تأرجحات السرعة الدورانية (ω_m)	زمن استقرار تأرجحات الإستطاعة الفعلية (P_e)	
12 sec	8.5 sec	المرجع [2]
10 sec	6 sec	المرجع [3]
3 sec	2.5 sec	نتائج البحث

8- الخلاصة:

إن كافة مثبتات استقرار أنظمة القدرة التقليدية (CPSS) تأخذ قيم ثابتة لا تتغير خلال الحالات العابرة وال فوق عابرة وخلال الحالة المستقرة وهذا يؤثر سلباً على أداء نظام التهيج ويؤثر سلباً على استقرار المولدات المتواقتة، إذ من المفترض أن (CPSS) يجب أن يُغير قيم ثوابته زيادة أو نقصاناً تبعاً لتغير الحالة الفوق عابرة والحالة العابرة ثم يأخذ القيمة الصفرية في الحالة الثابتة بعد استقرار النظام حتى لا يؤثر على عمل منظمات الجهد خلال الحالة المستقرة والثابتة لنظام القدرة. ولتلافي هذه المشكلة تم تصميم مثبت استقرار نظام القدرة التكيفي العصبوني الضبابي (ANFIS-PSS) بحيث أنه يُغير من قيمته ويتغير جهد الخرج لهذا المثبت تبعاً لتغير الحالة الفوق عابرة والحالة العابرة ثم يأخذ القيمة الصفرية بعد استقرار المولدة المتواقتة وإزالة العطل والإضطراب واستقرار نظام القدرة بزمن قليل. وهذا يدل على فعالية مثبت استقرار نظام القدرة العصبوني الغامض ANFIS-PSS في تخميد تأرجحات الظواهر الكهرومغناطيسية والكهروميكانيكية التي قد تحدث للمولدات أثناء الحالات العابرة والحالات فوق العابرة وسرعة استجابته لتغيرات الجهود الحاصلة نتيجة الحالات العابرة الناتجة عن الأعطال ثلاثية الطور.

المراجع References

- [1] B.BAYATI CHALOSHTORI, S.HOGHOUGHI ISFAHANI, A.KARGAR, N.R.ABJADI, 2011- **Power System Stabilizer (PSS) Design Using ANFIS Algorithm and Comparing the Results with conventional and fuzzy PSS**, J. Basic. Appl. Sci. Res., 1(10)1458-1469, ISSN 2090-424X.
- [2] ARUN KUMAR SAHU ET AL, 2017- **Stability Enhancement of Power System using Fuzzy Logic Based Power System Stabilizer/** ISSN (Online): 2348-4098.
- [3] WIDI ARIBOWO, 2018 - **Tuning for Power System Stabilizer Using Distributed Time-Delay Neural Network**, Sinergi, Vol. 22, No.3, October, 2018 :205 – 210.
- [4] MAYSOON ELTAYEB ABD AL WAHAB ABD ALLA, 2014 - **Design and Analysis of Power System Stabilizer Using Neuro-Fuzzy Controller**, Sudan University Of Science And Technology College Of Graduate Studies, M.Sc. thesis.
- [5] MR. IBRAHIM F JASIM (LECTURING ASSISTANT),2010 - **Fuzzy Neural Design of Power Systems Stabilizers**, Journal of Kerbala University , Vol. 8 No.1 Scientific .
- [6] DURAISWAMY MURALI, MARIMUTHU RAJARAM,2013 - **Comparison Of Damping Performance Of Conventional And Neuro-Fuzzy Based Power System Stabilizers Applied In Multi-Machine Power Systems**, Journal of Electrical Engineering, vol. 64, no. 6, 2013, 366–370.
- [7] AK SWAGAT RANJAN SWAIN.2012 - **Design of Power System Stabilizer**. PhD thesis, National Institute of Technology, Rourkela, 2012.
- [8] MF OTHMAN, IQ MAHFOUF. AND DA LINKERIS, 2012 - **Designing power system stabilizer for niultimacliine power system using neuro-fuzzy algorithm**. jurnal Teknologi. 35(1):55-64.
- [9] B. GIRIDHARAN, DR. P. RENUGA, 2014 - **Design of Power System Stabilizer using Intelligent Controller**, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), ISSN: 2278-0181, Vol. 3 Issue 3, March.