

# Evirgeç Üzerinden Beslenen Asenkron Motor Akımlarının Tahmininde Bulanık Süzgeç Kullanımı

Mehmet KARAKÖSE

Erhan AKIN

Fırat Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği, 23119 Elazığ

mkarakose@firat.edu.tr

eakin@firat.edu.tr

*Anahtar Sözcükler: Bulanık Süzgeç, Asenkron Motor Sürücüsü*

## ABSTRACT

Fuzzy systems have been used successfully in control systems over the past few decades, but have been applied much less often to filtering problems. This paper discusses and demonstrates application of fuzzy filtering to motor currents. Motor currents have noises because of electrical harmonics in the motor drive. The computational complexity of conventional filters make them difficult for implementation. Therefore, fuzzy systems are very suitable for filtering problem. This study includes a fuzzy filter that is heuristic-knowledge-based algorithm to detect and discard feedback signal error and noise. For this purpose, a fuzzy filter is designed and tested on hysteresis controlled motor currents. The proposed method is simulated by using MATLAB-SIMULINK.

## 1. GİRİŞ

Gürültü süzgeçleme sayısal işaret işlemenin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Gürültü büyüklüğü uygulamalara göre değiştiğinden özellikle gerçek zamanlı gerçekleştirmelerde karmaşıklıklar oldukça artmaktadır. Süzgeçleme işlemi uygulamada birçok kullanım alanına sahip olmasına rağmen asenkron makinalardaki kullanımının büyük önemi vardır. Sürücü sistemlerinin gün geçtikçe ilerlemesine ve tahmin algoritmalarının yaygınlaşarak sensörsüz kontrollerin yapılmasına bağlı olarak sinyaller üzerine gelen hata ve gürültü etkileri iyice ön plana çıkmıştır. Bilindiği gibi sayısal işaret işlemede gerçek zamanlı çalışmalar için gelişmiş mikroişlemciler ve DSP'ler kullanılmaktadır. Böylece artık çok küçük çözüm aralıklarında gerçekleştirmeler yapılmasına karşın hata ve gürültü gibi tahmin edilemeyen büyüklüklerin etkileri için çözümler aranmaktadır. Tahmin algoritmalarının gerçekleştirilmesi için süzgeçlerin kullanıldığı bilinmektedir. Çünkü istenilen işaret tahmin etmek ile ölçülen bir işareti süzgeçlemek aynı amaca ulaşmaktadır [1]. Süzgeçler genellikle çalışılan domendeki çıkış ve giriş fonksiyonlarının oranları olarak verilebilen  $H(s)$  gibi bir transfer fonksiyonu ile ifade edilebilmektedir. Transfer

fonksiyonundaki fonksiyon parametreleri ise istenen süzgecin cinsine ve derecesine göre tasarımla uygun olarak seçilmektedir. Herşeyden önce bu süzgeçlerden beklenen kararlı olması ve ana işaretin bozulmaya uğramadan işleminden geçirilebilmesidir. Çoğu uygulamada basit süzgeçler kullanılarak iyi sonuçlar elde edilmesine karşın hassasiyetin sistem performansı için oldukça önemli olduğu yerlerde daha karmaşık tasarımlarla oluşturulan süzgeçlere ihtiyaç duyulmaktadır. Motor sürücüleri elektriksel olarak oldukça gürültülü ortamlardır ve pratik olarak kullanılan ölçüm cihazları da hatalıdır. Bu nedenle geri besleme sinyalleri bazı gürültü ve hatalar ile bozulacaktır. Bunları elimine ederek sistem performansını artırmak için bilinen süzgeçleme metotlarından bazıları kullanılabilir. Ancak pratikte geleneksel süzgeçleme metotlarının gerçekleştirilmelerinde bir zaman gecikmesi oluşmaktadır. Bu ise motor kontrolü için gerçek zamanlı işlemlerde kabul edilebilir bir durum değildir. Ayrıca motor sürücülerinde oluşan gürültülerin geleneksel süzgeçleme metotları kullanılarak azaltılması da zordur ve matematiksel modelini oluşturmak oldukça karmaşıktır.

Bu problemler göz önüne alındığında geri besleme sinyalleri üzerindeki gürültüyü elimine etmek için insan bilgi tabanlı bir algoritma olan bulanık mantık tabanlı süzgeçler kullanmak oldukça avantajlı hale gelmektedir. Sinyaller üzerinde herhangi bir gecikme veya faz kaymasına neden olmayan bu süzgecin önemli bir avantajı matematiksel bir modele ihtiyaç göstermemesidir [1],[5].

Bu çalışmada evirgeç üzerinden beslenen bir asenkron motorun stator akımları alınarak bunların üzerindeki gürültü ve hataların elimine edilmesine çalışılmıştır. Bu akımların düzgün olmasının gereği akı tahmini için kullanılacak bu akımların asenkron motor kontrolünde sağlayacağı önemli performanstır [2]. Akı tahmini için kullanılan stator akımları ne kadar gürültüsüz olursa akı sonucu da daha iyi olacağından asenkron motor sürücünün verimi orantılı olarak artacaktır. Özellikle vektör kontrollü sürücüler için büyük önem taşıyan akı tahmini için değil, hatasız süzgeçlemenin her yerde önemi çok büyüktür.

## 2. BULANIK SÜZGEÇ

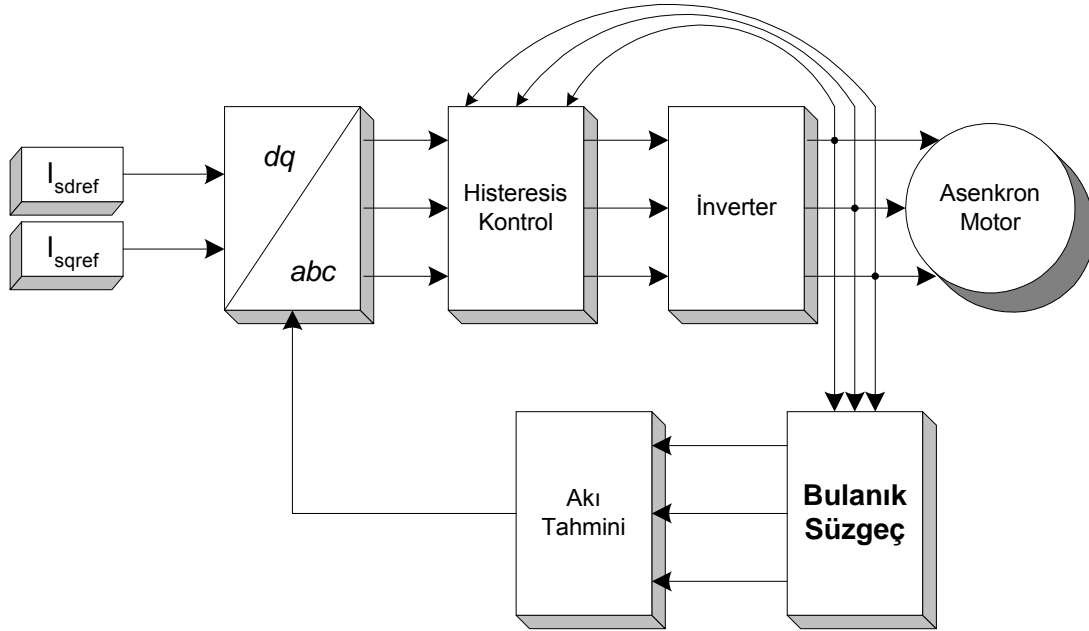
Gürültü ve hata içeren ayrık zamanlı bir işareti tahmin etmek için aşağıdaki denklemleri göz önüne alalım.

$$\begin{aligned}\hat{x}_k^- &= \hat{x}_{k-1}^+ + T \cdot \hat{v}_{k-1} \\ \hat{x}_k^+ &= \hat{x}_k^- + g(z_k, \hat{x}_k^-)\end{aligned}\quad (1)$$

Burada  $\hat{x}$  tahmin edilen değerleri, T çözüm adımını,  $z_k$  gürültülü sinyalini,  $\hat{v}$  akım oranı tahminini ve  $g(\cdot)$  ise düzeltme fonksiyonunu göstermektedir. Yukarıdaki denklemler asıl olarak kestirme-düzeltilme tahmin yapısını temsil etmektedir. Akım oranı tahmini için Taylor serisi açılımları kullanılarak t'nin kullanılabilir değerleri civarında x(t)'nin açılımı yapılabilir [3].

$$\begin{aligned}(\text{giriş}1)_k &= z_k - \hat{x}_k^- \\ (\text{giriş}2)_k &= (\text{giriş}1)_k - (\text{giriş}1)_{k-1}\end{aligned}\quad (3)$$

Bu ifadelerin gerçekleştirilmesi ile elde edilecek sistemin blok diyagramı Şekil 1'deki gibi düşünülebilir. Şekil 1'de görüldüğü üzere üç referans akım ile motordan alınan akımlar bir histeresis kontrolöre girilerek motor sürülmüş ve motordan alınan akımlar bir bulanık evirgeçten geçirilerek akı tahmini için kullanılmıştır. Bulanık süzgecin gerçekleştirilmesi için denklem (2) ve (3) birlikte kullanılmıştır. Denklem (2)'den elde edilen önceki tahmin değeri  $\hat{x}_k^-$  bulanık kontrolöre girilmiş ve çıkış olarak  $\hat{x}_k^+$  elde edilmiştir.



Şekil 1. Vektör kontrollü asenkron motorda bulanık süzgeç kullanımı için blok diyagramı

Bu durumda,

$$\begin{aligned}\hat{v}(t) &= \left[ -\frac{1}{3} \hat{x}(t-3\tau) + \frac{3}{2} \hat{x}(t-2\tau) \right. \\ &\quad \left. - 3\hat{x}(t-\tau) + \frac{11}{6} \hat{x}(t) \right] / \tau\end{aligned}\quad (2)$$

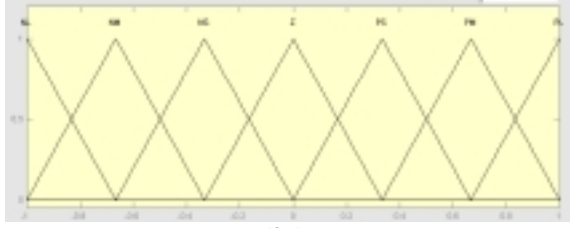
olur.

$g(\cdot)$  fonksiyonu ise düzeltme fonksiyonu olarak bilinir ve matematiksel modelinin çıkarılması çok karmaşıktır [4]. Bu çalışmada  $g(\cdot)$  fonksiyonu yerine bulanık mantık kullanılacaktır. Görüldüğü gibi  $g(\cdot)$  ölçüm ve önceki tahmin değeri arasındaki farka bağlıdır. Böylece  $g(\cdot)$  fonksiyonu iki girişe sahip olacaktır.

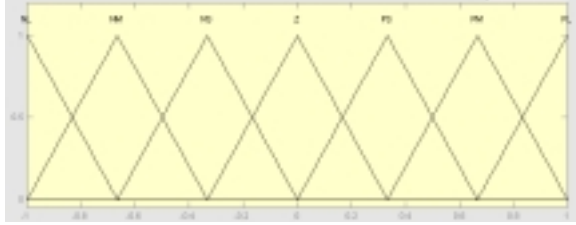
Şekilde görülen süzgeç için kullanılan bulanık kontrolörün üyelik fonksiyonları ve kural tablosu aşağıdaki gibidir.

Giriş 1	Giriş 2						
	NL	NM	NS	Z	PS	PM	PL
NL	NL	NL	NM	NM	NS	NS	Z
NM	NL	NM	NM	NS	NS	Z	PS
NS	NM	NM	NS	NS	Z	PS	PS
Z	NM	NS	NS	Z	PS	PS	PM
PS	NS	NS	Z	PS	PS	PM	PM
PM	NS	Z	PS	PS	PM	PM	PL
PL	Z	PS	PS	PM	PM	PL	PL

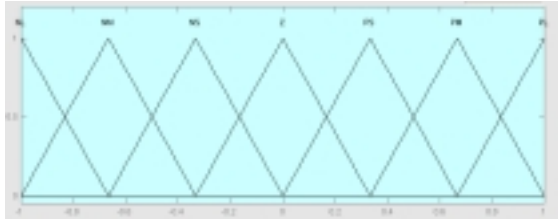
Şekil 2. Bulanık kontrolörün kural tablosu



(3a)



(3b)



(3c)

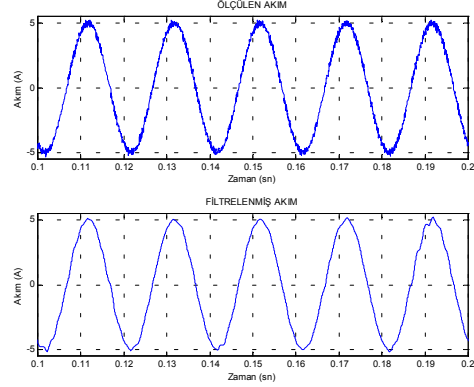
Şekil 3. Bulanık kontrolörün giriş (3a-3b)ve çıkış (3c) üyelik fonksiyonları

Girişler ve çıkış için 7 üyelik fonksiyonu kullanılmış ve üyelik fonksiyonları homojen dağılımlı üçgen fonksiyonlar seçilmiştir. Bu üyelik fonksiyonları ve kural tabanının optimizasyonu mümkün ise de bu halde sistem performansı iyi olduğundan ihtiyaç duyulmamıştır.

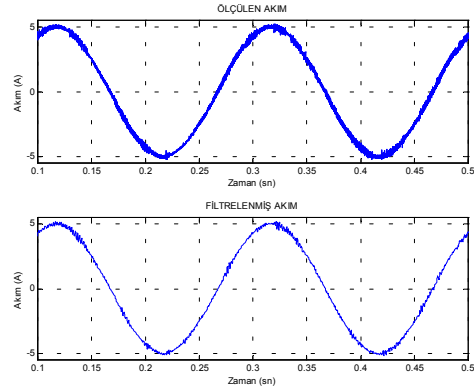
Bu çalışmada önerilen bulanık süzgeç MATLAB/SIMULINK programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca gerçek motor akımları alınarak geliştirilen süzgeç kullanılarak sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 4'de 50 Hz için bir histeresis kontrollü bir asenkron motorun stator akımları ile bunların bulanık süzgeçten geçirilmiş halleri gösterilmektedir. Görüleceği üzere iyi bir performans elde edilmiş ve bu Şekil 5'de 5 Hz için de doğrulanmıştır. Süzgecin örnekleme periyodu ile simülasyon adımı  $40 \mu s$  olarak aynı seçilmiştir. Şekil 6a'da deneysel olarak histeresis kontrollü bir asenkron motordan alınan akım şekilleri ile bunların bulanık süzgeçten geçirilmiş değişimleri gösterilmektedir. Şekil 6b ise filtrenin giriş sinyali ile çıkış sinyali arasında herhangi bir faz ve genlik farkının olmadığını açık olarak göstermektedir. Önerilen bulanık süzgecin performansını karşılaştırmak üzere Şekil 7'de görüleceği üzere aynı akımlar her 5 akım verisinin ortalaması alınarak elde edilerek gerçekleştirilen süzgeçten geçirilmiş ve bulanık süzgecin sonuçlarının iyi olduğu görülmüştür. Zaman gecikmesi, faz kayması ve genlik hatası gibi problemleri ortadan kaldıran

bu süzgeç yapısının gerçekleştirilmesi oldukça basittir. Ayrıca bu süzgeçte kullanılan bulanık kontrolörün üyelik fonksiyonları ve kural tabanının optimizasyonu yapılarak daha az kural ve daha iyi ayarlanmış üyelik fonksiyonları ile daha iyi sonuçlar alınması mümkündür [3].

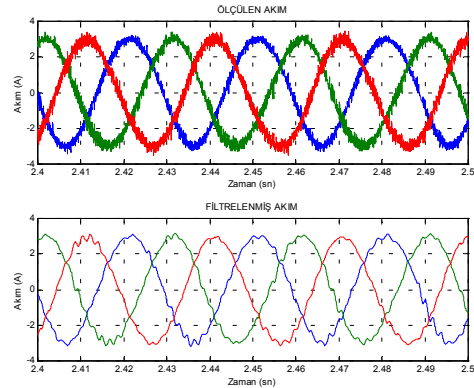
Dikkat edilmesi gereken bir nokta ise Şekil 4 ve Şekil 5'den görülen değişimlerin süzgecin parametrelerinin değiştirilmeden elde edilmesidir. Bilinen süzgeçlerde kesme frekansı olduğundan belirli frekans aralıklarında çalışmaları mümkün iken bulanık süzgecin bu frekans aralığının çok geniş olduğudur.



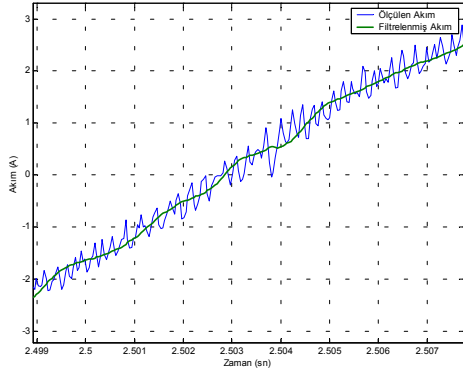
Şekil 4. 50 Hz için histeresis kontrollü asenkron motorun stator akımı ve bulanık süzgeç çıkışı



Şekil 5. 5 Hz için histeresis kontrollü asenkron motorun stator akımı ve bulanık süzgeç çıkışı

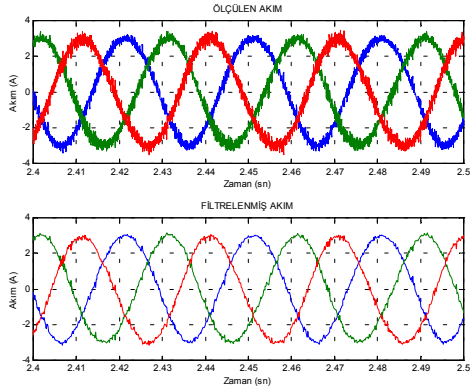


(6a)



(6b)

**Şekil 6.** Deneysel olarak alınmış histeresis kontrollü asenkron motorun stator akımları ve bulanık süzgeç çıkışı



**Şekil 7.** Deneysel olarak alınmış histeresis kontrollü asenkron motorun stator akımları ve süzgeç çıkışı

## SONUÇLAR

Bu çalışmada bulanık tabanlı bir süzgeç gerçekleştirilmiş ve bu süzgeç bir asenkron motorun stator akımlarının tahmininde kullanılmıştır. Bulanık süzgecin performansının iyi olduğu akımlar üzerindeki gürültü ve hatalar giderilirken genlik ve faz hatalarının oluşmaması ile gözlenmiştir. Analog ve sayısal süzgeçlerdeki faz kayması ve tasarım karmaşıklığı gibi problemlerin bulanık süzgeçte olmaması ile oldukça avantajlıdır. Bulanık süzgeçte kullanılan basit parametrelerle süzgecin uyarlanabilirliği sağlanmaya çalışılmıştır. Ancak genetik ve yapay sinir ağları gibi zeki sistemler kullanılarak çok daha iyi sonuçlar alınacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada gerçekleştirilen bulanık süzgecin geniş bir frekans aralığına sahip olduğu simülasyonlarda görülmüştür.

## KAYNAKLAR

- [1] Ovaska S.J., Sztandera L.M., Soft Computing in Industrial electronics, PHYSICA-VERLAG, 2002.

- [2] Can H., Akin E., Ertan, H.B., “A New Integration Algorithm for Flux Estimation Using Voltage Model”, INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTATIONS & MATHEMATICS IN ELECTRICAL ELECTRONIC ENGINEERING, Vol. 21, Issue 3, 2002.
- [3] Simon D., Design and Rule Base Reduction of a Fuzzy Filter for the Estimation of Motor Currents, INTERNATIONAL JOURNAL OF APPROXIMATE REASONING, Vol 25, pp 145-167, 2000.
- [4] Simon D., El-Sherief H., Fuzzy Logic for Digital Phae-Locked Loop Filter Design, IEEE TRANS. FUZZY SYSTEMS, Vol 3, No 2, pp 211-218, 1995.
- [5] Cheok A.D., Ertugrul N., Use of Fuzzy Logic for Modelling, Estimation and Prediction in switched Reluctance Motor Drives, IEEE TRANS. ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, Vol 46, No 6, pp 1207-1224, 1999.