

**TEK BÖLGELİ GÜÇ SİSTEMLERİNDE  
BULANIK MANTIK İLE YÜK FREKANS KONTRÜLÜ**

**Ertuğrul ÇAM İlhan KOCAARSLAN**

**Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü  
71450, Yahşihan, Kırıkkale, Türkiye**

**ÖZET**

Bu makalede, güç sistemlerindeki yük frekans kontrol problemine bir bulanık mantık kontrolör uygulanmıştır. Bu amaçla bir PI kontrolörün bulanık mantıkla kazancı ayarlanmıştır. Çalışma tek bölgesel bir güç sisteminde uygulanmıştır. Bu yolla, oransal ve integral kontrolörü kazançları için değişik değerler alınarak sistemin dinamik performansının geliştirilmesi sağlanmıştır. Geleneksel kontrolörlerle önerilen kontrolör karşılaştırıldığında, önerilen kontrolörün basamak cevap değişimine daha iyi bir dinamik cevap sağladığı gözlemlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Güç sistemleri, Bulanık mantık kontrolör, yük frekans kontrolü

**LOAD FREQUENCY CONTROL BY FUZZY LOGIC CONTROLLER IN A SINGLE AREA  
POWER SYSTEM**

**ABSTRACT**

This paper presents a fuzzy application to the area load frequency control (LFC) problem using fuzzy gain scheduling of PI controllers. The study has been designed for a single area power system. Using variable values for proportional and integral gains in the controller unit the dynamic performance of the system is improved. Comparison study of a conventional controller with the proposed controller shows that the proposed controller can generate the better dynamic response following a step load change.

**Keywords:** Power systems, Fuzzy logic controller, Load frequency control

**1. GİRİŞ**

Elektrik enerjisinin üretimi son yıllarda artan ihtiyaç ve çevre bilinci ile birlikte daha da çok önem kazanmış bulunmaktadır. Bunun yanında elektrik enerjisini kullananların doğal beklentileri, bu enerjiyi istedikleri miktarda kullanabilmektir. Öbür taraftan bilindiği gibi elektrik enerjisi büyük miktarlarda depo edilememektedir. Bunun anlamı ise; üretimin sürekli ihtiyaca bağımlı olarak ve o miktarda yapılması mecburiyetidir.

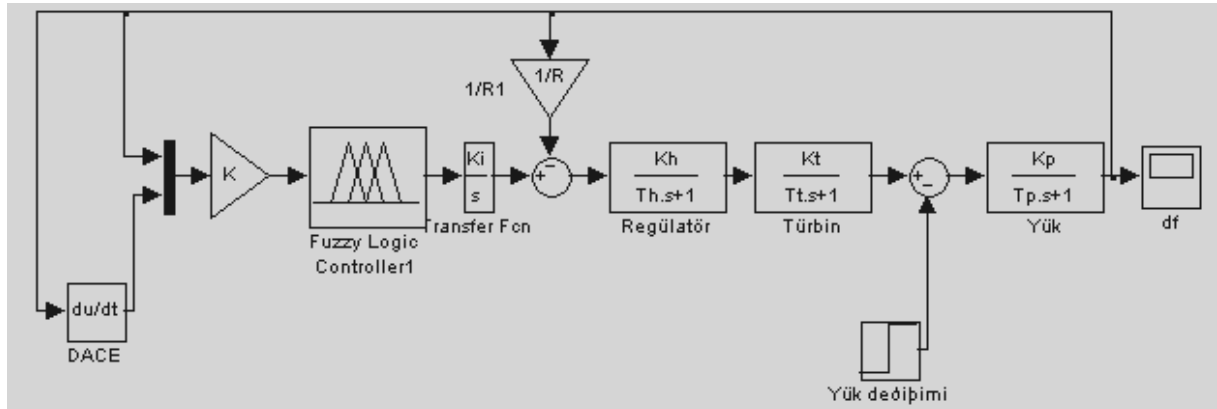
Günümüzdeki arz-talepteki değişiklikler, kimyasal enerjinin en iyi şekilde değerlendirilmesi, üretimin ekonomik olması isteği, artan çevre sorumluluğu, yeterli işletme koşulunun sağlanması için şebeke frekansının sabit yada sabit bir değere yakın olması gerekliliği, güç sistemlerinde kontrol kavramının önemini açık olarak ortaya koymaktadır [1]. Üretim ve tüketim arasındaki aktif güç dengesinin sağlandığında, frekansın tespit edilen değere yaklaşması otomatik olarak sağlanır. Benzer şekilde, reaktif güç dengesinin sağlanması ile gerilim değeri de tanımlanan sınırlar içerisinde kalır [2].

Bütün bunların yanında tüm bir bölgede veya enterkonnekte sistem ağında kullanılan elektrik enerjisinin belirli bir kalitede olması gerekir. Bunun için, enterkonnekte güç sistemine bağlı birden fazla güç üretim merkezi paralel çalışmaktadır. Burada amaç, tüketilen enerjide sabit frekans ve sabit gerilimde elektrik vermektir. Bu da kendiliğinden santraller arası gerek ekonomiklik, gerek arıza ve gerekse güvenlik açısından paralel çalışmayı, aynı zamanda yardımlaşmayı kaçınılmaz hale getirir. Sistem frekansında oluşan dalgalanmaların belirli sınırlar içinde tutulması gerekmektedir. Tüketici talebindeki ani değişimler yüzünden sistem frekansında bazı değişimler ve hatta bozulmalar olmaktadır. Yük-frekans kontrol sistemi ile bu değişimler belirlenerek mümkün olduğunca hızlı ve etkin bir şekilde yok edilmektedir. Sistem frekansındaki değişimleri istenen nominal sistem frekans değerine, bağlantı hattı yükünü ise komşu şebekelerle önceden belirlenen güç alış verişi değerine getirmek üzere yapılan jeneratörlerin kontrol çalışmalarına “Otomatik Üretim Kontrolü”, (AGC), yada “Yük-Frekans Kontrolü”, (LFC), adları verilmektedir. Jeneratörün hızı ve dolayısıyla sistemin çıkışındaki güç, hız regülatörü ve türbin tarafından ayarlanır [3,4]. Bu işlem için hız regülatörünün hemen girişine bir kontrolör yerleştirilmektedir. Kontrolör devresi olarak genelde integral kontrolörler kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra PI [5], bulanık mantık[6], Yapay Sinir Ağları [7], Değişken Yapılı Sistem [8] ve Zeki Sistemler de [9] güç sistemlerinde kullanılan kontrol teknikleri arasında içinde sayılabilirler.

Buradaki tekniklerden PI kontrol tekniği düşük mertebeli, doğrusal sistemler için genelde iyi cevaplar vermekle birlikte, güç sistemlerinin yüksek mertebeli ve doğrusal olmayan yapısı için istenilen cevapları ve hızları verememektedir. Bunun için uzman sistemler olarak adlandırılan bulanık mantık, yapay sinir ağları ve benzeri diğer kontrol teknikleri kullanılmaya başlanmıştır.

## 2. KAZANCI BULANIK MANTIKLA HESAPLANMIŞ KLASİK PI KONTROLÖR

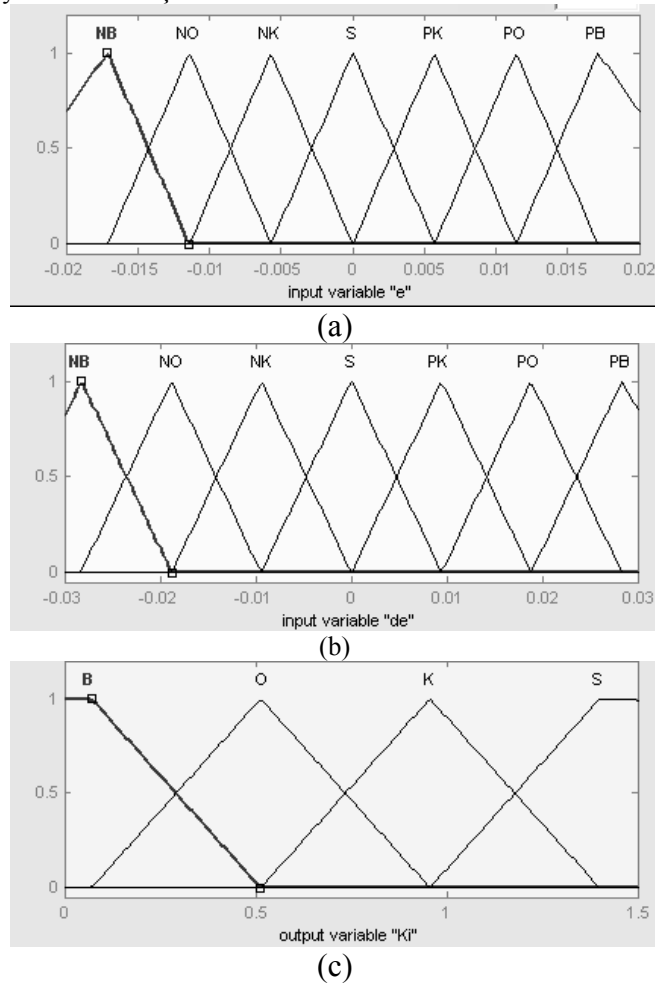
Güç sistemlerinde jeneratörün beslediği yükte meydana gelebilecek bir değişiklikte, hız regülatörünün düşü karakteristiğine ve yükün frekans karakteristiğine bağlı olarak genellikle beraber frekans değişimi de gözlenecektir. Bir yük değişimi esnasında, ek denetleyici kontrolör mekanizması, frekansı nominal değere taşımak için devreye girmek zorundadır [10]. Ek denetleme işlemi hız regülatörüne yönelik olmaktadır. Şekil 1’de ek denetimin bulunduğu tek bölge üretim biriminin bulanık mantıkla kontrol şekli verilmektedir.



Şekil 1. Tek Bölge Güç Sisteminin Bulanık Mantık ile Yük Frekans Kontrolü

Birçok araştırmacı bulanık mantık kontrolün etkinliği konusunda hemfikirdirler. Her şeyden önce, bulanık mantık endüstrideki çoğu uygulamaya kolaylıkla adapte edilebilen bir yapıya sahiptir. Bunun yanında, kontrol parametrelerinin belirli olmasına gerek duymaz. Ayrıca, uygulamaların daha hızlı yapılmasına olanak verir. Bulanık mantığın kuralları konunun uzmanı insanlar tarafından hazırlanmaktadır. Kuralların oluşumu için sistemin basamak cevabı, hata sinyali ve onun türevi kullanılmaktadır [11]. Geleneksel kontrol tekniklerinin güç sistemleri gibi karmaşık ve lineer olmayan yapıya sahip sistemlerde iyi sonuçlar verememesi, bulanık mantık kontrolörlerin kullanılmasını ön plana çıkarmıştır [12]. Sistemimizde, parametreleri bulanık mantık ile hazırlanmış geleneksel PI kontrolör sistemin kontrol sinyalini üretir. Bu sinyal önce kontrolör tarafından bulanıklaştırılarak dilsel ifadeye çevrilir. Bulanık mantıkta bu işleme bulanıklaştırma (fuzzification) denilmektedir. Daha sonra yine kontrolörün içindeki üyelik fonksiyonlarınca bir kurala atanır. Bu kısma ise kural tabanı (rule base) denmektedir. En sonunda ise ifade tekrar bulanıklıktan kurtarılarak sisteme analog sinyal olarak verilir. Bu kısım ise bulanıklığın çözüldüğü yerdir ve defuzzification diye adlandırılır. Kontrolörün hassaslığı sistemi iyi tanıyan uzmanların oluşturduğu

kurallardan başka üyelik fonksiyonlarına da bağlıdır [13]. Aşağıda Şekil 2’de tek bölgesi güç sistemi için kullanılan üyelik fonksiyonları verilmiştir.



Şekil 2. Tek bölgesi güç sistemi için; a) Hatanın, b) Hatanın türevinin, c) Ki ve Kp'nin üyelik fonksiyonları

Bu makalede kullanılan bulanık mantık kontrolörün Kp ve Ki kural tablosu aşağıda verilmiştir.

Tablo 1. Tek bölgesi güç sisteminde kullanılan bulanık mantık kontrolörün kazançları Kp ve Ki için kurallar

$\Delta ACE(k)$		<i>NB</i>	<i>NO</i>	<i>NK</i>	<i>S</i>	<i>PK</i>	<i>PO</i>	<i>PB</i>
<i>ACE(k)</i>	<i>NB</i>	<i>PB</i>	<i>PB</i>	<i>PB</i>	<i>PO</i>	<i>PO</i>	<i>PK</i>	<i>S</i>
	<i>NO</i>	<i>PB</i>	<i>PO</i>	<i>PO</i>	<i>PO</i>	<i>PK</i>	<i>S</i>	<i>NK</i>
	<i>NK</i>	<i>PB</i>	<i>PO</i>	<i>PK</i>	<i>PK</i>	<i>S</i>	<i>NK</i>	<i>NO</i>
	<i>S</i>	<i>PO</i>	<i>PO</i>	<i>PK</i>	<i>S</i>	<i>NK</i>	<i>NO</i>	<i>NO</i>
	<i>PK</i>	<i>PO</i>	<i>PK</i>	<i>S</i>	<i>NK</i>	<i>NK</i>	<i>NO</i>	<i>NB</i>
	<i>PO</i>	<i>PK</i>	<i>S</i>	<i>NK</i>	<i>NO</i>	<i>NO</i>	<i>NO</i>	<i>NB</i>
	<i>PB</i>	<i>S</i>	<i>NK</i>	<i>NO</i>	<i>NO</i>	<i>NB</i>	<i>NB</i>	<i>NB</i>

### 3. SONUÇLAR

Sistem için kullanılan parametreler aşağıdaki gibidir:

$T_p=20$ ;  $T_h=10$ ;  $T_t=0.3$ ;  $T_g=0.08$ ; (Sistemin, regülatörün, türbinin ve jeneratörün zaman sabitleri)

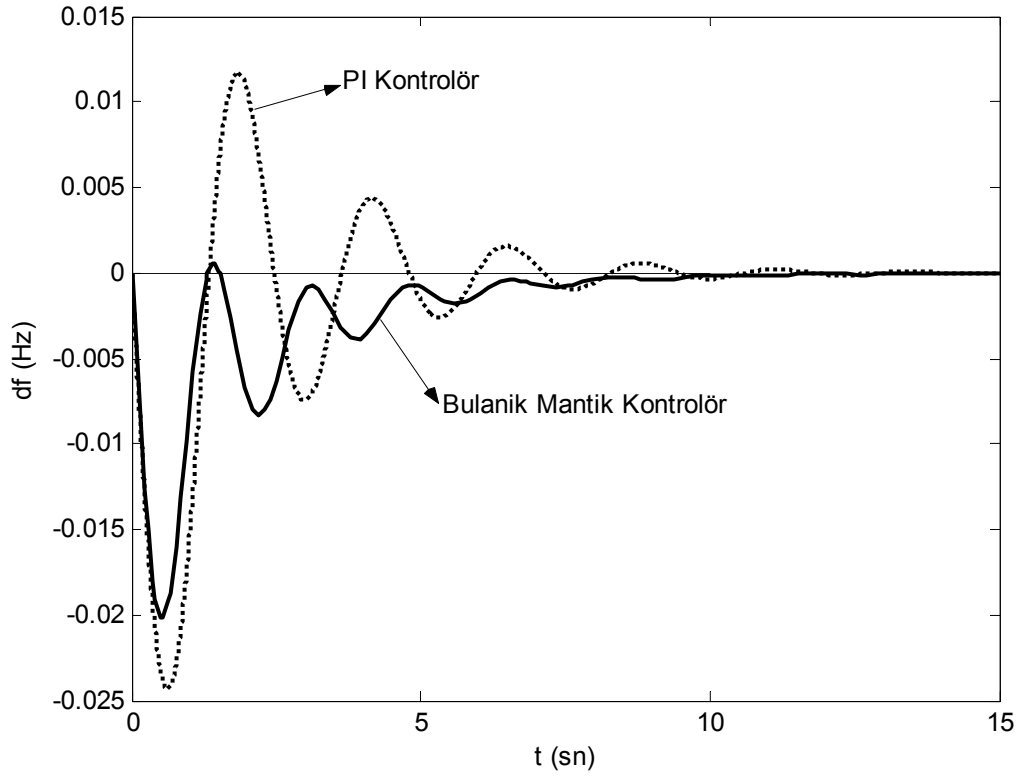
$K_p=120$ ;  $K_h = 0.5$ ; (Sistemin ve regülatörün kazanç katsayıları)

$R=2.4$ ; (Regülasyon sabitleri)

Ve bu parametrelerle elde edilen cevaplar Tablo 2’de ve Şekil 3’te verilmiştir. Tablo ve şekilden görülmektedir ki, bulanık mantıkla yapılan kontrolde sistemin oturma zamanı geleneksel PI kontrolörün cevabına göre %25 daha iyidir. Aynı zamanda maksimum bozulma da %20 daha iyi sonuç vermiştir. Bu sonuçlara göre doğrusal olmayan tek bölge bir güç sisteminin bulanık mantık gibi modern kontrol sistemleri ile kontrol edilmesinin doğru olacağını söylemek mümkündür.

**Tablo 2.** Klasik PI Kontrolör ile Kazancı Bulanık Mantıkla Bulunan PI Kontrolör Sonuçları

Kontrolör Tipi	Oturma Zamanı (sn)	Maksimum Bozulma (Hz)
Klasik PI ( $K_p=0.05$ ; $K_i=0.65$ )	12,5	0.0243
Bulanık Mantıkla Kazancı Bulunan PI	10	0.0201



**Şekil 3.** Tek bölge güç sistemindeki frekans değişimi ( $\Delta PL=0.01$  p.u.)

#### KAYNAKLAR

1. Kundur, P., **Power System Stability Control**, EPRI Power Eng. Series, 1994.
2. Yılmaz, A.S., Yanıkoğlu, E., Turan, M., “**Enerji Sistemlerinde PID Denetleyiciler ile Yük Frekans Kontrolü**”, SAÜ Fen Bilimleri Dergisi, pp. 105-109, 1997.
3. Murty, P.S., **Power System Operation and Control**, Tata-McGraw Hill, New Delhi, 1984.
4. Indulkar, C.S., Baldev, R., “**Application of Fuzzy Controller to Automatic Generation Control, Electric Machines and Power Systems**”, Vol.23, pp.209-220, 1995.

5. Akalın, G., Kocaarslan, İ., Yörükeren N., Erfidan, T., “İki Bölge Bir Güç Sistemi İçin Yük-Frekans Kontrolünde Kullanılan PI Kontrolörün Kazancının Bulanık Mantık ile Programlanması”, TOK’98- Otomatik Kontrol Bilimsel toplantısı, s. 133-138, 15-16 Ekim 1998, İstanbul.
6. Tesnjak, S., Mikus, S., Kuljaka, O., “Load-Frequency Fuzzy Control in Power Systems”.
7. Chatuverdi, D.K., Satsangi, P.S., Kalra, P.K., “Load Frequency Control: A Generalised Neural Network Approach”, Electrical Power and energy Systems, Elsevier Science, Vol.21, s. 405-415, January 1999.
8. Ashok, K., Malik, O.P., et all., “Variable-structure-system Control Applied to AGC of an Interconnected Power System”, IEEE Proceedings, Vol.132, Pt. C., No.1, January 1985.
9. Dangprasert, P., Avatchanakorn, V., “Genetic Algorithms Based on an Intelligent Controller”, Expert Systems with Applications, Pergamon Press, Vol.10, No.3/4, s. 465-470, 1996.
10. Wood, A.J., Wollenberg, B.F., **Power Generation, Operation and Control**, John Wiley and Sons, New York, 1984.
11. S. Tesnjak, S. Mikus, O. Kuljaca, **Load-frequency fuzzy control in power systems**, Proceedings of the 5th SONT, Simpozij o Novim Tehnologijima, pp. 136-139, Poree, 1995.
12. T., Tilli, **Automatisierung mit Fuzzy-Logic**, Franzis-Verlag, München,1992.
13. Tomsovic, K., **Fuzzy Systems Applications to Power Systems**, Chapter IV-Short Course, Proceedings of International Conference on Intelligent System Application to Power Systems, Rio de Janeiro, Brazil, April 1999, pp.1-10.