

PLC İLE BULANIK MANTIK TABANLI HATA DÜZELTMELİ ÜÇ FAZLI MOTOR HIZ KONTROLÜ

Cihan KARAKUZU¹

Sitki ÖZTÜRK²

^{1,2}Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik ve Hab. Müh. Bölümü,
41070 Veziroğlu Yerleşkesi, Kocaeli

¹e - posta: cihankk@kou.edu.tr

²e - posta: sozturk@kou.edu.tr

Anahtar sözcükler:Hiz kontrol, PLC, Bulanik kontrol

ÖZET

Bu çalışmada, endüstride yaygın olarak kullanılan PLC ve donanımları, üç fazlı AC motor sürücü ve enkoder ile gerçekleştirilmiş bulanik mantik tabanlı motor hız kontrolü yapısı ve elde edilen deneysel sonuçlar verilmistir. Kullanılan tüm elemanların/yazılımların kolay erişilebilir olması ve kontrol yapısının basit olması sebebiyle, çalışma endüstriyel uygulamalara kolayca uyarlanabilir özelliğe sahiptir.

1.GİRİŞ

A. Lutfi Zadeh'in "BulanikKümeler Teorisi" ni 1960'larda geliştirmesi [1, 2] ve Prof. Ebrahim Mamdani'nin [3] ilk uygulaması ile başlayıp takip eden çalışmalar, çok daha karmaşık mühendislik problemlerinin çözümünde bulanik mantik yaklaşımının kullanılabilceğini göstermiştir. Bulanik mantik günümüzde bir çok alanda kullanılır hale gelmiştir. Gelişimini devam ettiren yarı iletken teknolojisinin mikroislemci, mikro denetleyici, DSP, FPGA gibi ürünleri ile özellikle gerçek zamanlı bir çok uygulamalarda bulanik mantik yaklaşımının gerçekleştirilmesi mümkündür.

Bulanik mantik tabanlı kontrol tekniklerinin, güç elektroniği alanında mühendislik çözümlerine değer katan güçlü etkiye sahip olması beklenir. Isıtma, havalandırma, sıvı pompalama, fanlar, soğutma sistemleri, asansör, konveyör, vb. gibi endüstriyel motor uygulamalarının %90'nında düşük maliyeti ve kullanışlı olması sebebiyle kullanılması bakımından AC endüksiyon motorlarının kontrolü özel öneme sahiptir. Endüksiyon motorunun geleneksel yöntemlerle kontrolü, nonlineer magnetik doyum etkileri ve motorun elektriksel parametrelerinin sıcaklığa bağımlılığı (örneğin rotor zaman sabiti çalışma sıcaklığı değişim aralığı içinde %50 oranında değişebilir) sebebiyle zordur [4]. Geleneksel kontrol yaklaşımları ile hız, tork ve pozisyon kontrolörleri geliştirebilmek genellikle motorun karmaşık matematiksel bir modelini önceden bilmeyi gerektirir. Model tabanlı hesaplamalar farklı özellikteki her bir motor için değisebi-

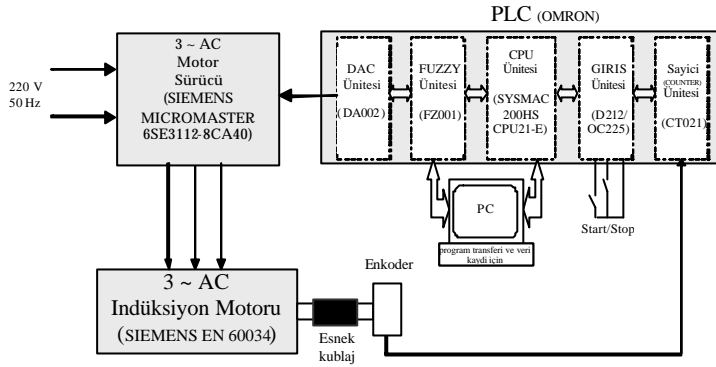
leceği gibi, sıcaklık etkisiyle değişen parametreler sebebiyle basarımı da iyi olmayabilmektedir. Geleneksel kontrol yaklaşımlarının bu istenmeyen karakteristigidinden kaçınmak için son yıllarda yarı iletken teknolojisi ürünleri kullanılarak bulanik mantik tabanlı kontrol yöntemleri geliştirilmektedir.

Bu bildiriye PLC donanımı olarak üretilmiş bir bulanik mantik modülü kullanarak gerçekleştirilen hata düzeltmeli motor hız kontrolü yapısı ve elde edilen deneysel sonuçlar verilmistir. Bildiriye verilen sonuçlar laboratuvarında oluşturulan deney düzenegiyle elde edilmiştir.

2. SİSTEM YAPISI

Gerçeklenen sisteminin genel yapısı Şekil 1'de gösterilmiştir. PLC'nin hızlı sayıcı modülü (CT021) 75 kHz 'e kadar giriş darbelerini sayabilen bir modüldür. Sayıcının örnekleme süresi içinde sayması için bir kontrol biti, sayılan darbelerin sayma sayısını BCD veya Hex seçebilme özelliği mevcuttur. Enkoder, motorun 1 devrinde 100 puls verecek şekilde ayarlanmıştır. Enkoderin gönderdiği darbeleri sayıcı modülü bir örnekleme zamanı içinde sayar ve saydığı değeri de 16 bitlik bir veri belleğinde saklar. Sayıcının saydığı darbe sayısını veri belleğine kayıt edebilmesi için kontrol girişi bitinin aktif yapılması gereklidir. Kontrol biti pasif yapıldığında veri belleği sıfırlanır. Dolayısıyla örnekleme süresi bittiginde; önce sayılan değeri PLC veri belleğine kayıt edilerek kontrol girişi pasif yapılmalıdır [5].

Sayıcının saydığı değeri kullanılarak motor kontrolü için gerekli fuzzy modülünün girişi verileri elde edilir. Fuzzy modülü bu giriş verilerine göre önceden tanımlanan kuralları işleterek bir çıkış üretir. Bu çıkış PLC'nin DAC modülüne verilir. DAC'dan da 0-10V motor sürücü girişi gerilimi elde edilir. Sistemde PLC işlemcisi olarak OMRON C200HS-CPU21-E, yazılım olarak da CX-programmer Version 4.0 kullanılmıştır.



Sekil 1. Gerçeklenen sistemin blok yapısı

Sistemde, fuzzy işlemcisi olarak da C200H-FZ001 modülü, yazılım olarak da FSS sürüm 1.00 kullanılmıştır. Fuzzy modülünde en fazla 8 giriş ve 4 çıkışa izin verilmiş olup, bu girişler ve çıkışlar da en fazla 7 üyeli fonksiyonu (ÜF) ile tanımlanabilmektedir. Her bir giriş/çıkış değişkenlerinin değişim aralığı 000-FFF (0-4095) heksadesimal olarak tanımlanmıştır. PLC ile bir sistemin Fuzzy kontrolü yapılırken Fuzzy ünitesini kullanmak amacıyla aşağıdaki işlemlerin PLC programında yapılması gerekir [6].

- Fuzzy modülünün kullanacağı giriş ve çıkış sayısının kaç adet olduğu ve hangi veri belleğine yazılacağı belirtilmelidir.
- Giris verisi, giriş veri belleğine yazılmalıdır.
- Fuzzy işleminin başlaması için başlama biti aktifleştirilmelidir.
- Fuzzy işlem bitti biti aktif olunca, fuzzy çıkış veri belleğindeki veriler kontrol edilecek sisteme giriş verisi olarak transfer edilmelidir.

Fuzzy ünitesinin yapacağı işlemin tanımlanması (FSS yazılım programı ile) için;

- Giris ve çıkış değişkenleri değişim aralığında ÜF'ler ile tanımlanır (Bilgi tabanı),
- Modülün kullanacağı kurallar tanımlanır (Kural tabanı),
- Tanımlanan bu bilgi ve kural tabanı Fuzzy modülüne yüklenir.

Motor sürücüsü olarak Siemens 6SE3212-8CA40 Micromaster modülü kullanılmıştır. Sürücü analog girişine uygulanan 0-10V gerilime karşılık lineer 0-50Hz frekansında 3 fazlı motor besleme gerilimi üretmektedir. Bunun için, kalkış ve duruş sürelerini sıfır ve kontrol modu da lineer gerilim/frekans seçilmiştir [7].

3. KONTROL YAPISI

Bu uygulamada kontrol edilen değişken motorun hızıdır. Giriş değişkeni olarak istenen hız değeri ile o anki hız arasındaki hata (HATA) ve bu hatanın örnekleme zamanı içerisindeki değişimi (HATADEĞ) kullanılmıştır. Bu değişkenlerin nicemlenmesi motor saftına bağlanan bir Enkoder

ile yapılmıştır. Enkoder'dan alınan darbeler PLC'nin sayıcı ünitesi tarafından okunarak PLC kontrol programı içerisinde motor hızı, hata ve hatanın değişim miktarları belirlenmiştir. PLC'nin fuzzy ünitesi 12 bit sayısal verilerle çalıştığından her bir giriş ve çıkış değişkeni değişim aralığı 0-4095 sayısal değişim aralığına uygunlaştırılmıştır. Bu durumda, bu aralığın tam ortası (2048) her bir değişken için "sıfır" olarak alınmıştır. Bu değerlendirmelere

göre, Tablo 2'de verilen PLC programında, fuzzy modülünün girişleri sırasıyla denklem (1) ve (2)'deki gibi belirlenmişlerdir. Esitlikler k'nci örnekleme anına göre ayırık zamanda yazılmışlardır.

$$HATA(k) = \text{Ölçekleme faktörü} \times [\text{hız set değeri} - \text{hız}(k)] + 2048 \quad (1)$$

$$HATADEĞ(k) = \text{Ölçekleme faktörü} \times [HATA(k-1) - HATA(k)] + 2048 \quad (2)$$

Fuzzy ünitesi için üretici firmanın ara yüz programı (FSS) aracılığı ile giriş değişkenleri üyeli fonksiyonları (ÜF) Sekil 2a'daki gibi belirlenmiştir. Bulanık birim çıkış için yalnız tek ton ÜF kullandığı için de çıkış değişkeninin (CKS) ÜF'leri Sekil 2b'deki gibi seçilmiştir. Yine ara yüz programı aracılığı ile bulanık kurallar Tablo 1'deki gibi yapılandırılmıştır. Bulanık birim bu yapılandırmalarla Sekil 2b'de (alt resim) verilen kontrol yüzeyini gerçeklemektedir. Bu çalışmada kontrol girişi (motor sürücü girişi) denklem (3)'de verilen esitlik gereği elde edilmektedir.

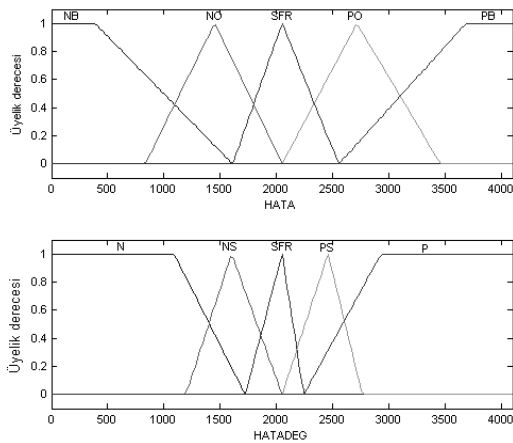
$$u(k) = \bar{u}(k) + u_{\text{fuzzy}}(k) \quad (3)$$

$$\bar{u}(k) = \frac{\text{hız set değeri}(k)}{\text{max motor hızı}} \times 10 \quad (4)$$

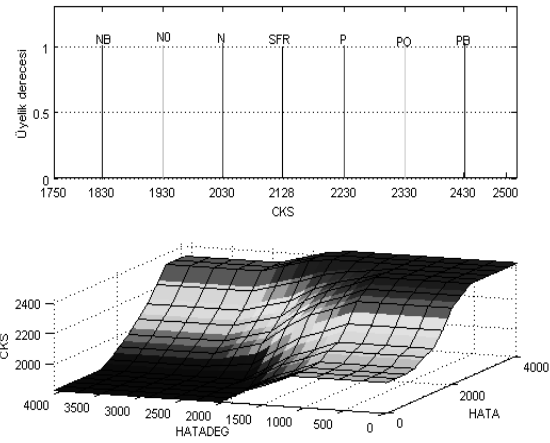
Denklem (3)'deki ilk terim denklem (4) ile önceden tanımlı kaba bir kontrol girişini belirleyen terimdir. İkinci terim ise; PLC'nin bulanık modülünün ürettiği, denklem (4) ile önceden belirlenen kaba değeri, motor hızının durumuna bağlı olarak düzeltme miktarıdır. Buradan anlaşılacağı üzere, bu çalışmada bulanık mantık modülü, önceden kabaca belirlenen kontrol girişini belirli bir oranda düzeltici olarak görev yapar.

4. DENEYSEL SONUÇLAR

Tablo 2'de verilen program bölüm 3'de anlatılan mantığı gerçeklemektedir. Program PLC'ye yüklenerek farklı hız set değerleri için deneyler yapılmıştır. Sekil 3'de bu deney sonuçlarından ikisi verilmiştir. Sekil 3a'da sabit bir hız set değeri için basarım verilmiştir. Bu sonuçtan da görüleceği üzere, kontrolör sistemi kısa zamanda set değere oturmuştur. Sekil 3b'de ise, motor hızı kursu boyunca farklı hız değerlerinden başlayıp doğrusal azalacak şekilde belirlenmiş değişim gösteren set yörüngesi için elde edilen sonuçları göstermektedir.



a)



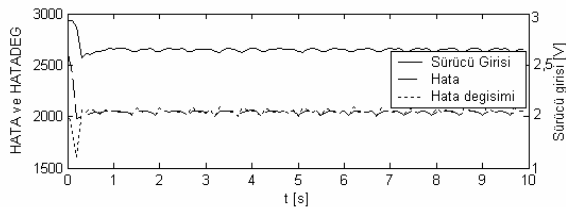
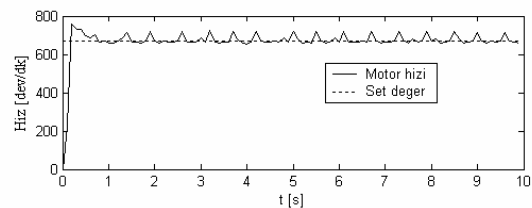
b)

Sekil 2. a) Bulanik kontrolörün hata ve hata değisimi giris değiskenleri için tanımlanan üyelik fonksiyonları b) Bulanik kontrolörün çıkis değiskeni (CKS) için tek ton ÜF'ler (üst resim) ve bulanik kontrol yüzeyi (alt resim)

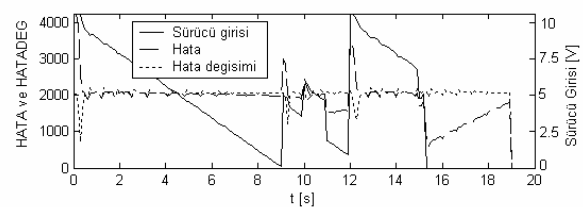
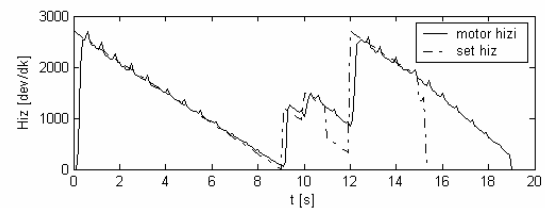
Tablo 1. Fuzzy ünitesinin bulanik kuralları

KURAL TABANI	HATA					
	NB	NO	SFR	PO	PB	
HATADEĞ	N	N	SFR	PO	PB	PB
	NS	NO	N	P	PO	PB
	SFR	NB	NO	SFR	P	PB
	PS	NB	NB	N	SFR	PB
	P	NB	NB	NO	N	PO

Sekil 3b'den görüleceği üzere hız seti için belirlenen değisimi 11-12 ve 15. saniyeden sonraki zaman aralığı disında izleme basarımı oldukça iyidir. Basarımın kötü olduğu zaman araliklarında da kontrolör sürücü girisine gerekli müdahaleyi yapmis fakat motor buna cevap vermemistir. Bu durum motorun dogasi gereği dogaldır, çünkü sistemde bir frenleme mekanizması kullanılmadığından motor almıs olduğu dönme torku ile dönmeye devam eder.



a)



b)

Sekil 3 a) Sabit bir set değer için kontrol basarımı (üst); bulanik modül giris değiskenleri ve kontrol giris değisimleri (alt) b) Lineer azalan set değer değisimi için kontrol basarımı (üst); bulanik modül giris değiskenleri ve kontrol giris değisimleri (alt)

Tablo 2. PLC'ye yüklenen motor hiz kontrol programinin açıklamalı CX programmer 4.0 program kodları

	Açıklama
LD 0.00 OR 1.01 AND 0.01 OUT 1.00 @MOV #1C2 DM130 @MOV #198 @MOV #200 DM0 @MOV #400 DM1 @MOV #600 DM2 @MOV #800 DM3 Fuzzy Modülünü Kosullama @MOV #2 100 @MOV #100 101 @MOV #1 102 @MOV #120 103 Fuzzy Hata Giriş Degerinin Hesaplanması LD P_0_1s AND 1.00 @MOV 132 *DM0 @MLB #5 DM130 DM132 @MLB #5 *DM0 DM134 @ADB #800 DM132 M136 @SBB DM136 DM134 M138 @MOV DM138 DM100 @MOV DM100 *DM1 Fuzzy Hata Degisim Giriş Degerinin Hesaplanması @DVB #800 DM140 DM142 @MLB DM142 DM4 DM144 @ADB #800 DM144 DM146 @MLB DM142 *DM0 DM148 @SBB DM146 DM148 DM150 @MOV DM150 DM101 @MOV DM101 *DM2 @MOV *DM0 DM4 @INC DM0 @INC DM1 @INC DM2 Fuzzy Modülünün Hesaplamaya Baslatılması LD P_0_1s DIFU 300.00 LD 300.00 ANDNOT 104.03 ANDNOT 104.04 ANDNOT 104.05 AND 104.07 OUT 100.15 Analog Çıkış Degerinin Atanması LD 104.00 @SBB DM120 #800 DM152 @MLB DM130 #9 DM154 @ADB DM154 DM152 DM156 @MOV DM156 120 @MOV 120 *DM3 INC DM3 Hizli Sayicinin Saymaya Baslatılması LD 1.00 ANDNOT 300.00 OUT 130.08 END	<p>Sistemin çalıştırılması için baslama ve durma isteklerinin tespiti.</p> <p>Istenen set deger girişi (1 örnekleme zamanı içinde enkoderden istenen darbe sayısına denk gelen sayı)</p> <p>Motorun hata değisiminin alabileceği maksimum değer</p> <p>Motor devrinin saklandığı bellek adresi</p> <p>Hatanin saklandığı bellek adresi</p> <p>Hatanin değisiminin saklandığı bellek adresi</p> <p>Fuzzy modül çıkisinin saklandığı bellek adresi</p> <p>2 adet Fuzzy girişi kullanılacağınin belirtilmesi</p> <p>Fuzzy girişlerinin bulunduğu bellek adresinin belirtilmesi</p> <p>1 adet Fuzzy çıkışı kullanılacağınin belirtilmesi</p> <p>Fuzzy çıkisinin bulunduğu bellek adresinin belirtilmesi</p> <p>0.1 saniyelik örnekleme zamanının belirlenmesi</p> <p>Hizli sayicinin değerinin belleğe yazılması</p> <p>Hatanin hesaplanması</p> <p>Hesaplanan hatanın Fuzzy hata giriş adresine yazılması</p> <p>Hesaplanan hata değerinin saklanması</p> <p>Hatanin değisiminin hesaplanması</p> <p>Bulunan hata değisiminin Fuzzy hata giriş adresine yazılması</p> <p>Bulunan hata değisiminin saklanması</p> <p>Hatanin bir önceki değerinin belleğe alınması</p> <p>Bellek bölgesinde yeni yazılacak adresin belirlenmesi</p> <p>Fuzzy isleminin başlaması için yeni bir örneğin başladığını tespit edilmesi</p> <p>Fuzzy giriş ve çıkışlarının belirlenmesinde hata tespiti</p> <p>Fuzzy çalışması sırasında oluşabilecek hata tespiti</p> <p>Fuzzy belleğinde oluşan hata tespiti</p> <p>Fuzzy hesaplamasına hazır olduğunun tespiti</p> <p>Fuzzy hesaplama islemini baslat</p> <p>Fuzzy hesaplamasının bittiğinin tespiti</p> <p>Fuzzy çıkisinin, motor kontrolü için uygun değere düzenlenmesi</p> <p>Hesaplanan değerin analog çıkışa vazılması</p> <p>Düzenlenen fuzzy çıkisinin bellekte saklanması</p> <p>Bellek bölgesinde yeni yazılacak adresin belirlenmesi</p> <p>Hizli sayicinin saymaya başlamasının tespiti</p> <p>Hizli sayicinin aktif edilmesi</p> <p>PLC program sonu</p>

KAYNAKLAR

1. Zadeh, L.A., "Fuzzy Sets", Information and Control, vol. 8, pp. 338-353, 1965.
2. Zadeh, L.A., "Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Process", IEEE Trans on Syst., Man & Cybern., vol. 3, pp. 28-44, 1973.
3. Mamdani, E.H., "Application of Fuzzy Algorithms for the Control of a Simple Dynamic, Plant", Proc. IEEE, 121, 12, 1585-1588, (1974).
4. Spiegel, R.J., Turner, M.W., McCormick, V.E., "Fuzzy-logic-based controllers for efficiency optimization of inverter-fed induction motor drives", Fuzzy Sets and Systems, vol. 137, pp. 387-401, 2003.
5. OMRON, "C200H-CT021 High-speed Counter Unit Operation Manuel".
6. OMRON, "Sysmac C200H-FZ001 Fuzzy Logic Unit Operation Manuel".
7. SIEMENS, "Micromaster Vector/ Midimaster Vector Kullanma Kilavuzu".