

Genetik Algoritma İle Fuzzy PSS'in Kural Tablosu Optimizasyonu

Murat Caner^a ve Uğur Gülseren^a

Afyon Kocatepe Üniversitesi, TEF, Elektrik Eğitimi Böl., Afyon
e-posta: Mcaner72@gmail.com, ugur_gulseren@hotmail.com,

Geliş Tarihi: 26 Ağustos 2010; Kabul Tarihi: 09 Mayıs 2011

Özet

Bu çalışmada generatör rotor açısı kararlılığını koruyarak düşük frekanslı elektromekanik osilasyonların sönümlendirilmesi ve generatör uyarım kontrol sisteminin dinamik performansının artırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla literatürde Fuzzy Güç Sistem Stabilizatörü (FPSS) için geliştirilen beş adet kural tablosu incelenmiş ve bunlardan yararlanılarak genetik algoritma ile FPSS'in kural tablosu optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Simülasyon çalışmaları için Matlab programı kullanılmıştır. Önerilen kontrolörün etkinliğini test etmek amacıyla yapılan simülasyonlar, beş adet kural tablosunu kullanan FPSS simülasyon sonuçları karşılaştırılmıştır.

Simülasyon çalışmaları sonucu elde edilen çıkış gerilimi, güç açısı, elektriksel çıkış momenti, açısal hız parametrelerinin zamana göre değişimleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlardan Genetik Güç Sistem Stabilizatörünün (GPSS) performansının FPSS'e göre daha iyi olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Senkron generatör; Fuzzy Kontrol; Genetik algoritma;

The Optimization Of Fuzzy PSS Rule Table Using Genetic Algorithm

Abstract

In this study, it is focused on damping the low frequency electromechanic oscillations by using the stability of the generator rotor angle and increasing dynamic performance of generator excitation systems. Therefore it was examined five pieces of rules table which were developed for fuzzy logic power system stabilizers (FPSS) used in literature before, and FPSS's rule table optimization was done by using genetic algorithm. Matlab program was used for simulation studies. To test the effectiveness of the controller, the simulation results of FPSS whose rule table was optimized using genetic algorithm were compared with the simulation results of FPSS which use the five pieces of rule tables. It is shown comparatively the output voltage, power angel, electrical output moment and changes of angular speed parameters due to time that were gained with simulation studies. Due to the results gained it is seen that the performance of GPSS (Genetic Power System Stabilizer) is better then FPSS.

Key Words: Synchronous Generator;, Fuzzy; Genetic Algorithm

1. Giriş

Güç sistemleri karmaşık nonlineer sistemlerdir. Güç sistemlerinde sık sık olumsuz çalışma koşulları nedeniyle düşük frekanslı elektromekanik osilasyonlar oluşmaktadır (Lu vd., 2001).

Elektrik güç sistemlerinin artan karmaşıklığına bağlı olarak, bu sistemlerinin dinamik dengesini geliştirmek için ek uyarım kontrol sinyallerinden yararlanılması ve sistemin çalışması esnasında

meydana gelen düşük frekanslı osilasyonların azaltılması ilgi çekmektedir (Abido ve Abdel-Magid, 1997).

İlk aşamada güç sistemlerinin dinamik dengesini korumak için Otomatik Voltaj Regülatörü (AVR, Automatic Voltage Regulator) geliştirilmiştir (Steinmetz, 1920). AVR'nin görevi sistemin çalışması esnasında meydana gelen gerilim kararsızlıklarını sönümlendirmektir. Bu görev için AVR'nin yeterli gelmediği durumlarda, temel işlevi, generatörün uyarmasını yardımcı

işaretler kullanarak kontrol etmek olan, ek uyarım kontrol sistemlerinden yararlanılmıştır. Sönümü sağlamak için rotor hız sapmasıyla aynı fazda bir elektriksel moment bileşeni üreten bu sistemlere örnek olarak Güç Sistem stabilizatörü (PSS) verilebilir (Mello ve Concordia, 1969).

PSS'ler küçük osilasyonların sönümlendirilmesinde kullanılır ve belirli bir çalışma noktası etrafında lineerize edilmiş sistem modelini temel alarak tasarlanırlar. PSS bu yapısı ve parametreleri nedeniyle dizayn edildiği çalışma noktası için optimal performans sağlar. En sık kullanılan PSS lead-lag kompanzator yapısındadır. Bu kompanzatorün kazanç katsayıları bazı çalışma noktaları için ayarlanarak kontrol performansı bu ayarlanan çalışma noktaları için optimize edilebilir. Yani güç sistemi konfigürasyonu değiştikçe optimum performans için PSS parametreleri de değiştirilmelidir (Lakshmi ve Khan 2000). Ancak güç sisteminin çalışma koşulları çok farklılık gösterebilir. Bundan dolayı PSS'in performansı, çalışma noktasının değişmesi durumunda stabilizatörün sabit parametrelerinden dolayı azalır. Bu problemlerin çözümünde Adaptif kontrol algoritması kullanan alternatif kontrolörlerin önerilmiştir fakat çoğu adaptif kontrolörün tasarımı sistem modelinin gerçek zamanlı parametre tanımlamasına dayanır. Bu da oldukça zaman alıcı bir hesap yükü içerir. (Abido ve Abdel-Magid, 1997).

Bulanık Mantık Güç Sistem Stabilizatörü'nde (FPSS) kontrol edilen sistem parametreleri ve çalışma koşullarının değişiminden dolayı kontrolör performansı önemli ölçüde etkilenmez. Basit yapısı nedeniyle gerçekleştirilmesi kolaydır. Kontrol edilen sistemin matematiksel modeline gerek duymaz. Ayrıca FPSS A/D ve D/A dönüştürücü mikroişlemci kullanılarak kolayca düzenlenebilir (Abido ve Abdel-Magid, 1997). Bu avantajları nedeniyle FPSS'ler çok tercih edilmiştir. Buna karşın uzman deneyimine bağlı bilgiye gereksinim duyması ve bu bilginin zor elde edilmesi, parametrelerinin deneme ve

yanılma yoluyla elde edilmesi FPSS uygulamasındaki kısıtlamalardır (Wen vd., 1998). FPSS'de üyelik fonksiyonlarının üretilmesi ve ölçekleme faktörlerinin seçimi deneme ve yanılma ya da uzmanlar yoluyla yapılır. Bugüne kadar fuzzy kontrol stratejilerinin tasarımı için genellenmiş bir metod yoktur. Her bir tasarım özel bir deneme yanılma uygulaması olarak kalır. Bu da fuzzy lojik kontrolör tasarımı zahmetli ve zaman alıcı hale getirir (Abido ve Abdel-Magid, 1997).

Diğer taraftan genetik algoritmalar (GA) en uygun olanın yaşaması ve doğal seleksiyon prensibine dayanan optimizasyon algoritmalarıdır. GA'lar, verilen problemin çözümünü uygun olarak temsil edebilecek bireylerin nüfusu ile çalışırlar. Her birey için bir uygunluk değeri tayin edilir. Bu uygunluk değeri probleme göre değişmektedir. Burada amaç problem çözümü için en iyi sonucu verebilecek değerleri kullanmaktır. Diğer bireylerle çaprazlanarak, yüksek uygunluğa sahip bireylere yeniden üreme fırsatı verilir. Böylece bazı özelliklerini ailelerinden almış yeni bireyler üretilir. Diğer taraftan en az uygunluğa sahip olan bireylerin yeniden üreme için seçilme şansları çok azdır. Genetik algoritmalar, bir problem için global optimum çözümü bulmayı garanti etmez ama kabul edilebilir iyi sonuçlar bulmada genellikle başarılıdır (Bolat, 2006).

Bu özelliklerinden dolayı genetik algoritma FPSS parametrelerinin optimize edilmesinde kullanılabilir.

Bu çalışmada literatür taraması sonucunda FPSS uygulamalarında kullanılmış beş adet birbirinden farklı kural tablosu kullanılarak simülasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Daha sonra genetik algoritma programı ile bu kural tabloları optimize edilerek yeni bir kural tablosu elde edilmiştir. Simülasyon sonuçları FPSS'li sistemler ile karşılaştırılarak elde edilen kural tablosunun etkinliği gösterilmiştir.

2. Genetik Algoritma

GA'nın mantığı, en iyi olan yaşar prensibine dayalı olarak Darwin'in evrim teorisi düşüncesini temel almıştır. GA'nın prensipleri ilk olarak doğal ve yapay sistemlerde adaptasyon isimli çalışmada Holland tarafından takdim edilmiştir (Holland, 1975). Bu yöntemin yaygın olarak kullanılmaya başlanması ise İllinois Üniversitesi'nden Prof. David Goldberg sayesinde olmuştur (Goldberg, 1989). 1992 yılında John Koza genetik algoritmayı kullanarak çeşitli görevleri yerine getiren programlar geliştirmiş ve bu metoda GA adını vermiştir (Koza, 1992).

GA biyolojik evrim mekanizmasını esas kabul eden bir araştırma algoritmasıdır ve karmaşık fonksiyonlar için optimizasyon çözümü sağlar. Evrim teorisi prensibine bağlı olarak, bu algoritma sürekli iyileşen çözümler üretir. Kötü olan çözümler ise elenir.

Genetik algoritma programı başlangıçta rastgele oluşturulan ve popülasyon adı verilen gen havuzu ile çalışmaya başlar. Popülasyonun her bir satırına birey denir. Birey kromozomlardan oluşur. Koromozomlar genellikle 0 ve 1 rakamlarından oluşur.

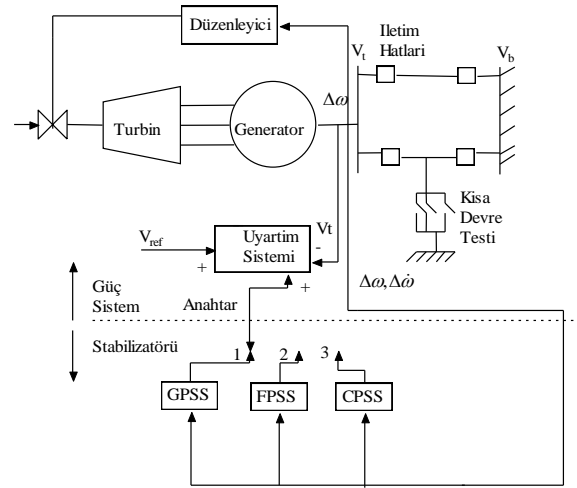
Popülasyonun her bir bireyi için uygunluk fonksiyonu değerleri hesaplanır. Uygunluk fonksiyonu değerleri yüksek olanların oluşturulacak yeni nesil için seçilme şansları yüksektir. Seçim işlemi için rulet tekerleği (roulette wheel), turnuva (tournament), sıralama (rank) gibi yöntemler kullanılır. Oluşturulan yeni nesile ebeveyn kromozomlarından oluşan popülasyon adı verilir. Bundan sonra gerçekleştirilen ebeveyn kromozomları arasındaki üreme işlemine ise çaprazlama denir. Çaprazlama ebeveynlerin bazı genlerini yeni bireyler üzerine kopyalamaları işlemidir. Bu işlem için tek noktalı, iki noktalı, çok noktalı ve düzenli çaprazlama gibi yöntemler kullanılır. Çaprazlama

sonucunda yeni bireyler elde edilir. Yeni bireylerin ebeveynlerinin kopyası olması olasılığını önlemek için bu bireyler mutasyona uğratılır. Mutasyon aşamasında rastgele bazı genler değişikliğe uğrar. Örneğin 0 ise 1 veya 1 ise 0 olurlar. Oluşturulan yeni birey programın başına gönderilir. Burada istenilen sonlandırma şartına ulaşıp ulaşılmadığı kontrol edilir. Eğer istenilen şart gerçekleşmemişse sırayla bütün genetik algoritma operatörleri uygulanır.

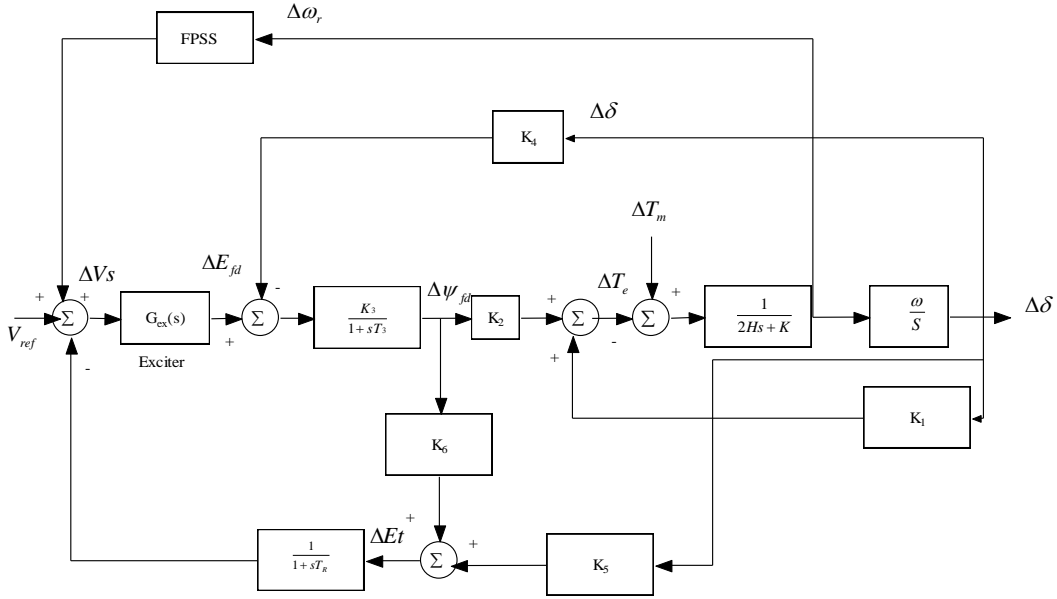
Sonuçta algoritma en iyi çözümü üretmek için sürekli aynı döngüde çalışmaya devam eder. Her döngü sonunda yeni bir nesil üretilir. Genetik algoritma çalışmasında; jenerasyon sayısı, programın çalışma süresi veya belirli bir sürede sürekli aynı sonuçların elde edilmesi programın sonlandırma şartı olarak belirlenebilir.

3. FPSS Sistem Modeli

Uyartım kontrol sistemi ve FPSS'li güç sistem modeli şekil 1 ve 2 'de görülmektedir.



Şekil 1. Temel Uyartım Kontrol Sistemi (Sanaye-Pasand ve Malik, 1999)



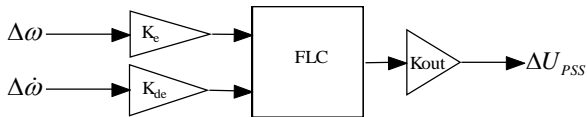
Şekil 2. FPSS li Güç Sistem Modeli

Simülasyonda kullanılan FPSS 'in amacı CPSS gibi davranarak AVR 'ye ilave edilecek yardımcı kontrol işaretini üretmektir. FPSS 'in giriş değişkenleri olarak generatör hız değişimi ' $\Delta\omega$ ' ve bu değer in türevi ' $\Delta\dot{\omega}$ ' kullanılmıştır. FPSS 'in çıkış değişkeni ise ' ΔU_{PSS} ' şeklinde isimlendirilmiştir. Kullanılan fuzzy yapısı mamdani tipidir. Fuzzy kontrolörler üyelik fonksiyonlarının sınır değerlerine göre ölçekleme katsayılarıyla normalize edilmiş giriş ve çıkış değerlerini kullanırlar (Şekil 3.) Yapılan çalışmada ölçekleme katsayılarının değerleri $K_e=1$, $K_{de}=0.8$ ve $K_{out}=5$ olarak belirlenmiştir.

3.1. Simülasyonda Kullanılan Parametreler

Simülasyonda kullanılan parametreler çizelge 1 'de verilmiştir. Çalışma durumları çizelge 2 'de verilmiştir. Senkron generatörlerin sistem modelleri yükleme koşullarına göre farklı çalışma durumu parametreleri içermektedir. Bu çalışma durumlarından 1 nolu çalışma durumu hafif yük koşulunu, 2 nolu çalışma durumu orta yük koşulunu, 3 nolu çalışma durumu ağır yük koşulunu, 4 nolu çalışma durumu ise reaktif yüklü koşulu temsil etmektedir (Gupta vd., 2003).

Bu çalışmada kullanılan sistem modeli simülasyonunda en kötü koşul olan 4ncü çalışma durumu üzerinde çalışılmıştır.



Şekil 3. Fuzzy kontrolöre ait giriş ve çıkış değişkenlerine ait ölçekleme katsayıları

Çizelge 1. Simülasyon Parametreleri (R. Gupta vd., 2003)

Vref	Kae	Tae	Vrmax	Vrmin	Xe	H	Tdo	Kd	F	Tr
0	100	0.02	+6 p.u.	-6 pu	0.2 pu	5	6 sn	0	60 hz	0.02

Çizelge 2. Çalışma Durumları (R. Gupta vd., 2003)

No	P	Q	xe	K1	K2	K3	K4	K5	K6
1	0,6000	0,0361	xe	1,4336	1,5855	0,2889	2,0294	0,0194	0,2628
2	1,5000	0,2303	xe	1,6117	1,8883	0,2889	2,4170	-0,1524	0,1898
3	1,8000	0,3352	xe	1,5911	1,8987	0,2889	2,4303	-0,1717	0,1866
4	1,0000	0,3333	3*xe	0,7430	1,0776	0,4180	1,3794	-0,1739	0,4561

4.Tartışma

Bu çalışmada yapılan simülasyonlar için 'Matlab Simulink' programı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelenerek sayısal ve grafiksel olarak gösterilmiştir.

Birinci aşamada FPSS'li simülasyonlar beş farklı kural tablosu için gerçekleştirilmiştir. Bu modele ait sonuçlar sayısal ve grafiksel olarak karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. İkinci aşamada kural tablosu genetik algoritma ile optimize edilmiş Genetik güç sistem stabilizatörü (GPSS) ile simülasyonlar gerçekleştirilmiş elde edilen sonuçlar FPSS'li sistem sonuçlarıyla karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

4.1 FPSS İle Yapılan Simülasyon Sonuçları

Literatürde daha önce kullanılan fuzzy güç sistem stabilizatörleri (FPSS) için geliştirilen beş adet kontrolöre ait kural tabloları incelenmiş ve kural tablolarında değiştirilmiş olan kural sonuç ifadeleri gölgeli olarak aşağıda gösterilmiştir. Çizelge 3, 4, 5, 6, 7 de verilen kural tabloları ile simülasyonlar gerçekleştirilmiş elde edilen sonuçlar şekil 4'de gösterilmiştir.

Çizelge 3. FPSS 'm3' isimli kural tablosu (Caner, 2006; Caner vd., 2008)

$\Delta\omega$	$\Delta\omega$						
	NL	NM	NS	Z	PS	PM	PL
NL	NL	NL	NL	NM	NM	NS	Z
NM	NL	NM	NM	NM	NS	Z	PS
NS	NL	NM	NS	NS	Z	PS	PM
Z	NM	NM	NS	Z	PS	PM	PM
PS	NM	NS	Z	PS	PS	PM	PL
PM	NS	Z	PS	PM	PM	PM	PL
PL	Z	PS	PM	PM	PL	PL	PL

Çizelge 4. FPSS 'table1' isimli kural tablosu (Sanaye-Pasand ve Malik, 1999)

$\Delta\omega$	$\Delta\omega$						
	NL	NM	NS	Z	PS	PM	PL
NL	NL	NL	NL	NM	NM	NS	Z
NM	NL	NL	NM	NM	NS	Z	PS
NS	NL	NM	NS	NS	Z	PS	PM
Z	NM	NM	NS	Z	PS	PM	PM
PS	NM	NS	Z	PS	PS	PM	PL
PM	NS	Z	PS	PM	PM	PL	PL
PL	Z	PS	PM	PM	PL	PL	PL

Çizelge 5. FPSS ‘table3’ isimli kural tablosu (Hwang vd., 2008)

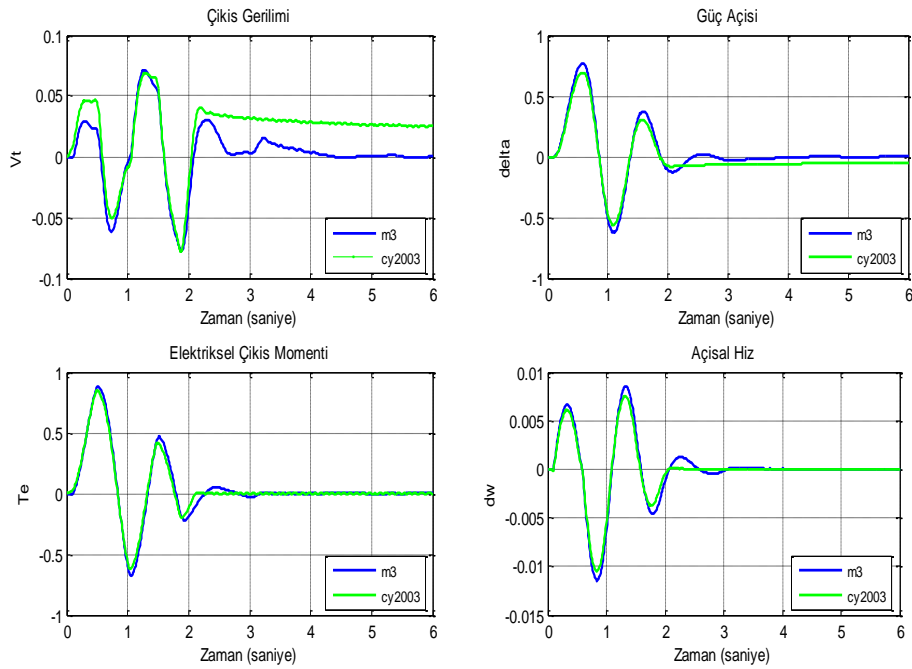
$\Delta\omega$	$\Delta\dot{\omega}$						
	NL	NM	NS	Z	PS	PM	PL
NL	NL	NL	NL	NM	NM	NS	Z
NM	NL	NL	NM	NM	NS	Z	PS
NS	NL	NM	NM	NS	Z	PS	PM
Z	NM	NM	NS	Z	PS	PM	PM
PS	NM	NS	Z	PS	PM	PM	PL
PM	NS	Z	PS	PM	PM	PL	PL
PL	Z	PS	PM	PM	PL	PL	PL

Çizelge 6. FPSS ‘table4’ isimli kural tablosu (Mrad vd., 1997; Lakshmi ve Khan, 2000; Hsu and Cheng, 1990,1993)

$\Delta\omega$	$\Delta\dot{\omega}$						
	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	NM	NM	NS	Z	PS	PM	PM
PS	NM	NS	Z	PS	PS	PM	PL
PM	NS	Z	PS	PM	PM	PL	PL
PL	Z	PS	PM	PL	PL	PL	PL

Çizelge 7. FPSS ‘cy2003’ isimli kural tablosu (Cheng, 2003)

$\Delta\omega$	$\Delta\dot{\omega}$						
	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	NM	NS	Z	PS	PM
Z	NM	NM	NS	Z	PS	PM	PM
PS	NM	NS	Z	PS	PM	PM	PL
PM	NS	Z	PS	PM	PM	PL	PL
PL	Z	PS	PM	PL	PL	PL	PL



Şekil 4. İki FPSS (m3, cy2003) kural tablosu ‘Vt’, ‘delta’, ‘Te’, ‘dw’ çıkış eğrilerinin karşılaştırması

Şekil 4’de 0-6 saniye simülasyon süresi boyunca çıkış gerilimi, güç açısı, elektriksel çıkış momenti, açısal hız parametrelerinin zamana göre değişimleri gösterilmiştir. Ayrıca sisteme 0.1-0.6 saniyeleri arasında genliği 0.5 birim olan bozucu etki uygulanmıştır. Çizelge 3, 4, 5, 6, 7’de verilen kural tablolarıyla yapılan simülasyon çalışmalarında ‘Vt’, ‘delta’, ‘Te’ ve ‘dw’ değişkenleri için aynı çıkış eğrileri elde edilmiştir. Bu yüzden dört kural tablosu yerine sadece çizelge 3’de verilen kural tablosu çıkış eğrileri ile çizelge 7’de verilen kural tablosunun eğrileri karşılaştırılmıştır. Eğrilerden görüldüğü gibi çizelge 3’de verilen kural tablosunda ‘Vt’ ve ‘delta’ çıkış eğrileri çizelge 7’de verilen kural tablosuna göre daha karardır. ‘Te’ ve ‘dw’ çıkış eğrilerinde ise çizelge 7’de verilen kural tablosu daha karardır.

4.2 Sistem Performansının Sayısal Olarak Değerlendirilmesi

Bu makalede yapılan simülasyon uygulamalarında gözlenen çıkış parametrelerinin görsel açıdan değerlendirilmesine ilave olarak, kontrolör performansını sayısal olarak ifade edebilmek için IAE (integral of absolute error) denklem (1) de verilen yöntemi kullanılmıştır. Burada sisteme bozucu etki uygulandıktan sonra 6ncı saniyeye kadar güç açısı eğrisinin altında kalan bölgenin matlab ortamında alan hesabı yapılmıştır.

$$IAE = \int |e| dt \quad (1)$$

FPSS ’li sistemde çıkış gerilimi, güç açısı, elektriksel çıkış momenti, açısal hız değerleri için hesaplanan IAE değerleri Çizelge 8’de gösterilmiştir.

Çizelge 8. İki FPSS (m3, cy2003) kural tablosu ‘Vt’, ‘delta’, ‘Te’, ‘dw’ çıkış değerleri için IAE değerleri karşılaştırması

IAE Değeri	Vt	Delta	Te	dw
m3	9.8135	71.9424	78.125	1.0382
cy2003	19.3423	81.3008	69.4444	0.8592

Burada amaç, güç açısı salınımlarını en aza indirmek yani eğri altında kalan alanı küçültmek olduğundan çizelge 3’de verilen kural tablosu performansının daha iyi olduğu kabul edilmiştir.

4.3 Genetik Algoritma İle FPSS Kural Tablosu Optimizasyonu

Bu bölümde genetik algoritma ile simülasyonda kullanılacak olan FPSS ’in kural tablosu optimize edilmiştir. Optimizasyon işleminde Matlab m-file olarak yazılmış olan genetik algoritma programı kullanılmıştır. Burada amaç en yüksek uygunluk değerini verecek kural tablosunun elde edilmesi olmuştur.

Bundan dolayı FPSS’li simülasyon uygulamalarında elde edilen IAE değeri uygunluk değeri olarak kullanılmıştır. Optimizasyon programı minimizasyon yaptığından uygunluk değeri çarpmaya göre tersi alınmıştır. Çizelge 9 ’da ‘m3’, ‘cy2003’, ‘gpss’ için uygunluk değerleri verilmiştir.

Çizelge 9. İki FPSS (m3, cy2003) kural tablosu ile ‘gpss’ için ‘Vt’, ‘delta’, ‘Te’, ‘dw’ uygunluk değerleri karşılaştırması

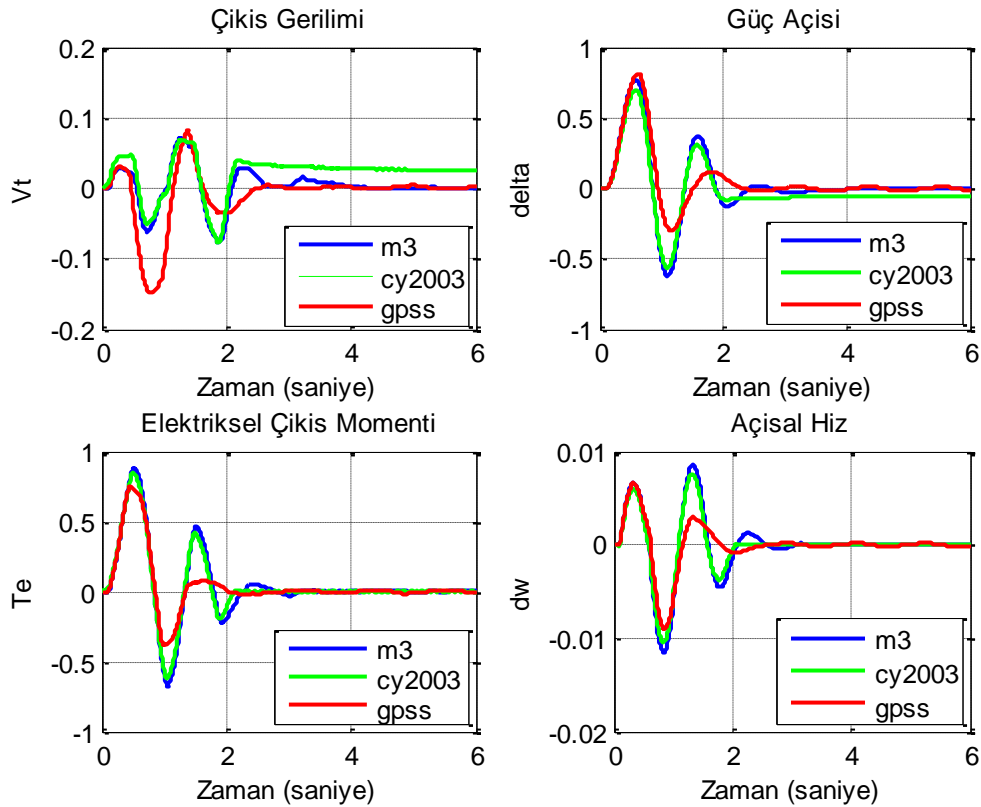
Uygunluk Değerleri	Vt	delta	Te	Dw
m3	0.1019	0.0139	0.0128	0.9632
cy2003	0.0517	0.0123	0.0144	1.1638
Gpss	0.0827	0.0175	0.0189	1.4247

Bu makalede ‘delta’ güç açısının uygunluk değeri üzerinden çalışma yapılmıştır. IAE değeri ne kadar düşük olursa uygunluk değeri o kadar yüksek olur. Uygunluk değeri artarsa sistem performansı da artar. Çizelge 9 ’da görüldüğü üzere gpss için ‘delta’ güç açısı uygunluk değeri ‘m3’ ve ‘cy2003’ uygunluk değerinden yüksek çıkmıştır.

Genetik algoritma ile elde edilen kural tablosu çizelge 10 ’da gösterilmiştir. Elde edilen kural tablosu fuzzy kontrolörde okutularak 4 nolu çalışma durumu için simülasyon gerçekleştirilmiştir. ‘Vt’, ‘delta’, ‘Te’ ve ‘dw’ sistem parametreleri için simülasyon sonuçları ‘m3’, ve ‘cy2003’ ile karşılaştırmalı olarak çizdirilmiştir (Şekil 5).

Çizelge 10. Genetik programla oluşturulmuş kural tablosu

$\Delta\omega$	$\Delta\dot{\omega}$						
	NL	NM	NS	Z	PS	PM	PL
NL	PL	PL	NL	PL	PL	PS	NL
NM	PM	PL	NL	PL	PL	PS	NL
NS	PS	PL	NL	PL	PL	PS	NL
Z	NL	PL	NL	PL	PL	PS	NL
PS	NL	PL	NL	PL	PL	PS	NL
PM	NL	PL	NL	PL	PL	PS	NL
PL	NL	PL	NL	PL	PL	PS	NL



Şekil 5. Optimize edilen kural tablosunun diğer kural tablolarıyla karşılaştırılması

Gözlenen çıkış parametrelerine ait simülasyon sonuçları şekil 5’de görülmektedir. Bu sonuçlara göre optimize edilen kural tablosu diğer kural tablolarına göre daha iyi bir performans sergilemiştir.

6. Sonuç

Bu çalışmada genetik algoritma ile FPSS’in kural tablosu optimize edilmiştir. Optimizasyon işleminde randomize olarak üretilen ilk popülasyon içerisine daha önce PSS çalışmalarında kullanılan birbirinden farklı 5 kural tablosu da ilave edilmiştir. Yapılan simülasyon çalışmalarında optimize edilen kural tablosu performansı diğer kural tablolarıyla karşılaştırılarak etkinliği gösterilmiştir.

Daha sonraki çalışma olarak optimizasyon işlemi için yazılan m_file yerine Matlab GA toolbox’ın kullanılması düşünülebilir.

Buna ilave olarak GA ‘nın seçim aşamasında kullanılan sıralama, turnuva ve oransal seçim yöntemleri ile çaprazlama aşamasında kullanılan tek noktalı, iki noktalı, çok noktalı ve düzenli çaprazlama yöntemlerini değiştirerek optimizasyon performansının artırılması sağlanabilir.

Bunun yanında FPSS’in kural tablosu dışında diğer parametrelerinin de optimize edilmesi düşünülebilir.

Kaynaklar

- Abido M.A., ve Abdel-Magid, 1997, “Tuning Of A Fuzzy Logic Power System Stabilizer Using Genetic Algorithms”, International Conference on Evolutionary Computation EEC ’97, vol.1, pp. 329-334
- Abido M.A., ve Abdel-Magid, 1997, “ A Genetic-Based Fuzzy Logic Power System Stabilizer For Multimachine Power Systems”, IEEE International Conference on Evolutionary Computation EEC ’97, pp. 595-599

- Altaş, İ.H. 1997 “A Fuzzy Logic Based Door Position Control System”, 3rd International Mechatronic Design And Modeling Workshop, September 15-18, 1997 METU, Ankara, Turkey.
- Bolat B., 2006, “Asansör Kontrol Sistemlerinin Genetik Algoritma İle Simülasyonu”, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Caner M., 2006, “Hiyerarşik Fuzzy Yöntemiyle Senkron Generatörlerde Uyarım Kontrolü”, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Cheng, Y.J., ve Elangovan, S., 2003, “Enhanced power system stabilizer via integrated tabu-fuzzy knowledge based controller”, Elsevier, Electrical Power and Energy Systems, vol.25, pp.543-550.
- Goldberg, D.A., (1989), Genetic Algorithms in Search, Optimisation and Machine Learning, The University of Alabama, Addison-Wesley Publishing Company.
- Gupta R., Bandyopadhyay B., Kulkarni A.M., 2003, “Design Of Power System Stabilizer For Single Machine System Using Robust Fast Output Sampling Feedback Technique”, Electric Power Systems Research 65, 247-257
- Holland J. H., 1975, Adaptation in natural and artificial systems, Addison-Wesley.
- Hsu, Y-Y., ve Cheng, C-H., 1990, “Design of fuzzy power system stabilisers for multimachine power systems, IEE Proceedings, Vol. 137, Pt. C, No. 3, May 1990
- Hsu, Y-Y., ve Cheng, C-H., 1993, “A Fuzzy Controller for Generator Excitation Control”, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol.23, No.2, March/April.
- Hwang Gi-H., Kim Dong-W., Lee Jae-H., An Young-J., 2008, “ Design of fuzzy power system stabilizer using adaptive evolutionary algorithm”, Engineering Applications of Artificial Intelligence, Vol. 21, pp. 86-96.

- Koza, J.R., (1992), Genetic Programming: on the Programming of Computers by Means of Natural Selection, MIT Press, Cambridge.
- Lakshmi P., Abdullah Khan M., 2000 “Stability enhancement of a multimachine power system using fuzzy logic based power system stabilizer tuned through genetic algorithm”, Electrical Power and Energy Systems, vol. 22, pp.137–145.
- Lu, J., Nahrir, M.H., ve Pierre, D.A., 2001, “A fuzzy logic-based self tuning power system stabilizer optimized with a genetic algorithm”, Elsevier Electric Power Systems Research, 60, pp. 115–121.
- Mello, F.P.de, ve Concordia, C., (1969), "Concepts of Synchronous Machine Stability as Affected by Excitation Control", IEEE Trans. PAS, Vol. 88, pp.316-329, April 1969.
- Sanaye-Pasand, M., ve Malik, O.P., 1999, “A Fuzzy Logic PSS Using a Standardized Rule Table”, Taylor&Francis, Electric Machines and Power Systems, vol.27, pp. 295-310.
- Steinmetz, C.P., (1920), “Power Control and Stability of Electric Generating Stations”, AIEE Trans., Vol. XXXIX, Part II, pp. 1215, July-December.
- Wen J., Shijie C., ve Malik O. P., 1998, “ A Synchronous Generator Fuzzy Excitation Controller Optimally Designed With A Genetic Algorithm” IEEE Transactions on Power Systems, Vol.13 No.3, August.