

## ENDÜSTRÝYEL SÜREÇLERDE DURUM ÝZLEME VE ÖNGÖRÜLÜ BAKIM TEKNOLOJÝLERÝ

### CONDITION MONITORING AND PREDICTIVE MAINTENANCE TECHNOLOGIESIN INDUSTRIAL PROCESSES

Serhat <sup>a</sup> eker

Emine Ayaz

Ýstanbul Teknik Üniversitesi, Elek.-Elektronik Fakültesi,  
Elektrik Mühendisliđi Bölümü, 80626, Maslak, İstanbul.

e-posta : seker@elk.itu.edu.tr

e-posta: ayaz@elk.itu.edu.tr

#### ÖZET

Asenkron motorlar endüstride en fazla kullanılan elektrik makinasý tipidir. Elektrik motorlarındaki anormal durumun erken tanýsý ise endüstriyel süreçlerin ekonomik ve güvenli iřetimi bakımýndan son derece önemlidir. Son senelerde endüstriyel sistemlerdeki izleme ve taný çalıřmaları, yeni ve güvenilir bakım teknolojilerini geliřtirme yönünde artmaktadır. Bu nedenle bu çalıřma endüstriyel süreçlerdeki durum izleme ve önörülü bakım teknolojilerini tanıtmaktadır.

*Anahtar Kelimeler : Öngörülü bakım, Arýza tanýsý, Asenkron motor, Güvenirlik.*

#### ABSTRACT

Induction motors are the most widely used electrical drives in industry. The early detection of anomalies in the electrical or mechanical parts of electric motors is important to the safe and economic operation of an industrial process. The increased need for monitoring and prognosis of process equipment in industrial systems has increased the efforts towards developing new and reliable maintenance techniques. In this sense, this paper presents the importance of condition monitoring and predictive maintenance technologies in industrial processes.

*Key Words : Predictive Maintenance, Fault Diagnosis, Induction motor, Reliability.*

## 1. GÝRÝř

Asenkron motorlar küçük güçlerden büyük güçlere kadar endüstride çok yaygın olarak kullanılan elektrik makinalarıdır. Bu makinalarda meydana gelebilecek arızaların karakterini tespit etmek amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Bu makinalarda elektriksel ve mekaniksel arızalar sözkonusu olup bu arızaların %50 den fazlası rulman bozukluğu ve mil dengesizliği gibi basit mekaniksel nedenlerden kaynaklanmaktadır.

Asenkron makinalarda meydana gelebilecek arızaların önceden teħisi, endüstriyel sistemde olabilecek beklenmeyen durumları önler ve dolayısıyla üretimin kesintiye uğraması engellenerek sistemin güvenilir ve ekonomik bir biçimde işetimi sağlanır. Bu nedenle arızaların erken teħisi amacıyla durum izleme çalışmaları yapılır.

Bu çalışmada ise, bu yeni yaklaşımın akademik ve endüstriyel çevreler bakımından önemi vurgulanmak istenmiştir.

## 2. DURUM İZLEME VE ÖNGÖRÜLÜ BAKIM TEKNOLOJİLERİ

Endüstriyel süreçlerde kullanılan elektrik motorlarının elektriksel ve mekanik kısımlarındaki arızaların erken belirlenmesi, süreç güvenilirliği ve ekonomikliği açısından son derece önemlidir. Bu nedenle, öngörülü bakım (Predictive Maintenance) amaçlı durum izleme (condition monitoring) çalışmaları, makina durum bilgisinin ortaya çıkartılmasının temelini oluşturur [1-3].

Ayrıca bakım teknolojisinin gelişim sıralaması ise düzeltici bakım, periyodik ya da zaman tabanlı bakım ve öngörülü ya da durum tabanlı bakım şeklinde verilebilir.

Düzeltilen bakım ya da arıza sonrası bakım eleman arızalandığında yapılan bakımdır. Bir otomobilde kırık fan kayışının değiştirilmesi, bir su sızıntısı olduktan sonra çatının tamir edilmesi, bir basınç algılayıcı-sının hatalı okumalar gösterdiğinde değiştirilmesi ya da yeniden kalibrasyonu bu duruma örnek olarak verilebilir.

Periyodik veya zaman tabanlı bakım bir eleman üzerinde önceden belirlenmiş aralıklarda ya da işletme şartları tasarımında önceden belirlenmiş kriterleri sağlamak amacıyla yapılan bakımdır ve önleyici bakım olarak da bilinir. Bir aletin periyodik olarak yapılan kalibrasyonu, filtrelerin periyodik olarak değiştirilmesi, yapımcı firma tarafından belirlendiği üzere bir otomobildeki motor yağının değiştirilmesi örnek olarak verilebilir. Hepsinde de elemanın durumuna bakılmaksızın ve gerekli olmasa bile yapılır.

Öngörülü veya durum tabanlı bakım, bir elemanın performans parametrelerinin sürekli ya da periyodik olarak izlenmesi ve bunların daha önceden belirlenmiş limitlerle (uyarı ve alarm limitleri) karşılaştırılması esasına dayanır. Bu yolla sürecin çalışmasını devam ettirebilmek için ne çeşit bir önlem alınacağı saptanır. Bu, bakımın gerektiği zaman gerçekleştirilmesi olup, durum tabanlı bakım zamana bağlı değildir. Bir elemanın davranışındaki başlamakta olan değişiklikleri tespit etmek ve zamanında problemi düzeltmek ise bu tür bakımın stratejisini oluşturur. Dönen makinalarda durum izleme, alet kalibrasyonu bulguları, sıcaklık, basınç, akış gibi süreç değişkenlerini izleme örnek olarak verilebilir. Bu tür bakımın gerçekleştirebilmesi amacıyla endüstriyel sistemdeki elemanlar için durum izleme çalışmaları yapılır ve elemanların arıza başlamadan önce hangi karakteristik özellikler gösterdiği belirlenir. Gelişmekte olan bir arızayı göz-terden bu karakteristik özelliklerden yararlanarak sistemdeki elemanlar gerektiği zaman devreden çıkartılır ve bakıma alınır.

Böylece sistemdeki ani kesintiler önlenerek sistemin daha güvenilir ve ekonomik bir şekilde işletimi söz konusu olur.

## 3. ARIZA TANISI YÖNTEMLERİ

Öngörülü ve durum tabanlı bakım teknolojileri son 20 yıldır üçüncü kuşak olarak isimlendirilen teknoloji grubu içerisinde yer alır. Bu teknoloji grubundaki yaklaşımlarda en fazla kullanılan yöntemlerden biri ise spektral analiz yöntemi olup bu yolla makina durum bilgisi frekans tanım bölgesinde kolayca ifade edilebilir. Ayrıca durum bilgisi, zaman serisi şeklindeki veri-lerin istatistiksel analizi yoluyla da elde edilebilir. Literatürde ise, endüstriyel uygulamalarda kullanılan asenkron motorların arıza belirleme çalışmalarında kullanılan birçok durum izleme çalışması gerçekleştirmiştir [4-8]. Ancak daha güvenilir ve duyarlı izleme çalışmaları için yeni tekniklere gereksinim duyulduğundan bu amaçla son senelerde birçok mühendislik alanında başarıyla uygulanmış olan dalgacık dönüşümleri, makina durum izleme alanında da kullanılmaktadır [9-11]. Bu çalışmalardan ortaya çıkartılan sonuçlara göre arızaların dağılımı aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

Motor arıza nedenleri :

Rulman kaynaklı	%41
Stator kaynaklı	%37
Rotor kaynaklı	%10
Diğer	%12

Arızaya neden olan hata mekanizmaları; aşırı ısınma, yalıtımda bozulmalar, mekanik arızalar ve motor devresi hatalarıdır. Bazı durumlarda motordaki normal durumların nedeni güç kaynağındaki harmonikler de olabilir. Yukarıdaki tablo motor arıza-larının %50 den fazlasının rulman bozukluğu, mil dengesizliği, rotor ve yük milinin eş uyumlu olmaması gibi mekanik nedenlerden kaynaklandığı göstermektedir.

- Rulman arızaları: Dönme elemanları, iç ve dış bilezik ve dönme elemanlarının tutan kafeste olabilecek arızalardır.
- Stator arızaları: Stator gövdesi, stator çekirdeği ve stator sargılarında meydana gelebilecek arızalardır.
- Rotor arızaları: Rotor çubukları, mil ve rotor gövdesinde olabilecek arıza-lardır.
- Diğer arızalar: Faz empedanslarındaki dengesizlikler nedeniyle gerilim dengesizliğinin oluşması gibi elekt-riksel hatalar, aşırı yüklenme, kötü kavramalar ve motorun iyi yatak-lanmaması gibi hatalardır.

Elektrik makinalarındaki durum izleme çalışmalarına ilişkin işletme tabanlı analizler bakımından gözönüne alınacak temel teknikler istatistiksel analiz, spektral analiz ve zaman-frekans analizi gibi tekniklerdir. Bu teknikler vasyatıyla makinadan alınacak olan titreşim, akım, gerilim, sıcaklık ve ses gürlüğü seviyesi gibi test sonuçları kolayca analiz edilerek arızaya ilişkin özellikler çıkarılmaya çalışılabilir.

#### 4. BAKIM TEKNOLOJİLERİNİN ÖNEMİ VE SONUÇLARI

Endüstriyel Süreçlerde uygulanan iyi bir bakım teknolojisinin getireceği en önemli avantajlardan birisi süreç güvenilirliğidir. Bu anlamda işletmeler üretimlerini kesintiye uğratmadan sürdürebilirler ve üretim ekonomisine de bu yolla önemli katkılar sağlayabilirler. Çünkü ürün rekabeti, güvenilirlilik, güvenlik ve maliyet optimizasyonu gibi kavramlar endüstriyel oluşumları, bakım bölümlerini ve bakım aktivitelerindeki mühendislik uygulamalarını yeniden gözden geçirme yönünde etkilemiştir. Endüstriyel bakım masrafları toplam üretim masraflarının %4-25 ini oluşturmaktadır olduğundan, büyük işletmelerde teknik bakım bölümleri önemli bir iş kolunu oluşturmaya başlamıştır. Örneğin, A.B.D de bu anlamdaki toplam endüstriyel bakım harcamaları yılda yaklaşık 500 milyar \$'dır.

Ayrıca bakım teknolojilerinin diğer önemli bir uygulama alanı ise *Kritik Sistem* uygulamalarıdır. Bu anlamdaki sistemler daha çok askeri amaçlı, kesintiye uğrama-ması gereken sistemler olup, uzay ve havacılık sektöründe de buna benzer alanlarda uygulamalar mevcuttur.

#### KAYNAKLAR

- [1] A.H. Bonnet and G.C. Soukup, "Cause and Analysis of Stator and Rotor Failures in Three-Phase Squirrel-Cage Induction Motors", *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 28, No. 4, pp. 921-937, August 1992.
- [2] K.R. Cho, J.H. Lang, and S.D. Umas, "Detection of Broken Rotor Bars in Induction Motors Using State and Parameter Estimation", *IEEE Transaction on Industry Applications*, Vol. 28, No. 3, pp. 702-709, May/June 1992.
- [3] S.W. Bowers, K.R. Piety, and R.J. Colsher, "Evaluation of the Field Application of Motor Current Analysis", *Proceedings of the Meeting of the Vibration Institute*, 1993.
- [4] R. Schoen, T.G. Habetler, F. Kamran, and R.G. Bartheld, "Motor Bearing Damage Detection Using Stator Current Monitoring", *1994 IEEE Industrial Application Meeting*, Vol. 1, pp. 110-116, 1994.
- [5] M.J. Costello, "Shaft Voltages and Rotating Machinery," *IEEE Transaction on Industry Applications*, Vol. 29, No. 2, pp. 419-425, 1993
- [6] S.V. Bowers and K.R. Piety, "Proactive Motor Monitoring Through Temperature Shaft Current and Magnetic Flux Measurements", *CSI 1993 Users Conference*, September 20-24, 1993, pp.2-3.
- [7] J.R. Nicholas, "Predictive Condition Monitoring of Electric Motors", *P/PM Technology*, pp. 28-32, August 1993.
- [8] G.A. Bisbee, "Why Do Motor Shaft and Bearing Fail", *TAPPI Journal*, Vol. 77, No. 9, pp. 251-252, September 1994.
- [9] S. Seker, B.R. Upadhyaya, A.S. Erbay, J.P. McClanahan, and A.A. daSilva, "Rotating Machinery Monitoring and Degradation Trending Using Wavelet Transforms," *Proceeding of MARCON 98*, Vol. 1, pp. 23.01-23.11, May 1998.
- [10] A. S. Erbay, B. R. Upadhyaya, J. P. McClanahan, and S. Seker, "Accelerated Aging Studies of Induction Motors," *Proceedings of MARCON 98*, Vol. 1, pp. 33.01-33.14, May 1998.
- [11] S. eker, E. Ayaz, B. R.Upadhyaya, A. S. Erbay, "Analysis of Motor Current and Vibration Signals for Detecting Bearing Damage in Electric Motors", *MARCON 2000, Maintenance And Reliability Conference*, Knoxville, May 8-10, 2000.