

MODEL BAZLI ARIZA ANALİZİ VE KESTİRİMCİ BAKIM*

Prof. Dr. Ahmet DUYAR**
Artesis Teknoloji Sistemleri A.Ş.
Gebze Kocaeli
ahmet.duyar@artesis.com

ÖZET

Kestirimci bakımın faydaları herkesçe bilinse de uygulamadaki zorluklar nedeniyle dünyada kestirimci bakım uygulayabilen firmaların oranı %0,04 civarındadır. Bu çalışmada elektrik motorları, jeneratörler, transformatörler gibi üç fazlı sistemlerin ve bunlar tarafından sürülen ekipman veya sürecin kestirimci bakımı için geliştirilmiş ödüllü bir ürün olan, Motor Durum İzleme (MCM - Motor Condition Monitor) cihazından ve bu cihazın uygulama örneklerinden bahsedilmiştir. MCM sadece gerilim ve akım sinyallerini ölçerek ve bu sinyalleri sürekli izleyerek olması muhtemel elektriksel ve mekanik arızaları gelişimlerinin erken safhalarında tespit edip, bakım planlanmasını sağlayan ve beklenmedik duruşları önleyen bir cihazdır. MCM ayrıca kullanıcıya arıza teşhisi için bilgi sağlar. MCM' in temel işlevi plansız arızalardan kaynaklanan duruşlara engel olmak ve verimliliği artırmak için zamanla bozulan makina ve süreç koşullarının erken uyarısını sağlamaktır. Patentli MCM teknolojisi, daha önceden ABD' de Uzay Mekiği Ana Motoru, helikopter motorları ve gaz türbinlerine uygulanmış 10 yıllık bir araştırma çabasının ürünüdür [1,2,3,4]. MCM, bu konuda uzman olmayan personel tarafından kullanılabilen doğru bakım kararı sağlayan ucuz bir cihazdır. Bu nedenle, hem titreşim hem de akım imza analizi sistemlerinin eksiklerini ortadan kaldırır.

Anahtar Kelimeler: Kestirimci bakım, durum izleme sistemleri, model bazlı otomatik arıza teşhisi

Model Based Fault Detection and Predictive Maintenance

ABSTRACT

Although the benefits of predictive maintenance are widely accepted, the proportion of companies taking full advantage of the approach is about 0.4%. This paper is about awarded MCM (motor condition monitoring) device which is developed by Artesis to monitor 3 phased systems just like electrical motors, generators and transformers and driven equipment and its application cases. MCM is a device which prevents unexpected downtime and allows planning maintenance with detecting both electrical and mechanical failures in early phase by measure and monitor voltage and current. MCM also gives some diagnostic data for root cause analysis. The main function of MCM is preventing unexpected downtime due to motor failures and early warning of faults to increase efficiency of the system. Patented MCM technology is a product of 10 years study and used in some applications just like space shuttle main engine, helicopter engine and gas turbines earlier. MCM is a cheap device which does not require expert people to use. That's why MCM takes away disadvantages of both vibration and current signature analysis techniques.

Keywords : Predictive maintenance, Condition monitoring systems, Model based automatic machine fault diagnosis.

** İletişim yazarı

* Bu makale 22-25 Ekim 2009 tarihlerinde Makina Mühendisleri Odası'nda düzenlenen IV. Bakım Teknolojileri Kongresi ve Sergisi'nde bildiri olarak sunulmuştur

GİRİŞ

G ünümüzün rekabetçi iş ortamında ve yükselen enerji maliyetleri karşısında, üretici bir yandan maliyetlerini düşürürken diğer yandan artan üretim talebiyle karşı karşıyadır. Verimliliği düşüren yaygın maliyet kalemlerinden biri plansız duruşlardır [1]. Üretimin durması ve makinelerin beklenmedik arızaları her zaman için istenmeyen durumlardır. Bu durumun üretimin kritik olduğu yerlerde meydana gelmesi üretim kayıplarına ve masraflı tamirlere neden olabilir. Durum izleme cihazları, üretimin aksamasını ve masraflı tamirleri engelleyerek, olması yakın arızaların erken uyarısını vermek ve verimi arttırmak için kullanılır. Durum izlemenin arkasındaki temel fikir, arızaları ve üretimdeki plansız duruşları en aza indirmek amacıyla ekipman karakteristiği ile ilgili toplanmış verileri analiz etmektir. Kestirimci bakım yeteneği olan sürekli durum izleme cihazlarının fabrika otomasyon sistemlerine entegrasyonu giderek yaygınlaşmaktadır [3].

Durum izlemenin iki ana alanı vardır; titreşim ve korozyon. Bunlar arasında titreşim %85 ile en büyük orana sahiptir. Diğer teknolojiler arasında rulman ve şaftlardaki sıcaklık değişikliklerini tespit etmek için Kızılötesi (IR) termografları; yağ analizi; yatak aşınmasının ultrasonik analizi yer almaktadır.

Durum izlemenin ana uygulamalarından biri pompalar, kompresörler, fanlar, presler vs. gibi elektrik motoru veya motorlu sistemlerdir. Böyle ekipmanlar birkaç watt' tan birkaç mega watt' a kadar değişen geniş bir motor gücü yelpazesinde sanayinin her yerinde mevcuttur. Titreşim analizi motora sensörler yerleştirmek ve tipik olarak bir PC veya el cihazı gibi harici bir veri toplama ve analiz birimiyle titreşim enerjisi spektrumunu ölçmekten ibarettir. İvme, hız ve yer değiştirme titreşim analizinde en çok ölçülen niceliklerden bazılarıdır. Temel fikir, sistemde oluşan mekanik bir arızanın titreşim enerjisinde belirli frekans aralıklarındaki bir değişim olarak gösterilmesidir. Bu konuda uzman bir mühendis, cihazdan çıktığı izleyerek bu değişimi tespit edebilir. Tipik bir vakada uzun bir dönem boyunca (çoğunlukla bir yıl veya daha fazla) periyodik olarak toplanan veri muhtemel bir arızayı gösteren trendleri incelemek için çizilir. Durum izleme bazı titreşim sistemleri aşağıdaki nedenlerden dolayı pahalı, kullanımı zor ve sonuçlarının yorumlanması zor olabilir [3].

1. Maliyet: Hem sensörler hem de bunlara bağlı elektronik sistem pahalıdır.
2. Kurulum zorluğu: İvme ölçerlerin motora yerleştirilme pozisyonu maksimum duyarlılık için dikkatli seçilmelidir. Ayrıca, ulaşılması zor yerlerde sensörleri yerleştirmek sorun olabilir.
3. Kullanım zorluğu: Veri toplama ve analizi fazla zaman

alır ve verilerin yorumlanması beceri ve eğitim gerektirir.

4. Tekrarlanabilirlik: Titreşim analizi için toplanan veri tekrarlanabilir değildir. Ayrıca, arka plandaki titreşim ölçülen sinyale karışabilir.
5. Kapsamı dar: Titreşim analizi mekanik arızaların tespitinde etkilidir, elektriksel arızaların çoğu için uygulanabilir değildir.
6. Erken uyarı: Kullanılan eşik değerleri ekipmanın çalışma koşullarından etkilenir. Bu yüzden, sürekli titreşim izleme sistemleri daha yüksek eşik değerler kullanır ki bu da uyarı almak için geçen zamanı uzatabilir.
7. Fabrika otomasyon sistemlerine entegrasyon zorluğu: Titreşim sistemlerinin önemli çoğunluğu seyyardır ve fabrika otomasyon sistemlerine entegre edilemez.
8. Titreşim analizi endüstride kullanılan geleneksel tekniktir. Fakat titreşim analizi hem veri toplanmasında hem de sonuçlarının yorumlanmasında uzmanlık gerektirir, pahalıdır ve kullanım zorluğuyla tanınmıştır. Bu nedenle üreticiler, fabrika otomasyon sistemlerine kolayca entegre edilebilen ve bakım planlama yeteneğine sahip ucuz ve kullanımı kolay durum izleme teknolojilerini ve ürünlerini gittikçe artarak talep etmektedirler.

Titreşim bazı sistemlerin eksikliklerinin bazılarının üstesinden gelmek için yeni geliştirilmiş "akım imza analizi (MCSA)" adlı bir yöntem kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemde bilgi motora verilen hat akımından alınır. Stator-rotor hava aralığındaki değişiklikler elektromotor kuvvetini etkileyen hava akısı aracılığıyla motorun akımına geri yansır. Bu yüzden akım hem mekanik hem de elektriksel arızalarla ilgili bilgi taşır. Bu nedenle arızalar akımın frekans spektrumunda belirli frekanslarda değişim göstereceklerdir. Üç fazlı bir asenkron motorun arızaları ve hangi spesifik frekanslarda oluştuğunun bir incelemesi de verilmiştir [6].

Veri toplama akım imza analizinde basittir, çünkü sadece elektriksel sinyaller ölçülmektedir. Hem mekanik hem de elektriksel arızaları da tespit eder. Fakat, verilerin yorumu için uzman personele ihtiyaç vardır ve titreşim analizinde olduğu gibi burada da inceleme çok zaman alır. Titreşim analizindeki gibi akım imza analizi de bir çıktı analizidir. Gerilimden oldukça fazla etkilenen akım verilerini analiz eder. Bu yüzden olağandışı bir harmoniğin motordaki bir problemden mi yoksa gerilim harmoniklerden mi kaynaklandığını ayırt etmek zordur [7].

MCM VE DİĞER TEMEL ARIZA TESPİT YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

MCM hem titreşim hem de akım imza analiz sistemlerinin eksikliklerini gidermek için geliştirilmiştir. MCM'in çalışmasının temel prensipleri titreşim ve akım imza analiz sistemlerinininkinden radikal şekilde farklıdır. MCM model bazı

bir arıza tespit ve teşhis tekniği kullanır. Bu teknikte, üç fazlı sistemin beklenen dinamik davranışı (model) ile gerçekleşen (ölçülen) dinamik davranışı karşılaştırılır. Bu karşılaştırmada dikkati çeken farklılıklar varsa bir arıza gelişmeye başlamıştır yargısına varılır. MCM, önce bir süre boyunca sistemden gerçek zamanlı veri olarak ve bunu işleyerek sistemi öğrenir. Beklenen dinamik davranış ve model parametrelerinin hesaplanması için, sistem tanıma algoritmaları kullanılarak veriler işlenir. Sistem parametrelerindeki değişiklikler sistemde gelişen arızaları gösterir. Bir adım ileri gidilerek bu parametreler hata teşhisi için kullanılır [7].

Geleneksel titreşim ve akım imza analizinin aksine, bu yaklaşım bir neden-sonuç (girdi-çıkıtı) ilişkisi kullanır ve bu nedenle çevredeki gürültülerden ve girdilerdeki gürültülerden etkilenmez. Ayrıca beklenen ve gerçek davranış arasındaki fark sadece sistem tarafından oluşturulan anormallikleri filtre eder ve değerini artırır, böylece daha erken ve doğru uyarılar verilir. Uzman sistem yaklaşımı veri tabanı veya kayıt tutma, uzman personel, çok zaman alan veri toplama ve analiz ihtiyacını ortadan kaldırır. Sadece gerilim ve akımları ölçmesine rağmen, arıza bulma kapasitesi (mekanik ve elektriksel) oldukça geniştir [7].

MCM ekipmanı elektrik motorunu bir sensör olarak kullanır. Bu nedenle, motor yük ya da besleme gerilimindeki anormal durumlar MCM tarafından tespit edilebilir.

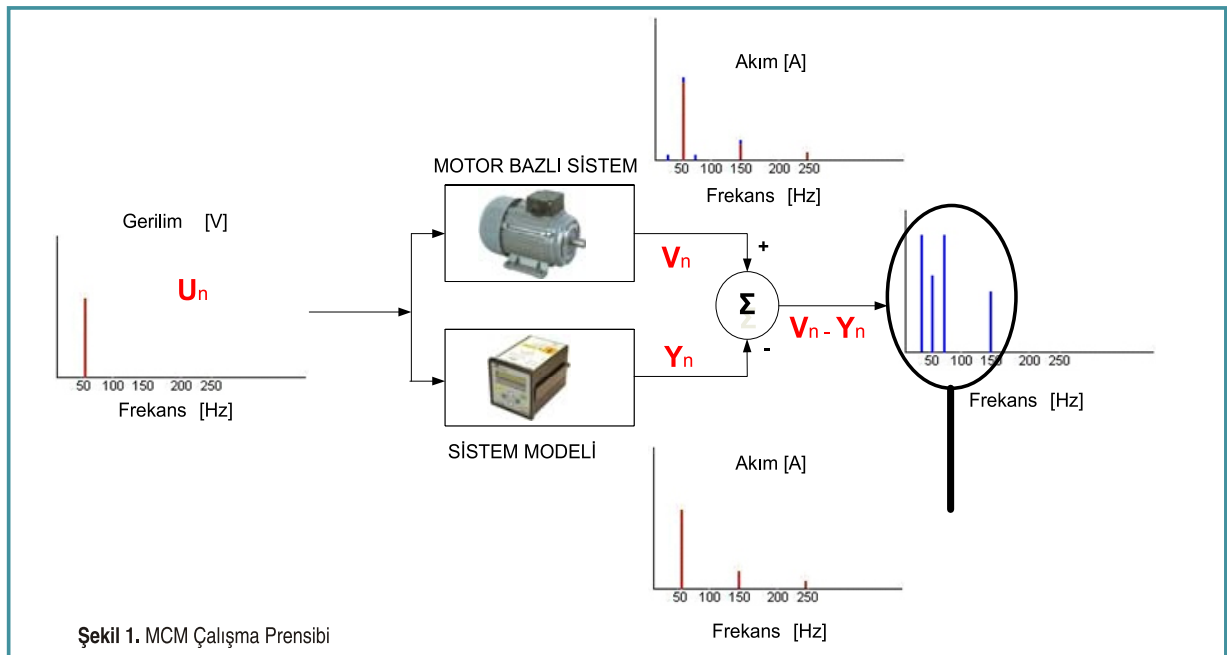
MCM, titreşim bazlı ve akım imza analiz sistemlerinin kullanımında oluşan dezavantajların birçoğuna çözüm üretmiştir.

1. Maliyet: MCM ve aksesuarları ucuzdur.

2. Kurulum kolaylığı: Endüstri standardı akım ve gerilim trafoları sensör olarak kullanılabilir. Bu sensörler ucuzdur, kolayca kurulabilir ve tüm elektriksel bakım personeli tarafından bilinir. MCM, elektrik motorları tarafından sürülen sistemlerin çalıştığı her yerde kullanılabilir. Sensörler ve ana birim genellikle kontrol kabinine monte edildiği için, MCM izlenen sistemin yanında olmak zorunda değildir.
3. Kullanım kolaylığı: Uzman sistem yaklaşımı MCM'in otomatik olarak bir veritabanı kurmasına ve bu parametrelerdeki değişiklikleri izlemesine olanak verir. Arızanın derecesi cihaz tarafından basit ve sezgisel bir değişken ölçek üzerinde gösterilir. Bu yüzden, cihaz, uzmanlığa olan ihtiyacı ortadan kaldırır.
4. Tekrarlanabilirlik: MCM verileri tekrarlanabilirdir. MCM'in izlediği cihazlar üzerine herhangi bir etkisi yoktur.
5. Geniş arıza kapsamı: Tek bir cihaz kullanılarak hem elektriksel hem de mekanik arızalar tespit edilebilir.
6. Erken uyarı: Uzman sistem yaklaşımı sayesinde eşik değerleri sistemin çalışma koşullarından etkilenmez. Bu yüzden MCM erken ve doğru alarm verir.
7. Fabrika otomasyon sistemlerine entegrasyon: MCM birimleri sürekli izleme için endüstri standart ağ kabloları aracılığıyla bir fabrika otomasyon sistemine kolayca bağlanır. Bu, MCM'i fabrika otomasyon sistemleriyle kullanım için ideal bir cihaz yapar.

MCM ÇALIŞMA PRENSİBİ

Şekil 1' de , $u(n)$ matematiksel modele ve gerçek motor-bazlı sisteme giriş gerilimleridir. $V(n)$ motor-bazlı sistemin



Şekil 1. MCM Çalışma Prensibi

çıkıtısına (akım) karşılık gelir. Diğer yandan, $Y(n)$, model tarafından hesaplanan akımlardır. $V(n)-Y(n)$ ölçülen ve hesaplanan akımlar arasındaki farktır [8].

Model, motorun elektro mekaniksel davranışını açıklayan bir grup diferansiyel denklemden oluşur. Sistemden elde edilen gerçek-zamanlı veriler, model parametrelerinin hesaplanması için sistem tanıma algoritmaları tarafından işlenir. Motoru süren mekanizma veya süreç sensör olarak kullanılır. Motorların yanında, motor-bazlı sistemde gelişen arızalar veya sistemin çalışmasını etkileyen beklenmedik durumlar da model parametrelerini etkiler [8].

MCM bir süre motor verilerini toplayarak ve işleyerek motor-bazlı sistemi öğrenir. İşlenen verilerin sonuçları veritabanında saklanır ve bir referans modeli oluşturulur. Bu referans modeli temel olarak model parametreleri, ortalama değerleri ve standart sapmalarından oluşur. Daha sonra, MCM elde edilen motor verilerini işler ve sonuçları veritabanında saklanan sonuçlarla karşılaştırır. Elde edilen verilerden bulunan sonuçlar referans modelinden önemli ölçüde farklıysa, MCM bir arıza seviyesini gösterir. Seviye, farkın büyüklüğü ve süresi göz önüne alınarak belirlenir [8].

Toplamda MCM 22 farklı parametreyi (model parametreleri) izler ve karşılaştırır. Bu parametreler üç gruba ayrılır.

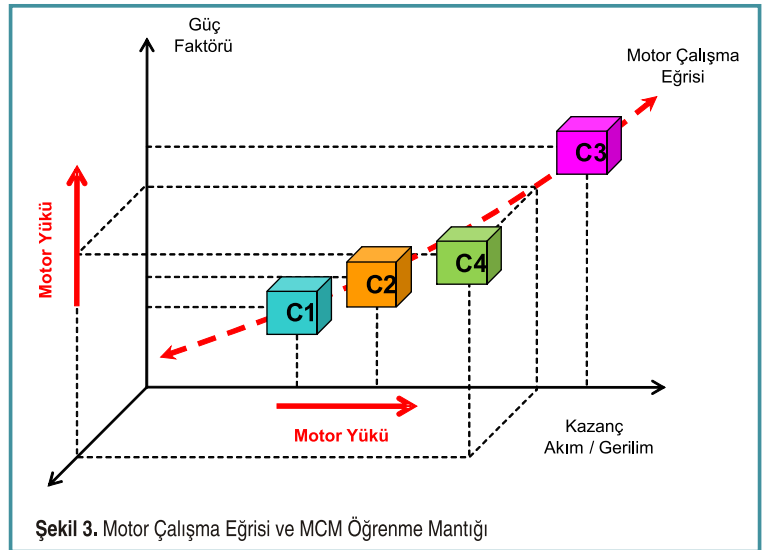
Birinci grupta elektriksel parametreler denilen 8 parametre vardır. Bunlar karakteristik parametrelerdir ve endüktanslar, dirençler vs. gibi motorun fiziksel parametreleriyle ilişkilidirler. Bunlar motorda gelişen elektriksel arızalara karşı hassastırlar. MCM, model parametrelerinin herhangi bir andaki değeriyle, aynı parametrelerin öğrenme aşamasında elde edilen ortalama değeri arasındaki farkı analiz eder ve değerlendirir. Bu farklar öğrenme aşamasında elde edilen standart sapmalarına göre normalize edilir. Bu yüzden değerler, öğrenme aşamasında elde edilen ortalama değerlerden kaç standart sapma uzak olduklarını gösterir. Eşik değerleri geçerse bir alarm verilir. Bunların değerlerindeki değişim sistemde gelişmekte olan arızalarla ilişkilidir. Örnek olarak sargıdaki bir izolasyon problemi dirençlerle ilişkili tüm parametreleri etkileyecektir. Bunların değişimi MCM' in izolasyon problemini erken bir safhada tespit etmesini sağlayacaktır. Öncelikle elektriksel problemleri tespit etmek için kullanılırsalar da, mekanik problemleri de gösterebilirler. Örnek olarak, bir balanssızlık veya dişli problemi hava aralığında dinamik eksantrikliğe neden olur. Bu eksantriklik endüktans parametrelerinde ve bu yüzden model parametrelerinde bir değişime neden olur. Bu model parametrelerindeki değişim izlenerek balans sorunu erken bir safhada tespit edilebilir. Bu

balanssızlık zamanla rulmanı etkiler ve bozulmasına sebep olur. Bu yüzden bunun erken bir safhada tespiti rulman bozulmasını önleyebilir [8].



Şekil 2. MCM; Motor Durum İzleme - Motor Condition Monitor

İkinci gruptaki parametreler balanssızlık, aktarma elemanları veya rulman problemleri gibi mekanik arızalara hassastır. Bu parametreler akım imza analizine benzer olarak elektriksel sinyallerin frekans spektrumundan elde edilir. Ancak, MCM beklenen akım ve gerçek akım arasındaki farklardan elde edilen frekans spektrumunu kullanır. Bu farklar sadece motor tarafından meydana getirilen arızaları içerir. Bu nedenle, bunlar besleme gerilimdeki gürültü veya harmoniklerden bağımsızdır [8].



Şekil 3. Motor Çalışma Eğrisi ve MCM Öğrenme Mantiği

Üçüncü gruptaki, parametreler sistemin davranışındaki değişikliklere duyarlıdır. Bunlara uyum parametreleri (fark değerleri) denir. 2 uyum parametresi vardır. Bunlar gerçek akımlar (d fazı ve q fazı) ve modelden hesaplanan akımlar arasındaki sapmalardır. Bu parametreler eşik değerlerinin üstüne çıkarsa, sistemin öğrenme aşamasından farklı davrandığı düşünülür ki bu, sistemde bir arızanın ortaya çıkmakta olduğunu gösterir [8].

Yukarıdaki parametrelere ek olarak MCM besleme gerilimini ve yük koşullarını da izler. Besleme gerilimi anormal şekilde değişirse, besleme geriliminin balanssızlığı veya harmonik içeriği varsa, “Şebekeyi İzle” alarmı verir. Benzer şekilde, yük koşulları öğrenme aşamasında izlenen koşullarla benzer değilse, “Yükü İzle” alarmı verir. Yükü izle ya süreçteki bir değişimi ya da sistemde gelişen bir arızanın olduğunu gösterir. Kullanıcı süreçte bir değişiklik olduğuna karar verirse, MCM'e GÜNCELLE komutunu vererek bu yeni yük koşulunu öğrenme periyodundaki koşullara ekleyebilir. Ölçülen üç faz gerilim ve akım sinyallerini kullanarak, MCM ayrıca üç faz gerilim ve akımın rms- değerleri, güç faktörü vs. gibi bir grup fiziksel parametre de hesaplar. Bu grup ayrıca, güç kaynağının kalitesi hakkında fikir veren toplam harmonik bozulma, gelen sinyalin harmonik içeriği ve gerilim balanssızlığı gibi parametreler içerir. Bu gruptaki aktif ve reaktif güç parametreleri enerji tüketim tahminleri için kullanılabilir. Bu yüzden, MCM hem üretim hem de bakım personeline ilgilendiren birçok fiziksel parametreyi tek bir cihazda birleştirir [8].

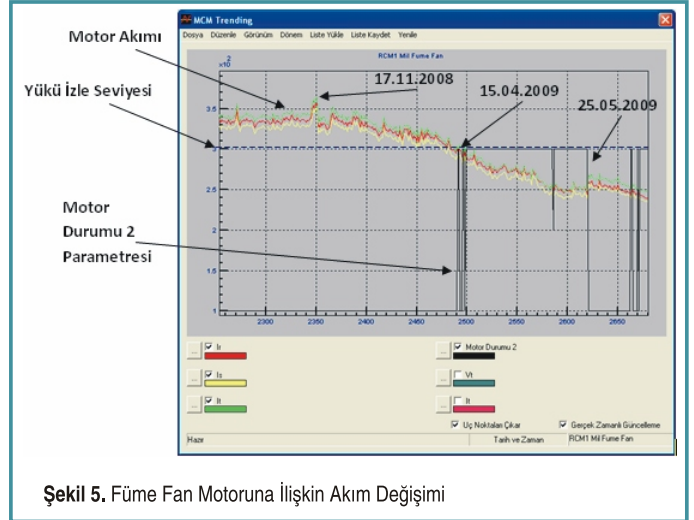
MCM UYGULAMA ÖRNEĞİ

Uygulama örneği olarak bir demir çelik tesisindeki soğuk hadde füme fan motorundaki uygulamadan bahsedilecektir. Bu motor Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Soğuk Hadde Füme Fan Motor

Füme fan motoru haddeleme sırasında ortaya çıkan dumandan ortamdaki havadan çekerek dışarıya atmaktadır. Çekilen havadaki partiküllerin süzülmesi için sistemde bir filtre bulunmaktadır. MCM bu motoru bir yılı aşkın bir süredir izlemektedir.

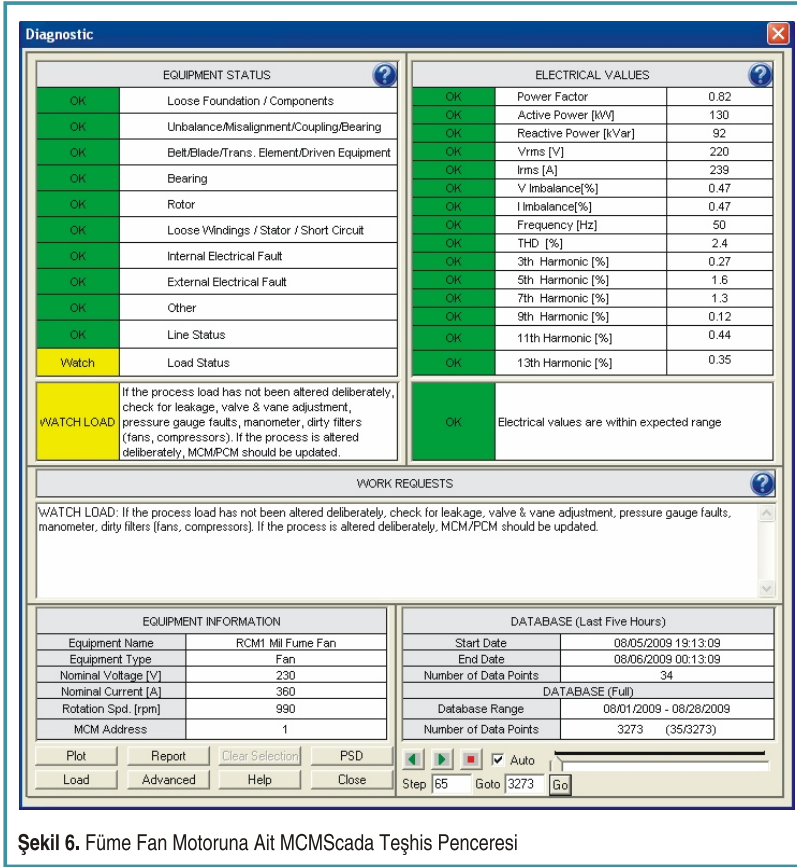


Şekil 5. Füme Fan Motoruna İlişkin Akım Değişimi

Şekil 5'te füme fan motoruna ait akım değişimi ile MCM Motor durumu 2 parametresinin değişimi verilmiştir. Buna göre motor akımında 17.11.2008 tarihinden itibaren belirgin bir azalma gözlenmektedir. 25.05.2009 tarihinde motor akımı bir miktar arttıysa da azalma trendi devam etmiştir.

Motor durumu 2 parametresi MCM cihazının çalıştığı süre boyunca verdiği alarmların kaydını tutar. Böylelikle geçmiş bir tarihe ait arıza uyarısını görmek mümkün olur. Aşağıdaki tabloda Motor Durumu 2 parametresinin alabileceği değerler ve anlamları açıklanmıştır.

Şekil 5'e bakıldığında MCM Motor Durumu 2 parametresi



Şekil 6. Füme Fan Motoruna Ait MCMScada Teşhis Penceresi

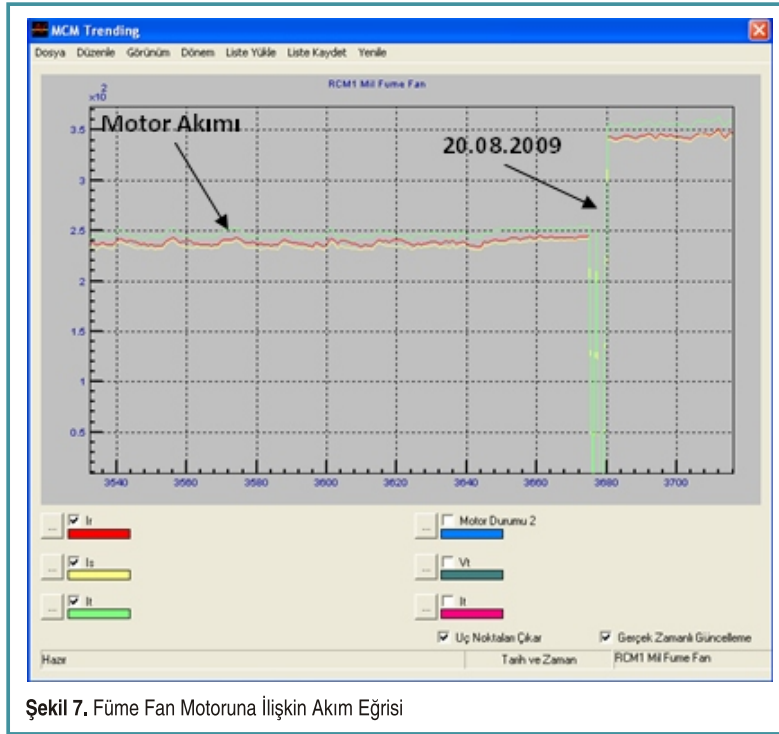
15.04.2009 tarihinden itibaren 3, “YÜKÜ İZLE” değerini almıştır. Bunun anlamı, motorun sürdüğü sistemdeki yük karakteristiği MCM'in öğrendiğinden farklılık göstermektedir. Yük ya da süreç bilinçli olarak değiştirilmediyse; salmastralarda kaçak, vana ya da kanat ayarları, filtrelerde tıkanıklık, zincir gevşekliği gibi yükü etkileyecek bileşenler incelenmelidir.

Şekil 6'da 14 -21.08.2009 tarihleri arasında füme fan motorunun akım değişimi verilmiştir. Buna göre 20.08.2009 tarihinde motor akımında yaklaşık 100 amperlik bir artış meydana gelmiştir. Yine aynı tarihte MCM teşhis ekranındaki “YÜKÜ İZLE” uyarısının ortadan kalktığına dikkat edilmelidir.

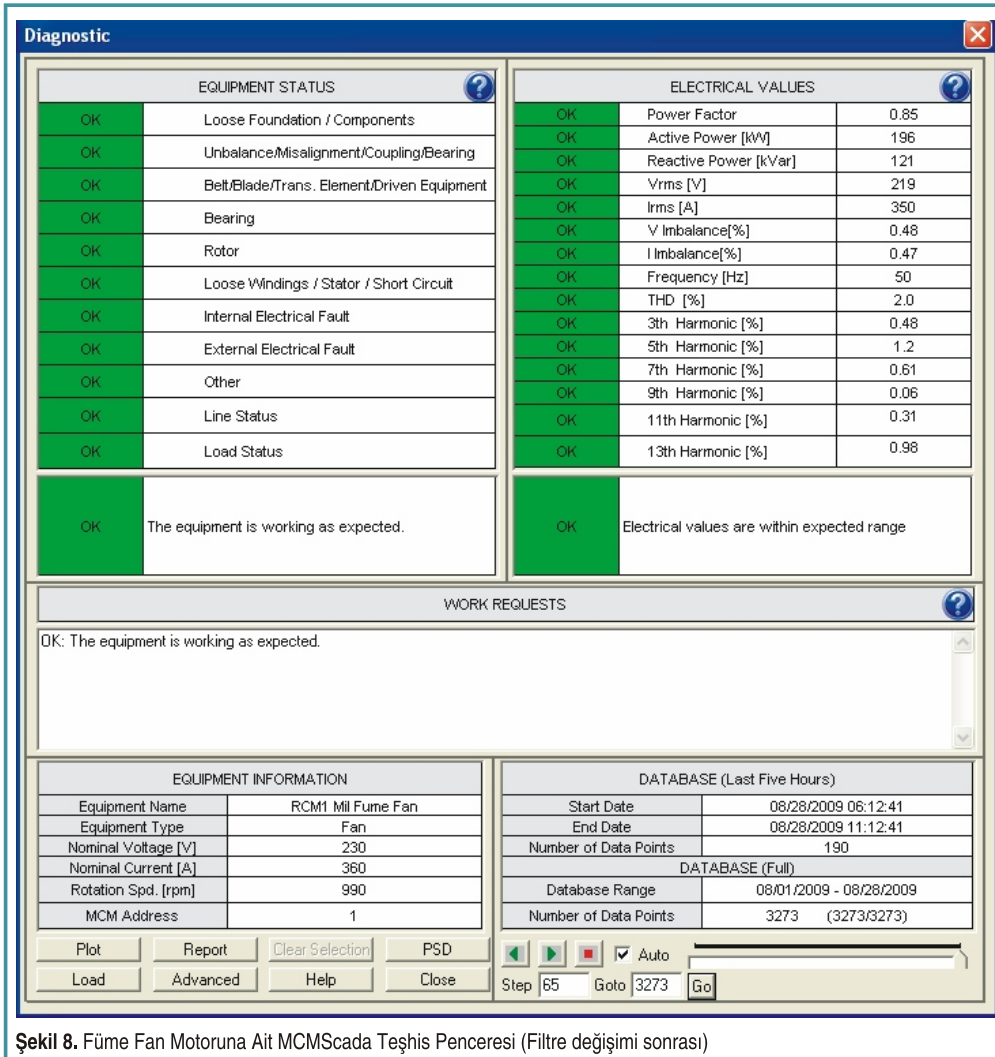
Yapılan incelemede motor akımındaki ani artışın fan filtrelerindeki değişimden hemen sonra olduğu tespit edilmiştir. Buna göre füme fan motoruna ait filtre 17.11.2008 tarihinden itibaren tıkanmaya başlamış ve motor akımı 300 A'ın altına düştüğü 15.04.2009 tarihinden itibaren MCM kullanıcıyı uyarmıştır. Bu uyarı filtrelerin değiştirildiği 20.08.2009 tarihine kadar devam etmiştir. Filtre değişiminden sonraki MCMScada teşhis penceresi ekranı Şekil 8'de verilmiştir.

Tablo I. Motor Durumu 2 Parametresinin Alabileceği Değerler ve Bunların Anlamları

| Durum Bilgisi | Motor Durumu 2 | Anlamı |
|---------------|----------------|---|
| Normal | 1 | Motor sağlıklı ya da arıza seviyesi alarm eşiklerinin altında |
| Şebekeyi İzle | 2 | Motor besleme voltajında değişiklik meydana gelmiştir. Bu uyarı genellikle şebeke voltajındaki dalgalanmalar nedeniyle görülür. Eğer uyarı sürekliliğini korsa şebeke voltajı, harmonik bozulmalar, kondansatör, kablo, motor bağlantılarında gevşeklik, kontaktör vb. bileşenler incelenmelidir. |
| Yükü İzle | 3 | Yük Değişikliği İhtimali : Motorun sürdüğü sistemdeki yük karakteristiği MCM'in öğrendiğinden farklılık göstermektedir. Yük ya da süreç bilinçli olarak değiştirilmediyse, salmastralarda kaçak, vana ya da kanat ayarları, filtrelerde tıkanıklık , zincir gevşekliği gibi yükü etkileyecek bileşenler incelenmelidir. Değişim bilinçli yapıldıysa MCM güncellenmelidir. |
| İncele 1 | 4 | Bakımı Planla (Birinci Seviye Alarm) : Motorda mekanik ve/veya elektriksel arıza ihtimali bulunmaktadır. Arıza seviyesi çok ciddi olmamakla birlikte ilk planlı bakımda ya da en geç 3 ay içinde motora bakım yapılmalıdır. |
| İncele 2 | 5 | Bakım Yap (ikinci Seviye Alarm) : Motorda mekanik ve/veya elektriksel arıza bulunmaktadır. Arıza seviyesi ciddi olup en kısa zamanda motora müdahale edilmelidir. |



Şekil 7. Füme Fan Motoruna İlişkin Akım Eğrisi



Şekil 8. Füme Fan Motoruna Ait MCMScada Teşhis Penceresi (Filtre değişimi sonrası)

SONUÇ

Bu çalışmada model bazlı arıza teşhis algoritması kullanan MCM ile endüstride sıklıkla kullanılan iki kestirimci bakım metodu olan titreşim analizi ile akım imza analizi karşılaştırılmıştır. Ayrıca 4. bölümde bir MCM uygulama örneği verilmiştir.

Buna göre MCM kestirimci bakımın getirdiği uygulama zorluklarını ortadan kaldırmakta ve motor bazlı sistemle ilgili verileri kolayca anlaşılabilir bir hâle getirmektedir. Böylece motor bazlı sistemlerdeki beklenmedik duruşlar uzmanlık gerektirmeden tespit edilebilmektedir. Bununla birlikte motor verilerinin sürekli olarak izlenmesi motor verimi hakkında da bilgi verecektir. Sanayide tüketilen enerjinin %70'inin harcandığı elektrik motorlarındaki verim, tasarruf çalışmalarında önemli bir parametredir. MCM arızaları önceden teşhis edebilme özelliği ile bu arızalar nedeniyle ortaya çıkacak ek enerji kayıplarının tespit edilmesini sağlayacak ve böylece motor veriminin yükseltilmesine yardımcı olabilecektir.

KAYNAKÇA

1. **Duyar, A., Merrill, W. C.** 1992. "Fault Diagnosis For the Space Shuttle Main Engine," AIAA Journal of Guidance, Control and Dynamics, vol. 15, no. 2, pp. 384-389.
2. **Duyar, A., Eldem, V., Merrill, W. C., Guo, T.** 1994. "Fault Detection and Diagnosis in Propulsion Systems: A Fault Parameter Estimation Approach," AIAA Journal of Guidance, Control and Dynamics, vol. 17, no. 1, pp. 104-108.
3. **Litt, J., Kurtkaya, M., Duyar, A.** 1995. "Sensor Fault Detection and Diagnosis of the T700 Turboshaft Engine," AIAA Journal of Guidance, Control and Dynamics, vol. 18, no. 3, pp. 640-642.
4. **Musgrave, J. L., Guo, T., Wong, E., Duyar, A.** 1997. "Real-Time Accommodation of Actuator Faults on a Reusable Rocket Engine," IEEE Trans. Cont. Syst. Technol., vol. 5, no. 1, pp. 100-109, Jan.
5. **Bell, D. R.** 2003. "The Hidden Cost of Downtime : Strategies for Improving Return on Assets," SmartSignal Co., USA.
6. **Nandi, S., Toliyat, H.A.** 1999. "Condition Monitoring and Fault Diagnosis of Electrical Mchines- A Review,"
7. **Duyar A.** 2006. "MCM; Ucuz, Kullanımı Kolay bir Model Bazlı Durum İzleme Teknolojisi", www.artesis.com.tr
8. Artesis MCM Kullanım Kılavuzu, 2009

Daha Etkin Bir ODA için

Üyelik Aidatlarımızı

ÖDEYELİM