

# ÜÇ FAZLI ASENKRON MAKİNENİN BULANIK MANTIK İLE VEKTÖR KONTROLÜ

Mehmet Zile  
Mersin Üniversitesi, Mersin  
e-posta:mehmetzile@yahoo.com.tr

## ÖZET

Birçok lisans programında genellikle enerji dönüşümü veya elektrik makineleri dersinin başlangıç seviyesinde dc motorun çalışmasını veren temel eşitlikler açık ve güzel bir şekilde verilir. Alet davranışları hususundaki eşitliklerinin fiziksel mantık işlemcilerine ve hız kontrolün gerekli olduğu görülür. Öğrenciler fiziksel motoru zihinsel resmederek ve çözümlenerek geliştirebilirler. Bir dc motorun hız kontrolü bulanık mantığı anlatmak için güzel bir uygulamadır. Bulanık mantığın esasları öğrencilere sunularak, elektrik makinelerin hız kontrolü kolaylıkla yapılabilir. Bu makalede, üç fazlı asenkron makinenin bulanık mantık ile vektör kontrolü yapılmıştır.

## GİRİŞ

Asansörlerde hız ve konum kontrolü gereken yerlerde elektrik makineleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Hız ve konum kontrolü için doğru akım makineleri, adım motorları fırçasız doğru akım makineleri asenkron makinelerle göre daha uygundur. Fakat, özellikle doğru akım makinelerindeki kollektör fırça donanımının meydana getirdiği sakıncalar bu motorların kullanım alanını kısıtlamaktadır. Son yıllarda yarı iletken teknolojisindeki gelişmeler, mikroişlemci hızlarındaki artış, yeni kontrol yöntemlerinin geliştirilmesi ile endüstride asenkron makinelerin kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Daha küçük boyuttan daha fazla güç sağlamaları, yüksek verimlilik, düşük maliyet ve az bakım istemelerinden dolayı asenkron makineler tercih edilmektedir. Bu çalışmada asenkron motor akı ve moment kontrolüne bulanık mantık kontrolörlü doğrudan kendini kontrol yaklaşımı yapılarak minimum kayıplı süreç geliştirilmeye çalışılmıştır. Uygun üyelik fonksiyonunun belirlenmesi, kontrol performansını oldukça etkilemektedir. Seçilen üyelik fonksiyonunda kararlılığın sağlanması ve evirici frekansının azaltılması bakımından bazı yerlerde iki seviyeli mantığa dönülebilir. Moment ve akıya ilişkin üyelik fonksiyonlarındaki hata aralıklarının farklı olması aynı hata değeri için aynı bulanık alt kümenin belirlenmesini önleyecektir. Bu ise kontrolün daha etkin olmasını sağlayacaktır. Doğrusal olmayan taleplere bulanık mantık kontrolör doğrusal olmayan girişleri üreterek oldukça iyi tepkeler verebilmektedir.

## BULANIK KONTROLÇÜ

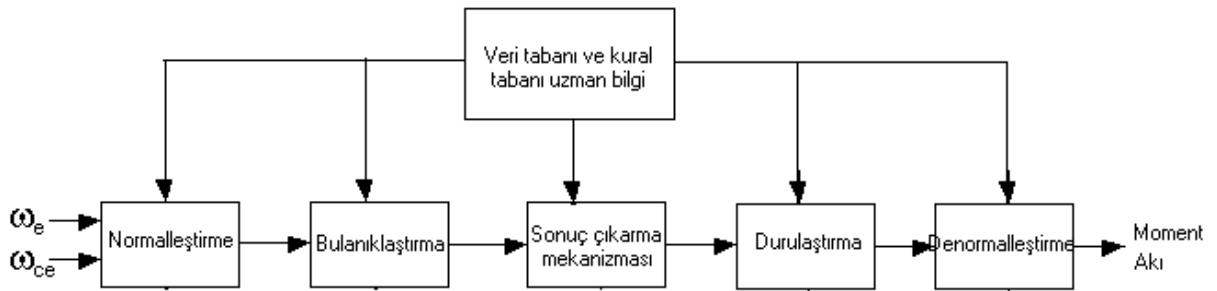
Bulanık kontrolcü dilbilimsel bulanık değişkenler kullanılarak bilginin modellenmesine dayanmasına rağmen bu, sistemde kullanılan elemanların daha düşük hızlı, ucuz algılayıcılar olması anlamına gelmemelidir. Bunun yanı sıra kullanılan algılayıcıların da sayısının indirgenmesi beklenmeyebilir. Bulanık mantığın özünde sınıflandırılmış olan nitelikli bilginin kullanılabilir olması yatmaktadır. Bulanık kontrol uygulamasının diğer kontrol yöntemlerine göre avantajları şunlardır;

- Detaylı bir matematiksel model gerektirmezler [1,2].
- Pek çok giriş ve çıkış değişkenleri eş zamanlı olarak ele alınabilir [3,4].

- Bulanık kontroldeki tüm kurallar eş zamanlı olarak uygulanır ve sonuçlandırılır. Uyuşmayan kurallar biçimsel olarak uydurulabilir [1,3].
- Dilbilimsel değişkenlerin küçük değerli rakamlar olması dolayısı ile önemli bir hata indirgenmesi getirilir. Giriş-çıkış değerlerinin tüm kombinasyonları için çıkış belirleme zorunluluğu yoktur. Değişkenlerin dikkatli bir seçimi, üyelik fonksiyonlarının uygun belirlenmesi kuralların sayısını önemli ölçüde indirgeyecektir.
- Bulanık kontrolör içerisine yerleştirilen kontrol kuralları sistem girişlerinin belirli kombinasyonlarında istenilen çıkış elde edilemezse diğer girişlere dokunulmadan kontrol işlevini gerçekleştiren aktif kurallar yeniden belirlenebilir. Bir bulanık kontrolöre kurallar rahatlıkla eklenebilir veya istenen belirli bir özellikteki kontrol kurallarının özelliği rahatlıkla sistem davranışını bozmayacak şekilde etkin hale getirilebilir.
- Bulanık mantık kontrolörlerle klasik PID kontrolörleri birbirine bağlamak suretiyle kontrol performansını artırmak mümkündür.
- Çok karmaşık sistemlerde istenen kalite, nitelik ve hıza göre birden fazla bulanık kontrolör kullanılabilir [3,4].
- Gerçek zaman uygulamalarının kontrol altına alınabildiği sistemlerde, yeterli zaman sağlanabiliyorsa donanımdan ziyade yazılımın verdiği esneklikten dolayı bulanık kontrol avantaj sağlamaktadır.

#### BULANIK KONTROL SİSTEMİ

Şekil 1’de tasarlanacak olan sistemin blok diyagramı gösterilmektedir. Sistemde moment ve akının anlık değerleri motor giriş büyüklüklerinden hesaplanmaktadır. Moment ve akı hesaplamalarından edinilen bilgiler akı vektörü pozisyonuna göre anahtarlama durumunun seçiminde kullanılacaktır. Hata oranını çok büyük ve çok küçük olmasının meydana getirdiği doğrusal olmayan değişimin kompanze edilmesi çok güçtür. Çok büyük ve çok küçük ifadelerinin göreceli kavramlar olması bulanık mantık kullanımı için doğal bir avantaj sağlar. Bu avantajın kullanılması geleneksel kontrol yöntemlerinin kullanımına göre çok daha verimli sonuçlar üretmektedir.



Şekil 1. Bulanık mantık kontrolcü asenkron makine sürücü sistemi

## BULANIK MANTIKLI DOĞRUDAN KENDİNİ KONTROL

Bu çalışmada asenkron motor 'Doğrudan Kendini Kontrol Yöntemi' için bulanık kontrolörlü sistem geliştirilecektir (Şekil 1). Bulanık kontrolör üç bulanık durum değişkeni ve bir kontrol değişkeni olacak şekilde tasarlanacaktır. Her bir bulanık değişken minimum sayıda kural ile maksimum kontrolü sağlamak amacıyla bulanık alt kümelere ayrılmıştır.

Birinci bulanık değişken, stator akısı referans değeri ile hesaplanan değer arasındaki fark olan stator akı hatasıdır ( $E_\lambda$ ). Akı hatası evrensel kümesinde üç bulanık alt kümeye ayrılmıştır. Pozitif akı hatası,  $PE_\lambda$ ; sıfır akı hatası,  $SE_\lambda$ ; negatif akı hatası,  $NE_\lambda$  üyelik fonksiyonu değişimi şekil 2'de gösterilmektedir.

$$E_\lambda = \lambda_{ref} - |\lambda_s| \quad (1)$$

$$\lambda_{qs} = \int (V_{qs} - i_{qs} \cdot R_s) \cdot dt \quad (2)$$

$$\lambda_{ds} = \int (V_{ds} - i_{ds} \cdot R_s) \cdot dt \quad (3)$$

$$\lambda_s = \sqrt{\lambda_{qs}^2 + \lambda_{ds}^2} \quad (4)$$

İkinci bulanık değişken, referans moment değeri ile hesaplanan moment değeri arasındaki fark olan moment hatasıdır ( $E_{te}$ ). Moment hatası evrensel kümesinde 5 bulanık alt kümeye ayrılmıştır. Pozitif büyük moment hatası,  $PB_{te}$ ; pozitif küçük moment hatası,  $PK_{te}$ ; sıfır moment hatası,  $SH_{te}$ ; negatif küçük moment hatası,  $NK_{te}$ ; negatif büyük moment hatası,  $NB_{te}$ . Üyelik fonksiyonu değişimi şekil 2'de gösterilmektedir.

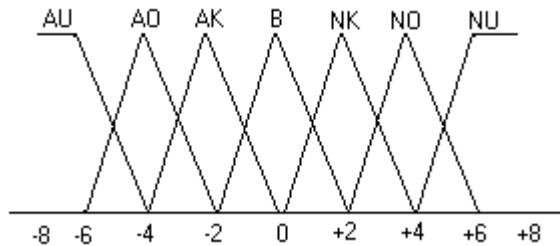
$$E_{te} = T_{e_{ref}} - T_e \quad (5)$$

$$T_e = \frac{3}{2} \cdot \frac{P}{2} \cdot (i_{qs} \cdot \lambda_{ds} - i_{ds} \cdot \lambda_{qs}) \quad (6)$$

Üçüncü bulanık değişken, stator akısı ile referans eksen arasındaki açıdır.

$$\theta = -\arctan(\lambda_{ds} / \lambda_{qs}) \quad (7)$$

Bu bulanık değişken evrensel kümesinde 12 bulanık alt kümeye ( $\theta_1, \dots, \theta_{12}$ ) ayrılmıştır. Üyelik fonksiyonu değişimi şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Üyelik fonksiyonu değişimi

Kontrol değişkeni olarak evirici anahtarlama durumu (n) alınmıştır. Anahtarlama durumları kesin değerler olduğundan bulanık üyelik dağılımına gerek duyulmamıştır. Üyelik fonksiyonlarının seçimi tamamen keyfi olarak (üçgen, sinüs, yamuk vb.) yapılmaktadır. Uygun üyelik fonksiyonunun belirlenmesine yönelik bir yöntem olmamakla beraber seçilen fonksiyon kontrol üzerinde oldukça etkilidir. Kararlılığın sağlanması bakımından üyelik fonksiyonunun bazı bölümlerinde iki seviyeli mantığa dönülebilir. Bulanık küme değerlerini belirlemek için bulanık değişkenlerin değer aralıkları elde edilmelidir. Bulanık değişkenlerin değer aralıklarının farklı olması, değişkenlerin bulanık küme değerlerinin de birbirinden farklı olmasını sağlar. Tüm bulanık değişkenlerin benzer aralıkta olması aynı aralıktaki farklı evrensel kümelerin benzer bulanık kümeyi belirlemesine neden olabilir.

Kontrol işlevini belirlemek için akı hatası, moment hatası ve açı evrenlerindeki  $E_\lambda$ ,  $E_{te}$  ve  $\theta$  bulanık değişkenleri arasındaki genel bir ilişki aşağıdaki gibi yazılabilir.

Eğer  $E_\lambda \rightarrow A_i$  ise (Eğer  $E_{te} \rightarrow B_i$  ise (Eğer  $\theta \rightarrow C_i$  ise  $n=N_i$ ))

Yukarıdaki ifade kısaca, Eğer  $A_{iE_\lambda}$ ,  $B_{iE_{te}}$  ise  $n=N_i$

şeklinde yazılabilir. Bu anlatımları bulanık kümelerin kartezyen çarpımları ile açıklamak mümkündür.

$$R = A_{iE_\lambda} \times B_{iE_{te}} \times C_{iE_\theta}$$

Şekil 3’de verilen kontrol kuralları tablosu dikkate alınarak, örneğin  $\theta_2$  konumu için,

Kural1: Eğer  $E_\lambda \rightarrow P$  ve  $E_{te} \rightarrow PB$  ise  $n=2$ , değilse

Kural2: Eğer  $E_\lambda \rightarrow S$  ve  $E_{te} \rightarrow PB$  ise  $n=2$ , değilse

.....  
 .....

Kural15: Eğer  $E_\lambda \rightarrow N$  ve  $E_{te} \rightarrow NB$  ise  $n=5$

Dilbilimsel kuralları yazılabilir. Yukarıda yazılan her bir kural bulanık kümelerin kartezyen çarpımından bir R ilişkisini göstermektedir. Bulanık ilişki R için her bir bulanık kural deyimini ve kümelerin üyelik dereceleri kullanılarak aşağıdaki belirlemeler yapılabilir.

$$\text{Kural 1: } R_1 = P_{E_\lambda} \times PB_{E_{te}} \times \theta_2$$

$$\mu_{R1}(E_\lambda, E_{te}, \theta_2) = \min (\mu_p(E_\lambda), \mu_{PB}(E_{te}), \mu_{\theta_2}(\theta))$$

$$\text{Kural 2: } R_2 = S_{E_\lambda} \times PB_{E_{te}} \times \theta_2$$

$$\mu_{R2}(E_\lambda, E_{te}, \theta_2) = \min (\mu_s(E_\lambda), \mu_{PB}(E_{te}), \mu_{\theta_2}(\theta))$$

.....  
 .....

$$\text{Kural 15: } R_{15} = N_{E_\lambda} \times NB_{E_{te}} \times \theta_2$$

$$\mu_{R15}(E_\lambda, E_{te}, \theta_2) = \min (\mu_n(E_\lambda), \mu_{NB}(E_{te}), \mu_{\theta_2}(\theta))$$

Kuralların bileşimi olarak genel ilişki yazılırsa,

$$R=R_1+R_2+\dots\dots\dots+R_{15}$$

$$\mu_R(E_\lambda, E_{te}, \theta_2) = \min[\mu_{R1}(E_\lambda, E_{te}, \theta_2), \mu_{R2}(E_\lambda, E_{te}, \theta_2), \dots, \mu_{R15}(E_\lambda, E_{te}, \theta_2)] \quad (9)$$

elde edilir. Sonuç olarak işlevine sonucun bileşim kuralı uygulanarak karar verilir.

$$\mu_N = \max\{\min\{[\mu_1(E_\lambda), \mu_1(E_{te}), \mu_{R1}(E_\lambda, E_{te}, \theta)], \dots, \mu_{15}(E_\lambda), \mu_{15}(\theta), \mu_{R15}(E_\lambda, E_{te}, \theta)]\}\} \quad (10)$$

Burada çıkışlar kesin olduğu için çıkışın belirlenmesi maksimum olasılık dağılımına göre yapılmaktadır. Bundan dolayı,  $\mu_{N \text{ out}}(n) = \text{maksimum}$  ( $N= 1$  den  $7$  ye)  $\mu_N(n)$  olacaktır. Böylece çıkış anahtarlama durumunu  $N_{\text{out}}$  verecektir.

### SONUÇLAR

Bu çalışmada, uygun bulanık değişkenler ve üyelik fonksiyonları belirlenerek bulanık kontrol algoritması geliştirilip, belirlenen kurallar doğrultusunda bulanık mantık kontrolörü doğrudan kendini kontrol yöntemi simülasyon sonuçları elde edilmiştir. Bulanık mantık teorisi üzerinde ayrıntılı durularak bulanık küme teorisinin klasik mantıktan daha esnek olduğu görüldü; deneyim ve bilgi ile elde edilen veriler doğrultusunda kurallar oluşturulmuştur. Bulanık mantık kontrolde üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde ‘Yapay Sinir Ağları’ kullanılarak daha etkin bir kontrol algoritması geliştirilebilir.

### KAYNAKLAR

- [1] Klim G.J., Folger T.A., Fuzzy Sets, Uncertainty and Information. Second Edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1988.
- [2] Tang K.L., Mullholland R.J., Comparing Fuzzy Logic with Classical Controller Design, IEEE Transaction on System, Man and Cybernetics, 17,1, November 1987.
- [3] Mir S.A., Zinger D.S. Elbuluk M.E., Fuzzy Controller for Inverter Fed Induction Machines, IEEE Transactions on Industry Applications, 78-84, 30 January 1994.
- [4] Mir S.A., Zinger D.S. Elbuluk M.E., Fuzzy implementation of Direct Self Control of Induction Machines, IEEE Transactions on Industry Applications, 893-901, 30 May 1994