

MİKRODENETLEYİCİ VE FUZZY İŞLEMCİ TABANLI FUZZY LOJİK KONTROL VE UYGULAMASI

Ö.Farak ÖZGÜVEN¹

Arif MEMMEDOV²

^{1,2}Inönü Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Malatya

¹ofozguven@inonu.edu.tr

²memmedov@inonu.edu.tr

Anahtar Kelimeler: Mikrodenetleyici, fuzzy işlemci, Fuzzy Lojik Kontrol, D.C. motor, senkronlaştırma

ABSTRACT: Nowadays, robotics are widely used to automate industry. Working of robot system used in industrial units should be synchronized for the running of the process regularly. In this systems D.C. machines are used for their easy controllability properties. Control process of the system is usually done by microcontrollers. In this presentation the experimental results about automatic synchronize of speeds of two different D.C. machines are investigated using Fuzzy Logic Control.

1.GİRİŞ:

Günümüzde Fuzzy Lojik Kontrol işlemi otomatik kontrol sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Genel olarak robotik sistemleri kullanan sanayi ünitelerinde otomatik kontrol işlemi çok önem kazanmıştır. Bu ünitelerde çalışan robotların çalışması senkron olmalıdır. Bu nedenlerle bu gibi sistemlerde çalışan motorların hızlarının senkronlaştırılması çok önem kazanmaktadır. Sunulan bildiride 80196-Intel 16 bitlik mikrodenetleyici ve FP3000 Fuzzy İşlemci kullanarak farklı iki hızdaki iki motorun hızlarının senkronlaştırılması araştırılmış ve uygulaması gerçekleştirilmiştir.

2.SİSTEMİN BLOK DİYAGRAMI:

D.C. motorun otomatik hız ayarlayıcısının blok diyagramı Şekil 1.'de verilmiştir. Belirmek gerekir ki sürücü; motor için şebeke gerilimini doğrultup besleme sağlayan köprü tipi veya tristörlü doğrultucudan ve ayrıca motora seri bağlı IGBT'den oluşmaktadır. Sistemi aşırı akımlardan korumak ve akım örneği almak için motora seri bağlı bir R dirençten akım geribeslemesi alınmıştır. Girişte ω_1 sabit saklanacak hız ile ayarlanan ω hızı karşılaştırılır. Bu iki sinyalin farkı Fuzzy Hız Denetleyicisinin girişine verilerek, çıkışta bu duruma göre orantılı orantılı I akımı alınır. I akımı, geri besleme I' akımı ile karşılaştırılarak Fuzzy Akım Denetleyicisinin girişine verilir. Hız kontrol devresi hızlı geçiş cevabı almakla beraber, motor akımını sınırlamak için içeride akım kontrol sinyali olan (I')'de içerir. Kontrolü hızlandırmak için akım denetleyicisinin V çıkış sinyali Vc ile toplanarak Vs kontrol sinyali elde edilir.

$$V_s = V + V_c \dots\dots\dots(1)$$

Kosinüs dalga geçiş yapısından elde edilen α sinyali akım sınırlamasından alınan $\Delta\alpha$ sinyali ile birlikte:

$$\alpha_o = \alpha + \Delta\alpha \dots\dots\dots(2)$$

sinyali oluşturur ki bu motora verilecek olan hız oranını belirler..

3.SİSTEMİN TEORİK İNCELEMESİ:

Fuzzy lojik kontrollu D.C. motorun sürekli çalışma rejiminde normalize olunmuş akım denklemi aşağıdaki gibi belirlenebilir [2];

$$I_a(pu) = \frac{I_a}{3V_m / \pi x} = \frac{x}{r} \left[\cos \alpha - \frac{\pi V_c}{3V_m} \right] \dots\dots\dots(3)$$

$$V_d(pu) = \frac{V_d}{V_m} = \frac{3}{\pi} \cos \alpha \dots\dots\dots(4)$$

Burada;

Ia-Motorun ortalama akımı,

Vm- A.C. şebeke geriliminin tepe değeri,

x-motorun reaktif direnci (ωL)

r- Motorun aktif direnci,

α -T-nin kontrol açısı,

Vc-Hız dönüştürücüsü çıkış gerilimi,

Vd- Doğrultucu çıkışının ortalama gerilimi.

Besleyici Vm gerilimi sabit alınabilir. Bu yüzden doğrultulmuş Vd gerilimi kosinüs dalga geçiş tekniği ile Vs tarafından lineer olarak kontrol edilebilir.

Eğer IGBT'yi kapatıp, D1-D4 diyotlarını tristörlerle değiştirsek motoru süresiz iletim moduna çalıştırmak mümkündür. Bu durum için yukarıdaki denklemler aşağıdaki gibi yazılabilir[2].

$$I_a(pu) = \frac{I_a}{3V_m / \pi x} = \frac{x}{r} \left[\cos \left(\frac{\pi}{3} + \alpha \right) - \cos \left(\frac{\pi}{3} + \alpha + \theta_1 \right) - \frac{V_c}{V_m} \theta_1 \right] \dots\dots\dots(5)$$

$$V_d(pu) = \frac{V_d}{V_m} = \frac{3}{\pi} \left[\cos\left(\frac{\pi}{3} + \alpha\right) - \cos\left(\frac{\pi}{3} + \alpha + \theta_1\right) - \frac{V_c}{V_m} \theta_1 \right] + \frac{V_c}{V_m} \quad (6)$$

$$\frac{V_c}{V_m} = \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{x}{r}\right)^2}}{1 - \exp(-r\theta_1/x)} \left\{ \sin\left(\frac{\pi}{3} + \alpha + \theta_1 - \varphi\right) - \sin\left(\frac{\pi}{3} + \alpha - \varphi\right) \exp\left(-\frac{r\theta_1}{x}\right) \right\} \quad (7)$$

Burada $\varphi = \arctg \frac{x}{r}$ sabit olduğundan θ_1 iletim açısını

($0 < \theta < \frac{\pi}{3}$) değiştirmekle I_a 'yı değiştirerek motor hızının kontrolünü gerçekleştirmek mümkün olur.

Yukarıda gösterilenleri incelemek için deney seti yapılmış ve deneyler aşağıdaki gibi 3 yöntemle yapılmıştır.

1. (1) ve (2) denklemleri göz önüne alınmadan,
2. (1) denklemini gözönüne alınmadan,
3. (1) ve (2) denklemleri göz önüne alınarak

Bu bildiride ancak 1 yöntemi ile yapılmış deneylerin sonuçları açıklanmıştır.

$\mu_{A \cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$ (Bileşim işlemi)

$\mu_{A \cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$ (Kesişim işlemi)

$\bar{\mu}_A(x) = 1 - \mu_A(x)$ (Evrikleme işlemi)

Fuzzy bağıntı $\mu_R(x, u)$, giriş değişkeni $\mu_A(x)$ ve çıkış değişkeni $\mu_B(x)$ ise bu durumda fuzzy SUP-MIN (SUPremum-MINimum) kompozisyonu;

$$\mu_B(x) = \text{Sup}_x [\text{Min}(\mu_A(x), \mu_R(x, u))] \dots\dots\dots (8)$$

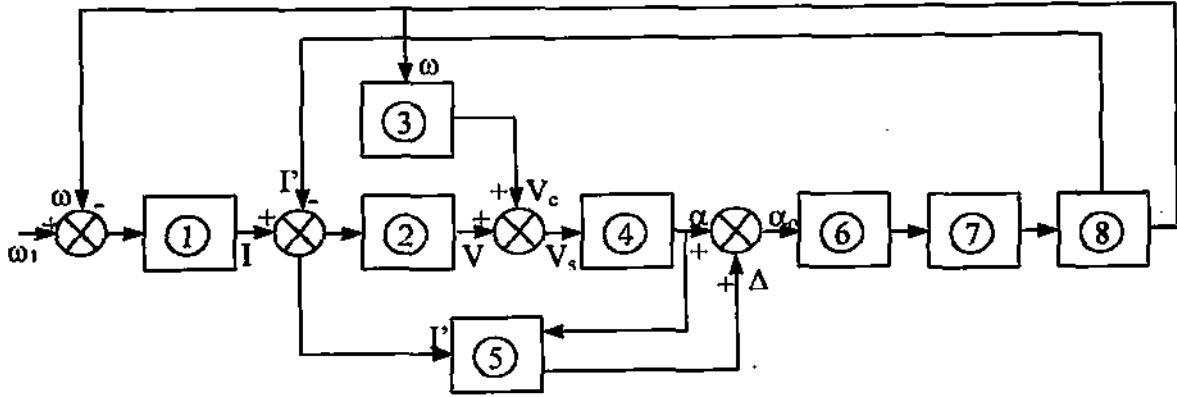
şeklinde yazabiliriz.

Fuzzy kuralların giriş değişkenleri için hata(e) ve hatanın değişimi (ce), çıkış değişkeni olarak motora uygulanacak olan PWM oranını belirten (u) değişkenleri alınmıştır.

İki motorun devirleri arasındaki hata değeri $e_n = \omega_{m1} - \omega_{m2}$ formülü ile ifade edilir. Kurallardaki ikinci giriş değişkeni olan $ce_n = e_n - e_{n-1}$ formülü ile hesaplanır ve daha sonra bir önceki hata değerine o andaki hata değeri atanır ($e_{n-1} = e_n$).

e, ce, ve u için iki motorun hız durumları karşılaştırılarak hızların eşitlenebilmesi için Tablo 1'deki kurallar yazılabilir. Tablodaki sözel etiketler; NB: Negatif Büyük, NO:Negatif Orta, NK: Negatif Küçük, SF:Sıfır, PK:Pozitif Küçük, PO:Pozitif Orta ve PB:Pozitif Büyük ifadelerine karşılık düşer.

Giriş ve çıkış değişkenlerinin, yukarıda



Şekil-1.

Şekil 1 için;

- 1-Fuzzy Hız Denetleyicisi,
- 2-Fuzzy Akım Denetleyicisi,
- 3-Hız Gerilim Dönüştürücü,
- 4-Kosinüs Dalga Geçiş Yapısı,
- 5-Fuzzy Açık Kompanzasyonu,
- 6-Tetikleme Sinyali Üreticisi,
- Sürtücü,
- 8-Motor.

4.FUZZY TEMEL İŞLEMLER, KURALLAR VE ÜYELİK FONKSİYONLARI:

Aşağıda bulanıklaştırma ve netleştirme işlemleri için en çok kullanılan temel matematiksel bağıntılar belirtilmiştir.

belirtilen sözel etiketlere göre üyelik fonksiyonları Şekil 3'de gösterilmiştir. Çıkış için kullanılan üyelik fonksiyonları teknokta olarak belirlenmiştir. Çünkü FP3000 Fuzzy işlemci çıkarım işlemini bu şekle göre gerçekleştirmektedir.

Fuzzy işlemci 12 bit hassasiyetinde işlem yapabilme özelliğine sahiptir. Dolayısıyla giriş ve çıkış değişkenleri için 0-4097 arasındaki değerler işlemciye verilebilir. Bu sebepten dolayı sistemden ölçülen değerler alındıktan sonra orta değeri 2047 olacak (normal ölçekte sıfır noktası) şekilde aşağıdaki ölçeklemeler yapılır.

Giriş için:

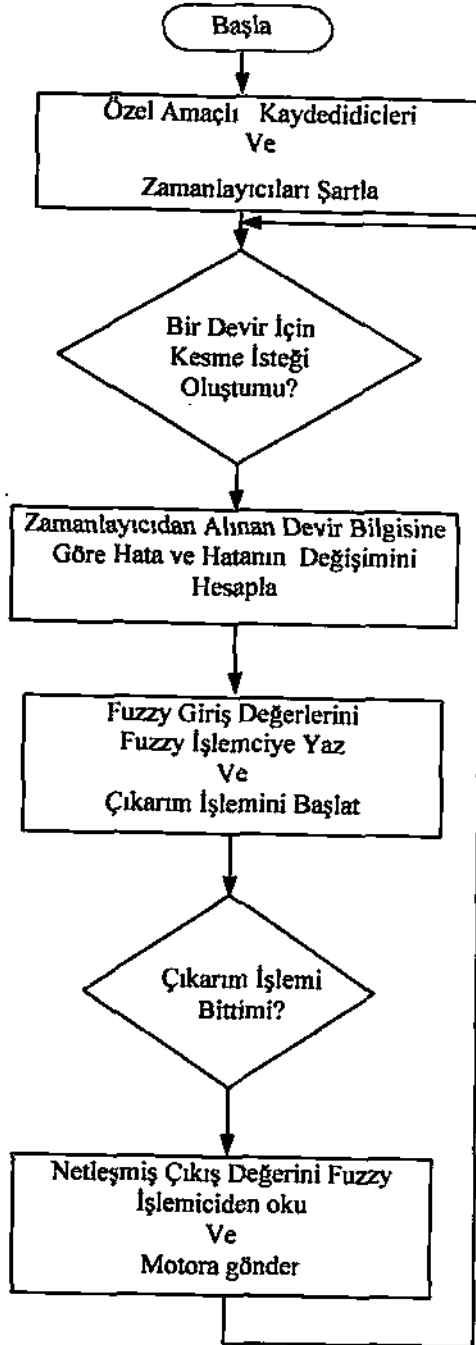
$$|maks. sınır = min. sınır|$$

$$\text{Giriş Ölçekleme} = 2047 + \text{giriş değeri} \times \frac{2047}{\text{maks. sınır}}$$

Burada e ve ce için maksimum ve minimum sınır değerleri motorun ulaşabileceği maksimum ve minimum devir değerleri ile belirlenir.

FP3000 işlemcisi netleştirme işlemi için ağırlık merkezini bulma yöntemini kullanır.

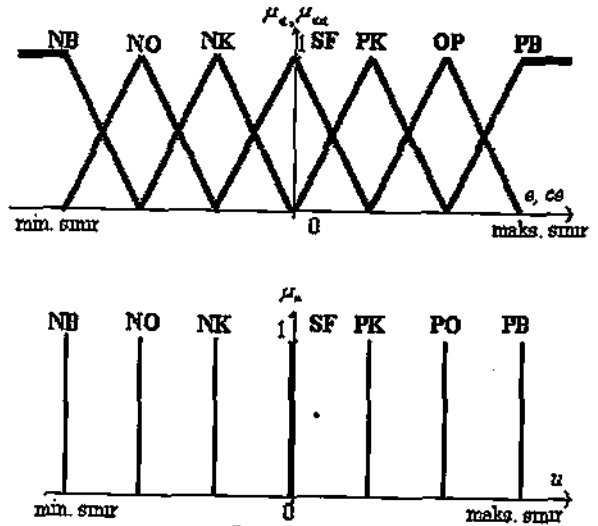
$$z^* = \frac{\sum \mu_c(\bar{z}) \cdot \bar{z}}{\sum \mu_c(\bar{z})} \quad (9)$$



Şekil 2. Program Akış Diyagramı

5.DENEYSEL ÇALIŞMA:

Uygulamayı gerçekleştirmek için kontrol işleminde Intel-80196 16 bitlik mikrodenetleyici ve fuzzy işlemlerde (bulanıklaştırma ve netleştirme) Omron-FP3000 Fuzzy işlemcisi kullanılmıştır. 80196 mikrodenetleyici içerisinde uygulamalar için hızlı Giriş/Çıkış portları zamanlayıcı/sayıcı, seri haberleşme arabirimi(RS232), darbe genişlik modülasyonu (PWM) ve Analog- Dijital dönüştürücü gibi ünitelerinin bulunmasından donanımın azalmasına neden olur. FP3000 Fuzzy işlemcisi bulanıklaştırma ve netleştirme işlemlerini donanım aracılığıyla yaptığı için yazılımın azalmasına ve işlemlerin daha hızlı gerçekleştirilmesine neden olur. Şekil 2'de deneysel çalışma için yazılan kontrol algoritması gösterilmiştir.



Şekil 3. Üyelik Fonksiyonları

$\frac{ce}{e}$	NB	NO	NK	SF	PK	PO	PB
PB	NB	PO	PB	PB	PB	PB	PB
PO	NB	*	PB	PB	PB	PB	PB
PK	NB	*	*	PK	PB	PB	PB
SF	NB	NB	NK	SF	PK	PB	PB
NK	NB	NB	NK	NK	*	*	PB
NO	NB	NB	NB	NB	NB	*	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB	PB

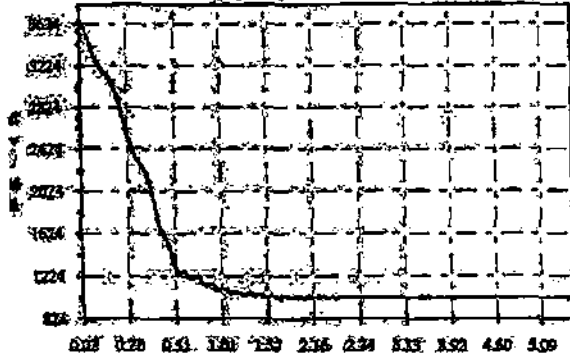
Tablo 1. Kontrol Kuralları

Deneysel çalışma sonucunda Şekil 4., 5, 6. ayrıca 7, 8'deki eğriler elde edilmiştir.

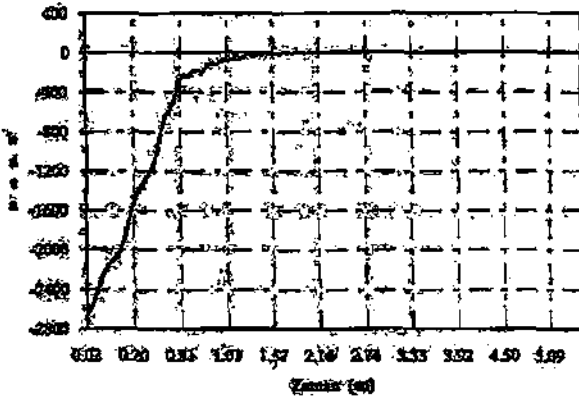
Şekil 4, 5 ve 6'da 1. Motor 1024 dev/dk, 2. Motor 3624 dv/dk hızla dönmektedirler. Program çalıştırıldıktan sonra 2.motorun hızı yaklaşık olarak 1.57 sn sonra 1.motorun dönüş hızına eşitlenmiştir. Ayrıca bu durumda eğri üzerinde kuralların giriş değişkenleri olan hata ve hatanın değişim eğrileride gösterilmiştir.

Şekil 7'de motorun yüklenmesi ve yükten bırakılması durumundaki eğriler çizilmiştir. Şekilde önce yüksüz çalışan motor yüklendiğinde 2.motorun hızı 2024 dv/dk'dan 1424 dv/dk'ya düşmüş ve tekrar 1 sn sonra 2.motor hızını 1.motorun hızına eşitlemiştir.

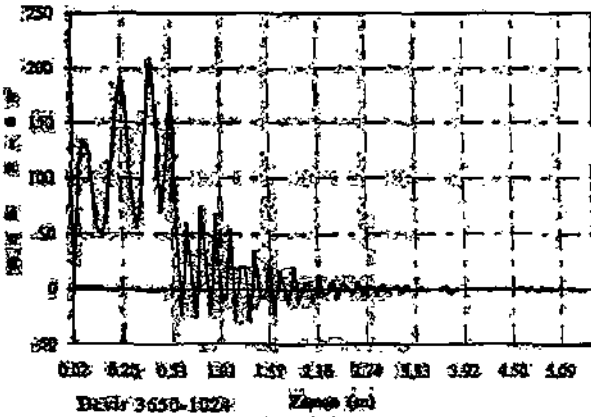
Şekil 8'de ise yüklü durumda çalışan 2. Motorun yükü alındığında hızı aniden 2024 dv/dk'dan 2824 dv/dk'ya yükselmiş ve tekrar 0.61 sn'de 2.motor hızını önceki hız değeri olan 1024 dv/dk'ya eşitlemiştir



Şekil 4.



Şekil 5



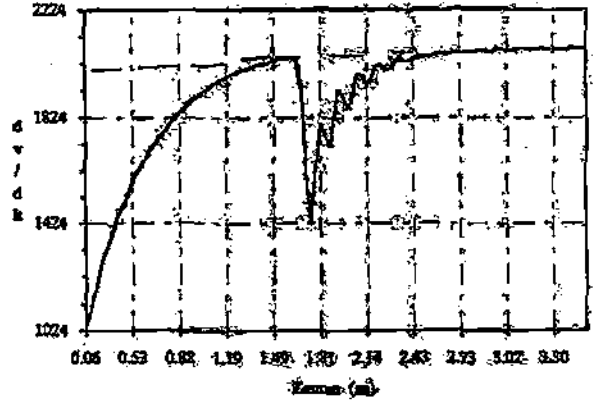
Şekil 6

6.SONUÇLAR:

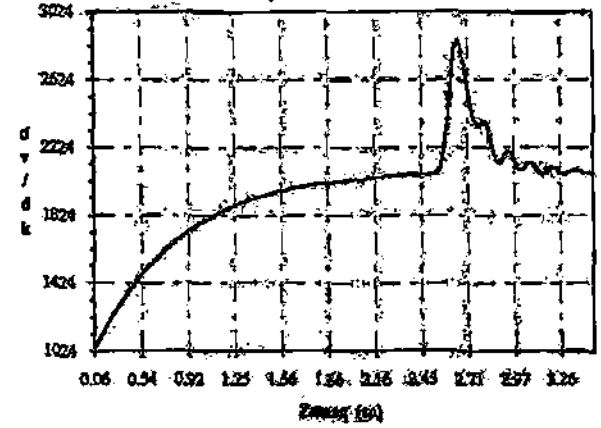
1.Hızları senkronlaştırılan her iki motorun hız kontrolünü incelemek için yüksüz ve yüklü durumdaki çoklu denemeler sistemin kusursuz çalışmasını gösterir.

2.Şekil 7 ve 8'de görüldüğü gibi motor yüklendiğinde veya yükünü attığında yaklaşık olarak 1.5 sn'de hızlar senkronlaşır.

3.Hızdan iç geribeslemesi dahil edildiğinde (1 denklemi) senkronlaşma süresi yaklaşık 2 kat küçültülmüş oluyor. Akım iç geribeslemesi ise (2 denklemi) motoru ve devreyi aşırı akımlara karşı sigortalama işlemini yerine getiriyor..



Şekil 6



Şekil 7

7.KAYNAKLAR:

- [1] E.P.Popov ve diğerleri "Roboteknika", 1984. Moskova,SSCB
- [2] T.Ohmae, T. Matsuda, N. Azusawa, K. Kawayama, T. Konishi, " A Microprocessor Controlled Fast Response Speed Regulator withDual Mode Current Loop for D.C.M. drivers", IEEE Trans. Ind. Appl., Vol 1A-16, pp.338-394, May/June 1980.
- [3] L.A.Zadeh, "Fuzzy Sets", Information and Control, Vol.8, pp.338-353, 1965.
- [4] Ö.FarukÖzgüven,"80196-16 Bitlik Mikrodenetle - yici Geliştirme Seti Tasarımı ve FP3000 Fuzzy İşlemciyi Kullanarak Çok Amaçlı Fuzzy Lojik Kontrol ve Uygulaması" Doktora Tezi, Ekim 1996, İstanbul.