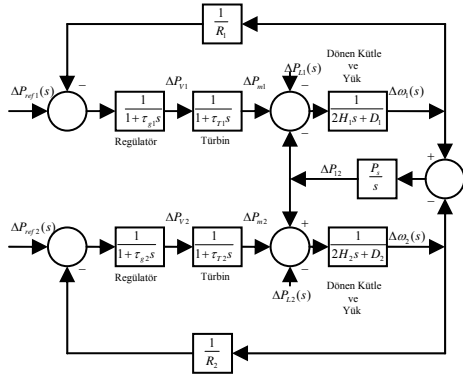


sistemin uygun kontrol elemanlarıyla donatılmasıyla mümkündür.

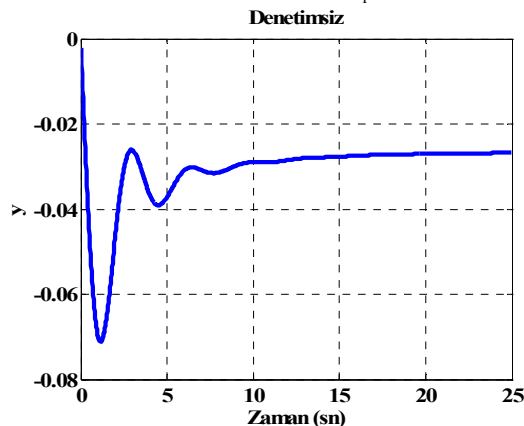


Şekil-2. İki bölgeyi sadece Yük Frekans Kontrollü (YFK) sistem blok diyagramı.

Sabit bir frekans değerinde çalışan güç sisteminde esas olan bu frekans değerindeki $\Delta\omega$ değişimlerinin sıfır sürekli değerinde kalmasıdır. Yük gücünde meydana gelecek herhangi bir $\pm \Delta P_L$ değişiminin etkisiyle senkron generatörün mili hızlanacak veya yavaşlayacaktır. Bu da mil hızında salımlara yol açacak ve $\Delta\omega$ değeri olması gereken sıfır etrafında salınacaktır. $\Delta\omega$ salımlarının büyük genliklerle uzun süreli devam etmesi güç sistemini kararsızlığa sürükleyeceğinden, gerekli önlemler hızlı bir şekilde alınarak sistemin kararlı çalışması sağlanmalıdır.

Sistemdeki değişkenlerin gerçek değerleri yerine bunlarda meydana gelen değişimlerin izlenmesi yeterli olduğundan burada güç sistemlerinin doğrusallaştırılmış küçük işaret modeli (Small Signal Model) kullanılmaktadır.

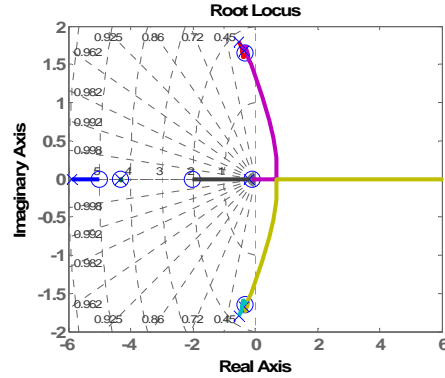
Bu küçük işaret modelinde sistemde giriş olarak ele alınan birim güç değişimi ΔP_L iken çıkış olarak ele alınan birim frekans değişimi $\Delta\omega_1$ dir.



Şekil-3. T(s) transfer fonksiyonuna ait birim basamak tepkisi.

ΔP_L yük gücünde bir basamak artışı meydana geldiğinde denetimsiz sistemin hızı, dolayısıyla frekansında bir azalma görülmektedir. Normalde

$\Delta\omega_1 = 0$ olması gerekirken denetim yapılmadığı için başlangıç salınımindan sonra $\Delta\omega \cong -0.027$ pu gibi bir değerde kalmaktadır. Bu da güç sisteminin referans frekansa göre daha düşük frekansla üretim yaptığı anlamına gelir. Şekil-4' de verilen kök- yer eğrilerinden de görüleceği gibi sistem kararlı çalışmasını sürdürmektedir. Ancak frekans değeri istenilenin altındadır. $\Delta\omega = 0$ pu olacak şekilde bir denetim yapmak gerekir. Bunun için de kullanılacak denetleyici ile ΔP_L gücündeki değişimlere cevap verip sistemin giriş gücünü ayarlayarak frekans değişimini sıfırlayacak denetleyici gerekir.



Şekil-4. T(s) transfer fonksiyonuna ait kök yer eğrisi.

III. DENETLEYİCİ TASARIMI

Elektrik güç sistemlerinde standartlaştırılmış bir model olan ve Şekil- 2' de verilen iki bölgeyi bir güç sistemine ait küçük işaret modelinde, ΔP_{L1} veya ΔP_{L2} yük gücü değişimlerinin alacağı değerlere göre her iki sistemin giriş ΔP_{m1} ve ΔP_{m2} mekanik güçleri ayarlanarak frekans değişimleri $\Delta\omega_1 = 0$ ve $\Delta\omega_2 = 0$ yapılmalıdır.

Bunu gerçekleştirmek üzere Şekil- 2' de verilen "regülatör" bloklarının hemen önüne birer denetleyici yerleştirmek gerekir. Bu denetleyici klasik integral, veya PI denetleyici olabileceği gibi bulanık mantık tabanlı bir denetleyici de olabilir.

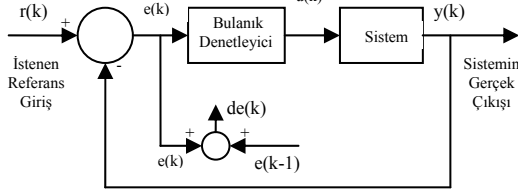
Burada yapılan çalışmada, denetleyici olarak bulanık mantık, denetleyicinin kullanımı incelenmektedir. Şöyle ki BMD de kullanılan bulanık küme üyelik fonksiyonu tiplerinin denetime etkileri karşılaştırılarak en uygun üyelik tipi ortaya çıkarılmaktadır.

III. 1. Bulanık Denetleyici

Bulanık Mantık (BM), diğer denetim yöntemlerindeki karmaşık işlemlere ve sistemin matematiksel modeline gerek duymadan denetim işlemini gerçekleştirmektedir.

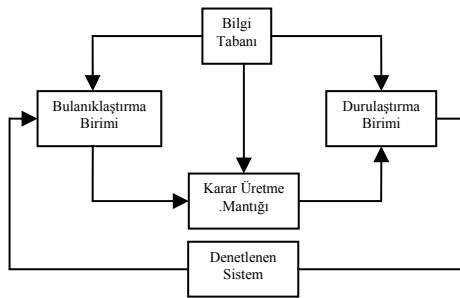
Bulanık Mantık Denetleyici (BMD) sistemin çıkışından bağımsız olarak kendi ürettiği değerlerle istenilen çıkışın elde edilmesini sağlayabilmektedir. BMD ler diğer kontrol yöntemlerindeki devre

elemanlarının yaşlanması ve özelliklerini kaybetmeye başlamasıyla oluşacak parametre değişimleri gibi etkenlere bağlı kalmadan sistemin durumuna göre istenilen performansla sürekli denetim yapılabilirler. Bulanık Mantık denetleyici eklenmesi ile oluşan yeni sistemin blok diyagramı Şekil- 5’ de görülmektedir.



Şekil- 5. BMD li sistemin blok diyagramı.

Burada kullanılan BMD Şekil- 6’ de gösterildiği gibi farklı işlevlere sahip beş temel üniteden oluşmaktadır. Bu alt birimler aşağıda kısaca açıklanmıştır.



Şekil- 6. Bulanık Mantık Denetim Sistemi

BMD nin alt birimleri

Bulanıklaştırma Birimi: Gözlenmiş bir giriş alanından evrensel bir kümedeki bulanık grup haline getirme olarak ifade edilebilir ve bulanık denetimin ilk aşamasıdır.

Bilgi Tabanı: Uygulama alanının ve istenen denetim amaçlarının bilgisini içeren birimdir. Bilgi tabanı iki bölümden meydana gelir. Bunlar sırasıyla veri tabanı ve sözel değişkenli kuralları içeren kural tabanıdır.

Karar Üretme Mantığı: Önceden bilinen, sistemin denetime verdiği cevap kararını oluşturan referans bilgisidir.

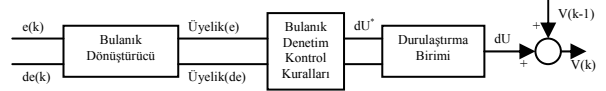
Durulştırma birimi: Çıkışın değişken değerlerini evrensel küme düzeyine getirmek için ölçeklendirme yapılıır.

BMD denetleyicinin kesin girişleri, sistem çalışması esnasında meydana gelen hata ve bu hatadaki değişimdir. BMD girişine uygulanan bu iki kesin değer elde edilmesinde

$$e(k) = r(k) - y(k) \quad (1)$$

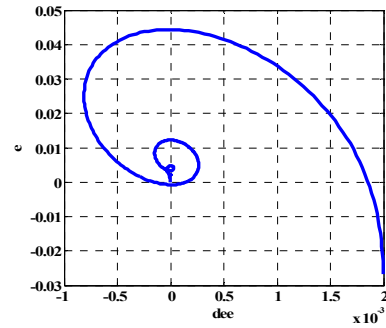
$$de(k) = e(k) - e(k-1) \quad (2)$$

bağıntıları kullanılır. Burada k örnekleme adımı olmak üzere r(k) referans giriş, y(k) gerçek sistem çıkışıdır. BMD' ye uygulanan kesin giriş ve alınan kesin çıkış arasında gerçekleştirilen işlem basamakları Şekil- 7’ deki akış diyagramında verilmektedir.



Şekil- 7. Bulanık Mantık Denetleyici blok diyagramı.

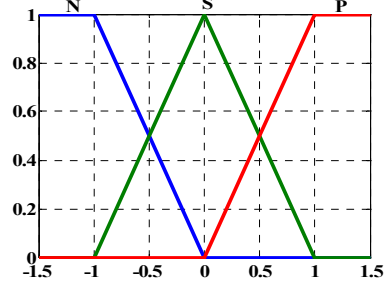
Bulanık denetleyicinin giriş işaretleri e(k) ve de(k) kesin değerleri olduğundan, güç sisteminin denetiminde minimize edilecek olan e(k) hatası ve bu hatadaki de(k) değişim değerlerinin oluşturduğu uzay aslında bulanık denetleyicinin kesin giriş uzayıdır. Denetim yapılmadığı zaman sürekli çalışma durumuna ulaşıldığında de(k) = 0 olmasına rağmen e(k) ≠ 0 olabilmektedir. Ancak denetim yapıldığında bu uzayda hem e(k) = 0 hem de de(k) = 0 olan ve Şekil- 8’ da verildiği gibi helezonun (girdabın) merkezine oluşturan bir sürekli çalışma noktası olacaktır. Bu giriş uzayı çalışmada ki bulanık kurallarının belirlenmesinde kullanılan giriş uzayıdır.



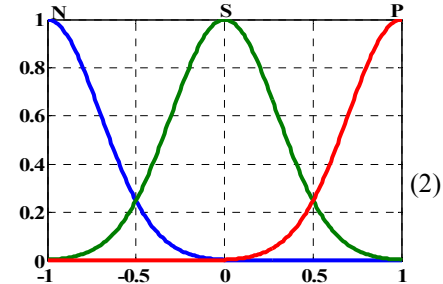
Şekil- 8. Basamak tepke ile oluşan e – de uzayı

III. 2. Üyelik Fonksiyonları

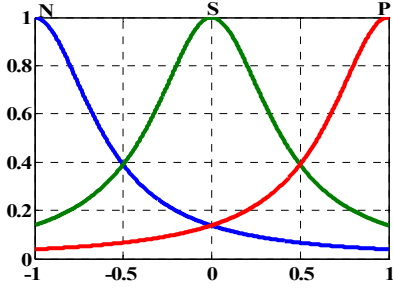
Bulanık mantık denetleyicide kullanılacak olan üyelik fonksiyonları Şekil (9-12)’ de gösterilmiştir. Bunlar sırasıyla üçgen, gaussian, cauchy ve yamuk biçimli üyelik fonksiyonlarıdır.



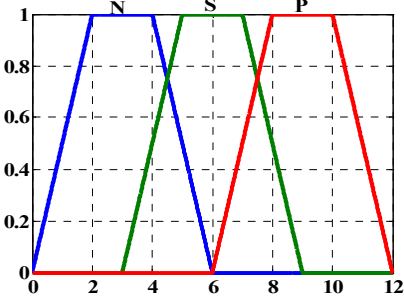
Şekil- 9. Üç kurallı üçgen üyelik fonksiyonu.



Şekil- 10. Üç kurallı gaussian üyelik fonksiyonu.



Şekil- 11. Üç kurallı cauchy üyelik fonksiyonu.



Şekil- 12. Üç kurallı yamuk üyelik fonksiyonu.

Bu fonksiyonlar için kullanılan bağıntılar denklem (3-6) verilmektedir.

$$A_{\Delta} = \max \left(\min \left(\frac{x - x_1}{x_T - x_1}, \frac{x_2 - x}{x_2 - x_T} \right), 0 \right) \quad (\text{Üçgen için}) \quad (3)$$

$$A_G = e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right)^2} \quad (\text{Gaussian için}) \quad (4)$$

$$A_C = \frac{1}{1 + \left(\frac{x - x_T}{d} \right)^{2m}} \quad (\text{Cauchy için}) \quad (5)$$

$$A_Y = \max \left(\min \left(\frac{x - x_1}{x_{T1} - x_1}, 1, \frac{x_2 - x}{x_2 - x_{T2}} \right), 0 \right) \quad (\text{Yamuk için}) \quad (6)$$

Bu denklemler kullanılarak her bir kesin değişken uzayında tanımlı negatif (N), sıfır (S) ve pozitif (P) bulanık üyelik fonksiyonları oluşturulmuştur.

Güç sisteminin yük- frekans denetiminde burada belirtilen dört farklı yapıdaki üyelik fonksiyonları kullanılmış ve bunların performansları karşılaştırılmıştır. Üçgen, gaussian, cauchy ve yamuk biçimli üyelik fonksiyonları için sadece N, O ve P bulanık kümeleri kullanılmış ve 9 kurallı bir kural tabanı oluşturulmuştur.

Daha önce de belirtildiği gibi bulanık mantık denetleyiciye iki giriş işareti uygulanıp, bir çıkış işareti elde edilmektedir. Giriş işaretlerinden biri e(k) (hata) diğeri ise de(k)= e(k)- e(k-1) (hatadaki değişim) dir. Biri 9 diğeri 25 kurallı olmak üzere Tablo-1 ve Tablo- 2' de verilen iki farklı kural tabanı kullanılarak kural sayısının etkisi de ayrıca çalışmaya dahil edilip incelenmiştir.

Tablo- 1. 9 kurallı Kural Tablosu.

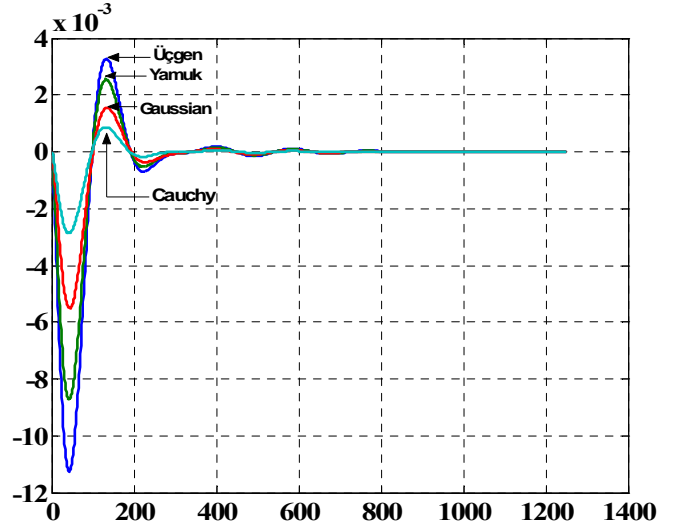
		de		
		Nde	Sde	Pde
e	Ne	Ndu	Ndu	Sdu
	Se	Ndu	Sdu	Pdu
	Pe	Sdu	Pdu	Pdu

Tablo- 2. 25 kurallı Kural Tablosu.

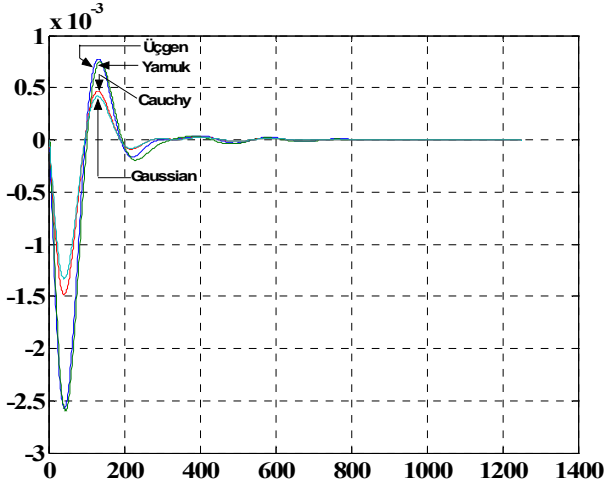
		de				
		NBTde	NSTde	SSTde	PSTde	PBTde
e	NBTde	NBTdu	NBTdu	NSTdu	NSTdu	SSTdu
	NSTde	NBTdu	NSTdu	NSTdu	SSTdu	PSTdu
	SSTde	NSTdu	NSTdu	SSTdu	PSTdu	PSTdu
	PSTde	NSTdu	SSTdu	PSTdu	PSTdu	PBTdu
	PBTde	SSTdu	PSTdu	PSTdu	PBTdu	PBTdu

IV. SONUÇLAR

Tasarlanan BMD önce dokuz kurallı bir kural tablosu ile kullanılmış ve dört farklı üyelik fonksiyonunun etkisi elde edilmiştir. Şekil- 13' de verilen sonuç şekli incelendiğinde Üçgen biçimli üyelik fonksiyonunun en fazla aşmaya sahip sonucu verirken Cauchy biçimli üyelik fonksiyonunun hem en küçük aşmaya hem de en kısa oturma zamanına sahip sonucu verdiği gözlenmektedir. Yamuk ve Gaussian biçimli üyelik fonksiyonları ile elde edilen sonuçlar ise ara değere sahip aşmalı tepke göstermektedir. 25 kurallı kural tablosu kullanıldığında elde edilen sonuçlar hemen hemen aynıdır. Dolayısıyla bilgisayardaki işlem kısalığı bakımından 9 kurallı denetleyici bu uygulamada tercih edilebilir.



Şekil- 13. Üçgen, Gaussian, Cauchy, Yamuk üyelik fonksiyonu kullanılan sistemin çıkışları.



Şekil- 14. Üçgen, Gaussian, Cauchy, Yamuk üyelik fonksiyonu kullanılan sistemin çıkışları.

V. DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada güç sisteminin bulanık mantık denetleyici ile kontrolü gerçekleştirilmiştir. Bulanık mantık denetleyici içerisinde değişik üyelik fonksiyonları (üçgen, yamuk, gaussian, cauchy) kullanılarak sistem çıkışının davranışı gözlenmiştir. Bulanık Mantık Denetleyicinin esnek kurallara sahip olması bir denetleyicinin yaptığı işi de kolaylıkla yapabilmektedir. BMD modellemesinde öncelikli olarak kontrol edilecek sistemin davranışı verimli bir şekilde gözlenmelidir. Daha sonra hata ve hatadaki değişimler göz önüne alınarak üyelik fonksiyonları, kontrol kural tablosu elde edilir.

Gerek 9 gerekse 25 kurallı denetleyicide Cauchy üyelik fonksiyonları en uygun sonucu vermektedir. Ancak uygulamada gerçek- zaman denetim sırasında Cauchy üyelik fonksiyonlarının kullanılmasıyla uzayacak olan işlem zamanını dikkate alınmalıdır. Simülasyonda Cauchy iyi sonuç vermektedir. Fakat gerçek zamanlı denetimde aynı anda en fazla iki komşu kümenin etkin olduğu üyelik fonksiyonun daha uygun sonuç verir.

V. KAYNAKLAR

- [1] M.E. El-Hawary (Ed.), Electric Power Applications of Fuzzy Systems, IEEE, 1998.
- [2] S.Kamaleddin Setarehdan and J. Soraghan, Automatic Cardiac LV Boundary Detection and Tracking Using Hybrid Fuzzy Temporal and Fuzzy Multiscale Edge Detection, IEEE Trans. On Biomedical Engineering, Vol.46, No.11, pp.1364-1377, November 1999.
- [3] Chue Chien Lee, Fuzzy logic in control systems: Fuzzy logic controller-Part II, IEEE Trans. System, Man and Cybernatics, vol.20, no.2, 1990, pp.419-435.
- [4] T.K. Ho, Fuzzy logic traffic control at a road junction with time- varying flow rates, IEE Electronics Letters, Vol.32, No.17, 1625-1626, August 1996.

- [5] T.H.Heung and T.K.Ho, Hierarchical Fuzzy Logic Traffic Control at a Road Junction using Genetic Algorithms, IEEE 0-7803-4863-X/98 \$10.00, pp.1170-1175, 1998
- [6] J.A. Bernard. Use of rule based system for process control, IEEE Contr. System Management, vol. 8, no.5, 1988, pp.3-13.
- [7] Zhengyu Huang, Robert M. Edwards and Kwang Y.Lee, Fuzzy-Adapted Recursive Sliding- Mode Controller Design for a Nuclear Power Plant Control, IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol.51, No.1, pp.256- 266, February 2004.
- [8] Rong-Jong Wai and Meng-Chang Lee, Intelligent Optimal Control of Single- Link Flexible Robot Arm, IEEE Tran. on Industrial Electronics, Vol.51, No.1, February 2004.
- [9] R. Pusca, Y. Ait-Amirat, A. Berthon and J.-M. Kauffmann, Fuzzy- Logic Based Control Applied to a Hybrid Electric Vehicle with Four Separate Wheel Drives, IEE Proc.- Control Theory Appl. Vol. 151, No. 1, January 2004.
- [10] Zhiying Hu, Christine W.Chan and Gordon H.Huang, Fuzzy Predictive Control for In- Situ Bioremediation, IEEE Canadian Conference On Electrical & Computer Engineering, pp.1616- 1621, 2002.
- [11] Chung-Liang Lin, Hao-Zhen Hung, Yung-Yue Chen and Bor-Sen Chen, Development of Integrated Fuzzy-Logic-Based Missle Guidance Law Against Hish Speed Target, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol.12, No.2, pp.157-169, April 2004.
- [12] Y. Hu, M. McCormick, L. Haydock, M. Cirstea, G. A. Putrus, Advanced Hybrid Variable Speed Controller for Stand-Alone Diesel Engine Driven Generator Systems, IEEE 0- 7803-7459-2/02/\$17.00, pp. 711-715, 2002.
- [13] H. Saadat, Power System Analysis, McGraw Hill Book Compny, pp.527, 1999.