

NEHİR TİPİ BİR HİDROELEKTRİK SANTRALDE KLASİK INTEGRAL VE BULANIK MANTIK TABANLI YÜK-FREKANS KONTROLÜ KARŞILAŞTIRMASI

Haluk GÖZDE¹, M.Cengiz TAPLAMACIOĞLU²

^{1,2} Gazi Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Ankara
halukgozde@gmail.com, taplam@gazi.edu.tr

Anahtar Kelimeler: Nehir tipi santral, Integral kontrol, Bulanık mantık kontrolör, Frekans kontrolü.

ÖZET: Bu makalede, izole ada durumunda çalışan 20 MW anma kapasiteli nehir tipi bir hidroelektrik santralin modeli kullanılarak klasik integral kontrolör ve bulanık mantık kontrolör ile yük-frekans kontrolü simülasyonu yapılmıştır. Simülasyon sonuçları üzerinde frekans sapmasının maksimum aşım ve oturma zamanları elde edilerek, kullanılan iki kontrolörün sistem performansı üzerine etkileri incelenmiştir.

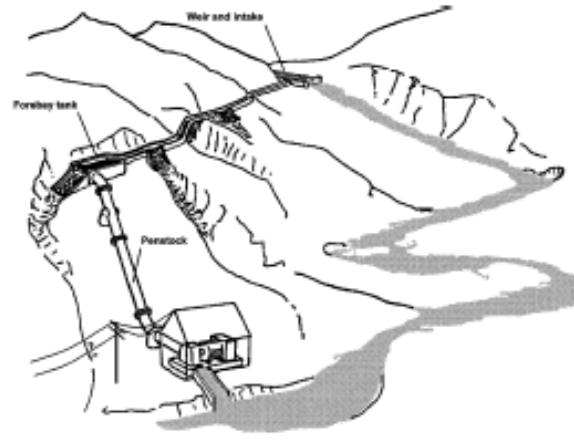
GİRİŞ

Tüm dünyada, düşük maliyetleri ve nispeten kolay kurulumları gibi avantajları nedeniyle, nehir tipi olarak da adlandırılan küçük kapasiteli hidroelektrik santrallerin önemi gün geçtikçe artmaktadır (Şekil.1). Günümüzde, dünyadaki toplam hidroelektrik üretim kapasitesinin yaklaşık %10'u nehir tipi santrallerden karşılanırken, ülkemizde de hemen hemen aynı oradadır. Bununla beraber, Türkiye'deki hidroelektrik kapasitenin yalnızca %25'inin kullanıldığı ve toplam hidroelektrik üretiminin %20'sinin nehir tipi santrallerden karşılanabileceği dikkate alındığında, ülkemizde bu konuda önemli bir potansiyelin olduğu açıkça görülebilir. Özellikle Akdeniz ve Karadeniz havzalarının nehir tipi santral kurulumu için önemli akarsu yatakları içerdiği bilinmektedir [1, 2].

Buna karşın, nehir tipi santrallerin 'frekans kontrolü', özellikle izole ada çalışma durumunda, türbin hızının nehir su miktarına ve akış hızına duyarlılığı nedeniyle, enterkonnekte sisteme bağlı hidroelektrik santrallere göre nispeten zordur. Sistemin anma frekansı, üretilen ve tüketilen aktif güçlerin dengesine bağlıdır ve frekansın sürekli durum hatasını istenen aralıkta tutabilmek için bu dengenin korunması gerekir. Bu durum, sistemde kullanılan jeneratörün üretim miktarının frekans sapmasına duyarlı hale getirilmesi ile sağlanır. Sistem frekansının sürekli durum hatasının minimize edilmesi için genel olarak bir integral kontrolör kullanılır [3].

Literatürde, nehir tipi santrallerin yük-frekans kontrolü için farklı çalışmalar yapılmıştır [4, 5]. Bu çalışmada, izole ada çalışma durumunda işletilen 20 MW kapasiteli bir nehir tipi hidroelektrik santralin yük-frekans kontrolü için bulanık mantık kontrolör [6, 7] kullanılmış ve elde edilen simülasyon sonuçları klasik integral kontrolör sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Makalenin ikinci bölümünde

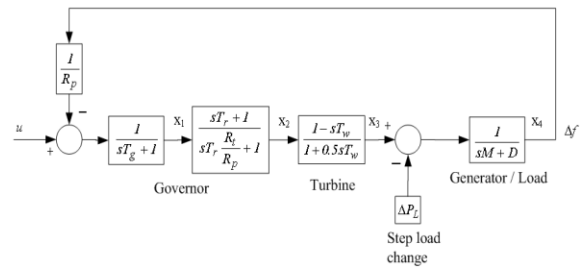
kontrol edilen hidroelektrik sistem modeli açıklanmış, üçüncü bölümde uygulanan bulanık mantık kontrolör tasarımı incelenmiştir. Son kısımda ise elde edilen frekans sapması eğrileri incelenerek kontrolörlerin sistem performansına etkileri değerlendirilmiştir.



Şekil 1. Nehir tipi hidroelektrik santral

KONTROL SİSTEM MODELİ

Çalışmada, nehir tipi hidroelektrik santral modeli olarak Şekil.2'de belirtilen model kullanılmıştır [3]. Sisteme 0.01 pu'luk adı yük değişimi uygulanmıştır. İntegral ve bulanık mantık kontrolörler hidroelektrik santral modelinin u girişine ayrı ayrı uygulanmıştır. Sistem parametreleri Tablo 1'de belirtilmiştir [3].



Şekil 2. Nehir tipi hidroelektrik santral modeli

Sistem cevabının elde edilmesinde, 1 GB RAM içeren 2 GHz Core 2 işlemcili bir bilgisayarda çalışan MATLAB 6.5 yazılımı kullanılmıştır.

Tablo 1. Sistem parametreleri

Parametre	Değer
Toplam Anma Kapasitesi P_R	20 MW
Normal Çalışma Yüğü P_D	10 MW

Atalet Sabiti	H	3 s
Sistem Anma Frekansı	f	50 Hz
Servo Zaman Sabiti	T_g	0.2 s
Su İniş Süresi	T_w	1 s
Sürekli düşüm	R_p	0.05
Geçici düşüm	R_t	0.38
Reset süresi	T_r	5 s
Jeneratör atalet sabiti	$M = 2H = 2 \times 3 = 6s$	
Yük Sönüm Sabiti	$D = \frac{\partial P_D}{\partial f} = \frac{0.1}{0.5} = 0.2$	

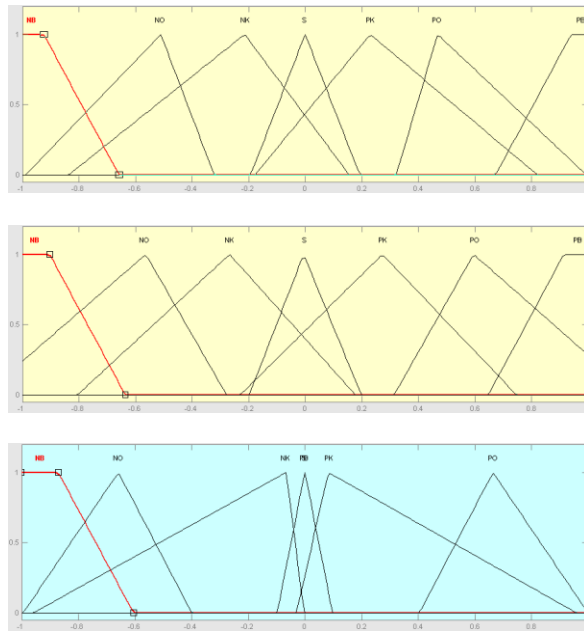
BULANIK MANTIK KONTROLÖR

Sistemde, bulanık mantık kontrolörün girişleri, güç sisteminin frekans saptması Δf ve frekans saptmasındaki değişimden $d\Delta f$ oluşturulmuş; çıkışı ise hidroelektrik santral modelinin du girişi olarak tanımlanmıştır. Tasarlanan bulanık mantık kontrolör için sistemin frekans saptması ve frekans saptmasındaki değişimin kombinasyonlarıyla oluşturulan kural tabanına göre, sistem çıkışına ilişkin bulanık kontrol kural tablosu Çizelge 2'deki gibi elde edilmiştir. Optimum kontrol için 49 adet kural oluşturulmuştur.

Tablo 2. Bulanık mantık kural tablosu

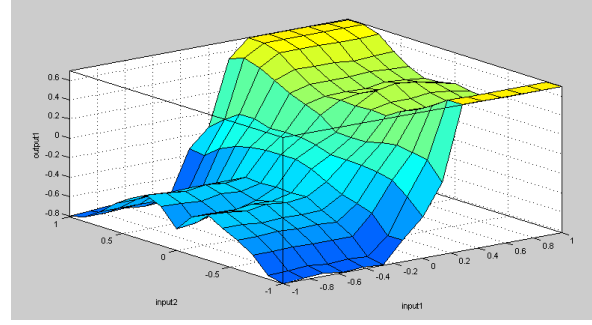
Δf $d\Delta f$	NB	NO	NK	S	PK	PO	PB
NB	NB	NB	NB	NB	PB	PB	PB
NO	NO	NO	NO	NO	PO	PO	PO
NK	NK	NK	NK	NK	PK	PK	PK
S	NB	NO	NK	S	PK	PO	PB
PK	NK	NK	NK	PK	PK	PK	PK
PO	NO	NO	NO	PO	PO	PO	PO
PB	NB	NB	NB	PB	PB	PB	PB

Üyelik fonksiyonları aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.



Şekil 3. Girişler ve çıkışa ait üyelik fonksiyonları

Oluşturulan kurallar sonucu giriş ve çıkışa ait kontrol yüzeyi Şekil 4'teki gibi elde edilmiştir.

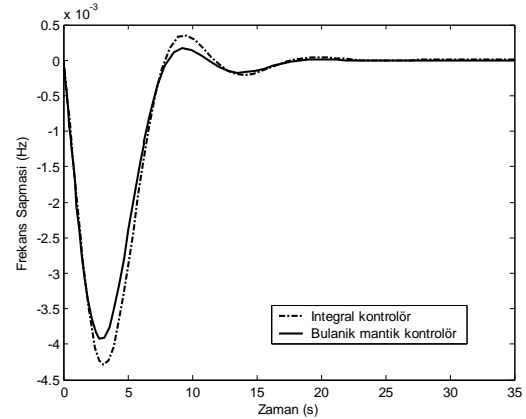


Şekil 4. Bulanık kontrolörde giriş ve çıkışa ait kontrol yüzeyi

Bulanık mantık kontrolör çıkışlarından istenilen gerçek değerleri, diğer deyişle bulanık olmayan değerleri bulmak için, ağırlıkların ortalaması metodunu (COG) kullanarak gerçek değerlere dönüştürme yapılmıştır.

SİMÜLASYON SONUÇLARI

Simülasyonlar sonucunda elde edilen frekans saptma eğrileri Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Frekans saptması eğrileri

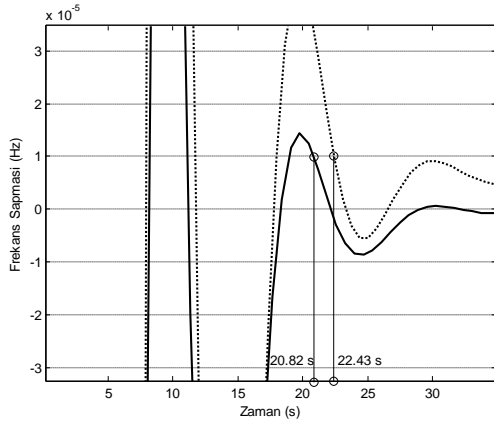
Her iki kontrol için frekans saptması eğrilerinden elde edilen pozitif ve negatif aşım değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Maksimum aşım değerleri

	Pozitif Aşım	Negatif Aşım
İntegral kontrolör	0.0003493	-0.004288
Bulanık mantık kontrolör	0.0001772	-0.003918

Bulanık mantık kontrolör ile elde edilen pozitif ve negatif aşım değerlerinin, klasik integral kontrolör ile elde edilen aşım değerlerine göre daha küçük olduğu görülmüştür. Bununla beraber, her iki kontrol için oturma zamanları da Şekil 6'da ve Tablo 4'te gösterilmiştir. Burada da bulanık mantık kontrolör ile

elde edilen sistem cevabının klasik integral kontrolöre göre daha iyi olduğu görülmüştür.



Şekil 6. Frekans sapması eğrileri üzerinde oturma zamanları

Tablo 4. Oturma zamanı değerleri (%1 banda göre)

	Oturma zamanı
İntegral kontrolör	22.43 s
Bulanık mantık kontrolör	20.82 s

SONUÇ

Bu makalede, yenilenebilir enerji kaynağı olarak gün geçtikçe nehir tipi bir hidroelektrik santralının, izole ada çalışma durumunda yük-frekans kontrolü için integral kontrolör ve bulanık mantık kontrolör kullanılmıştır. Simülasyon sonuçları ile elde edilen frekans sapması eğrileri üzerinde aşım ve oturma zamanları incelenmiş, her iki kontrolör için sistemin dinamik cevabı karşılaştırılmıştır.

Sonuçta, bulanık mantık kontrolörün, klasik integral kontrole göre sistemin dinamik cevabını iyileştirdiği görülmüştür. Dolayısı ile verimlilik ve etkin çalışma için bu türdeki santrallere uygulanacak bulanık mantık kontrolörün kullanımının önemi görülmüş ve sistem cevabının etkinliği gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Paish, O., "Small Hydro Power: Technology and Current Status", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier Science Ltd., 2002, pp.537-556.
- [2] Akpınar, E., "Nehir Tipi Santrallerin Türkiye'nin Hidroelektrik Üretimindeki Yeri", Erzincan Eğitim Fakültesi Dergisi, 2005, cilt.7, sayı.5.
- [3] Kundur, P., Power System Stability and Control, McGraw-Hill, Delhi, India, 1993.
- [4] Sarasua, J.I., Ardanuy, J.F., Perez, J.I., Wilhelmi, J.R., Sanchez, J.A., "Control of A Run Of River Small Hydro Power Plant", POWERENG 2007, Setubal, Portugal, , April 12-14, 2007.
- [5] Doolla, S., Bhatti, T.S., "Load Frequency Control of An Isolated Small-Hydro Power Plant With

Reduced Dump Load", IEEE Transactions On Power Systems, 2006, vol.21, no.4, pp.1912-1919.

- [6] Elmas, Ç., "Bulanık Mantık Denetleyiciler", Seçkin, Yayıncılık, Ankara, 24-103 (2003).
- [7] Zadeh, L.A., "Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility", University of California, Electronics Research Lab., Berkeley, Memo.M:77-12 (1977)
- [8] Zadeh, L. A., "Fuzzy Sets Information and Control", Academic Press, New York, 338-353 (1965).
- [9] Zadeh, L.A., "Fuzzy Logic=Computing With Words", IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 4(2): 103-111 (1996).
- [10] Lee, C.C., "Fuzzy Logic in Control Systems, Fuzzy Logic Controller", IEEE Transactions on Systems, New York, 404-436 (1990).