التحكم في تردد الحمل لمنظومة قوى متعددة التوليد

بحث تكميلي لنيل درجة البكالوريوس مرتبة الشرف في الهندسة الكهربائية

إعداد الطلاب :

عمار سليمان خضر باشري
مرتضى بكري حسن عبيد
مصطفى بابكر محمد الشيخ
مصعب محمد احمد الطيب

إشراف :

د/ صديق عبد الرحمن

قسم الهندسة الكهربائية
كلية الهندسة

جامعة الشيخ عبدالله البدري

يناير 2021م

الآيـة

بسم الله الرحمن الرحيم

قَالَ تَعَالَى: (وَهُوَ الَّذِي أَنشَأَ جَنَّاتٍ مَّعْرُوشَاتٍ وَغَيْرَ مَعْرُوشَاتٍ وَالنَّخْلَ وَالزَّرْعَ مُخْتَلِفَاً أُكُلُهُ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُتَشَابِهَاً وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ كُلُوا مِن ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَءَآتُوا حَقَّهُ يَوْمَ حَصَادِه وَلَا تُسْرِفُوا إِنَّه لاَ يُحِبُ الَمُسْرِفِينَ)

الأنعام الآية (141)

الشكر والعرفان

الشكر أولاً لله تعالي ومن قبل ومن بعد أن هيأ لنا من أمرنا رشدا إنه نعم المولي ونعم النصير ،،، نتقدم بأسمى آيات الشكر والعرفان لأولئك الذين بذلوا معنا جهدهم لتسهيل المصاعب التي اعترضت طريقنا في سبيل إخراج هذا البحث بهذه الصورة ونخص بالشكر ،،،

دكتور / صديق عبدالرحمن

الذي كانت بصماته واضحة لإنجاز هذا البحث و الذي ساعدنا بكل صبر وحكمة في هذا المشروع بتوجيهاته وإشرافه حتى خرج بهذه الصورة الرائعة،،،

والشكر موصول لكل الأساتذة الأجلاء بقسم الهندسة ،،،

والي كل من كان لنا سند وعون في إخراج هذا البحث ،،،

الإهداء

إلي من غمرونا بالحنان وأبعدوا عنا قسوة الزمان إلي من منحونا قلوبهم

إلي واحتنا التي نستظل بها من هجر الزمان

أمهاتنا الحبيبات

إلي من سعوا وشقوا لننعم بالراحة والهناء الذين لم يبخلوا من اجل دفعنا النجاح

الذين علمونا أن نرتقي سلم الحياة بحكمة وصبر

آبائنا الأفاضل

إلي من حبهم يجري في عروقنا ويلهوج بذكراهم

إخواننا الأعزاء

إلي من علمونا حروفاً من ذهب وكلمات من درر

أساتذتنا الأجلاء

المستخلص

التغيرات التي تحدث في التردد يتم التحكم بها عن طريقة انظمة اتمتة التوليد والذي ينقسم الى التحكم في التردد المتأثر بالحمل والتحكم في جهد الخط.

في هذا البحث تمت دراسة دائرتي التحكم في التردد المتأثر بالحمل على نظام القدرة متعددة المناطق تحديداً ثنائي المنطقة . تم بإستخدام برنامج MATLAP SIMLENK لعمل محاكاة النظام ثنائي المنطقة . في نظام القدرة ثنائي المنطقة تمت دراسة وظائف التحكم بأستخدام متحكمة وحدة المنطق الضبابي لتنفيذ استقرار موثوق ومراقب .

Abstract

Changes in frequency are controlled by the method of obstetric automation systems, which is divided into control of the frequency affected by load and control of the voltage of the line.

In this research, the two control circuits affected by the load were studied on the multi-zone power system in two-zone. The MATLAP SIMLENK program was used to simulate the two-zone system. In the dual-zone power system, used the fuzzy logic unit the control functions have been studied to perform reliable and controlled stability.

فهرس المحتويات

الرقم	المحتويات	رقم الصفحة
-	الآية	I
-	شكر وعرفان	II
-	الإهداء	III
-	المستخلص	IV
-	Abstract	V
-	الفهرس	VI
-	فهرس الأشكال	IX
-	فهرس الجداول	X
-	قائمة المصطلحات	X
الفصل الأول : المقدمة		
1-1	تمهيد	1
2-1	مشكلة البحث	1
3-1	أهداف البحث	1
4-1	منهجية البحث	1
5-1	بنية البحث	2

الفصل الثاني : الإطار النظري		
1-2	التحكم فى التوليد التلقائي	3
2-2	التحكم التلقائي فى نظام طاقة متعددة المناطق	3
3-2	خطأ التحكم في المنطقة	7
4-2	وحدة تحكم المنطق الضبابي	8
الفصل الثالث:إستقرارية نظام الطاقة		
1-3	تمهيد	15
2-3	أنواع الإستقرارية	16
1-2-3	اسقرارية زاوية العضو الدوار	17
1-1-2-3	التحكم في زاوية العضو الدوار	18
2-2-3	إستقرارية التردد	18
1-2-2-3	المجالات التي يتغير فيها التردد	19
2-2-2-3	مراحل التحكم فى التردد	20
3-2-3	استقرارية الجهد	21
1-3-2-3	أنواع إستقرارية الجهد	22
2-3-2-3	طرق تحسين استقرار الجهد فى الشبكات	22
الفصل الرابع:النموذج االرياضي		
1-4	تمهيد	24
2-4	نموذج المولد	24
3-4	نموذج التحميل	26
4-4	نموذج المحرك الرئيسي	27
5-4	نموزج الحاكم	27

الفصل الخامس: النتائج والمناقشة		
1-5	تمهيد	31
2-5	تصميم الدائرة	31
3-5	النتائج والمناقشة	32
الفصل السادس: الخاتمة والتوصيات والمراجع		
1-6	الخاتمة	33
2-6	التوصيات	33
3-6	المراجع	34

فهرس الأشكال

رقم الشكل	أسم الشكل	رقم الصفحة
(1-2)	شبكة مكافئة لنظام طاقة من منطقتين	4
(2-2)	مخطط ابتدائي لنظام ثنائي المنطقة	7
(3-2)	مخطط كتلة AGC لنظام المنطقتين	8
(4-2)	نظام الإستدلال الضبابي FLC	10
(5-2)	وظيفة العضوية لمتغير المدخلات ACE	11
(6-2)	دالة العضوية لمتغير المدخلات DACE	12
(7-2)	وظيفة عضوية الإخراج	13
(8-2)	عرض السطح	14
(1-3)	حدوث اضطراب في المنظومة	15
(2-3)	أنواع الاستقرارية	16
(3-3)	علاقة التوليد والاحمال والتردد	19
(4-3)	المجالات التي يتغيرفيها التردد	19
(1-4)	السرعة ومخطط كتلة الطاقة الميكانيكية	25
(2-4)	مخطط كتلة المولد	26
(3-4)	مخطط كتلة المولد والحمل	26
(4-4)	مخطط كتلة المحرك الرئيسي	27
(5-4)	رسم تخطيطي لنظام التحكم في السرعة	28
(6-4)	رسم تخطيطي لنظام طاقة معزول	28
(1-5)	نظام طاقة منطقتين بواسطة FLC	31
(2-5)	إنحراف التردد لنظام المنطقتين بالمنطق الضبابي	32

فهرس الجداول

رقم الجدول	أسم الجدول	رقم الصفحة
(2-1)	قواعد المنطق الضبابي	9
(1-5)	مقارنة نتائج وحدة تحكم المنطق الضبابي لمنطقتين	32

قائمة الإختصارات

المصطلح عربي	المصطلح انجليزي	الاختصار
التحكم التلقائي في التوليد	Automatic Generation Control	AGC
التحكم في تردد التحميل	Load Frequency Control	LFC
متحكمة المنطق الضبابي	Fuzzy Logic Controller	FLC
اكثر سالبية	Negative Large	NL
متوسط السالبية	Negative Medium	NM
اقل سالبية	Negative Small	NS
الصفر	Zero	Z
اقل ايجابية	Positive Small	PS
متوسط الايجابية	Positive Medium	PM
اعلى ايجابية	Positive large	PL
مشتق من خطأ التحكم في المنطقة	Derivative of Area Control Error	DACE
خطأ التحكم في المنطقة	Area Control Error	ACE

الفصل الأول

المقدمة

الفصل الأول

المقدمة

1-1 تمهيد

إستقرار نظام الطاقة هو الخاصية التي تمكن نظام الطاقة من البقاء في حال التشغيل والتوازن في ظل ظروف التشغيل العادية أوإستعادة حالة توازن مقبولة بعد تعرضه للاضطراب .

الإضطرابات تعتبر طويلة الأجل او قصيرة الأجل وتحدث كتغيرات في القوة الحقيقة التي توثر بشكل رئيسي في تردد النظام أو في القدرة التفاعلية التي توثر بشكل اساسي علي الجهد .

التردد هو عامل مهم في نظام الطاقة ويجب أن يظل ضمن الحد الثابت أي 50 هيرتز للأسباب التالية :

1- تتناسب أحمال محرك التيار المتناوب ثلاثي الطور بشكل مباشر مع التردد وبالتالي قد يتغير التردد وبذلك تؤثر في الاداء .

2- يمكن ان تؤدي الاختلافات في التردد الي إتلاف ريش التوربين منذ تصنيعها التي تعمل بسرعة ثابتة .

3- يتم تشغيل الساعات الكهربائية بواسطة محركات متزامنة تعتمد علي التردد .

4- في محطات توليد الطاقة الحرارية تؤدي الإنحرافات في التردد الى تقليل التوليد وهي تراكمية ويمكن ان يؤدي التأثير الي إغلاق محطات الطاقة

2-1 مشكلة البحث

1- زيادة الطلب على الحمولة في اي منطقة تعمل بأقصي طاقتها تسبب بعض المشاكل في محطات التوليد وإنخفاض تردد التشغيل الإسمي .

2- خروج بعض الأحمال بصورة مفاجئة يؤدي إلي زيادة التردد وبالتالي يؤثرعلي إستقرار المنظومة .

3-1 أهداف البحث

دراسة وتصميم متحكمة للتحكم في التغيرات التي تظهر في تردد النظام كلما حدث تغيير في الحمل .

4-1 منهجية البحث

إستنادا على الرسالات العلمية والدراسات السابقة والمراجع وباستخدام برنامج MATLAP SIMULINK تم تصميم دائرة محاكاة عن طريق متحكمة المنطق الضبابي Fuzzy Logic للتحكم في المتغيرات التي تحدث للتردد نتيجة تغير في الحمل.

5-1 بنية البحث

يحتوي الفصل الأول على مقدمة عامة للمشروع وأهداف ومشكلة ومنهجية وبنية البحث. الفصل الثاني يتضمن الإطار النظري والتحكم في التوليد التلقائي ووحدة التحكم في المنطق الضبابي .الفصل الثالث يحتوي على إستقرارية نظام الطاقة.الفصل الرابع يتطرق الى النموذج الرياضي.الفصل الخامس يحتوي على النمذجة والمحاكاة والنتائج ومناقشتها . الفصل السادس يحتوي على الخلاصة والتوصيات والمراجع.

الفصل الثاني

الإطار النظري

الفصل الثاني

الإطار النظري

2-1 التحكم فى التوليد التلقائي

الأهداف الأساسية للتحكم الألي فى التوليد:

1- تنظيم التردد الى القيمة الأسمية المحددة حيث أن التغير فى الحمل سيؤدي الى انحرأف التردد ، ويتم ذلك عن طريق ضبط نقطة الضبط المرجعية للحمل من خلال المحرك الرئيسي .

2- لتقليل تكاليف التشغيل و توزيع التغيير المطلوب فى التوليد بين الوحدات .

3- للمحافظة على قوة التبادل بين مناطق التحكم فى القيم المجدولة عن طريق ضبط خرج المولدات المختارة ويعرف هذا بالتحكم فى تردد التحميل .

هنالك نوعان من الإجراءات التى يقوم بها التحكم التلقائي:

1-التحكم الأساسي أو الحلقة الاولية :

هي التى تقوم بضبط إنحراف التردد بسبب تغيير الحمل ولها بعض العيوب مثل الإزاحة فى خطأ الحالة المستقرة ويسبب إنخفاض فى التردد بحوالي 3 هيرتز، من الصفر الى الحمل .

2-الحلقة الثانية :

هي التى تزيل الإزاحة في خطأ التردد و خطأ الحالة المستقرة وتستعيد نقطة ضبط النظام .

2-2 التحكم التلقائي فى نظام طاقة متعدد المناطق

ترتبط محطات الطاقة المتجاورة مع بعضها البعض بخطوط نقل تسمي خطوط الربط ، الهدف منها الشراء و البيع للطاقة مع الأنظمة المتجاورة والتى تجعل تكاليف التشغيل لهذه المعاملات مربحة وتستخدم أيضا اذا تعرض أحد الأنظمة لفقدان مفأجي في وحدة التوليد فإن الوحدات من خلال كل توصيل بيني سوف تشهد تغيير فى التردد ويمكن أن تساعد فى إستعادة التردد .

يتم توزيع شبكات الطاقة عن طريق خطوط ربط في مناطق منتظمة ، والمولدات مطلوبة للحفاظ على التزامن مع خطوط الربط والمناطق المتصلة .

مزايا نظام الطاقة المتعدد:

1- الموثوقية

2- الإستغلال الأمثل للطاقة

3- إستمرارية التوليد

يكون في الإعتبار أن منطقتين يتم تمثيلهما بواسطة وحدة توليد مكافئة مترابطة بواسطة خط تعادل ويتم تمثيل كل منطقة بمصدر جهد خلف ما يعادلها كما في الشكل (2-1).

أثناء التشغيل العادي تعطى الطاقة الحقيقية المنقولة عبر خط الربط من خلال المعادلة(2-1):

$$P_{12} = \frac{|E_1||E_2|}{X_{12}} sin\delta_{12} \qquad \textbf{(1-2)}$$

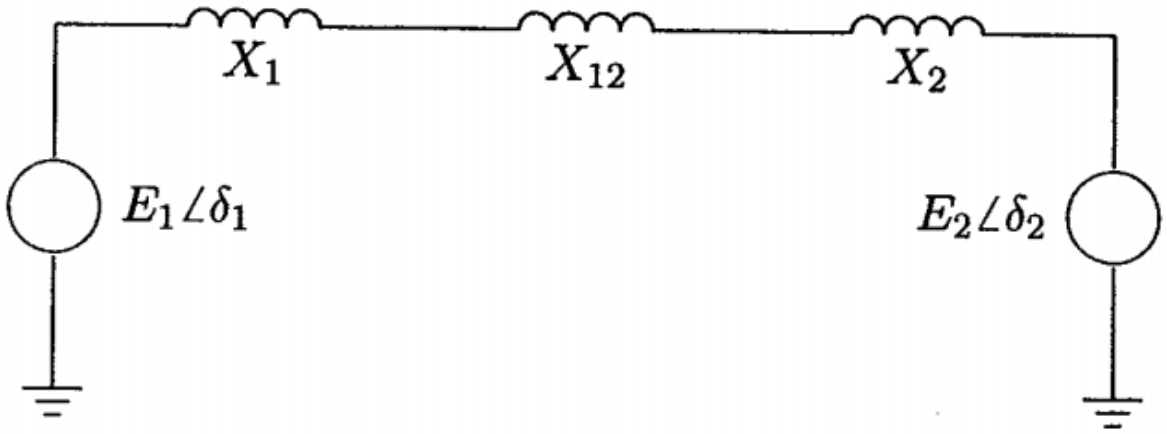
حيث أن:

P12 = الطاقة المتبادلة من المنطقة 1باتجاه المنطقة 2 عبر خط الربط

X12 =مفاعلة خط التعادل

δ1, δ2 = زاويتا القدرة لجهدي النهاية

δ12 = δ1 - δ2



الشكل(2-1) شبكة مكافئة لنظام طاقة من منطقتين

عند إنحراف بسيط في تدفق خط الربط عن القيمة الإسمية لدينا:

$$P_s = \left.\frac{dP_{12}}{d\delta_{12}}\right|_{\delta 12_0} = \frac{|E_1||E_2|}{X_{12}} \cos \Delta\delta_{12_0} \qquad (2\text{-}2)$$

ثم تؤخذ قوة خط ربط التعادل بالمعادلة (2-3) :

$$\Delta P_{12} = P_s(\Delta\delta_1 - \Delta\delta_2) \tag{3-2}$$

إفترض أن لدينا نظام منطقتين وضع في إعتبارك تغيير الحمل في المنطقة 1، سيكون لكلا المنطقتين إنحراف في تردد الحالة المستقرة. تمثيل الرسم التخطيطي لنظام منطقتين يحتوي تردد الحمل LFC الحلقة الاولية فقط في الشكل (2-2) .

في حالة التشغيل العادية :

$$\Delta\omega = \Delta\omega_1 = \Delta\omega_2 \tag{4-2}$$

و

$$\begin{aligned} \Delta P_{m1} - \Delta P_{12} - \Delta P_{L1} &= \Delta\omega D_1 \\ \Delta P_{m2} + \Delta P_{12} &= \Delta\omega D_2 \end{aligned} \tag{5-2}$$

يتم تحدد التغير في القوة الميكانيكية بواسطة :

$$\begin{aligned} \Delta P_{m1} &= \frac{-\Delta\omega}{R_1} \\ \Delta P_{m2} &= \frac{-\Delta\omega}{R_2} \end{aligned} \tag{6-2}$$

بتعويض المعادلة (2-6) في المعادلة (2-5) وجدنا :

$$\Delta\omega = \frac{-\Delta P_{L1}}{(\frac{1}{R_1} + D_1) + (\frac{1}{R_2} + D_2)}$$
$$= \frac{-\Delta P_{L1}}{B_1 + B2}$$

(7-2)

حيث:

$$B_1 = \frac{1}{R_1} + D_1$$
$$B_2 = \frac{1}{R_2} + D_2$$

(8-2)

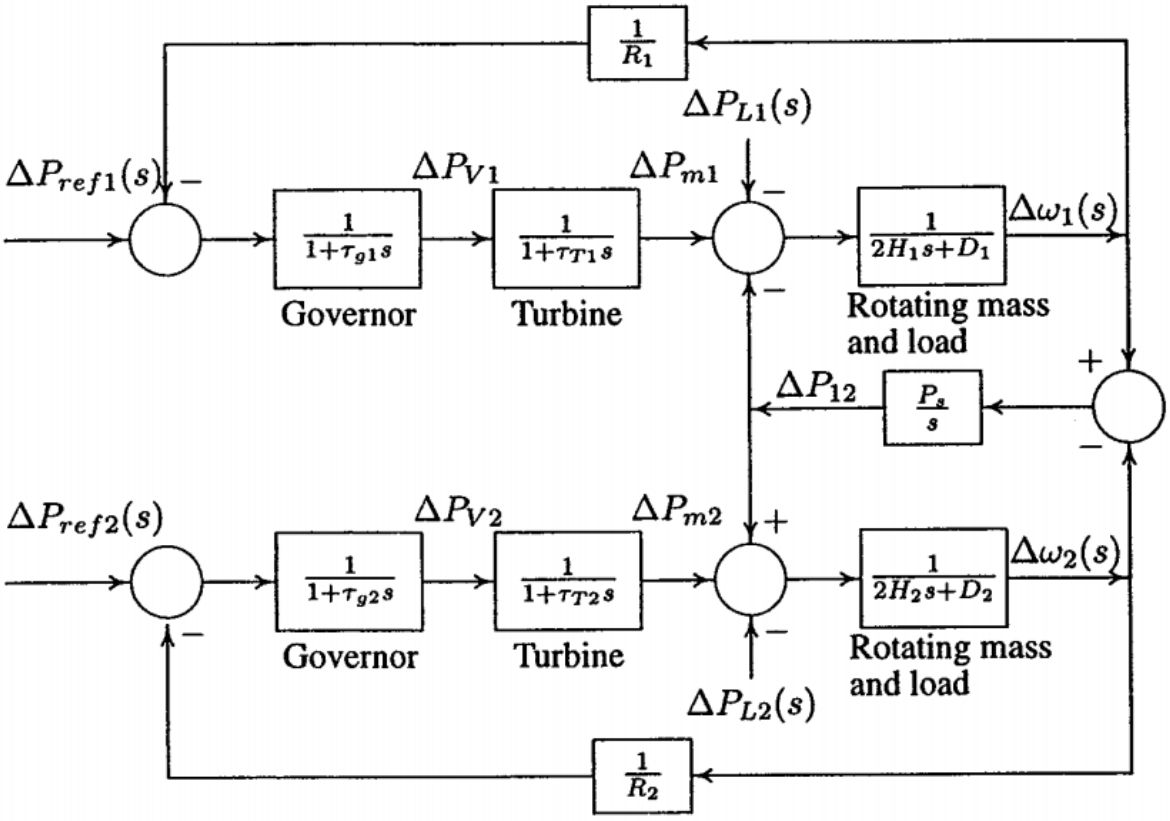
حيث:

B1,B2 = معاملان تحييز التردد

يتم الحصول على التغيير في قوة خط الربط من خلال :

$$\Delta P_{12} = -\frac{(\frac{1}{R_2} + D_2)\Delta P_{L1}}{(\frac{1}{R_1} + D_1)(\frac{1}{R_2} + D_2)}$$
$$= \frac{B_2}{B_1 + B_2}(-\Delta P_{L1})$$

(9-2)



الشكل (2-2) مخطط إبتدائي لنظام ثنائي المنطقة

3-2 خطأ التحكم في المنطقة

يجب تلبية تغيير الطاقة في المنطقة 1 من خلال زيادة التوليد في كلا المجالين وخفض التردد.

إستراتيجية التحكم البسيطة في الحالة العادية هي:

1- يحتفظ بالتردد عند القيمة الإسمية تقريبا

2- حافظ على تدفق الخط في موعده المحدد

3- كل منطقة يجب أن تمتصها هي تغيير الحمل الخاص بها.

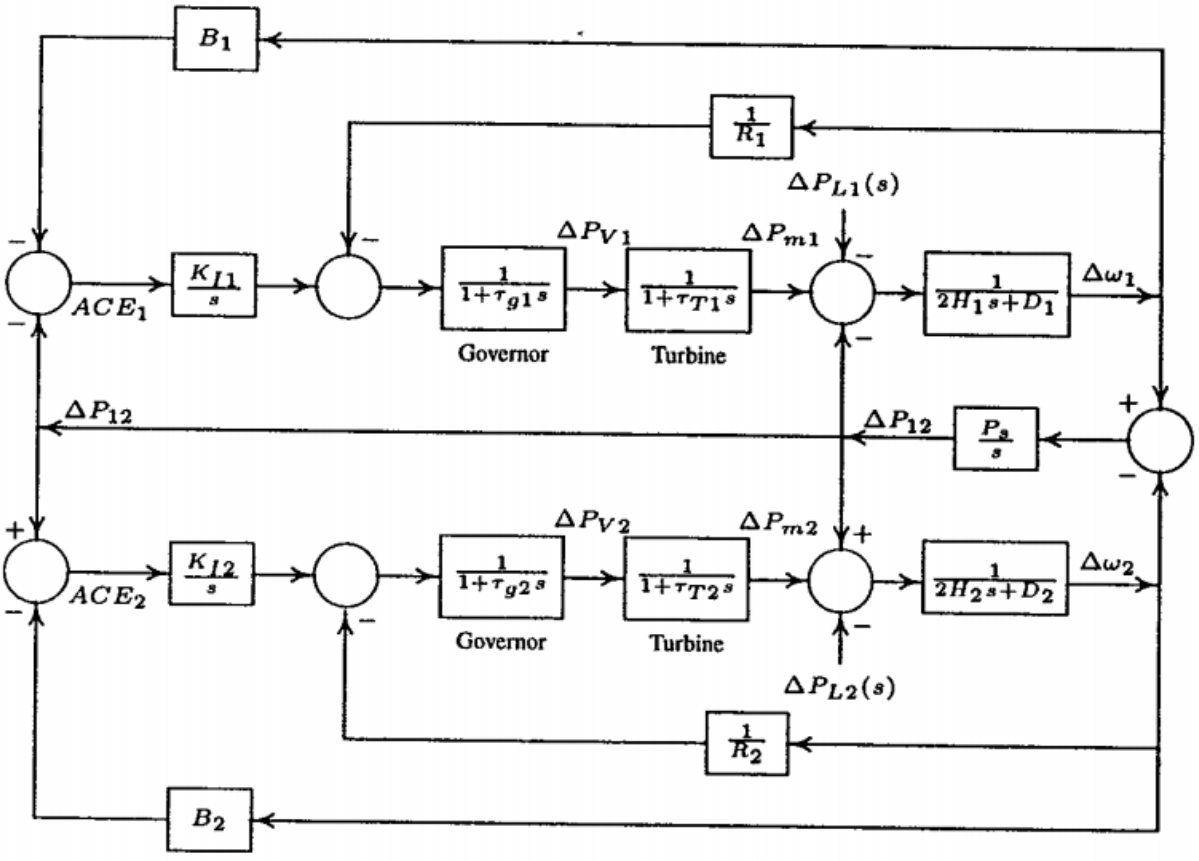
في نظام من منطقتين تميل كل منطقة الى تقليل خطأ التحكم في المنطقة ACE الى الصفر، يتم اعطاء خطأ التحكم ACE بواسطة هذه المعادلة:

$$\mathrm{ACE}_i = \sum_{j=1}^{n} \Delta P_{ij} + K_i \, \Delta\omega \qquad (10\text{-}2)$$

هوإنحياز المنطقة الذي يحدد مقدار التفاعل أثناء الإضطراب في المناطق المتجاورة. يتم KI حيث ACEs مساوي لمعامل تحيز التردد في تلك المنطقة وتكون ki تحقيق الأداء المرضي عندما يتم إختبار المنطقتين:

$$\mathrm{ACE}_i = \sum_{j=1}^{n} \Delta P_{ij} + K_i \Delta\omega \tag{11-2}$$

يجب إختيار ثابت مكاسب المكامل صغيرا جدا بدرجة كافية حتى لا تتسبب في دخول المنطقة في وضع المطاردة. يوضح الشكل (2-3) مخطط كتلة AGC البسيط لنظام منطقتين.



الشكل (2-3) مخطط كتلة AGC لنظام المنطقتين.

4-2 وحدة تحكم المنطق الضبابي

هو نظام تحكم يعتمد علي المنطق الضبابي ، وهو نظام رياضي يحلل قيم الإدخال التناظرية من التحكم في تردد التحميل FLC حيث المتغيرات المنطقية التي تأخذ قيما مستمرة بين 0 و1 علي عكس المنطق الكلاسيكي أو

الرقمي ، والتي تعمل علي قيم منفصلة إما 0 أو 1 في السنوات الأخيرة ، تم إستخدام أدوات التحكم المنطقية الضبابية علي نطاق واسع للعمليات الصناعية نظرا لطبيعتها التجريبية المرتبطة بالبساطة والفاعلية لكل من الأنظمة الخطية وغير الخطية في أنظمة الطاقة ، تم تصميم وحدات التحكم المبهمة لتقليل التقلبات في إستجابة النظام نظرا لأنها تنتج إستجابة ديناميكية أفضل .

عندما يتم تحديد سياسة التحكم المبنية علي المنطق الضبابي يتم عمل الإفتراضات التالية:

يتم إستخدام ACE ومشتقاته (DACE) كمدخلات لوحدة المنطق الضبابي وإخراجها هو عنصر التحكم .

وأستخدمت سبعة متغيرات لغوية مأخوذة NLوNMوNS وZ وPS وPM وPL .

كل متغير لغوي له وظيفة عضوية غامضة ، والقواعد المستندة إلى المعرفة محددة وتستند إلى ذلك الغامض.

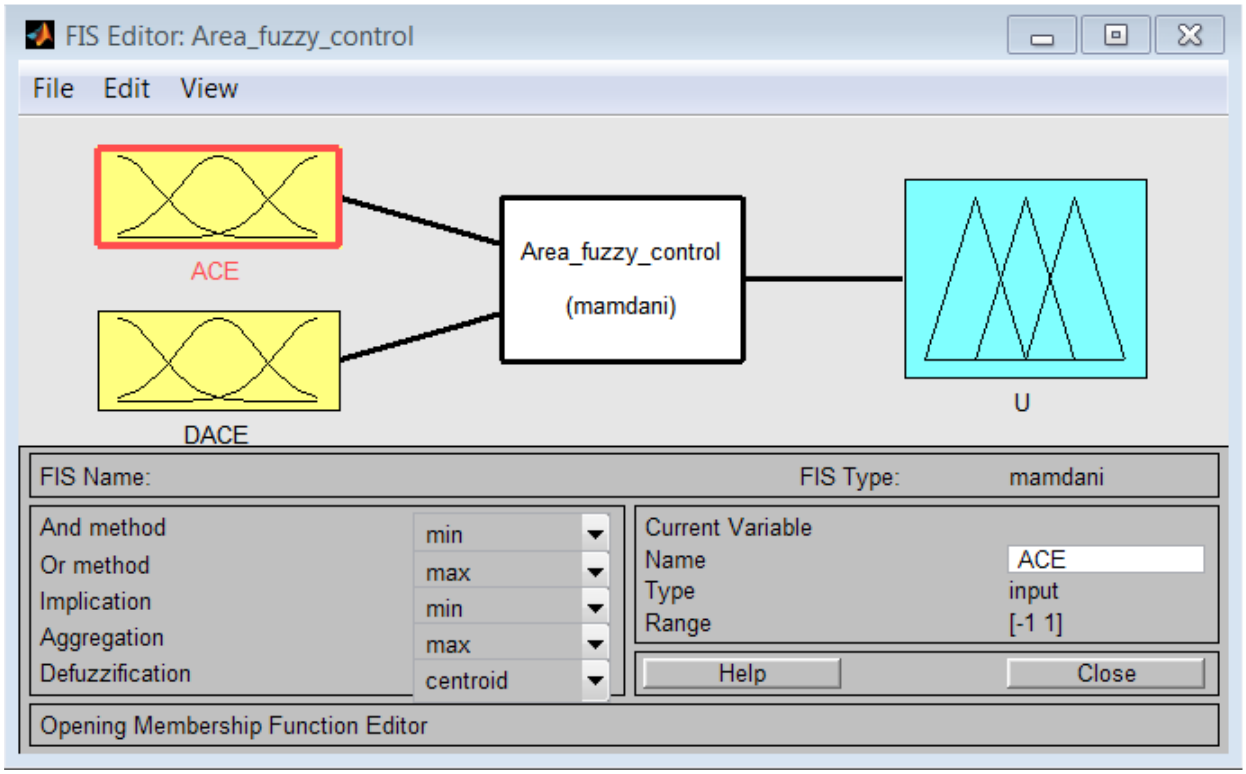
1. يتم تشكيل مجموعة القواعد كما هو موضح في الجدول(1-2):

جدول (1-2) قواعد المنطق الضبابي

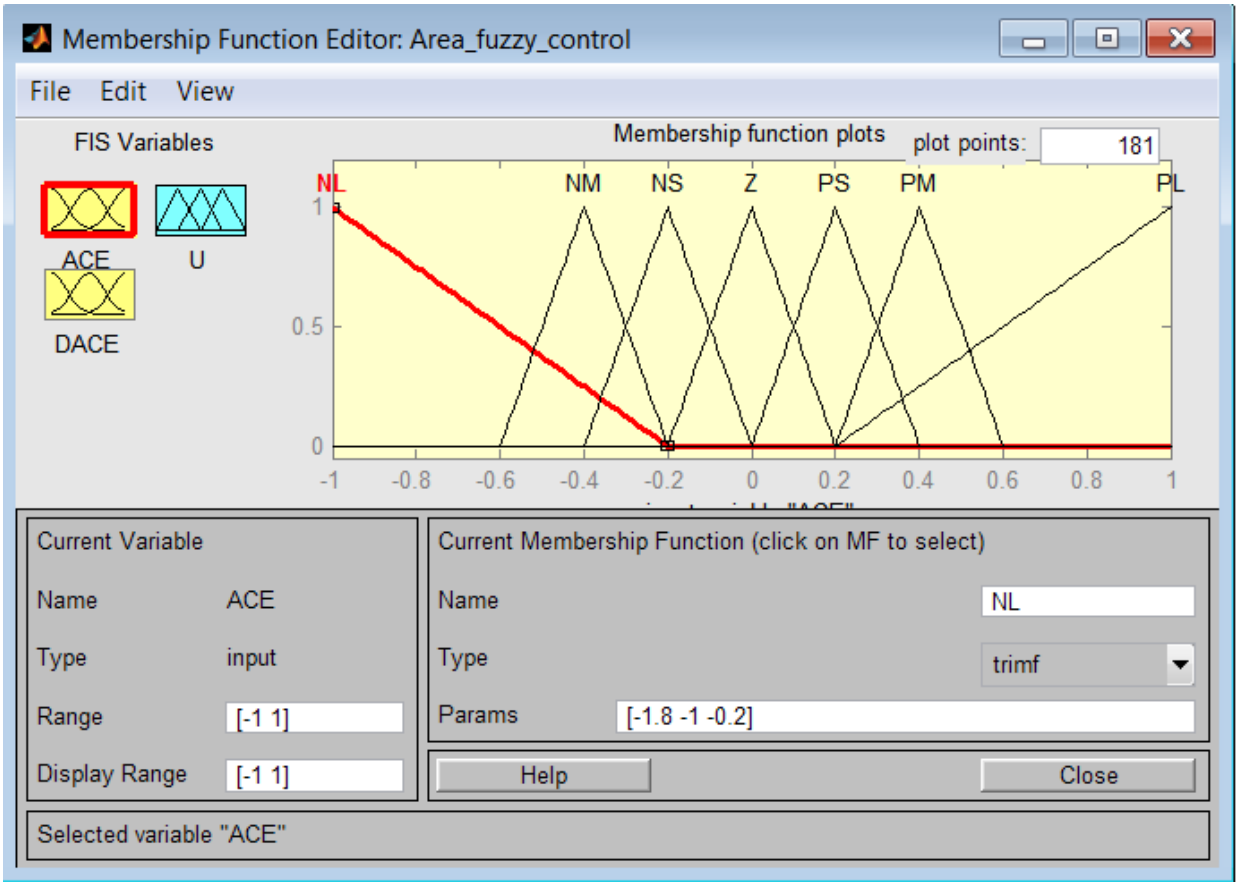
ACE/ DACE	NL	NM	NS	Z	PS	PM	PL
NL	NL	NL	NL	NL	NM	NS	Z
NM	NL	NL	NM	NM	NS	Z	PS
NS	NL	NM	NS	NS	Z	PS	PM
Z	NL	NM	NS	Z	PS	PM	PL
PS	NM	NS	Z	PS	PS	PM	PL
PM	NS	Z	PS	PM	PL	PL	PL
PL	Z	PS	PM	PL	PL	PL	PL

تعمل آلية الإستدلال عن طريق أخذ المدخلات من Fuzzifier في شكل قيمة عضوية ويستخدم قاعدة ضبابية لتحديد الإخراج الغامض بإستخدام وظيفة AND .

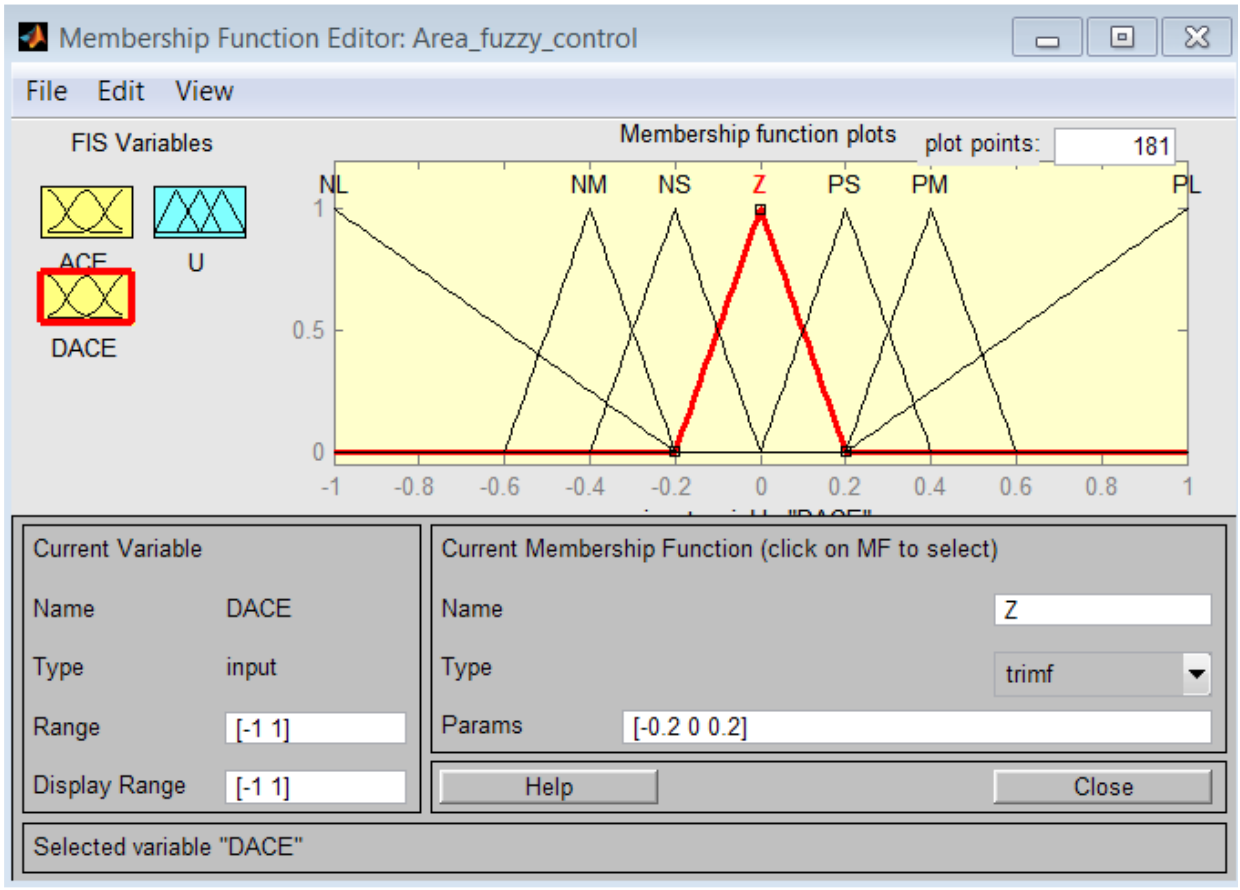
تم إنشاء الرموز الغامضة في MATLAB بإستخدام fis.file ، ووظائف عضوية المدخلات والمخرجات الموضحة بالشكل (2-1) :



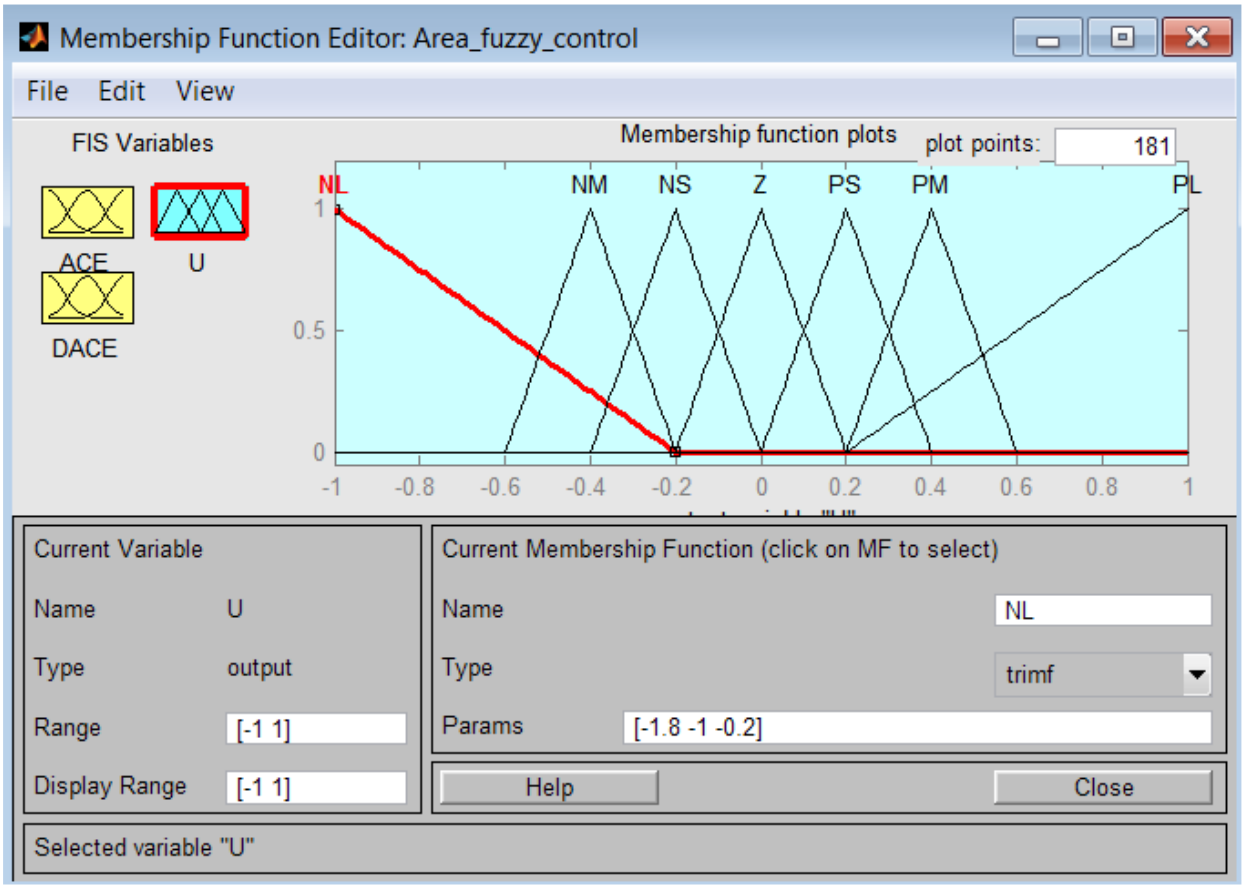
الشكل (2-1) نظام الإستدلال الضبابي FLC



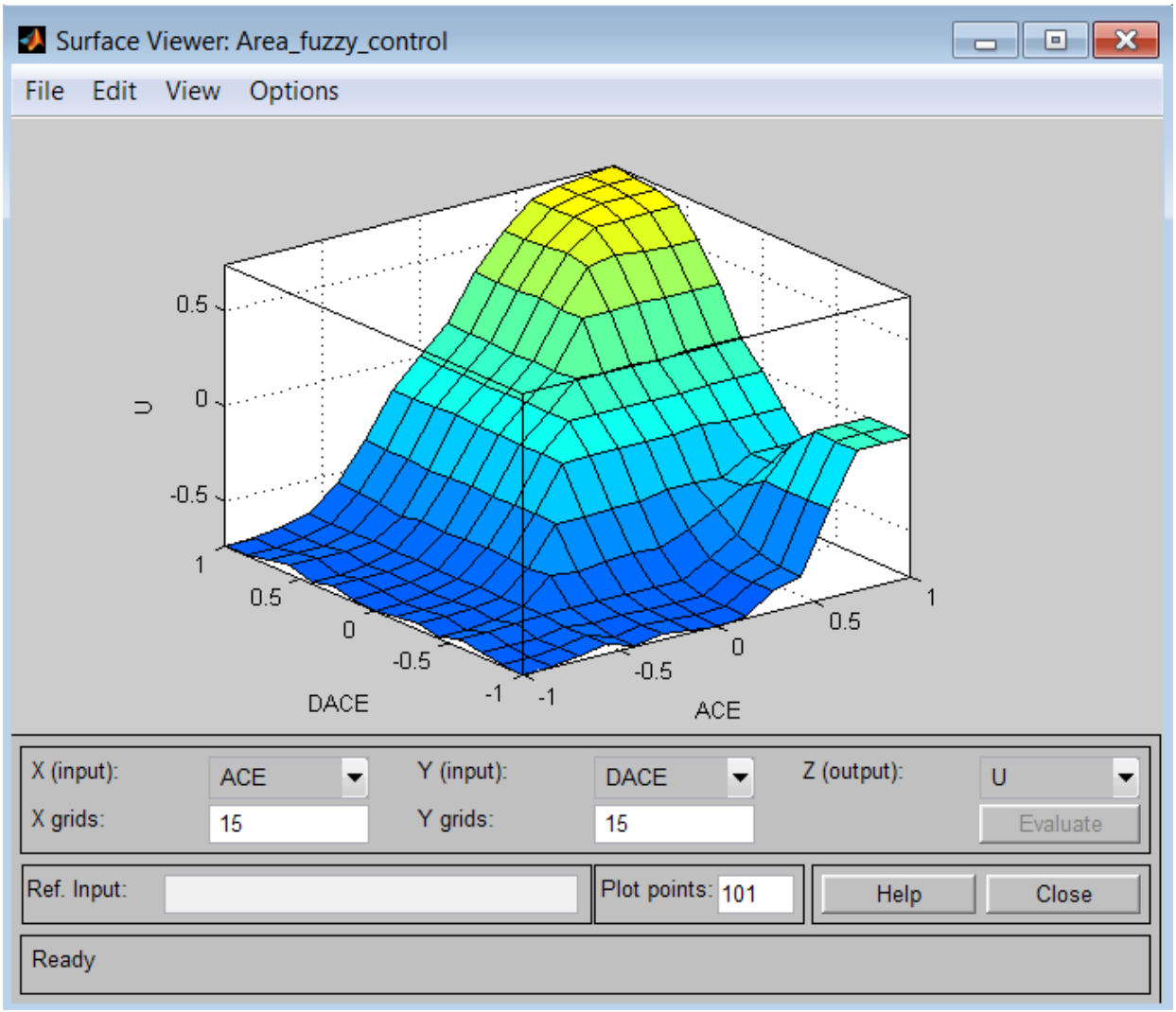
الشكل (2-2) وظيفة العضوية لمتغير المدخلات ACE



الشكل (2-3) دالة العضوية لمتغير المدخلات DACE



الشكل (2-4) وظيفة عضوية الإخراج



الشكل (2-5) عرض السطح

الفصل الثالث

الإستقرارية في نظام الطاقة

الفصل الثالث

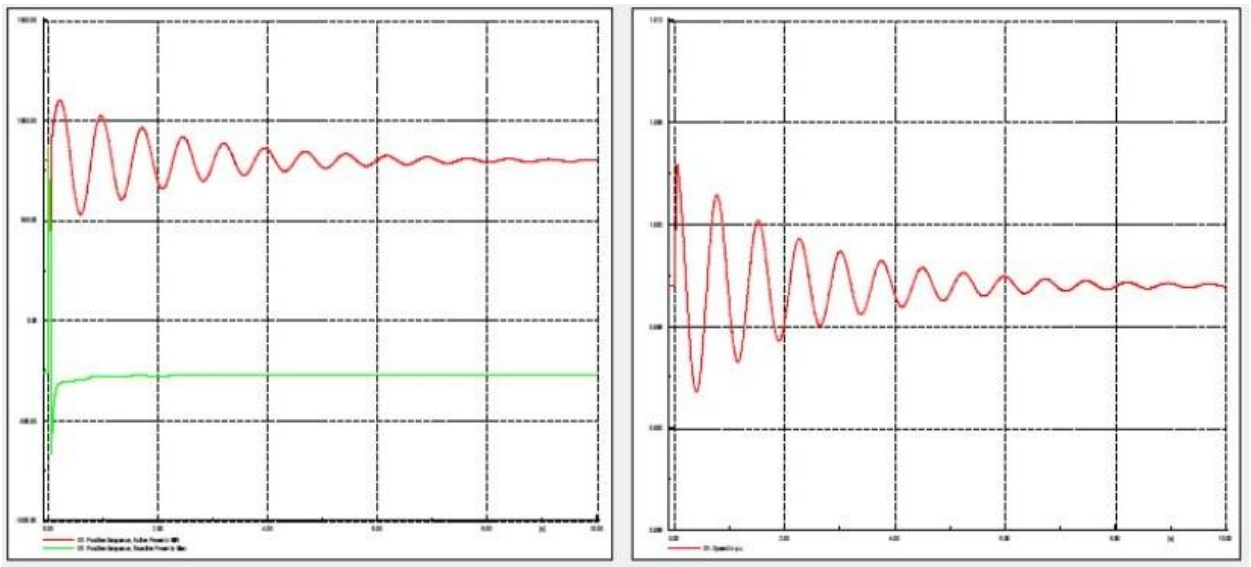
الإستقرارية في نظام الطاقة

1-3 تمهيد

تعد دراسات الإستقرار جزء أساسيا من دراسات التخطيط طويلة الأمد لنظم القدرة الكهربية ، خاصة أنه مع توسع الشبكة الكهربية وإمتدادها على مناطق جغرافية واسعة أصبح من الصعب المحافظة على التزامن بين مختلف الأجزاء للمنظومة الكهربية ، ومعلوم أن فقدان هذا التزامن بين أجزاء الشبكة هو السبب الرئيسي لحدوث الإغلاق التام الذي يمكن أن يضرب الشبكة.

الإستقرارية:

إستقرار المنظومة يقصد بها مدى قدرة المنظومة على البقاء في حالة تشغيل مستقر (إتزان) و سرعة إستعادة القيم الطبيعية للتشغيل (التردد أو الجهد) بعد حدوث إضطرابات عابرة بالشبكة سواء كانت الإضطرابات بسيطة أو ضخمة ، عدم الإستقرارية يعني فقدان الاتزان . واضح من الشكل (3-1) قد حدث إضطراب ما في المنظومة Q,P وتغيرت قيمة السرعة ولكن المنظومة في خلال ثواني رجعت مرة اخرى الى القيم الطبيعية وهنا نقول هذا النظام إستقر.



Left: Active power (red) and reactive power (green) **Right:** Generator speed

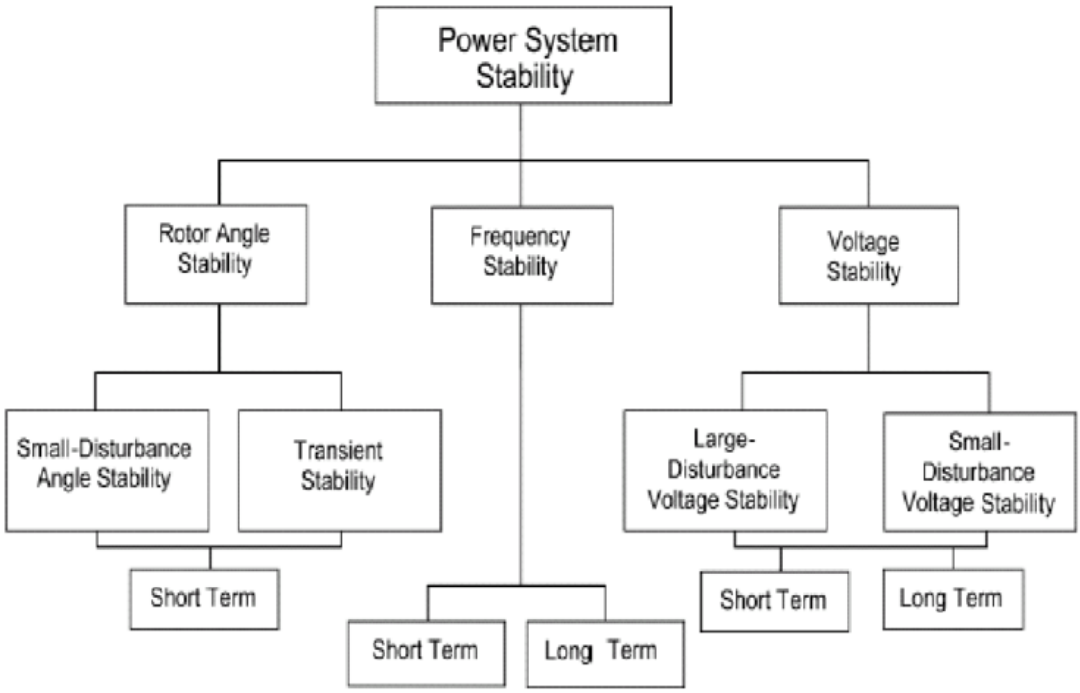
الشكل(3-1) حدوث إضطراب في المنظومة

ويقصد بالظروف الطبيعية هنا أن تكون عناصرنظام القدرة الرئيسية الثلاثة التردد و الجهد وزاوية القدرة جميعها ضمن قيم مقبولة حسب قيم الضبط من قبل مشغلي النظام وبهذا تبقى الشبكة بشكل عام مستقرة ، وبدون أن يؤدي هذا الإضطراب إلى تفعيل تجهيزات الحماية والتحكم ، مما يترتب عليه فقدان بعض الاجزاء الرئيسية من النظام أوتجزئة الشبكة إلى مناطق وهو الإجراء المتبع لتجنب عادة حدوث ً الإنهيار الكامل للنظام . منظومة القوة الكهربية عموما مصممة على أن تكون مستقرة خلال الإضطرابات التى تحدث كثيرا ، لكن بالطبع لا يمكن أن تصمم منظومة وتكون مستقرة تحت كافة ظروف التشغيل .

صعوبة دراسة هذا الموضوع تكمن فى أن منظومة القدرة يمكن وصفها بأنها نظام غيرخطي وهذا يعنى أنه إذا تعرض النظام لعدة متغيرات فإن إستجابته لهذه المتغيرات ليست بالضرورة أن تكون مماثلة لمجموع إستجاباته لكل متغير على حدة ، كما هو الحال فى النظام الخطي وهذا ما يعقد الموضوع أكثر ، لان توقع أداء الأنظمة غير الخطية ليست بالسهولة كما فى حالة الأنظمة الخطية .

2-3 أنواع الإستقرارية

يمكن أن يكون إستقرار نظام الطاقة من عدة أنواع اعتمادا على طبيعة الاضطراب ، الدارس لموضوع الإستقرارية عليه أن يوجه نظره إلى الدراسات الخاصة بموضوع الإستقرار بالنسبة للتحليل الناجح ، يمكن تصنيفه إلى الأنواع الموضحه بالشكل(3-2):



الشكل(3-2) أنواع الإستقرارية

1-2-3 إستقرارية زاوية العضو الدوار

المقصود بإستقرارية زاوية العضو الدوار قدرة الألة التزامنية الموجودة بالنظام على البقاء في حالة التزامن بعد حدوث إضطرابات مع القدرة على الحفاظ أو إستعادة التوازن بين العزم الكهرومغناطيسي و العزم الميكانيكي عند كل مولد تزامني موجود في النظام عند حدوث اضطراب فى المنظومة.

وبناء على قيمة هذا الاضطراب فى العلاقة بين العزم الكهربى والميكانيكى المؤثران على دوارن المولد سيكون لدينا نوعين من الدراسات :

فالإضطراب البسيط يدرس تحت عنوان الحالة الثابتة المستقرة.

أما الإضطراب المفاجئ والشديد فيدرس تحت باب الحالة العابرة المستقرة.

أما عدم الإستقرارفهو أن تخرج الشبكة أو يحدث فقدان للتزامن . معلوم أن المولد الكهربى يوجد داخله مجالان مغاطيسيان الأول يسمى المجال المغناطيسي للعضو الدوار والثاني يسمى المجال المغناطيسي للعضو الثابت .

قوة المجال الثانى تتوقف على شدة التيار المسحوب من المولد وهذا بالطبع يتوقف على قيمة الحمل الموصل عليه ، كما أن سرعة دوران المجال الثاني تسمى السرعة التزامنية N والتي تتوقف قيمتها على عدد الأقطاب P فى الماكينة والتردد F الخاص بالمصدر حسب العلاقة :

$$N = 120\ F/P \qquad (1\text{-}3)$$

بمعنى آخر ، فإنه عند دوران العضو الدوار بعزم ميكانيكى T ، فإنه ينشأ مجال مغناطيسي يسمى بالمجال المغناطيسي الدوار ، وهذا المجال سيقطع الملفات الموجودة فى العضو الثابت فينشأ فيها جهدا حسب قوانين فرادى ، وهذا الجهد سينتج عنه مرور تيارات فى الحمل الكهربى الموصل على المولد ، وهذه التيارات تنشئ مجالا مغناطيسيا جديدا معاكسا للمجال الاول هو الذى نسميه بالمجال المغناطيسي للعضو الثابت ، تتوقف قوتها علي قيمة الحمل الكهربي الموصل على المولد.

1-1-2-3 التحكم في زاوية العضو الدوار

يمكن التحكم فيها عن طريق التحكم فى القدرة الميكانيكية الداخلة إلى العضو الدوار من التربينات ، فإذا زادت هذه القدرة الميكانيكية الداخلة فإن العضو الدوار تزداد سرعته ومن ثم تتغير الزاوية الموجودة بين المجالين الثابت والدوار ثم تعود السرعة للقيمة الطبيعية ولكن بعد حدوث التغير المطلوب فى الزاوية .

لاحظ أنه عند زيادة حمل كهربى سيزداد التيار وهذا سيؤدى إلى كون العزم الكهربائي اكبر من العزم الميكانيكي فتقل سرعة العضو الدوار وهنا يتدخل الحاكم ليزيد القدرة الميكانيكية فتزداد سرعة دوران

العضو الدوار ويعود مرة أخرى لتتساوى سرعته مع سرعة دوارن مجال العضو الثابت لكن بفرق زاوية بينهما أكبر من المرة السابقة.

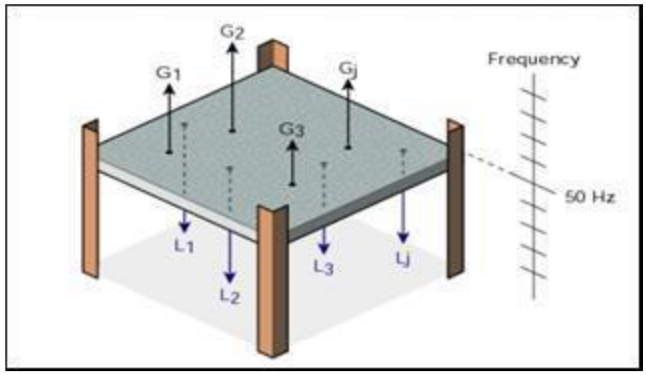
2-2-3 إستقرارية التردد

التردد هو ترمومتر العلاقة بين التوليد المتاح بالشبكة والأحمال المتصلة بالشبكة ، والمقصود هنا هو قدرة النظام على معالجة النقص فى القدرة المتاحة أو بمعنى آخر علاج الإختلاف بين قيم التوليد المتاحة وقيم الأحمال المركبة ، والذى بناء على حجمه سيكون لدينا درجة ما من درجات عدم الإستقرار فى التردد.

يعتبر التردد هو العامل الذي يوازن بين القدرة المتولدة والأحمال المتصلة بالشبكة من جهة ، وبين التردد من جهة أخرى كما بالشكل(3-3)، فعند فصل أحمال كبيرة بصورة مفاجئة وهذا يكافئ إزدياد التوليد عن الحمل يؤدي إلى حدوث زيادة فى التردد .

أما دخول أحمال زائدة الى الشبكة بصورة مفاجئة أو لخروج بعض محطات التوليد فيؤدى إلى إنخفاض التردد.

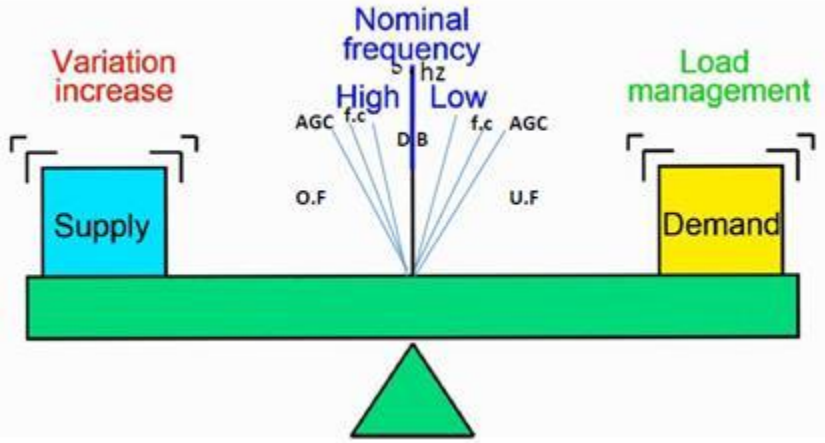
فالتردد هو ترمومتر الإتزان فى الشبكة ، و عادة لا يسمح للتردد أن يقل عن HZ49.2 أو يزيد عن HZ50.3 .



الشكل(3-3)علاقة التوليد والأحمال والتردد

1-2-2-3 المجالات التي يتغير فيها التردد

يتغير التردد فى مجالات مختلفة على النحو الذى يظهر فى الشكل (3-4) وتعريفها كالتالي



الشكل (3-4) المجالات التي يتغيرفيها التردد

1-المجال الميت (dead band):

هو مجال يسمح فيه بتغير التردد دون رد فعل من الشبكة أو الوحدة

2- تصحيح التردد(Frequency Correction):

هو مجال يحدث فيه تغير فى التردد و لكن هناك رد فعل تلقائى من خلال الحاكم .

3-التحكم في التوليد التلقائي(AGC):

هو مجال يحدث فيه تغير التردد و لكن يكون رد الفعل عن طريق مركز التحكم القومى و أحيانا يكون من خلال المحطة نفسها.

4- التردد المنخفض(Under Frequency):

هو مجال يحدث فية إنخفاض شديد فى التردد مما يؤدى إلى فصل الأحمال Load shedding عن طريق مراكز التحكم بنسب معينة.

5-التردد العالي (Over Frequency):

هو مجال يحدث فية إرتفاع شديد فى التردد مما يؤدى إلى فصل التوليد Blackout عن طريق منظومات الوقاية بالوحدة.

3-2-2-2 مراحل التحكم فى التردد

توجد عدة وسائل للتحكم في تغيرات التردد بعضها سريع جدا والاخر يستغرق وقتا كما يلي:

1- التحكم الإبتدائي (Primary control (1s to 15s):

عندما يحدث تغير كبير فى إستهلاك الطاقة يقوم التحكم الإبتدائي بتنظيم التردد بواسطة الحاكمة governor عند حد معين وليس بالضرورة إلى قيمته الثابتة .

2- التحكم الثانوي((Secondary control (15s to 3min):

يستغرق وقت أكثر من التحكم الابتدائي ولكنه يقوم بإعادة التردد إلى قيمته الثابتة وهذا يحدث تلقائيا ولكنه متمركز بمعنى أن نطاقه محدود من حيث المساحة ، ولذلك فكل مولد يحتوى على التحكم الإبتدائي ولكن ليس كل مولد يحتوى على التحكم الثانوي.

3- التحكم الثالث(Tertiary control):

يستغرق وقت أكثر من التحكم الثانوي ووظيفته إستعادة التردد الأصلى للمولدات المتشاركة فى التحكم الثانوي عن طريق توزيع الاحمال بينهم أو عن طريق تشغيل مولد إضافى وهذا ممكن أن يحدث أتوماتيكيا أو يدويا.

4- التحكم الزمني(Time control):

هو آخر مستوى فى التحكم والذى يستغرق وقت أكثر من كل الأنواع السابقة وهو يقوم بقياس التردد كل يوم للتأكد أنه فى نطاق التغير المسموح به.

3-2-3 إستقرارية الجهد

يقصد بها قدرة النظام على المحافظة على قيم الجهد ثابتة قدر المستطاع قريبا من القيم الإسمية بعد حدوث إضطرابات بالشبكة . وغالبا تكون الدارسة فى هذا الموضوع تتعلق بالأحمال ، وتدور أغلب الحلول حول سبل تعويض النقص فى القدرة غير الفعالة لأن التغير فيها سيترتب عليه تغير فى قيمة الجهد.

وهذا الإضطراب فى الجهد قد يكون صغيرا فيدرس تحت عنوان : حالة الجهد الثابتة المستقرة

وقد يكون إضرابا كبيرا فيدرس تحت عنوان: ديناميكية الجهد المستقرة

على عكس إستقرارية زاوية العضو الدوارالتى تهتم بوضع المولدات المتزامنة فى النظام ، فإن استقرار الجهد يهتم بوضع الاحمال فى النظام ، وأكثر التركيز يكون على دارسة سد العجز في قيم القدرة غير الفعالة التى تحتاجها الاحمال المركبة فى المنظومة .

وأهمية هذه الدراسات تكمن فى أن الارتفاع أو الانخفاض فى الجهد قد يؤدى إلى فصل بعض أنواع من الاحمال أو بعض الخطوط بواسطة أجهزة الحماية وهذا بالتبعية قد يؤدى إلى هزات فى النظام منها ، كما يمكن أن تتأثر المضخات والمحركات ومساعدات محطة التوليد الامر الذى قد يؤدى لخروج المولد من الخدمة ، وقد يترتب عليه حدوث الخروج المتتابع والذى يمكن أن يؤدى إلى حدوث الانقطاع التام Blackout.

1-3-2-3 أنواع إستقرارية الجهد

يوجد نوعان من الدراسات المتعلقة بإستقرار الجهد:

1- استقرارية الجهد الديناميكي

2- استقرارية الجهد الإستاتيكي

النوع الاول عبارة عن اهتزاز فى الجهد نتيجة دخول أجهزة من النوع سريعة التفعيل مثل المحركات الحثية أو أجهزة الجهد العالي للتيار المستمر والوقت المتاح لإستيعاب هذه الهزات فى حدود 10-20 ثانية وتصنف هذه الظاهرة قصيرة المدى.

أما النوع الثانى فيحدث لو كان التغير الحادث فى الجهد ناتج عن تغير بطئ فى الحمل أو نتيجة تحميل زائد ففى هذه الحالات سيكون لدينا وقت فى حدود عدة دقائق للتعامل مع هذه الظاهرة وتصنف هذه الظاهرة بطويلة المدى.

2-3-2-3 طرق تحسين استقرار الجهد فى الشبكات

أولا: فى شبكات الجهد العالي:

1- تتغير التغذية الخاصة بالمثير (Exciter) لوحدات التوليد الموجودة بالخدمة مما يؤدي الى نقصان أو زيادة في القدرة الغير فعالة المولدة .

2- فصل وتوصيل ال R./eactors على الشبكة جهد 500 ك.ف .

3- تشغيل المكثفات المتزامنة .

4- ضبط مغيرات الجهد في محطات محولات 220/66 – 220 /500 ك.ف .

5- يستعمل مغير الجهد Tap Changer لرفع وخفض الجهد في المحولات جهد 66/11 ك.ف .

6- استخدام التعويض المتعلق بالتوالي Series Capacitive Compensation.

ثانيا: في الجهد المتوسط والمنخفض:

ويتم هذا بعدة طرق منها:

1- إستخدام المكثفات الثابتة

2- إستخدام بطاريات المكثفات الاوتوماتيكية

3- إستخدام وحدات التوليد الموزعة

4- فصل الاحمال

5- إعادة توزيع الاحمال.

الفصل الرابع

النموذج الرياضي لنظام الطاقة

الفصل الرابع
النموذج الرياضي لنظام الطاقة

1-4 تمهيد

من أجل التبسيط تم تصميم نظام الطاقة بإستخدام وظائف الحاكم والمولدات ونقل الحمولة .

2-4 نموذج المولد

التغير في الحمل يعني حدوث تغيير في خرج عزم الدوران الكهربائي للمولد ، كما نعلم أن معادلة التأرجح تنص علي أنه من أجل الوصول الي نقطة التوازن يجب أن يكون العزم الكهربائي والميكانيكي متساويان.

$$\frac{2H}{\omega_s}\frac{d^2\Delta\delta}{dt^2} = \Delta P_m - \Delta P_e \qquad (1\text{-}4)$$

عند حدوث إنحراف في السرعة :

$$\frac{d\Delta\frac{\omega}{\omega_s}}{dt} = \frac{1}{2H}(\Delta P_m - \Delta P_e) \qquad (2\text{-}4)$$

وفي كل وحدة :

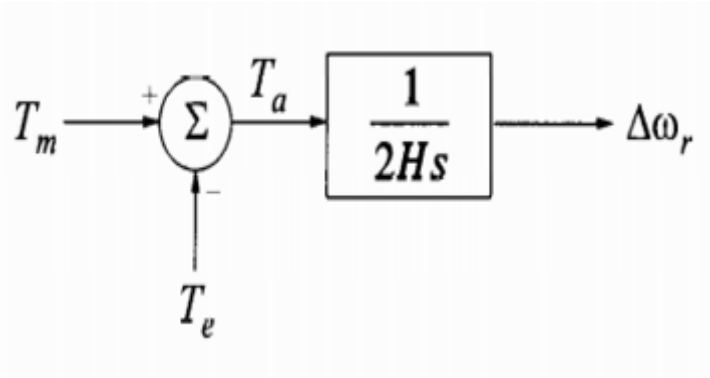
$$\frac{d\Delta\omega}{dt} = \frac{1}{2H}(\Delta P_m - \Delta P_e) \qquad (3\text{-}4)$$

إيجاد تحويل لبلاس:

$$\Delta\Omega(s) = \frac{1}{2Hs}[\Delta P_m(s) - \Delta P_e(s)] \qquad (4\text{-}4)$$

يمكن كتابة المعادلة من حيث عزم الدوران T والتغير في عزم الدوران الكهربائي Te يسبب عدم تطابق عزم الدوران الميكانيكي والعزم الكهربائي للمولد مما يعني الاختلافات في سرعة معادلة الحركة .

يمكننا التعبير عن سرعة الدوار كدالة نقل في عزم الدوران الكهربائي والميكانيكي.



الشكل (4-1) يمثل السرعة ومخطط كتلة الطاقة الميكانيكية

حيث:

Tm = عزم ميكانيكي

Ta = عزم الدوران الكهربائي

Te = تسريع عزم الدوران

H = ثابت القصور الذاتي

$\Delta\omega$ = انحراف سرعة الدوران

لكن الأفضل وضع عزم من حيث القدرة بإستخدام المعادلة التالية:

$$P = \omega r T \qquad (5\text{-}4)$$

يمكن أن تنحرف القيم الأولية لعزم الدوران والقوة والتردد عنها بمقدار صغير :

$$P = P_0 + \Delta P$$
$$T = T_0 + \Delta T$$
$$\omega_r = \omega_0 + \Delta\omega_r \qquad (6\text{-}4)$$

تصبح العلاقات :

$$P_0+\Delta P = (\omega_0+\Delta\omega_r)(T_0+\Delta T)$$

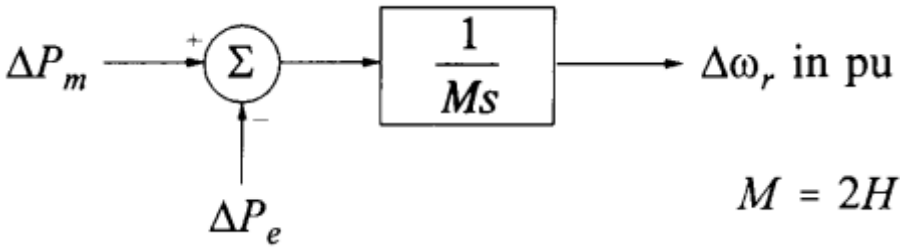
(7-4)

$$\Delta P = \omega_0 \Delta T + T_0 \Delta\omega_r$$

(8-4)

بعد إهمال المصطلحات الأعلى عند التوازن Te = Tm ونعتبر ω=1 في pu تصبح وظيفة النقل :

$$\Delta P_m - \Delta P_e = \Delta T_m - \Delta T_e$$



الشكل(4-2) مخطط كتلة المولد

القوة الميكانيكية للتوربين هي دالة لموضع البوابة أو الصمام وتغير الاحمال المقاومة مستقل عن التردد ويعتمد فقط على حجم الجهد ولكن في احمال المحرك تتغير الطاقة الكهربائية مع التردد الذي يغير سرعة المحرك.

3-4 نموذج التحميل

يمكن التعبير عن خصائص الحمل المركب على أنها تغير الطاقة الكهربائية :

$$\Delta P_e = \Delta P_L + D\Delta\omega_r$$

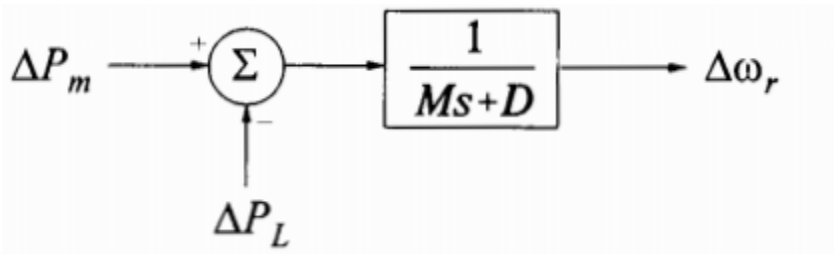
(9-4)

حيث تكون :

ΔPL = عدم تغير حساسية تردد الحمل

DΔωr = تغير حساسية تردد الحمل

D = ثابت تخميد الحمل هو النسبة المئوية لتغير الحمل في ما يتعلق بالنسبة 1% من التغير في التردد



الشكل(4-3) مخطط كتلة المولد والحمل

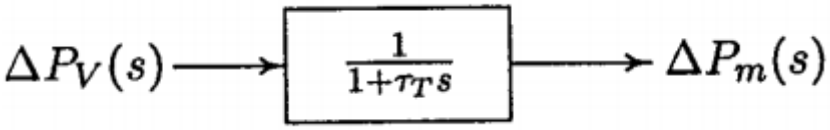
عادة ما يتم مشاركة الحمل الإجمالي في نظام يغطي دولة بأكملها بواسطة اكثر من وحدة توليد واحدة تعمل بالتوازي والمزامنة بتردد ثابت.

4-4 نموذج المحرك الرئيسي

المحرك الرئيسي هو المصدر / التوربين الذي يتحكم في الطاقة الميكانيكية ، ويمكن أن يكون هيدروليكيا اي يتم تحريكه بواسطة الشلالات او التوربينات البخارية التي تأتي طاقتها من حرق الفحم والغاز والوقود النووي .

يتم تحويله الى تغيير في ΔPv على سبيل المثال في التوربينات الغازية ، اي تغيير في موضع الصمام بواسطة التوربين Δ Pm خرج الطاقة الميكانيكية تعتمد خصائص التوربين على نوعه ، ولكن يمكن تقريبه بإستخدام ثابت زمني τT :

$$G_T(s) = \frac{\Delta P_m(s)}{\Delta P_V(s)} = \frac{1}{1 + \tau_T s} \tag{10-4}$$



الشكل(4-4) مخطط كتلة المحرك الرئيسي

5-4 نموزج الحاكم

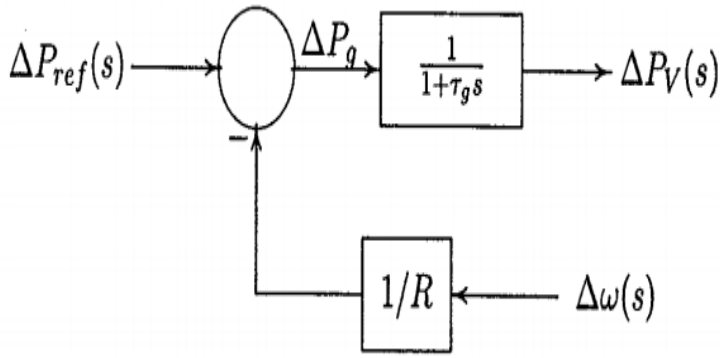
$$\Delta P_g = \Delta P_{ref} - \frac{1}{R}\Delta\omega \tag{11-4}$$

حيث :

R = ثابت تنظيم السرعة

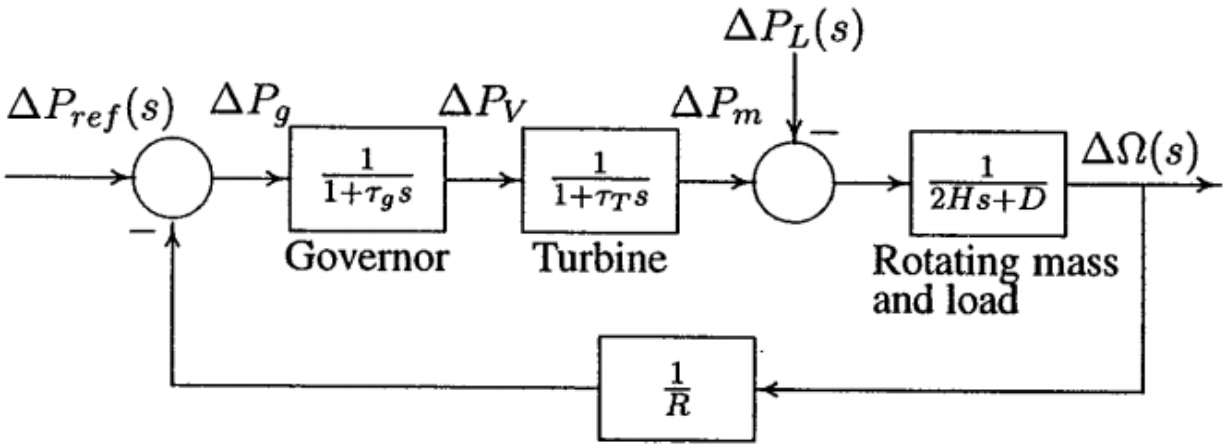
يتم تحويل سرعة الحاكم الي موضع الصمام بالمعادلة التالية:

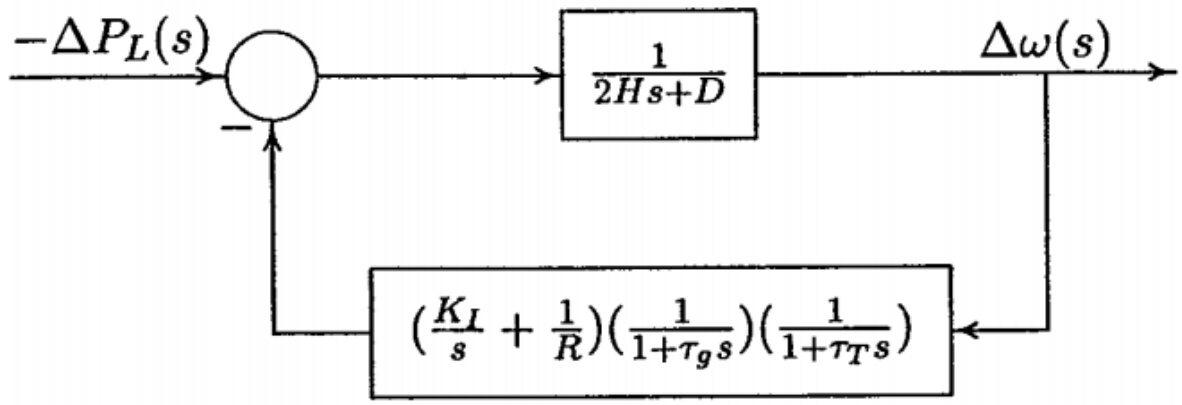
$$\Delta P_V(s) = \frac{1}{1+\tau_g}\Delta P_g(s) \quad (12\text{-}4)$$



الشكل(4-5) رسم تخطيطي لنظام التحكم في السرعة

تصبح كتلة التحكم في تردد الحمل الكلي :





الشكل(4-6) رسم تخطيطي لنظام طاقة معزول

حيث :

$-\Delta PL$ = اضطراب المدخلات

$\Delta\Omega$ = انحراف تردد النظام

ΔP ref = مدخلات الطاقة المرجعية

يشير النظام أعلاه للتغير في التردد والتغير في قوة التحميل ، مع اخذ نقطة ثابتة.

دالة التحويل للحلقة المفتوحة هي :

$$KG(s)H(s) = \frac{1}{R}\frac{1}{(2Hs+D)(1+\tau_g s)(1+\tau_T s)}$$

(13-4)

دالة التحويل للحلقة المغلقة هي

$$\frac{\Delta\Omega(s)}{-\Delta P_L(s)} = \frac{(1+\tau_g s)(1+\tau_T s)}{(2Hs+D)(1+\tau_g s)(1+\tau_T s)+1/R}$$

(14-4)

في نظرية التحكم من المعروف أن الحلقة المغلقة أكثر قيمة فهي تقلل من حساسية تأثير الاضطرابات للحفاظ على الاستقرار.

تتكون إستجابة الوقت الإجمالية للنظام من إستجابتين هما:

1-استجابة عابرة

2-استجابة حالة ثابتة

الاستجابة العابرة هي استجابة النظام كدالة للوقت ، اي الوقت الذي ينتقل فيه النظام من الحالة الاولية الى الحالة النهائية و هي خاصية مهمة للنظام .

استجابة الحالة الثابتة هي الطريقة التي يتصرف بها النظام في وقت غير محدود بينما يتم تحديد خصائص اداء النظام من الاستجابة العابرة ويتم إعطاء القيمة المتغيرة بواسطة نظرية القيمة النهائية ، وقيمة هذا المتغير هي T عند اللانهائية في المجال الزمني اوعند s=0 في المجال s كما هو موضح ادناه :

$$\lim_{t\to\infty} T(t) = \lim_{s\to 0} T(s)$$

من أجل حساب قيمة التغير في حالة الحالة المستقرة للنظام نحتاج الى إفتراض أن تغيير الحمل هو وظيفة خطوة .

وبإستخدام نظرية القيمة النهائية نحصل على:

$$\Delta\omega_{ss} = \lim_{s\to 0} s\Delta\Omega(s) = (-\Delta P_L)\frac{1}{D + 1/R}$$

(15-4)

وفي نظام يستخدم مولدات متعددة بسرعات مختلفة .....R1 ,R2,R3 يصبح إنحراف تردد الحالة المستقرة:

$$\Delta\omega_{ss} = (-\Delta P_L)\frac{1}{D + 1/R_1 + 1/R2 + \cdots 1/R_n}$$

(16-4)

الفصل الخامس

التصميم والتنفيذ

الفصل الخامس

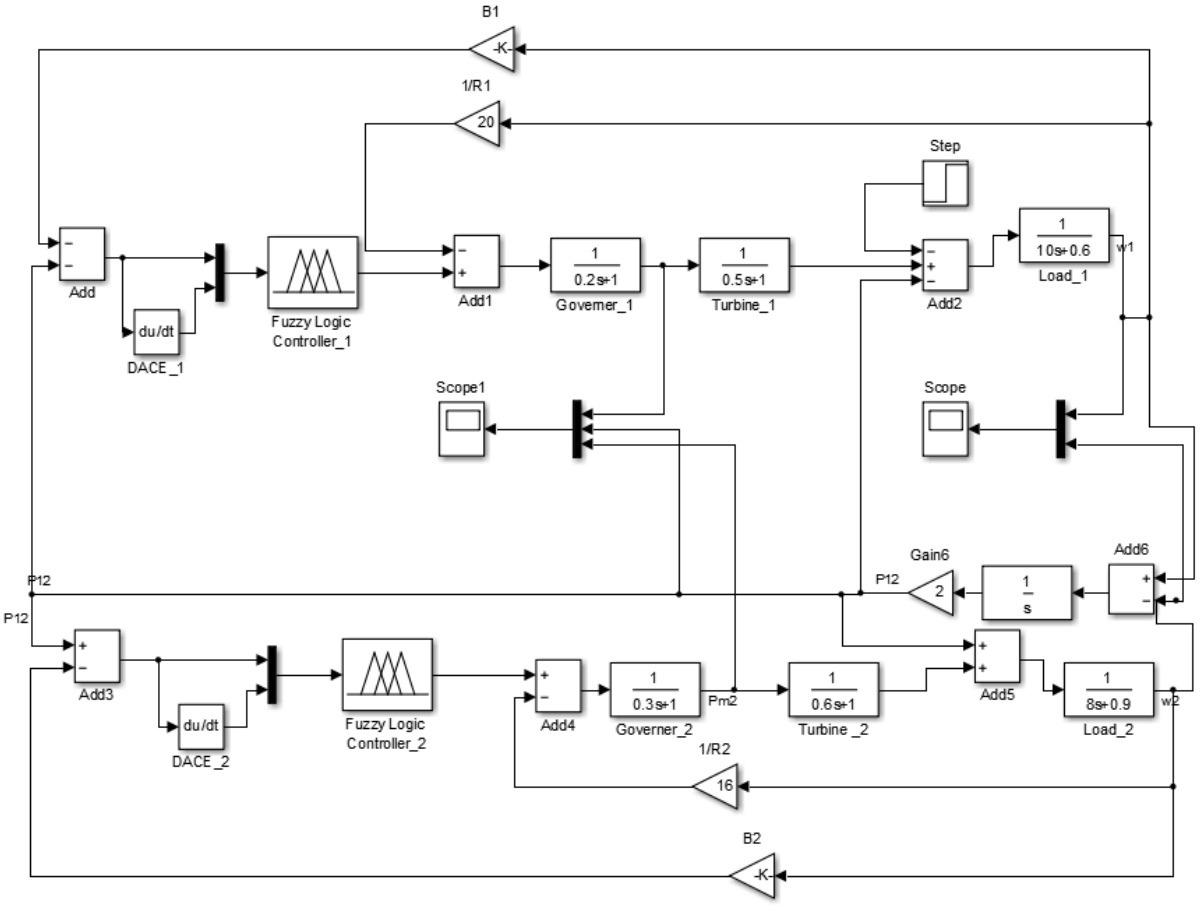
التصميم والتنفيذ

1-5 تمهيد

في هذا الباب تم تصميم دائرة التحكم في التردد التحميل لمنطقتين لنظام الطاقة بإستخدام نظام المنطق الضبابي FUZZY LOGIC واعطت النتائج في الشكل (5-2).

2-5 تصميم الدائرة

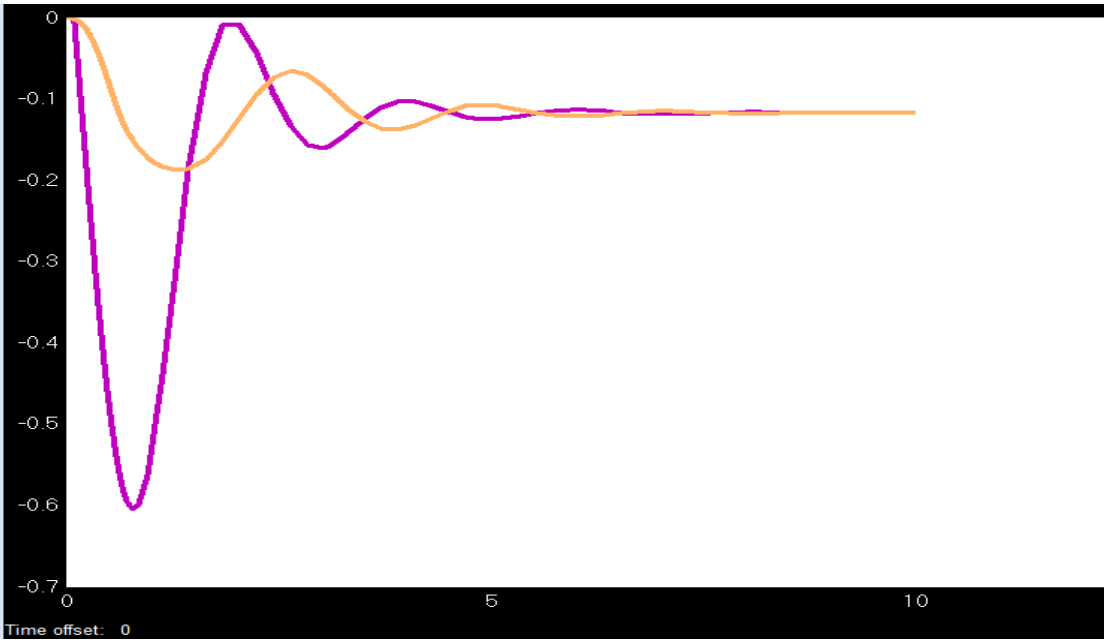
للتحكم في التوليد التلقائي لنظام طاقة مترابط لمنطقتين كما في الشكل(5-1) تم إستخدام إشارة خطأ ACE من أجل التحكم في إستجابات الحالة العابرة والحالة الثابتة . أستخدمت ACE كإشارة تحكم ودخل لوحدة تحكم المنطق الضبابي الذي يحفز النظام للإستجابة للتغيير في قوة خط التعادل.



شكل (5-1) نظام طاقة منطقتين بواسطة FLC

3-5 النتائج والمناقشة

من خلال دائرة التصميم التي بالشكل (5-1) تم الحصول على النتائج في الشكل(5-2):



الشكل(5-2) إنحراف التردد لنظام المنطقتين بالمنطق الضبابي

ينخفض التردد بعد طلب الحمل الجديد في المنطقة(1) التي يكون انحراف التردد فيها بمقدار 0.6-، حيث يزداد الطلب على الحمل بينما يتناقص ACE للمنطقة (2)التي يكون انحراف التردد فيها بمقدار0.19- . أما ACE في المنطقة 1 يزيد مما يؤدي الي طاقة خط الربط من المنطقة 2 الي المنطقة 1 لموازنة التغير في طلب الحمل الذي حدث في المنطقة 1 ويؤدي الي زيادة ACE للمنطقة 2 .

وحدة تحكم المنطق الضبابي أعطت إستجابة سريعة في غضون بضعة ثواني مع تذبذبات أفضل كما في الشكل(5-2)

الجدول (5-1) مقارنة نتائج وحدة تحكم المنطق الضبابي لمنطقتين:

المنطقة 1	المنطقة 2
إنحراف تردد النظام يصل إلي مستوى ثابت من 0.1- تقريبا إلي وقت الإستقرار 9.33	إنحراف تردد النظام يصل إلي مستوى ثابت من 0.1 - تقريبا إلي وقت الإستقرار 8.03

الفصل السادس

الخاتمة والتوصيات

الفصل السادس

الخاتمة والتوصيات

1-6 الخاتمة

تم تصميم وحدة التحكم بإستخدام النهج الحديث للمنطق الضبابي لتقليل وقت إستجابة النظام بشكل أكبر .
بعد إستخدام وحدة التحكم المنطقية الضبابية لوحظ أن إستجابة إنحراف التردد أصبحت سريعة في غضون بضعة اجزاء من الثانية ، وتم تقليل تجاوز إنحراف التردد.

2-6 التوصيات

تم تنفيذ هذا البحث بإستخدام بيانات إفتراضية .
تعطي إستجابة وحدة التحكم المنطقية قيمة نهائية لإنحراف التردد أقل من الصفر، خطأ الحالة المستقرة ليس صفرا (0.1-).
يمكن تحسين النتائج بإستخدام وحدة تحكم nuero-fuzzy قادرة علي التكيف الذاتي لوظيفة العضوية من خلال الملاحظة لقيم الإشارة بمرور الوقت .

المراجع

References

[1] E. A. Hamouda, K. Ramadan, and A. M. A Khadam, “The Impact of Grand Ethiopian Renaissance Dam on Sudan Electric Network Supply & Stability,” no. February, 2016.

[2] P. Kundur, “Power System Stability and Control,” *EPRI power system engineering series*. p. 1176, 1994.

[3] “power-system-analysis-hadi-saadat-ElCoM.pdf.” .

[4] S. Mohapatra, “Load Frequency Control in Two Area Power System.”

[5] Y. Z. Y. Zhang, L. D. L. Dong, and Z. G. Z. Gao, “Load frequency control for multiple-area power systems,” *2009 Am. Control Conf.*, no. June, pp. 2773–2778, 2009.

[6] and S. N. Sivanandam, S. N., Sai Sumathi, *Introduction to fuzzy logic using MATLAB*. 2013.

[7] A. T. Submitted, I. N. Partial, F. Of, R. Of, T. H. E. Degree, and S. By, “Implementation of Fuzzy Logic Controller for Load Frequency Control in Two Area Power System Implementation of Fuzzy Logic Controller for Load Frequency,” 2010.

[8] LOAD FREQUENCY CONTROL FOR TWO AREA POWER SYSTEM USING DIFFERENT CONTROLLERS Atul Ikhe and Anant Kulkarni P. G. Department, College of Engineering Ambajogai, Dist. Beed, Maharashtra, India.

[9] load frequency control of power system by Niranjan Behera.