

DA-DA BOOST DÖNÜŞTÜRÜCÜLERDE ÇIKIŞ GERİLİMİ VE ENDÜKTANS AKIMININ BULANIK MANTIK VE ORANSAL İNTEGRAL DENETLEYİCİLERLE KARŞILAŞTIRILMASI

Ömür AKYAZI, Erhan SESLİ

Sürmene Abdullah Kanca Meslek Yüksekokulu,
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sürmene, Trabzon
oakyazi@ktu.edu.tr, erhansesli@ktu.edu.tr

ÖZET

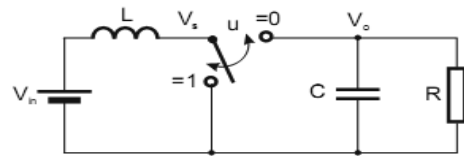
DA-DA yükseltici (boost) dönüştürücüler endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. DA-DA dönüştürücüler üzerine yapılan araştırmaların çoğu, en ideal anahtarlama yönteminin belirlenmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çalışmada bir boost dönüştürücü MATLAB/Simulink ortamında iç direnç parametreleri de modellenerek, çıkış gerilimi ve endüktans akımı oransal integral denetim (OID) ve bulanık mantık denetim (BMD) yaklaşımları ele alınarak incelenmiştir. Oransal integral ve bulanık mantık denetim yaklaşımları için MATLAB/Simulink ortamında gerekli benzetim modelleri oluşturulmuş ve bu iki yaklaşımın kararlılık ve verim açısından sonuçları karşılaştırılmıştır.

1. GİRİŞ

Boost dönüştürücüler bir DA/DA kontrol tekniği olarak özellikle elektrik endüstrisine sunduğu yüksek performans ve güvenilirlik avantajlarıyla, gelişimi ve uygulamaları ilgiyle karşılanan bir tekniktir [1]. Boost dönüştürücülerin kullanım alanlarına örnek olarak; DC motorların konum ve ayarlanabilir hız kontrolü veya yakıt pili gibi uygulamaları verilebilir[1-2]. Güç elektroniğinde ve kontrol sistemlerinde DA/DA kontrol tekniği ve bu teknikte verimi artırma uğraşları bir konu olmasına rağmen, analog kontrol tekniklerinin matematiksel modellenmesi ve donanım zorluğu gibi dezavantajları mevcuttur. Çünkü doğrusal olmayan sistemlerde karmaşık matematiksel modellere dayalı kontrolör yapımı önemli bir sorundur[3]. Bu sorun bulanık mantığın bu alanda uygulama imkânı bulmasıyla çözülmüştür. Çünkü bulanık mantık yaklaşımı klasik karmaşık matematiksel modellemeye gerek kalmadan sayısal kontrolör kullanımıyla bir çözüm haline gelmiş ve donanım maliyeti açısından da avantaj sunmuştur. Günümüzde bu problemlere Bulanık

mantık (BM) ya da oransal integral (OI) gibi geleneksel denetleyicilerle çözüm bulmaya çalışılmaktadır. OI denetleyicilerin hız ve yük değişimlerinde aşım ve dalgalanmalara neden olması istenmeyen bir durumdur[4]. Bu durumun varlığı iyi verim elde edebilmek için farklı arayışları beraberinde getirmiştir. Bu çalışmada da bir boost dönüştürücünün kısa sürede referans gerilim seviyesine ulaşarak kararlı hale gelmesi için BM ve OI denetim yaklaşımları incelenmiş ve karşılaştırma yapılmıştır.

Boost dönüştürücülerin gösterdiği karakteristik birçok literatür çalışmada tartışılmaktadır [5],[6].



Şekil 1: DA/DA Boost Dönüştürücü

Boost dönüştürücünün bu isimle anılmasının sebebi çıkış geriliminin giriş

gerilimine göre büyük olmasıdır. Uygulama alanlarından biri dc regüleli güç kaynaklarıdır. Anahtarı kapatıldığında diyotun ters kutuplanması nedeniyle gerilim kaynağı ve endüktanslı çevre ile kapasite ve yük dirençli çevre birbirinden izole gibi davranacaktır. Anahtar kapatıldığı vakit artık diyot iletimde olacaktır ve endüktans akımı hızla artma eğilimi göstererek yükü besleyecektir. Dolayısıyla giriş gerilimine oranla çıkışta daha büyük değerli bir gerilim alınacaktır. (1) denkleminde gösterilen boost converterin çıkışının (V_o), girişine (V_i) oranı idealde

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{(1-D)} \quad (1)$$

şeklinde. Burada D anahtarlamadan kaynaklanan görev süresidir[7].

2. BOOST DÖNÜŞTÜRÜCÜNÜN İDEAL VE BODY DİRENÇLERİYLE MATEMATİKSEL MODELLENMESİ

İdeal anahtar, ideal endüktans, ideal kapasite kullanıldığında Şekil-1 deki sistemde elde edilecek diferansiyel denklemler şu şekildedir.

i_0 yük akımı ise,

$$C \frac{dv_c}{dt} = (1-u)i_L - v_c / R - i_0 \quad (2)$$

$$L \frac{di_L}{dt} = v_{in} - (1-u)v_c \quad (3)$$

Durum uzayı modeli için normalize edilirse

$$x_1 = \frac{v_c}{v_{in}}, \quad x_2 = \frac{i_L}{v_{in}} \sqrt{\frac{L}{C}}, \quad \tau = \frac{t}{\sqrt{LC}}$$

$$\gamma = \frac{\sqrt{LC}}{R}, \quad d = \frac{i_0}{v_{in}} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (4)$$

Normalize edilmiş durum denklemleri

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= -\gamma x_1 + (1-u)x_2 - d \\ \dot{x}_2 &= -(1-u)x_1 + 1 \end{aligned} \quad (5)$$

İdeal şartların dışında birçok durumda endüktansa ve kapasiteye seri bağlı R_L ve R_C ile temsil edilen iç dirençler hesaba katılmalıdır. Bu durumda;

$$C \frac{dv_c}{dt} = (1-u)i_L - v_0 / R - i_0 \quad (6)$$

$$L \frac{di_L}{dt} = v_{in} - (1-u)v_0 - R_L i_L \quad (7)$$

$$v_0 = \frac{R v_c}{R + R_c} + \frac{R R_c}{R + R_c} ((1-u)i_L - i_0) \quad (8)$$

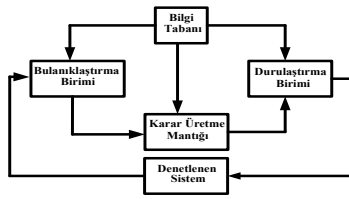
Oluşturulan model MATLAB/Simulink ortamında R_L ve R_C dirençlerinin varlığı da göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur. Yapılan BM-Oİ karşılaştırılması için gerçel bir modelleme imkânı sağlanmıştır.

3. BULANIK MANTIK

Endüstriyel bir süreç denetiminden sistemin kararlılığını sağlaması, sistem performansının istenilen değerlere çıkarılması yatırım ve işletme açısından ucuz olması gerekliliğini karşılayan bir yaklaşım olarak bulanık mantık denetimi önem arz etmektedir. BM denetleyicinin temeli sözlü ifadeler ve bunlar arasındaki mantıksal ilişkiler üzerine kurulmuştur. BM denetleyici uygulanırken sistemin matematiksel modellenmesi şart değildir. Sözel ifadelerin bilgisayara aktarılması matematiksel bir temele dayanmaktadır.

Bu matematiksel temel, bulanık kümeler kuramı ve BM olarak adlandırılır ve BM bilinen klasik mantık gibi (0, 1) olmak üzere iki seviyeli değil, [0, 1] aralığında çok seviyeli işlemleri ifade etmektedir [8].

BM temel olarak beş bloktan oluşmaktadır[9-10]. Bunlar Bulanıklaştırma birimi; denetimin ilk aşaması olup belirlenmiş bir giriş alanından evrensel bir kümedeki bir gruba dönüştürme işi olarak tanımlanabilir.



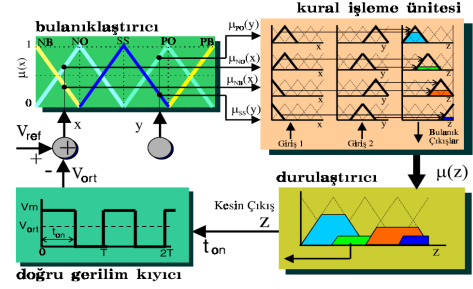
Şekil 2: BM denetim sistem planı [11].

Bilgi Tabanı; veri tabanı ve dilsel denetim kural tabanından oluşan istenen denetleme amaçları bilgisini taşıyan birimdir. Karar Üretme Mantığı; önceden bilinen, sistemin denetime verdiği cevap karar oluşturmada referans bilgisidir. Denetlenen sistem; bulanık mantık yaklaşımının uygulandığı sistemdir. Durulaştırma Birimi; ölçeklendirme yapan birimi olarak değerlendirilebilir. Çıkış değişkenlerinin evrensel küme düzeyine ölçeklendirilmesi işlemi yapılır. Daha sonra da bulanık denetim eylemini gerçek denetim eylemine dönüştürmek için durulaştırma yapılır. Sistem çalışması esnasında meydana gelen hata $e(k)$ ve hatadaki değişim $de(k)$, aşağıdaki (9) ve (10) denklemlerinde verilmiştir. Burada $r(k)$ referans değer, $y(k)$ çıkıştan alınan değer, $e(k-1)$ bir önceki hata değeridir.

$$e(k) = r(k) - y(k) \quad (9)$$

$$de(k) = e(k) - e(k-1) \quad (10)$$

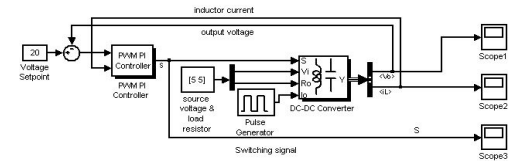
Şekil 3’de BM denetimi yapılan sistemin blok diyagramı gösterilmiştir.



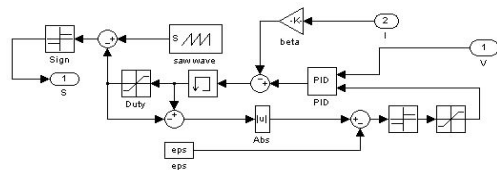
Şekil 3: BM denetleyicili sistemin genel blok diyagramı [12]

4. BULANIK MANTIK VE Oİ DENETLEYİCİLER

Oİ Denetleyici ile oluşturulan boost dönüştürücü modeli ve Oİ Denetleyici bloğunun bileşenleri Şekil 4. ve Şekil 5. de gösterildiği gibidir. Girişi 5V olan boost dönüştürücünün çıkışından endüktans akımı ve 20V referans gerilimiyle karşılaştırılmış hata gerilimi, Oİ bloğunun girişine uygulanmıştır. Oİ bloğunun çıkışı denetim sinyali olarak boost dönüştürücünün girişine verilmiştir. Boost dönüştürücüde kullanılan kapasite $C=440 \mu F$, endüktans $L=20mH$, $R_C=0.002\Omega$ ve $R_L=0.001 \Omega$ seçilmiştir[13].



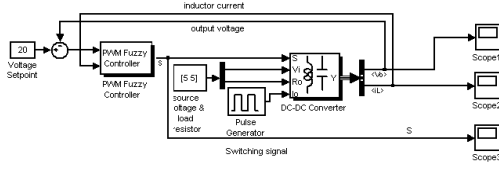
Şekil 4: Boost Dönüştürücü Oİ denetim modeli[13].



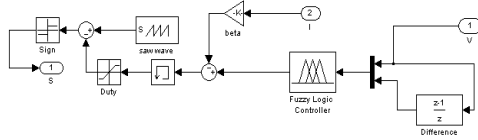
Şekil 5: Oİ-PWM Modeli[13].

BM ile oluşturulmuş boost dönüştürücü modelinde Şekil 6. Oİ Denetleyici modelinden farklı olarak PWM- Oİ

Denetleyici bloğu yerine PWM-BM Denetleyici modeli oluşturulmuştur. Şekil 7.

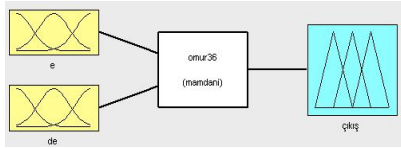


Şekil 6: Boost dönüştürücü bulanık mantık denetim modeli

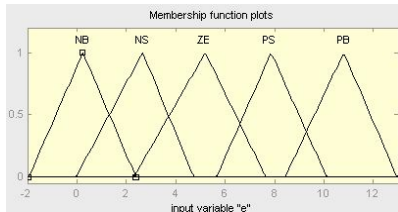


Şekil 7: BM-PWM Modeli

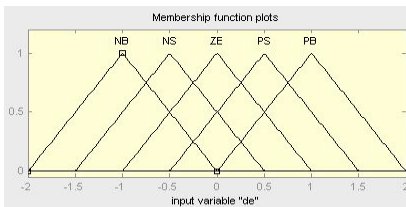
BM Denetleyici DA hata gerilimi (e) ve Hata geriliminde oluşan hata değişimi (de) giriş üyelikleri olacak şekilde oluşturulmuştur Şekil 8. Bulanık mantık için oluşturulmuş giriş üyelik fonksiyonları (e) Şekil 9. ve (de) Şekil 10.'da gösterilmiştir.



Şekil 8: Sistemin Bulanık Denetim Blok Yapısı



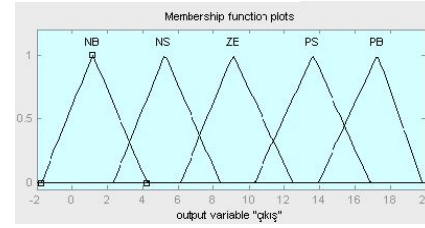
Şekil 9: Hataya ait üyelik fonksiyonu



Şekil 10: Hatanın türevine ait üyelik fonksiyonu

Giriş değerleri işlendikten sonra durulaştırılmış çıkışlar anahtarlama zamanına etkiyerek boost dönüştürücünün

referans gerilime kararlı bir şekilde ulaşmasını sağlayacaktır. BM Denetleyici çıkışına ait üyelik fonksiyonları Şekil 11. de ki gibidir.



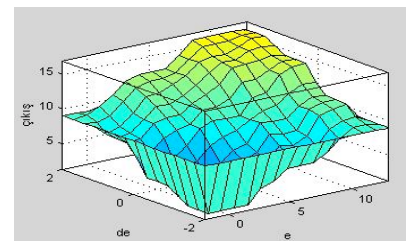
Şekil 11: Çıkış fonksiyonunun üyelik fonksiyonu

Her iki giriş değişkeni için 5 etiketli üyelik fonksiyonları kullanılmıştır. Kullanılan dilsel etiketler NB(Negatif Büyük), NS(Negatif Küçük), ZE(Sıfır), PS(Pozitif Küçük) ve PB(Pozitif Büyük) olarak ifade edilmiştir.

Tablo 1: BM Denetleyici Kural Tablosu

Δu		e				
		NB	NS	ZE	PS	PB
de	NB	NB	NB	NS	NS	ZE
	NS	NB	NS	NS	ZE	PS
	ZE	NS	NS	ZE	PS	PS
	PS	NS	ZE	PS	PS	PB
	PB	ZE	PS	PS	PB	PB

Bulanık mantık denetiminin üç boyutlu gösterimi Şekil 12.'deki gibidir.

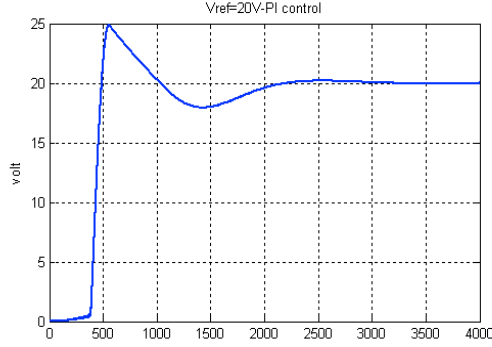


Şekil 12: Bulanık denetleyicinin 3-boyutlu gösterimi

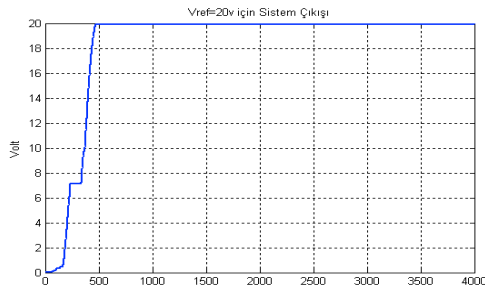
5. BENZETİM SONUÇLARI

MATLAB/Simulink'te $V_{ref}=20V$ için Oİ

ve BM Denetleme yapılmış, çıkış gerilimi PI denetimli sistem ve bulanık denetimli sistem için gözlenmiştir. Benzetim sonuçları Şekil 13. ve Şekil 14. deki gibidir.

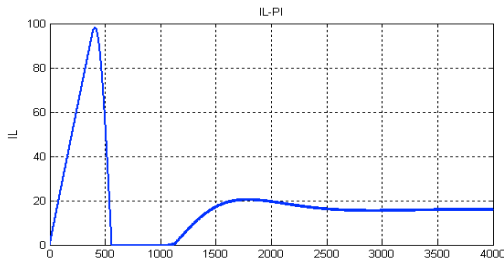


Şekil 13: Oİ Denetimli sistemin çıkış gerilimi değişimi [10].

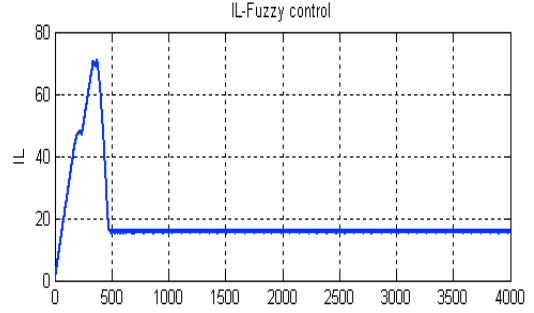


Şekil 14: Bulanık denetimli sistemin çıkış gerilimi değişimi

Endüktans akımındaki değişim Oİ ve BM denetim sistemleri için Şekil 15. ve Şekil 16. deki gibidir.



Şekil 15: Oİ Denetimli sistemin endüktans akımı değişimi[10].



Şekil 16: BM sistemin endüktans akımı değişimi

6. SONUÇ

Benzedim sonuçlarına bakıldığında oransal integral denetim modelinde, aşmanın olduğu referansa erişme süresinin uzun olduğu görülmektedir. Önerilen bulanık mantık denetleme modelinin oransal integral denetleme modeline göre daha kısa sürede ve aşma olmaksızın referans değere ulaştığı şekil 14'den görülmektedir. Endüktans akımı değişimi bakımından da bulanık mantık denetleme modelinin oransal integral denetleme modeline göre daha iyi sonuçlar verdiği şekil 15 ve şekil 16'dan görülmektedir. Sonuç olarak BM denetleme modeli bu uygulamada Oİ denetleme modeline göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

KAYNAKLAR

[1] Deswal S.S., Dahiya R., Jain D.K., "Application of Boost Converter for Right-through of Adjustable Speed Drives During Sag and Swell Conditions" Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology Volume 30 July 2008 ISSN 1307-6884, pp. 899-903, 2008

[2] Vasile D., Florescu A., Stoichescu D.A., "Fuzzy and neuro-fuzzy designs of boost converter supplying DC motors", Electronics, Circuits and Systems, The 7th IEEE International Conference on, Volume 2, On page(s): 701-704, 2000.

[3] Park H.S., Kim H.J. "Simultaneous control of buck and boost DC-DC converter By Fuzzy Controller", ISIE 2001 Pusan, KOREA ,pp.1021-1025

[4] Elmas C., Akcayol M.A., Yigit T., " Fuzzy PI Controller For Speed Control of Switched Reluctance Motor " J.Fac.Eng. Arch. Gazi University, Vol 22, No 1, 65-72, 2007

- [5] Wong L.K., Leung F.H.F., Tam P.K. S. and Chan K.W., "Design of an analog fuzzy logic controller for a PWM boost converter," in Proc. IECON '97, New Orleans, USA, vol.1, pp.360-363, November1997
- [6] Viswanathan K., Srinivasan D., Oruganti R., "Design and Analysis of SISO Fuzzy logic Controller forPower Electronic Converters," IEEE International Joint Conferenceon Fuzzy Systems, Budapest/Hungary (FUZZ-IEEE 2004), pp. 1293-1298, 25-29 July2004
- [7] Altun Y., Demirtaş M. "Kural Tabanlı Boost Dönüştürücüde Çıkış Geriliminin Yük Direnciyle Değişiminin İncelenmesi",Balıkesir, TÜRKİYE
- [8] Ramot D. , Friedman M., Langholz G., Kandel A., "Complex Fuzzy Logic", IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 11, No. 4, pp. 450-461, 2003.
- [9] Hellendoorn H., , "Design and Development of Fuzzy Systems at Siemens R&D", 0-7803-0614-7/93, IEEE, pp.1365-1370, 1993.
- [10] Lancaster S.S. Wierman, M.J. "Empirical Study of Defuzzification", IEEE, 0-7803-7918-7/03, pp.121-126, 2003.
- [11] Lee C.C., "Fuzzy Logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller-Part I", IEEE Transactions On Systems, Mani and Cybernetics, Vol.20, No.2, pp.404-418, 1990.
- [12] Altaş İ.H., "Bulanık Mantık: Bulanık Denetim", Enerji, Elektrik, Elektronik-3e, Eylül 1999, Sayı 64, pp. 76-81.
- [13] Cao Y., "Mathematical Models of DC-DC Converters" Journal of Zhejiang University, China 2009, pp. 263-270