

BULANIK BİR GÜÇ SİSTEM KARARLIlaştırıcı TASARIMI

Bildiri Konusu : A-Elektrik (Enerji Üretim, İletim ve Dağıtım)

Türker F. ÇAVUŞ

A.Serdar YILMAZ

Ertan YANIKOĞLU

Sakarya Üniversitesi Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü

e-posta : tfcavus@sakarya.edu.tr

ABSTRACT-

In this paper, a new approach to design power system stabilizer (PSS), which is controller element, that improves the stability of the power systems against to low level frequency oscillations is investigated and analyzed by the use of fuzzy logic controls. The fundamental function of a PSS is to control the excitation system through adding supplementary stabilizing signals by which oscillations in the generator rotor can be damped. PSS can increase or decrease the excitation voltage according to the distortion exposed. In order to dampen, electrical torque component that is at the same phase as the rotor speed deviations must be produced.

Anahtar Sözcükler : Güç sistem kararlılaştırıcı, küçük işaret kararlılığı, bulanık mantık denetleyici.

1. GİRİŞ

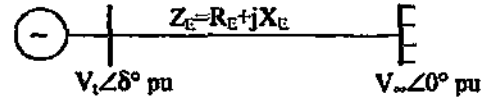
Enerji sistemlerinde meydana gelen düşük frekanslı ve genlikli salınımlar sistemin küçük işaret (dinamik) kararlılığını etkilemektedir. Meydana gelen salınımlar generatörlerin açılma hızında, yük açısında; güç ve moment dengesinde önemli sayılabilecek sorunlara yol açmaktadır. Bu tür salınımların azaltılmasında ve küçük işaret kararlılığının iyileştirilmesinde kullanılan yöntemlerden biri generatör uyarma sisteminin daha etkin ve hızlı bir şekilde kontrolüdür. Bunun için otomatik gerilim regülatörüne ilaveten yardımcı kontrole gerek duyulur. Bu elemanın girişi açılma hız değişimleridir[5]. Bu kararlılaştırıcı eleman aldığı rotor sapmalarıyla aynı fazda olan elektriksel moment bileşeni üretmektedir. Bu bileşen açılma hızdaki sapmayı azaltarak kararlılığı iyileştirmede önemli bir rol oynamaktadır. Bu bildiride bilinen klasik kararlılaştırıcıdan daha etkili olan yeni bir kontrol elemanı önerilmektedir. Bu kontrol elemanı bulanık mantık esasına dayanmaktadır. Geliştirilen kural tablosu söz konusu bozucular sırasında oluşan değişimleri söndürmede oldukça etkili olmaktadır. Yapılan benzetimlerde geliştirilen bulanık kararlılaştırıcının daha etkili ve süratli bir söndürme yol açtığı görülmüştür.

2. KÜÇÜK İŞARET ANALİZİ VE GÜÇ SİSTEM MODELİ

Enterkonnekte şebekede generatörler, rotorlarındaki açılma yer değiştirmeye bağlı olarak moment üretirler. Bu momentler generatörleri senkronizmada tutarlar. Bu yüzden bu momentlere senkronlayıcı moment adı verilebilir. Düşük frekanslı salınımların yaşandığı şebekede söz konusu senkronlayıcı momentin yetersiz kalması sonucu bir süre sonra senkronizma kayıpları ve devre dışı kalma olayları gerçekleşir.

Eğer sistemin maruz kaldığı bozucu etki büyük şiddetli ise, senkronlayıcı moment, generatör açılma hızındaki sapmayı sürekli halde kararlı bir noktaya getiremez. Bundan dolayı şebekedeki generatörlerin hepsi yada bir kısmı senkronizma kaybına uğrar. Bu durumda sistem için geçici halde kararlı denilebilir. Eğer bozucu etki küçük şiddetli ise, senkronlayıcı moment senkronizasyonu korur fakat açılma hızındaki salınımları tamamen önleyemez. Özellikle aşırı yükli sistemlerde bu salınımların genliği üstel olarak artar. Bu durumda karşı karşıya kalınan sorunun adı küçük işaret kararlılığıdır. Bu salınımların önlenmesi amacıyla yardımcı kararlılaştırıcı işaretler ile uyarma sisteminin kontrol edilmesi gerekir [1,2].

Bu bildiride Şekil.1'deki tek makinalı sistem üzerinde inceleme ve bulanık GSK uygulaması yapılmaktadır.



Şekil.1 Tek makinalı sonsuz güç baralı sistem

Küçük işaret analizlerinde generatör ve ona bağlı elemanlarının lineerleştirilmiş durum modeli kullanılır. Uyarma, ve güç sistem kararlılaştırıcılar ile birlikte tüm sistemin durum değişkenleri vektörü şu şekilde verilebilir.

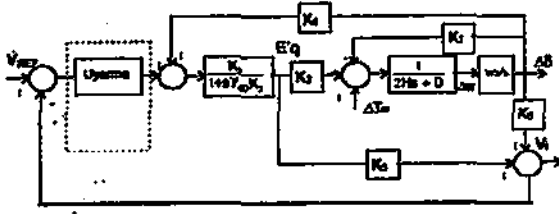
$$\dot{X} = AX + BU \quad (1)$$

Burada X vektöründü oluşturarı değişkenler

$X^T = [\Delta E', \Delta \delta, \Delta \omega, \Delta E_{fd}]$ ve $U = [V_{ref}]^T$ dir [3].

Bu model, GSK elemanının olmadığı duruma aittir.

Buna göre şekil.1'deki sistemin lineer modeli aşağıdaki şekilde olmaktadır [4].



Şekil.2 Örnek sistemin modeli

EK-1 de çalışma noktasındaki sayısal değerleri verilen yukarıdaki sistem için GSK yok iken A matrisi ve özdeğerleri aşağıdaki şekilde gibidir.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & -K_4 & 0 & 1 \\ K_3 T_{d0} & T_{d0} & 0 & T_{d0} \\ 0 & 0 & ws & 0 \\ -K_2 & -K_1 & -D \cdot ws & 0 \\ \frac{2H}{T_A} & \frac{2H}{T_A} & 0 & -1 \\ -K_A K_6 & -K_A K_5 & 0 & -1 \\ \frac{1}{T_A} & \frac{1}{T_A} & 0 & \frac{1}{T_A} \end{bmatrix}$$

Bu matris Ek-1 deki örnek sistem için

$$A = \begin{bmatrix} -0.3511 & -0.236 & 0 & 0.104 \\ 0 & 0 & 314 & 0 \\ -0.1678 & -0.144 & 0 & 0 \\ -714.4 & -10 & 0 & -5 \end{bmatrix}$$

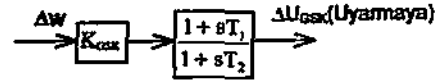
olur. Bu matrisin özdeğerleri ise $\lambda_{1,2} = -2.633 \pm j8.46$ ve $\lambda_{3,4} = -0.0428 \pm j6.5048$ dir. Gözle görüldüğü gibi bu durumda sistem salınımlı olmaktadır. B vektöründe aşağıdaki gibidir.

$$B = [0 \ 0 \ 0 \ K_A/T_A]^T = [0 \ 0 \ 0 \ 2000]^T$$

3. GÜÇ SİSTEM KARARLILAŞTIRICILARI (GSK) İLE UYARTIM DENETİMİ

GSK uyarma denetiminde önemli bir işlevi üstlenen, türbin-generatör sisteminde oluşan düşük frekanslı elektromekanik salınımları önleyen yardımcı bir denetleyici elemandır. Rotor açılma hız saptamasından alınan işaret GSK'nın girişini oluşturur. Rotor saptamalarıyla aynı fazda olan elektriksel moment bileşeni üretilir

Şekil.3 te tek girişli GSK'nın blok diyagramı verilmektedir.



Şekil. 3 Klasik GSK Blok Diyagramı

Şekil.3'de basitleştirilmiş blok diyagramı verilen GSK elemanının genel hali için transfer fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$G_{GSK}(s) = K_{GSK} \frac{1+sT_1}{1+sT_2} \frac{ST_w}{1+sT_w} \quad (2)$$

Burada T_1 ve T_2 sırasıyla faz ilerletici ve geriletici zaman sabitidir. T_1 sabiti 0.2 ile 1.5 saniye, T_2 sabiti ise 0.02 ile 0.15 saniye arasında değerler alır. K_{GSK} kazanç ise 0.1 ile 50 arasında oldukça geniş bir tanım bölgesine sahiptir [3].

T_w ise kararlayıcı işaret filtresi zaman sabiti olarak adlandırılır. Genelde 10 olarak tespit edilir. Kararlayıcı işaret filtresinin amacı, hız saptamalarından dolayı gerilim referansında oluşacak sürekli hal hatasını azaltmaktır. Söz konusu frekans aralığındaki salınımlar için herhangi bir faz kayması yada kazançta yol açmadığından T_w nin çok büyük seçilmesi halinde bu filtre devresini transfer fonksiyonu yaklaşık 1'e eşit kabul edilir. Bu çalışmada kararlayıcı işaret filtresi transfer fonksiyonu 1 olarak alınmıştır [3].

Bölüm 2'de tanımlanmış örnek güç sisteminde GSK olması halinde durum değişkenleri matrisinin boyutu artacaktır. GSK çıkışı da (U_{GSK}) durum değişkeni olacağından matrisin boyutu 5×5 olacaktır. Buna göre yeni A matrisi aşağıdaki şekli alır.

$$A' = \begin{bmatrix} -1 & -K_4 & 0 & 1 & 0 \\ K_3 T_{d0} & T_{d0} & 0 & T_{d0} & 0 \\ 0 & 0 & 314 & 0 & 0 \\ -K_2 & -K_1 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{2H}{T_A} & \frac{2H}{T_A} & 0 & -1 & \frac{K_A}{T_A} \\ -K_A K_6 & -K_A K_5 & 0 & -1 & \frac{K_A}{T_A} \\ \frac{-K_2 T_1}{T_2} \left(\frac{K_{GSK}}{2H} \right) & \frac{-K_1 T_1}{T_2} \left(\frac{K_{GSK}}{2H} \right) & \frac{K_{GSK}}{T_2} & 0 & \frac{-1}{T_2} \end{bmatrix}$$

Ek-1'de GSK ya ait parametreler verilmiştir. Bu parametreler için örnek sisteme klasik GSK uygulandığında yeni A' matrisi ve buna ait özdeğerler şu şekilde verilebilir.

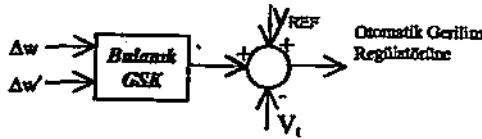
$$A = \begin{bmatrix} -0.351 & -0.236 & 0 & 0.104 & 0 \\ 0 & 0 & 314 & 0 & 0 \\ -0.167 & -0.144 & 0 & 0 & 0 \\ -714.4 & -10 & 0 & -5 & 2000 \\ -0.42 & -0.36 & 5 & 0 & -10 \end{bmatrix}$$

Bu matrisin özdeğerleri $\lambda_{1,2} = -0.612 \pm j6.409$, $\lambda_{3,4} = -1.869 \pm j8.58$ ve $\lambda_5 = -10.38$ olarak hesaplanmıştır.

Bu iki durumun karşılaştırılması sonucunda klasik GSK lı sistemde kararlılığının GSKsız sisteme oranla iyileştiği sonucuna varılmaktadır. Bölüm.5'de tasarlanan bulanık GSK ile beraber bu iki duruma ait benzetim sonuçları verilecektir.

4. BULANIK KURALLAR İLE YARDIMCI KARARLIlaştırıcININ TASARIMI

Şekil.4'de bulanık kararlılaştırıcının blok diyagramı yer almaktadır.



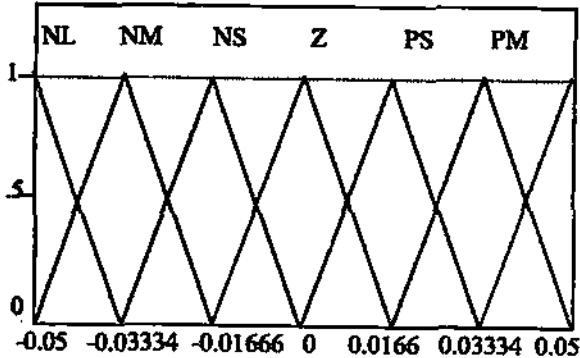
Şekil.4 Bulanık Kararlılaştırıcı

Çalışmanın bu kısmında bulanık mantık kuralları esasına göre yeni bir GSK elemanı oluşturulması gerçekleştirilmiştir. Kurulan bulanık tabanlı GSK elemanına ait kural tablosu, giriş ve çıkışa ait üyelik fonksiyonları sırasıyla tablo.1, şekil.4,5 ve 6 'da gösterilmektedir.

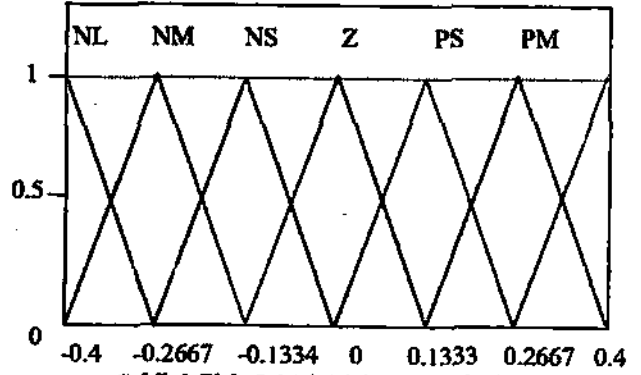
Giriş 1 ($\Delta\omega$)

		NL	NM	NS	Z	PS	PM	PL
Giriş 2 ($\Delta\dot{\omega}$)	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

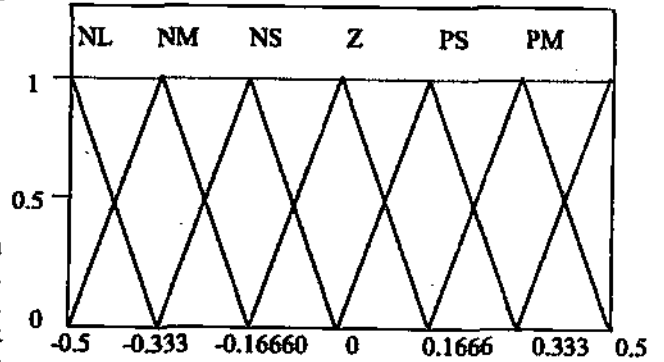
Tablo.1 Kural Tablosu



Şekil.5 Giriş-1 ($\Delta\omega$) için üyelik fonksiyonu



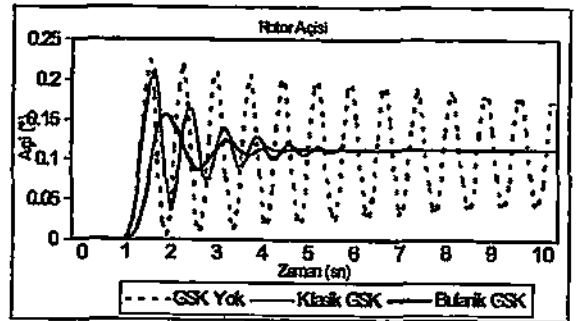
Şekil.6 Giriş-2 ($\Delta\dot{\omega}$) için üyelik fonksiyonu



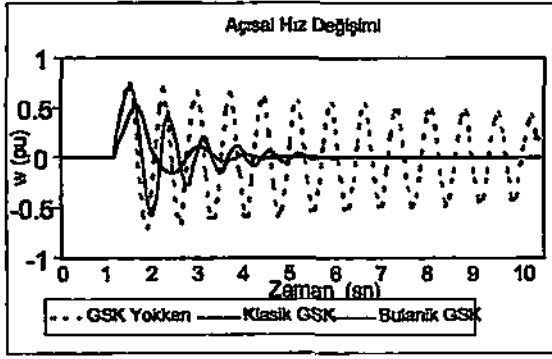
Şekil.7 Çıkış (U_{GSK}) için üyelik fonksiyonu

Buna göre tasarlanan yeni GSK elemanı değişik frekanslı salınımlara klasik olan türüne göre daha iyi sonuç verdiği, bu salınımları daha kısa sürede ve daha etkili biçimde söndürmediği görülmüştür. Bölüm.5 'te üç durum için (GSKsız, Klasik GSKlı ve Bulanık GSKlı) benzetim sonuçları yer almaktadır.

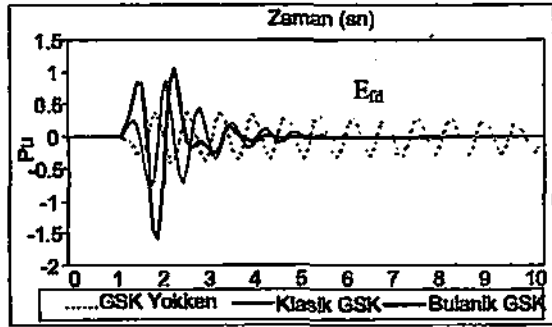
5. BENZETİMLER



Şekil.8 Rotor açısı değişimi



Şekil.9. Açısai Hız değişimi (pu)



Şekil.10 Uyarma Gerilimi değişimi (pu)

[3] Sane, P.W. and Pai M.A., Power system dynamics and Stability, Prentice Hall, 1998.

[4] de Mello F., and Concordia, C., Concepts of synchronous machine stability as affected by excitation control, IEEE Trans. on PAS, Vol.88, pp.316-329, 1969.

[5] Sayane-Pasand, M., Malik, O.P., A Fuzzy Logic Based PSS Using a Standardized Rule Table, Electric Machines and Power Systems, 27:295-310, 1999

EK-1

$K_1=0.92$	$X_d=2.5$ pu	$T'_{dcr}=9.6$ sn
$K_2=1.074$	$X_d'=0.39$ pu	$K_A=400$
$K_3=0.292$	$D=0$	$T_A=0.2$ sn
$K_4=2.265$	$ws = 314$	$K_{pss}=0.5$
$K_5=0.005$	$R_e=0$ pu	$T_1=0.5$ s
$K_6=0.357$	$X_e=0.5$ pu	$T_2=0.1$ s
$R_a=0$ pu	$V_{\infty}=1.05$ pu	
$X_q=2.1$ pu	$H=3.2$ sn	

6. SONUÇLAR

Bölüm 4'deki kural tablosu ile kurulan bulanık GSK ile klasik GSK arasındaki kıyaslamalar bölüm 5 de görülmektedir. Küçük işaret analizi sınırları dahilinde lineer modeller üzerinde yapılan bu incelemede açısai hız, rotor hızı ve uyarma gerilimi salınımları için daha hızlı ve etkin bir GSK tasarımı gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen bulanık GSK ile yapılan benzetimlerde P_M mekanik giriş gücüne uygulanan 0.1 birimlik basamak girişi (Nominal gücün %10'una karşı gelen) sonucunda genlik ve frekans yönüyle oluşan salınım değerlerine nazaran daha azdır. Sönümde daha hızlı gidilmiştir. Benzetim sonucunda GSK ların sürekli halde sisteme herhangi bir etkide bulunmadığı sadece hız değişmelerinde görevini yerine getirdiğini söylemek mümkündür.

KAYNAKLAR

[1] Rogers, G., Demystifying power system oscillations, IEEE Computer application in power, Vol.9, No.3, pp.30-35, 1996.

[2] Yu, Y., Electric Power System Dynamics, Academic Press, 1983.