

ENDÜSTRİYEL SİSTEMLERDE KULLANILAN DURUM İZLEME METOTLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Hakan Çalış

Suleyman Demirel Universitesi, Teknik Eđitim Fakóltesi. Bilgisayar Böl.
32260 Isparta
Email : hcalis@tef.sdu.edu.tr

Özet

Endüstride arıza tesbit ve tahmini, ürün kalitesini yükseltmek, bakım masraflarını azaltmak ve herhangi ani arızayı önlemek (özellikle büyük güçlü ve kritik motorlar) için önemli bir işleve sahiptir. Çok farklı sahalarda kullanılabilen durum izleme metotları (DİM) belirli zaman aralıklarında yapılan periyodik bakımlar yerine devamlı gözlemlenen mevcut andaki durum için karar verme algoritmalarının gerçek zamanlı uygulanması esasına dayanır. Son zamanlarda bu amaçla çok yoğun çalışmalar yapılmakta ve geniş bir pazar yelpazesinin olduğu tesbit edilmiştir. Bu çalışmada mevcut metotların ve endüstride hali hazırda kullanılan sistemlerin özellikleri hakkında yorum yapılacaktır. Mevcut teknolojilerin eksiklikleri incelenecek ve daha gelişmiş gerçek zamanlı DİM' nin uygulanmasından bahsedilecektir. Özellikle yapay sinir ağıları esaslı yeni teknolojiler daha fazla özellikler sunmakta bu sahada yenilikler ortaya çıkarmaya devam etmektedir. Yapay sinir ağı bir sistem erken uyarı sinyali ile hızla gelişmekte olan hataları önleyebilmektedir. Yeni teknoloji farklı endüstriyel tesislerde özellikle kağıt üretim, yiyecek, metal üretimi, elektrik santralleri ve diğer proses amaçlı tesislerde kullanım imkanı bulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Durum İzleme Metotları, Titreşim Sinyali, Motor Akımı, Sinyal Analizi

Giriş

Endüstride kullanılan geleneksel durum izleme sistemleri gerçek zamanlı olmayan yağ analizi ve titreşim seviyesinin gözlemlenmesine dayanmaktadır. Etkili bir çözüm olarak söylenece de yoğun işgücü gerektirmesi ve gerçek zamanlı yapılamaması sistemin en büyük eksikliğidir [1]. Gelişen teknolojik ilerlemeler ile hali hazırda mevcut olan yoğun bilgilerin işlenmesi için ucuz, güçlü, ileri seviyeli gerçek zamanlı metotlar sunulmaktadır.

Mevcut Teknolojiler

Durum izleme metotlarında esas amaç gelişen hatalar için erken uyarı sinyali üretebilmektir. Bu sayede gerekli müdahale gerçek hata oluşmadan planlanıp yapılabilecektir. Mevcut metotlar şu şekilde sıralanabilir[2,3,4,5,6]:

- Titreşim Seviyesinin İzlenmesi
- Motor Akım Sinyali Analizi
- Yağ Analizi
- Akustik Gürültü Seviyesinin İzlenmesi
- Termal Film
- Fiziksel Test
- Sıcaklık Derecesinin İzlenmesi
- Basınç Seviyesinin İzlenmesi

Titreşim seviyesinin izlenmesi motorlar, pompalar, rulmanlar vs gibi mekanik durumlarda yaygın şekilde kullanılmaktadır. En yaygın olanı titreşim sinyalinin RMS veya maksimum değeri cinsinden genel seviyenin izlenmesidir[3]. Bu bilgi makinenin genel

durumu hakkında bir bilgi verir fakat her zaman da olumlu sonuç vermez. Spektral analiz de güçlü bir metot olup tek bir sensör ile çok farklı hata durumlarının izlenmesinde kullanılmaktadır. Dönen makinalarda aksel kaçıklık, rulman hataları, mekanik dengesizlik ve gevşeklik gibi hatalar titreşim sinyalinin frekans domeninde bazı temel frekansların oluşmasını sağlar. Bu frekanslardaki genlik değişimi hata parametresi olarak kullanılır[2,6,7,8].

Diğer sıkça kullanılan metot da şok pulse metodudur [4]. Bu metotun esası rulmanlar şok palslerini emerler. İyi ayarlanmış bir sensör makinada oluşan yüksek frekanslı bu bileşenleri algılar. Sensörün çıkışı şok dalgaları ile orantılı yüksek frekanslı elektronik palslerden oluşur. Bu palsler motor hızı ve rulmanın durumu ile ilgili olarak dB cinsinden ölçülür. Ölçmeler motor çalışma hızına göre normalize edilir. Bu metot SPM adlı İsveç' ten bir şirket tarafından rulman hatalarının ve yağ analizinde başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Yağ analizi hat dışı olarak uygulanmakla birlikte bazı durumlarda yüksek fiyatlı teçhizata rağmen online olarak da uygulanmaktadır. Kullanılan ekipmanlar pahalı olup büyük yağ şirketleri tarafından üretilmektedir [4,5]. Yağdaki veya hidrolik sıvısındaki yabancı maddelerle oluşan kirlenme mekanik arızaların ana sebebidir. Bu kirlenme yağın özelliklerini değiştirdikten sonra makina yüzeylerini bozmaya başlar. Ayrıca yağda oluşan bazı maddelerin izleri gelişmekte olan hatanın tesbitinde kullanılabilir.

Yağ analizi rulmanlar, dizel makinalar, dişli kutulu sistemler, transformatörler ve hidrolik sistemlerin durum izlemelerinde kullanılabilirler.

Termal film (Thermography), elektrikli cihazların özellikle kesiciler, transformatörler, şalterler ve DC sürücü devrelerin hata tesbitinde yoğun olarak kullanılmaktadır. Termal film kameraları ile düzenli ölçümler yapılarak gelişmekte olan hataların özellikle hot spotların tesbiti yapılmaktadır[4].

Akustik gürültü ölçümü ise son beş yılda popüler hale gelmiştir. Bu metotta pizelektrik tipli sensörler kullanılır. Yüksek frekanslı ses dalgaları (makina ve işlem tarafından üretilen malzemenin içinde hareket eden) izlenir. Yüksek frekansın varlığı izlenen sinyalde artan gürültü ve düşük frekanslı titreşim bileşenlerinin olduğunu gösterir. Bu uygulama kaçakların tesbitinde, pompalarda cavitation olarak bilinen hava kabarcıklarının tesbitinde, transformatör

yalıtımındaki gerilim deşarjlarının tesbitinde, dönen makinalarda ise titreşim sinyaline alternatif olarak kullanılır[6].

Genel proses ölçümlerinde, sıcaklık, basınç, ve sıvı akış miktarının ölçümü de hata izlemede kullanılan geleneksel parametrelerdendir. Hidrolikli motorlardaki kaçak, tıkanıklık gibi hataların tesbitinde akış miktarının, sıcaklık ve basınç ölçümü hata tesbitinde teyit için kullanılır.

Gözle fiziksel test de ihmal edilemez. Ama gelişen teknoloji sistemin uzun süre izlenmeksizin kendi başına çalışabilmesini sağlar. Birçok hata titrit izlenmesi güç bir şey olup tecrübeli bir teknisyen ile yapılan fiziksel testde toplam durum izleme programına büyük bir destek sağlar.

Aşağıdaki tablo-1 de temel durum izleme tekniklerinin bir özeti verilmiş olup kullanılan cihazlar ve kullanım alanları hakkında da bilgi sunulmaktadır.

DURUM İZLEME METODU	KULLANIM ALANLARI	KULLANILAN CİHAZLAR
Titreşim İzleme	Tüm dönen makinalar	Portatif ölçü aletleri, Portatif FFT cihazları, Gerçek zamanlı online sistemler
Motor Akımının Spektral Analizi	Asenkron motorlar, Pompalar, Valfler	Portatif FFT cihazları, Gerçek zamanlı üniteler
Şok Palsi İzleme	Rulman hatalarının tesbitinde	Portatif ve gerçek zamanlı online sistemler
Yağ Analizi	Yağlı sistemler, Hidrolik sistemler, Dişli kutularda, Rulmanlarda	Yağ şirketlerince sunulur. Otomatik yağlamalı sistemler için gerçek zamanlı sistem
Akustik Gürültü Ölçümü	Döner makinalarda, Kaçak tesbitinde, Transformatörlerde, Kesicilerde, Akışkanlarda	Sensörlü gerçek zamanlı sistemler
Termal Film	Elektrikli Aletlerde	Portatif Kızılötesi kameralar
Gözle İzleme	Tüm cihazlarda	İnsanlar, Baroskop, Video cihazı
Basınç İzleme	Filtreler, Basınç valfleri	Diferansiyel basınç sensörlü, Manometreler

Tablo 1 Durum İzleme Metotları [3,4]

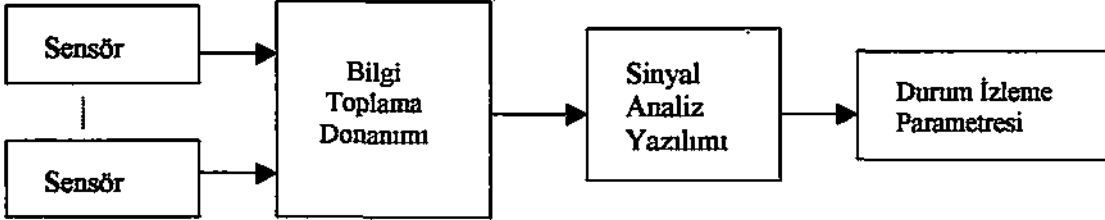
Gerçek Zamanlı Olmayan Durum İzleme Sistemleri :

Geleneksel durum izleme portatif bilgi toplama düzenekleri ile periyodik aralıklarla sistem içerisindeki motorlar için belli bir program dahilinde yapılır. Özellikle portatif bilgi toplama ve titreşim izleme cihazlarında her bir makina için kayıtlar alınır. Sonra merkezdeki bir veri tabanına aktarılır. Böylece basit yazılımlarla her bir makina için belli uyarı sinyali

seviyeleri aşıncı cihaz durdurulur ve bakım işlemi yapılır. Şu anda çok sayıda portatif bilgi toplama düzenekleri mevcut olup çoğunluğu titreşim durum izlemesinde kullanılan düzeneklerden oluşan gerçek zamanlı olmayan sistemlerdir. Bunların pekçoğu bir yazılım programı ile sunulmakta, toplanan bilgiler PC'ye aktarılmakta, saklanmak ve analiz için sunulmaktadır. Fakat gerçek zamanlı olmayan sistemlerin bazı dezavantajları mevcuttur. Bunlar:

- Yoğun işgücüne dayanır. Bilgi toplama, PC'ye aktarma ve analiz için bir teknisyen gereklidir.

- Sadece yavaş gelişen hatalar için uygun olup, bilgi toplama sıklığı kaynaklarla ve bilgi toplama noktaları ile sınırlıdır.
- Ölçümler sistem çalışmadığı zaman yapılamaz.
- Farklı noktalardan yapılan ölçümler farklı sonuçlar doğurmaktadır.
- Tehlikeli ve güç şartların olduğu durumlar için uygun değildir.



Şekil-1 Gerçek Zamanlı Durum İzleme Düzeneği

Sensörler:

Titreşim (İvme, hız, ve yer değiştirme) sinyali, sıcaklık, basınç, sıvı akış miktarı gibi sinyaller durum izleme parametresi olarak kullanılmaktadır. Titreşim sinyali bunların en yaygın olanıdır. En sık kullanılan titreşim sinyali izleme sensörü ivme sensörüdür. Çünkü yüksek hassasiyetli olup frekans aralığı geniştir. Bu sensörlerde pizo-elektrikli veya pizo-dirençli ivme sensörleri olup oluşan ivme ile orantılı olarak elektrik sinyalleri üretimine dayanan kristal ve seramikten yapılırlar. Kristallerin yapılış tarzı ve performansları bakımından çeşitlilik arzederler [4].

Akustik sensörler de yine pizo-elektrik materyalli olup makina tarafından üretilen, metalin içinden geçebilen yüksek frekanslı ses dalgalarını izlemek için kullanılırlar.

Sıcaklık ve basınç parametreleride sıkça kullanılmakta olup algulama elemanı bakımından çeşitlilik arzederler. Bunlar termokapıllar, dirençli sıcaklıkla değişen dirençler (RTD) gibi mevcut olan sıcaklık sensörleridir. Basınç ölçümlerinde de çeşitli sensörler kullanılmakta olup bunlar Hall effect, pizorezistif ve ince film elementli sensörlerdir. Debi miktarı için floating valf ve ultrasonik sensörler yaygın olarak kullanılır.

Sensör seçiminde hassasiyet, frekans aralığı ve güvenilirliği aranacak ana unsurlardır. Güvenirlik özellikle ağır şartların olduğu sistemlerde sensör performansının yüksek olması için özel dikkat gerektiren unsurdur. Sensör seçiminde doğal olarak maliyet ve uygulama alanı etkili olacaktır.

Sinyal Toplama Donanımı :

Sinyal toplama devresi elektronik bir devre olup sinyalin bilgisayarın anlayacağı forma dönüştürülmesi veya kullanıcıya göstermek için bir görüntüleme

Gerçek Zamanlı Durum İzleme Düzeneği ve Ürünleri :

Son yıllardaki elektronik donanım ve mikroişlemcilerdeki fiyat ucuzluğu ve standart bilgi toplama ürünlerinin bolluğu gerçek zamanlı durum izleme düzeneklerinin kullanımını kaçınılmaz yapmıştır. Bu sayede gerçek zamanlı olmayan sistemlerdeki sakıncaları ortadan kaldıran gerçek zamanlı sistemler artmaya başlamıştır. Gerçek zamanlı bir sistem şu parçalardan oluşur (Şekil-1):

aracına uygun hale getirilmesidir. Giriş bilgilerinin üç önemli karakteristik özelliği vardır. Bunlar:

1-) Geniş band aralığı : Özellikle titreşim sensörlerinde karşılaşılr. Bu sistemdeki elemanlar analog filitre, multipleksör ve uygun frekans aralığında çalışabilen analog-sayısal dönüştürücüler (A/D)dir.

2-) Düşük band aralıklı analog sinyal: Bu sensörler titreşim sensörlerinin dışında kalanlardır. Analog algulayıcıların çıkış akımı aralığı 4-20 mA arasındadır. Sinyal band genişliği 100 Hz' in altındadır.

3-) Sayısal sensörler: Çıkış formatları 1, 0 lardan veya kelime formatından oluşur.

Bilgi toplama düzeneklerindeki optik yalıtım da gerekli olup girişteki ani elektriki voltaj değişikliklerinden korunmak için kullanılırlar. Bazen de lokal olarak örnekleme yapılır ve gerekli bilgi merkezi bilgisayara sayısal formatta aktarılır. Böylece yüksek kablo masraflarından kurtulur ve sinyal gürültü ile diğer etkenlerden arındırılmış olur.

Sinyal Analiz Yazılımı :

Sinyal örnekleme ve durum izleme uygulamaları için piyasada çok değişik ürünler mevcuttur. Çoğunluğu kendi donanımları için tasarlanmıştır. Bu ürünler genel trend analizinden, belli bir sistem için uyarı sinyali üretimi gibi değişik kabiliyetler olmak üzere çeşitlilik arzederler. Genellikle titreşim izleme esaslı uygulamalara dönüktür. Son yıllarda grafiksel programlama dilleri ile üretilen Plug&Play esaslı sinyal örnekleme yazılımları kullanışlı olup yaygın hale gelmektedir. Bu diller sayesinde çok kısa zamanda üretilebilen, esnek ve kişisel ihtiyaçlara hitap eden pratik durum izleme yazılımları çok hızla uygulama imkanı bulmaktadır.

Durum İzleme Metotlarının Uygulama Alanları

Kompleks, kritik veya büyük güçlü makinaların olduğu her yerde uygulama alanı bulabilir. Endüstriyel

üretim tesisleri, gemiler, uçaklar, binalardaki havalandırma ve iklimlendirme hizmetlerinde, elektrik, gaz, ve su dağıtım endüstrisi gibi alanlarda uygulanabilir.

Uygulama alanları ve makinalar çeşitlilik arzetseler de durum izlemedeki strateji ve temel teknoloji tüm sektörler için aynıdır. 1995 de ERA tarafından yapılan ankette en sık bakım gerektiren elemanların rulmanlar, pompalar, ve motorlar olduğu ortaya çıkarılmıştır[8,9]. Aynı ankette hat dışı portatif cihazlarla yapılan durum izleme teknolojisinin yaygın olarak kullanıldığı tesbit edilmiştir[9]. Titreşim sinyali ve yağ analizi teknikleri en sık kullanılan teknikler olup genel eğilimin gerçek zamanlı tekniklere doğru yönelmek olduğu da anket sonuçlarındandır[9].

Bazı özel sektörlerdeki durum izleme uygulamaları

Gıda sanayi :

Öncelikli alan üretim hattı için kritik öneme sahip dolgu işlemi yapan makinalar, karıştırıcılar, ayırıcılar, kurutucular, soğutucular ve ambalaj makinalarıdır.

Kağıt Sanayi :

Arıza anında üretim kaybının çok yüksek olduğu bu sektördeki makinalar çok sayıda rulmanlar, silindripler, pompa ve motorlardan oluşurlar. En sık kullanılan teknik portatif bilgi toplama düzenekleri ile titreşim seviyesinin izlenmesidir. Ancak gerçek zamanlı sistemlere de artan bir talep vardır.

Metal Sanayi :

Çelik üretim tesisleri, pres makinaları ve diğer metal malzeme üretim tesisleri birer uygulama alanıdır. Bu sektörde durum izlemenin faydaları, artık madde miktarındaki azalma ve tüketim miktarındaki tasarruf ve minimum ürün kaybının sağlanmasıdır.

İnşaat Sektörü :

Binalardaki havalandırma, iklimlendirme, enerji dağıtım tesisleri gibi alanlarda da kullanılır. Motor ve fanlarda titreşim seviyesinin izlenmesi, filtre gruplarındaki basınç izlemesi, enerji dağıtım tesislerinde termal film teknikleri kullanılır.

Elektrik, Gaz ve Su Tesisleri :

Elektrik üretim tesislerinde kesiciler, transformatörler ve kablolar için de durum izleme teknikleri kullanılabilir. Enerji dağıtımındaki güvenilirlik önemli bir konu olduğu için enerji üretiminde devamlılığı sağlamak ve makinaların çalışma ömürlerini maksimize etmek durum izleme için birer amaçtır. Transformatörler için yağ analizi, akustik gürültü ölçümü, ultrasonik ve termal film teknikleri bu sektörde sıkça kullanılır. Su dağıtım tesislerindeki pompalar, valfler, basınç kontrol donanımları birer uygulama alanıdır. Çok dağınık bir coğrafi alana yayılmış olan bu su dağıtım tesislerindeki cihazların

kontrolü, bakım masraflarının azaltılması ve arızaların minimize edilmesinde çok önemli bir rol oynar.

Sonuç:

Durum izleme sistemlerindeki sonraki aşama tek bir board üzerinde akıllı sensörler, sinyal örnekleme ve hata tesbit algoritmalarından oluşan bütün bir sistem üretmektir. Akıllı algılama sisteminde sensörün içinde mikroişlemci bulunması esastır. Bu sensör sayesinde algılayıcı doğrudan sinyal aktarma düzeneğine bağlanarak sayısal bilgiler doğrudan gürültüden arındırılmış bir şekilde aktarılabilir. Bununla beraber yüksek maliyetteki algılayıcı ve ararırım düzenekleri bir dezavantaj olarak karşımıza çıkabilmektedir.

Gelişmeye açık bir potansiyel ise durum izlemede kullanılacak analiz yazılımıdır. Örneklenen bilgilerin teknisyenin veya kullanıcının anlayabileceği format haline getirilmesi, yorumlanması, analizi ve uygun algoritmanın üretimi en zor bölüm olarak görülmektedir.

Titreşim sinyalinin frekans domenindeki analizine dayanan durum izleme sistemlerinde son yıllarda uzman sistemlerden faydalanılmaktadır[9]. Buna göre bu yeni uygulamanın diğer parametrelere veya çok fazla miktardaki parametre ölçümlerine uygulanmasında boşluklar mevcuttur. Tabii burada birden fazla parametre ölçümlerinin yorumlanmasında zorluklar mevcuttur. Bu amaçla uzman sistemler, yapay sinir ağları, bulanık mantık algoritmaları çok parametrelili durum izleme sistemlerinin analizinde kullanılmaya başlamıştır[9]. Ancak ticari olarak bu teknolojiyi kullanan sayısı çok azdır. Bu amaçla maliyet olarak optimum akıllı durum izleme çözümleri oldukça ihtiyaç duyulan sistemler olacaktır.

Kaynaklar :

- 1- Çalış, H., Arkan, M. : " Motor Arızalarının Tesbit ve Tahmini", 2 nd International Advanced Technologies Symposium, Marmara University, İstanbul, Mart 1999
- 2- Çalış, H., Unsworth, P., " Fault Diagnosis in Three Phase Induction Machines by Motor Current Signal Analysis", The 1999 IEEE International Symposium on Diagnostic for Electrical Machines, Power Electronics and Drives', University of Oviedo, Spain, September 1999.
- 3- Carlson, J. et al : "Vibration Based Machine Condition Monitoring The State of Practice" . Vibration Institute, Proc. 16 th. Annual Meeting, June 9-11, 1992
- 4- Howard, I. : "A Review of REB 'Detection, Diagnosis and Prognosis'", A Research Report published by DTSO, October 1994.
- 5- Mitchell S. John : "Machinery Analysis and monitoring", 2.Ed., PennWell Books, 1993
- 6- Tandon, N., et al : "Vibration and Acoustic Monitoring Techniques for the Detection of Defects in REB- A Review" The Shock and

Vibration Digest , Vol 24, No 3 , pp3-11 , March 1992

Bruel & Kjaer : "Vibration Diagnostics For Industrial Electric Motor Drives", Application Note.

Farag, S.F. ,et al.: "An Integrated, On-Line, Motor Protection System", IEEE,IAS '94. Vol.1 pp. 117-22.

Schoen, R.R.; et al.: "An Unsupervised, On-Line System For Induction Motor Fault Detection Using Stator Current Monitoring", IEEE, IAS '94. Vol.1 pp. 103-9.