

# DURAGAŐAN ASENKRON MOTORUN STATOR DİRENCİNİN SAYISAL İŞARET İŞLEMCİ (DSP) KONTROLLÜ EVİRİCİ TARAFINDAN ÖLÇÜLMESİ

Ertan MURAT<sup>1</sup>

Erhan AKIN<sup>2</sup>

H. Bülent ERTAN<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Elektrik-Elektronik Mühendisliđi Bölümü  
Ortadođu Teknik Üniversitesi, Söğütözü, Ankara

<sup>2</sup>Bilgisayar Mühendisliđi, Fırat Üniversitesi Elazığ

<sup>1</sup>e-posta: ertan\_murat@hotmail.com

<sup>2</sup> e-posta: eakin@firat.edu.tr

*Anahtar sözcükler: Stator Direnci, Otomatik Motor Tanıma , Evirici*

## ABSTRACT

*High dynamic performance AC motor control algorithms such as, vector control and Direct Torque Control techniques use motor parameters in their motor models, current and flux controllers. So before driving the motor, an intelligent induction motor drive should identify the motor parameters at startup while the machine is at standstill. In this paper, first; self commissioning (auto-tuning) concept is described. Secondly, a method for stator resistance measurement for induction machines at standstill is given. Finally, experimental results of the implemented offline stator resistance measurement technique for different program control cycle are given.*

## 1.GİRİŐ

Hız duyargasız, yüksek dinamik performanslı asenkron motor sürücöleri; endüstride değişken hızlı motor sürücölerine ihtiyaç duyulan çoğu uygulamalarda standart tercih olagelmİŐtir [1].

Yüksek dinamik performanslı AC motor kontrol yöntemlerinin ortak dezavantajları motor parametrelerine ihtiyaç duymalarıdır [2]. GeliŐmiŐ skalar kontrol yöntemleri bile düşük hızlarda ve kalkış anında, stator direncinin değerine ihtiyaç duyarlar [3].

Motorun elektriksel parametreleri motor modellerinde kullanıldığı gibi, moment ve akı oluŐturan akım bileŐenleri ve akı regölatörlerinin hesaplanmalarında da kullanılmaktadır [4]. Özellikle hız duyargasına ihtiyaç duymayan ve gerilim modelini kullanan vektör kontrol ile doğrudan moment kontrollü AC motor kontrol yöntemleri aşağıdaki stator akısı tahmini eŐitliđi temellidir. Ayrıca akım ve akı kontrol edici PI regölatörler asenkron motor stator sargı direncinin değerine ihtiyaç duyarlar.

$$\vec{\psi}_s = \int (\vec{U}_s - R_s \vec{I}_s) dt \quad (1)$$

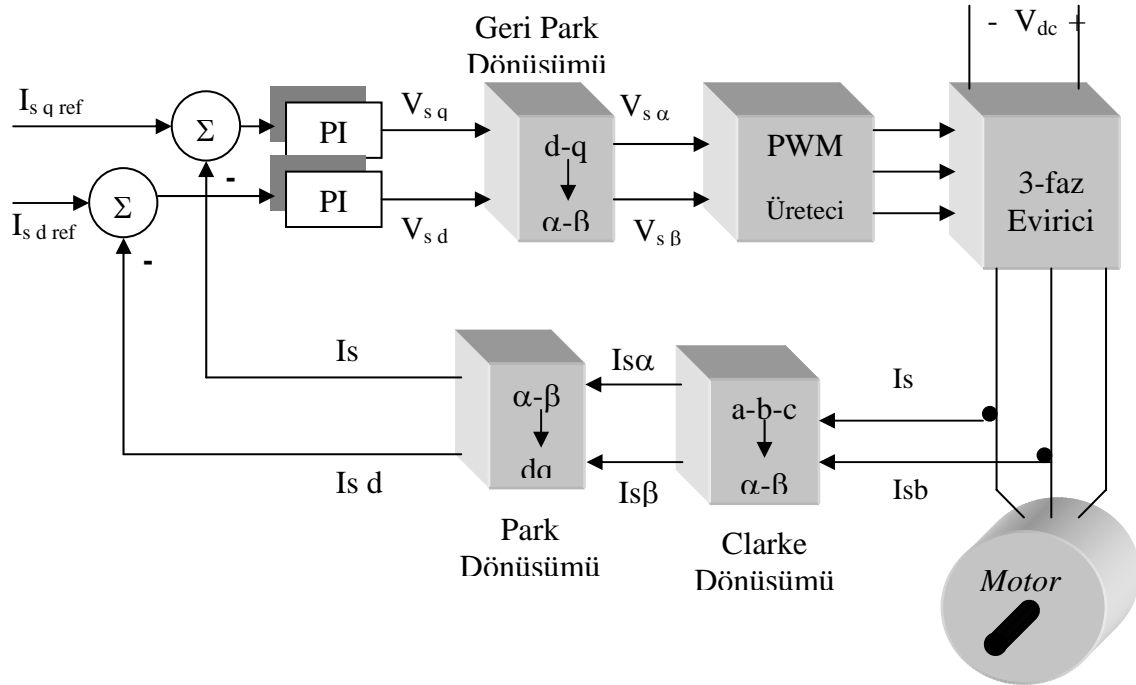
Burada  $\vec{\psi}_s$  stator akısı vektörü,  $\vec{U}_s$  stator gerilim vektörü,  $R_s$  stator direnci,  $\vec{I}_s$  stator akım vektörüdür.

Asenkron motorların parametreleri, kilitli rotor, boşa çalışma ve dc test deneyleri ile ölçülebilmektedir [5]. Ancak gerek motor sürücüsünün devreye alınışında teknik personelin bulunamaması olasılığı ve gerekse bu testlerin zaman alıcı olmalarından dolayı, motor parametrelerinin motoru süren akıllı evirici tarafından ölçülmesi bir gerek sinimdir [6]. Ayrıca geleneksel test prosedürlerinin, evirici anahtarlama ve harmonik etkilerini dikkate almadıklarını göz önünde bulundurmak gerekir [7]. Dolayısıyla ile buradan itibaren stator direncinin, motoru işletmeye almadan evvel, motor duruyor iken, motor sürücüsü tarafından ölçülmesine ait yöntem incelenmiştir.

## 2. STATOR DİRENCİ ÖLÇÜMÜ

$$\begin{bmatrix} U_s \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_s + pL_s & pL_m \\ (p - j\omega_m)L_m & R_r + (p - j\omega_m)L_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_s \\ I_r \end{bmatrix} \quad (2)$$

Burada  $L_s$  ve  $L_r$  stator ile rotor öz endüktansı,  $L_m$  stator ve rotor arasındaki ortak endüktanstır.  $R_s$  ve  $R_r$  sırası ile stator ve rotor direnci olup  $\omega_m$  rotor hızıdır.



Şekil-1 AC motorun PI regülatörlü alan yönlendirmeli kontrolüne ait yapısı

Durağan referans çatısında, asenkron motorun stator gerilim denklemini aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\vec{U}_s = R_s \vec{I}_s + L_s \frac{d\vec{I}_s}{dt} + L_m \frac{d\vec{I}_r}{dt} \quad (3)$$

Makina duruyor iken, durağan referans çatıda, hız terimleri sıfır olduğundan; asenkron makina rezistif-endüktif (R-L) karakterli bir yük gibi modellenir. Bu nedenle, makina duruyor iken asenkron makinanın stator sargılarından doğru akım akıtılırsa, akan akım uygulanan gerilimin stator sargı direncine oranı büyüklüğünde olacaktır. Ancak bu test esnasında, stator doğru akım değeri motor anma akımını geçmemelidir. Bu test için, sürücü içerisinde düşük değerli harici bir gerilim kaynağı kullanılabilir. Ancak akıllı bir sürücüde böylesi harici devrelerin kullanılmasından kaçınılmalıdır. Stator direncinin ölçümü, gerekli olan anahtarlama stratejisi kullanılarak eviricinin kendisi tarafından yapılmalıdır. Makina duruyor iken, hız terimlerini temsil eden zıt elektro motor kuvveti (emk) sıfır ve makina terminallerinden gözüken empedans doğru akım uygulandığı zaman sadece değeri küçük olan stator direncidir. Eviricinin DC bara geriliminin büyük olduğu gözönüne alınırsa; çok küçük anahtarlama görev periyodu için bile, akımın sargı izolasyonuna zarar verebilecek değere ulaşabilmesinden dolayı, stator sargılarından akacak akımın kontrol altında tutulması gerekir.

Stator sargılarına uygulanacak DC akımın değerinin seçimi kritik olup, makinayı doyuma götürmeyecek şekilde mknatıslama akımından daha küçük seçilmelidir.

Sürekli halde, durağan referans çatısında stator gerilimi aşağıdaki eşitlik ile verilir:

$$U_s = R_s I_s \quad (4)$$

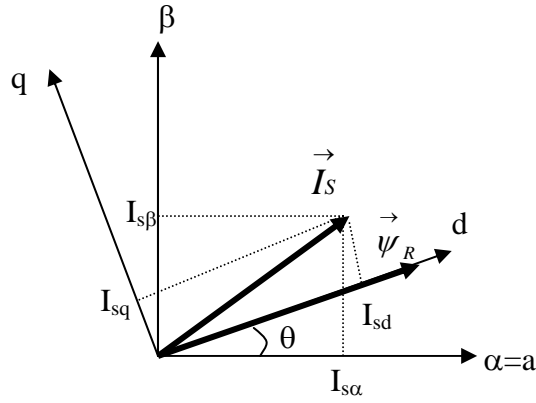
Durağan asenkron makinanın stator direncinin tayini için, genliği PWM kontrollü tek bir gerilim uzay vektörü uygulanır [8].

### 3. SİSTEMİN GENEL MİMARİSİ

Makina duruyor iken, stator direncinin ölçüm yöntemi, rotor akısı yönlendirmeli hız duyargasız gerilim modeli kullanan vektör kontrol prensibi ile çalışan eviricide uygulanmıştır. Sistemin genel yapısı Şekil-1 de verilmiştir.

Stator sargılarından DC bir akım akıtmak için, doğru eksen referans akımı  $I_{s d \text{ ref}}$  motor anma akımına eşitlenir iken, moment üreten dik eksen akım bileşeni referansı  $I_{s q \text{ ref}}$  sıfıra eşitlenmiştir.

DC test esnasında asenkron makinanın rotorunu durağan kılmak için, Şekil-2 de gösterilen rotor akısı ile alfa eksenini arasındaki açının ( $\theta$ ) sıfıra eşitlenmesi gerekmektedir.

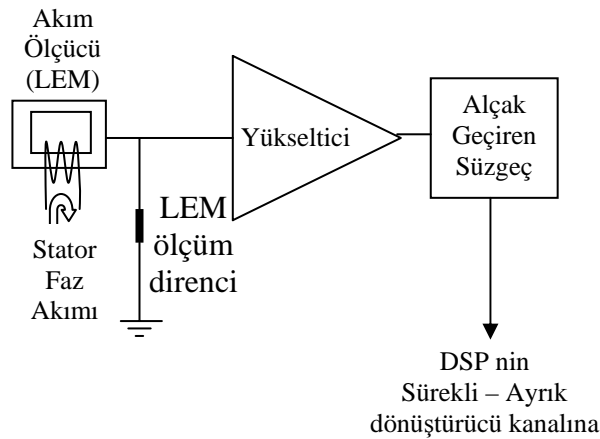


Şekil-2 Rotor alan akısı yönlendirmeli hız duyargasız vektör kontrol için vektör diagramı

Her kontrol saykılında, asenkron makinanın stator akım ve gerilim bilgisi işlenip referans değerler ile karşılaştırılır. Ortaya çıkan hata, PI regülatörden geçirilip; stator sargılarına uygulanacak yeni gerilimin değerini belirler. Darbe Genişlik Modülasyon (PWM) üretici olarak Simetrik Uzay Fazör Darbe Genişlik Modülasyon (SVPWM) tekniği kullanılmıştır.

Sayısal işaret işlemci (DSP) olarak TMS320C3150 temelli dS1102 DSP Controller Board kullanılmıştır. Farklı program kontrol döngüsü için yöntem denenip, stator faz akımları akım ölçücüler ile algılanıp bilgisayarda görüntülenmiştir.

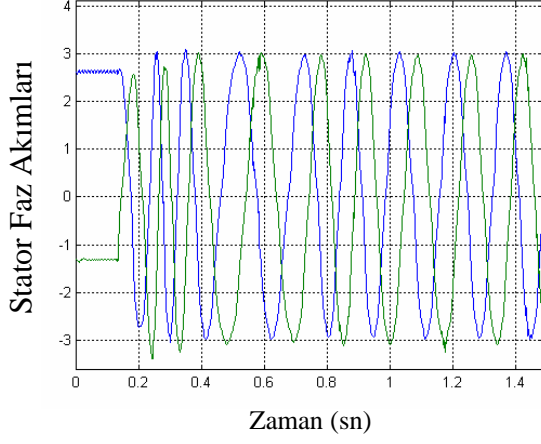
Akım algılama devresinin yapısı Şekil-3 de verilmiştir. LEM'den gelen sinyal, OP-AMP devresi ile yükseltilip, alçak geçiren bir süzgeçten geçirilmiştir. Yüksek frekanslı gürültüyü süzmek için kullanılan alçak geçiren süzgecin kesme frekansı 300 Hz.tir.



Şekil-3 Akım algılama devresinin yapısı

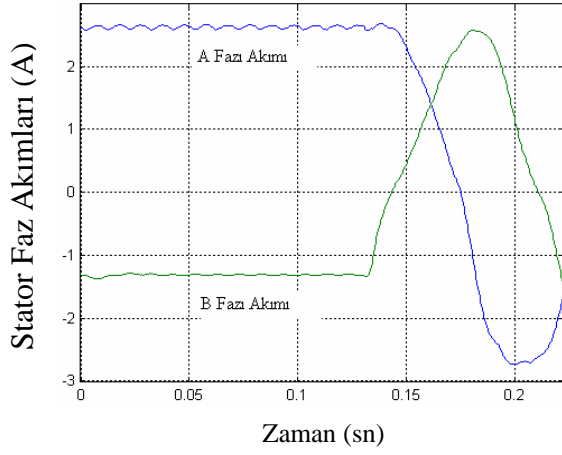
#### 4.DENEYSEL SONUÇLAR

Yıldız bağlı asenkron motor duruyor ve işletmeye alınmadan evvel DC test ile stator direnci ölçülüp, motor işletmeye alınmıştır.

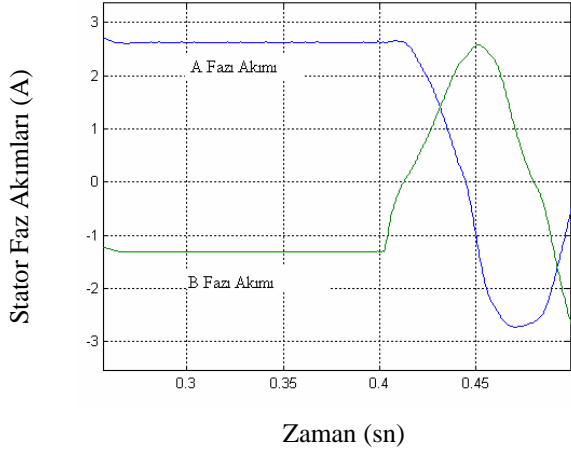


Şekil-4 DC test ve kalkış anında stator faz akımları

Motorun stator direnci farklı Darbe Genişlik Modulasyon (PWM) frekansı ve farklı test süreleri için denenmiştir.



Şekil-5 200 µs program kontrol döngüsü için dc test ve kalkış anında stator faz akımları



Şekil-6 100  $\mu$ s program kontrol döngüsü için dc test ve kalkış anında stator faz akımları

Tablo-1. LEM akım ölçücülerini çıkışı donanım ile filtrelenmiş durumda farklı anahtarlama frekanslarında ve test süresinde ölçülen stator direnç değerleri

| PWM Peryodu | Test Süresi (sn) | Ölçülen $R_s$ ( $\Omega$ ) |
|-------------|------------------|----------------------------|
| 120 $\mu$ s | 2                | 4.655                      |
| 150 $\mu$ s | 2                | 4.689                      |
| 200 $\mu$ s | 2                | 4.796                      |
| 200 $\mu$ s | 3                | 4.768                      |
| 250 $\mu$ s | 2                | 4.553                      |
| 250 $\mu$ s | 3                | 4.679                      |

Motorun stator direnci testler sırasında ohmmetre ile 4.6 ohm olarak ölçülmüştür.

## 5. SONUÇ

Bu makalede, asenkron motor kontrol algoritmaları ve bu algoritmalarda bulunan akım ile akı kontrolörlerinin motor parametrelerini kullandıkları belirtildikten sonra, evirici tarafından sürülen asenkron motorların, işletmeye alınmadan evvel, motoru kontrol eden sürücü tarafından motor parametrelerinin ölçülmesi gereği sunulmuştur. Stator direncinin yüksek dinamik performanslı motor sürücülerinde kullanıldığı yerler belirtildikten sonra, motor duruyor iken eviricinin motoru işletmeye almadan evvel motoru tanınması safhasında evirici tarafından ölçülmesi verilmiştir. Yöntemin deneysel sonuçları eklenmiştir. Anlatılan yöntem bütün yüksek dinamik performanslı asenkron motor sürücülerine kolayca uygulanabilir.

Motor Etiket Değerleri:

$\Delta / Y$  220/380 V

4.7/2.7 A

1 kW.  $\cos \phi = 0.76$

2830 rpm. 50 Hz.

## KAYNAKLAR

- [1] Bose, B. , Patel, N. , Quasy-Fuzzy Estimation of Stator Resistance Estimation of Induction Motor, IEEE Trans On Power Electronics, Vol. 13, No. 3, May 1998, pp 401-409.
- [2] Vas, P. , “Sensorless Vector and Direct Torque Control”, Oxford University Press, 1998.
- [3] Kerkman, R. J. , Seibel, B. J. , Rowan, T. M. , Schlegel, D. W. , A New Flux and Stator Resistance Identifier for AC Drive Systems, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol 32 No 3 May/June 1996.
- [4] Akın, E. , “Stator Alan Akısı Üzerinden Asenkron Motorun Rotor Akısı Yönlendirmesi İçin Bir Yöntem”, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, 1994
- [5] Vas, P. , “Parameter Estimation, Condition Monitoring, and Diagnosis of Electrical Machines”, Clarendon Press, Oxford,1993.
- [6] Lin, Y. , Chen, C. , Automatic IM Parameter Measurement Under Sensorless Field-Oriented Control, IEEE Transactions on Industrial Electronics Vol 46 No 1 February 1999
- [7] Sumner, M. , Asher, G.M. , Autocommissioning For Voltage Referenced Voltage-Fed Vector Controlled Induction Motor Drives, IEE Proceedings-B, Vol. 140, No. 3, May 1993.
- [8] Khambadkone, A. M. , Holtz, J. , “ Vector Controlled Induction Motor Drive With a Self Commissioning Scheme”, IEEE Transactions on Industrial Electronics Vol 38 No 5 October 1991.