

İNNOVATİF MODEL BAZLI ARIZA ERKEN UYARI YAZILIMIYLA BEKLENMEDİK DURUŞLARA SON VERME *

Ahmet Duyar

Prof. Dr.,
Artesis AŞ, GOSB Teknopark Hightech,
Gebze/Kocaeli
ahmet.duyar@artesis.com

İzzet Y. Önel

Dr.,
Artesis AŞ, GOSB Teknopark Hightech,
Gebze/Kocaeli
izzet.onel@artesis.com

Harun Özdemir

Artesis AŞ, GOSB Teknopark Hightech,
Gebze/Kocaeli
harun.ozdemir@tupras.com.tr

ÖZ

Bu çalışmada, Tüpraş Rafinerisi'nde Endüstriyel Büyük Veri'den faydalanarak beklenmedik duruşların ve arızalı operasyonun engellenerek üretim ve enerji verimliliğinin artırılmasından bahsedilmektedir. iMCM adlı arıza erken uyarı yazılımı, motor ve ekipmanları sürekli izleyerek gelişmekte olan arızaları erkenden tespit edebilmektedir. iMCM yazılımı, analiz edeceği verileri rafineride bulunan motor koruma cihazlarından çekebilmektedir. Böylece motor ve ekipmanları durdurmaya ve ekstra bir montaja gerek kalmamaktadır. iMCM, kestirimci bakımın faydalarını bilen ama pahalı veya uygulamasını zor bulan firmalar için çok uygun bir çözümdür. iMCM, ekonomik, uygulaması ve kullanımı kolay ve faydası yüksek bir inovasyondur.

Anahtar Kelimeler: : Büyük veri, iMCM, kestirimci bakım, erken uyarı sistemi, endüstriyel internet

AN INNOVATIVE MODEL-BASED EARLY WARNING SOFTWARE TO PREVENT UNPLANNED DOWNTIMES

ABSTRACT

This paper presents the use of Industrial Big Data at Tupras Refinery to increase productivity and energy efficiency by preventing unplanned down time and faulty operation of the equipment. Data obtained from existing protection devices are used through analytics included in software called iMCM. It provides the user with condensed information needed about pending faults of equipment, time to failure and suggested actions anytime and anywhere it is needed. Both its installation and its use are simple without requiring hardware installation, new hardware, sensors, cabling, equipment shutdown and visits to the site. Its simplicity and its ease of use makes it possible for many companies that have been aware of the benefits of predictive maintenance, but had found it too complicated. Analytics, which was previously developed for the Space Shuttle Main Engine, gas turbines and helicopter engines, for early warning of pending faults of industrial equipment is used.

Keywords: Big data, iMCM, predictive maintenance, early warning system, industrial internet

** İletişim Yazarı

Geliş tarihi : 10.07.2015

Kabul tarihi : 25.12.2015

* 8-10 Ekim 2015 tarihlerinde Makina Mühendisleri Odası tarafından Eskişehir'de düzenlenen VII. Bakım Teknolojileri Kongresi ve Sergisi'nde bildiri olarak sunulan bu metin, yazarlarınca makale olarak yeniden düzenlenmiştir.

Duyar, A., Önel, İ. Y., Özdemir, H. 2016. "İnovatif Model Bazlı Arıza Erken Uyarı Yazılımıyla Beklenmedik Duruşlara Son Verme," Mühendis ve Makina, cilt 57, sayı 672, s. 44-49.

1. GİRİŞ

Büyük Veri (Big Data) kavramı genel olarak, geniş kapsamlı ve çeşitliliği yüksek verilerin kısa sürede elde edilmesini ifade etmektedir. İş dünyasında bu veriler, belli amaçlar doğrultusunda analiz edilmektedir. Analiz sonucu elde edilen bilgiler ışığında, doğru kararlar hızlıca alınarak performansta büyük gelişmeler sağlanmaktadır. Endüstrilerdeyse, endüstriyel büyük veriler analiz edilerek, operasyonlar hakkında daha derin bilgi edinilip kararlar alınabilmektedir. Endüstrilerde büyük veri ve yazılımların birlikte kullanılmasına "Endüstriyel İnternet" adı verilmektedir.

Endüstriyel internetin, dünya çapındaki endüstrilerde, çalışanlarla haberleşebilen akıllı makineler yaratarak büyük gelişmeler sağlayacağı beklenmektedir. Toplanabilen endüstriyel veri, katlanarak artmaktadır ve önümüzdeki 7 yılda 50 milyon makinenin internete bağlanacağı öngörülmektedir. Bu gelişme, kârlılığa 10-15 trilyon Dolar bazında yansıyacaktır [1].

Akıllı makinelerin vereceği bilgiler ışığında, uygulanacak kestirimci bakım ile "sıfır beklenmedik duruş" amacına hızla ilerlenmektedir.

Arızalı çalışmanın yarattığı ekipman yıpranmaları ve enerji sarfiyatı birçok kullanıcı tarafından bilinmektedir. Yanlış hizalama, elektriksel ve mekanik balanssızlıklar, birçok rulman arızasına ve elektriksel arızaya sebep olmaktadır [2, 3]. Bu tür sorunlara proaktif yaklaşmak, operasyonel verimliliğe doğrudan olumlu etki etmektedir. Amerikan Enerji Bakanlığı verilerine göre, doğru uygulanan bir operasyon ve bakım programı, enerji tasarrufunda %5 ile %20 artış sağlamaktadır [4]. Ek olarak, iş güvenliği ve konforunu önemli derecede artırmaktadır.

Günümüzde fabrika yöneticileri ve çalışanları, varlık yönetimi konusuna her zamankinden daha çok eğilmek durumundadır. Ekipmanların durumunu izlemenin; ekipmanın emre amadeliğini sağlamak, güvenilirliği artırmak, üretimi ve kalitesini artırmak için etkin bir yöntem olduğu bilinmektedir. Durum izleme sayesinde arızalar erkenden öğrenilir ve gerekli müdahale yapılarak istenmeyen duruşlar engellenir. Riskler düşürülür, gereksiz bakımlar ve bakım masrafları azaltılır.

Kestirimci bakımın faydaları geniş çapta kabul görmüş olsa da uygulayan firmaların yüzdesi hala düşüktür. Klasik kestirimci bakım yöntemlerinin gerek pahalı, gerek karmaşık ve kullanımı zor olması, potansiyel kullanıcılar için engel teşkil etmektedir.

Bu çalışmada iMCM yöntemi; basit, ekonomik, var olan sistemlere entegrasyonu kolay olması sebebiyle, sürdürülebilir olma iddiasını taşımaktadır. Model bazlı yöntem sayesinde iş yükleri zaten fazla olan bakım ekibine fazladan iş çıkarmak yerine, işlerini kolaylaştırmak amaçlanmaktadır.

2. MODEL BAZLI TEKNOLOJİYLE ARIZA TESPİT VE TEŞHİSİ

Artesis'in model bazlı arıza tespiti, alanında yegane yöntemdir. Teknolojinin sofistike algoritmaları NASA'da geliştirilmiş olup [5-9], patentlerle dünya çapında korunmaktadır. Bu matematiksel modelin pratikte uygulanabilirliğini sağlamak, yıllara yayılan bir çabanın ve milyonlarca elektrikli motor ve ekipman üzerinde yapılan testlerin sonucudur. Sağlam veritabanı sayesinde, güvenilir ve her türlü elektrik motor ekipman üzerinde tekrarlanabilir modellemeye erişilmiştir. Artesis iMCM yazılımı, yiyecek içecek, enerji, metal, petrokimya gibi birçok endüstride ve her türlü pompa, fan, kompresör, konveyör gibi birçok ekipmanı izlemek için kullanılır. Özellikle ulaşımı zor veya imkânsız yerlerdeki (su altı, açık deniz, yüksek yerlerdeki...) ekipmanların her türlü arızasını tespit edebilen yegâne yöntemdir.

Model bazlı teknolojiye, izlenmekte olan ekipman matematiksel olarak modellenmesine dayalıdır. Teknoloji, sadece akım ve gerilim sinyalleri kullanılarak kendi kendine ekipman davranışını öğrenme süreci başlatır. Otomatik öğrenme süreci sırasında dışarıdan herhangi bir müdahale gerekmez. Sistem, öğrenme süreci esnasında oluşan tüm yük ve hız değişimlerini de hesaba katarak modelleme yapar. Bu süreçte ortaya çıkarılan referans matematiksel model, motorun ve tahrik ettiği ekipmanın elektriksel ve mekanik özellikleriyle ilgili tüm bilgileri içerir.

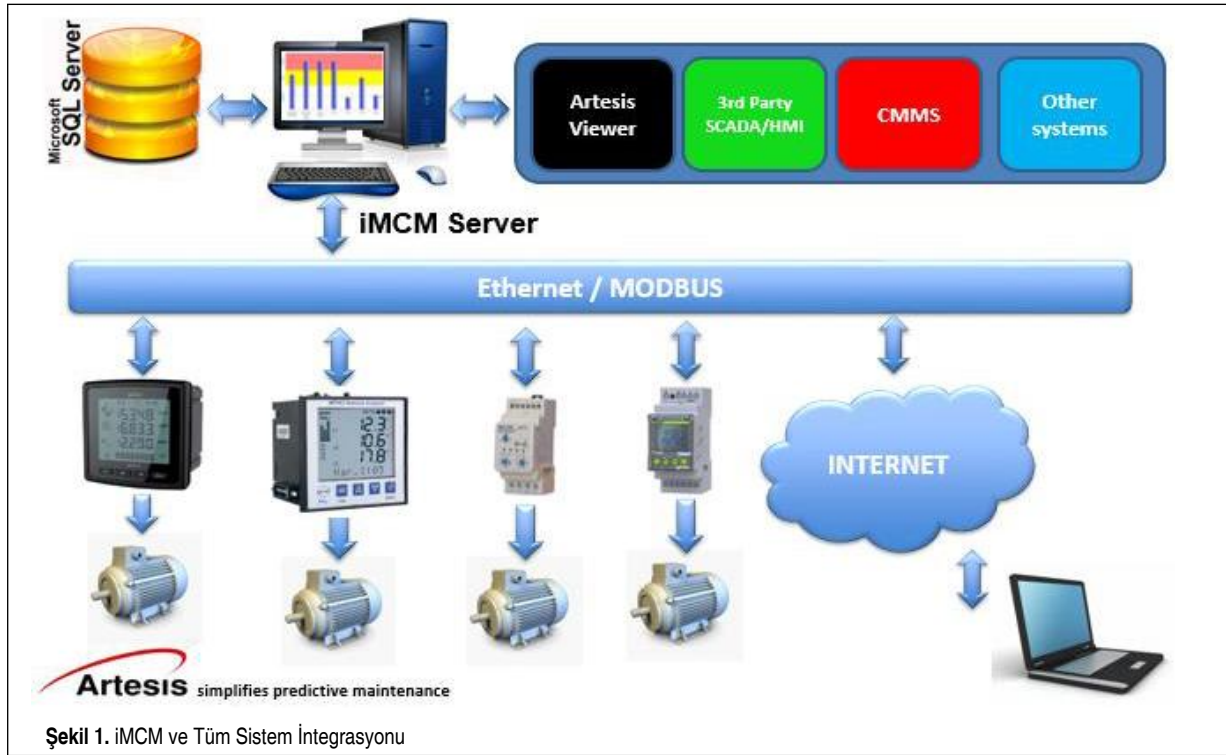
Sürecin devamında sistem, arızanın ciddiyetini analiz eder, bozulmaya ne kadar kaldığını ve bakım tavsiyelerini bildirir. Bu bilgiler, bağlı olan bilgisayarlar aracılığıyla bakım ekibine iletilir.

3. iMCM YAZILIMININ ÇALIŞMA PRENSİBİ

Artesis iMCM, arıza teşhisi için analiz edeceği verileri, endüstrilerde bulunan motor koruma veya analiz cihazlarından

Tablo 1. iMCM'in Tespit Edilebildiği Arızalar

Elektriksel Arızalar	Operasyonel Arızalar
Rotor, stator	Kavitasyon
Sargı	Hava akışı düzensizliği
Bağlantıda gevşeklik	Filtre tıkanıklığı
Gerilim/Akım dengesizliği	Yağlama sorunları
Mekanik Arızalar	Enerji Sarfiyatı
Zemin, komponent gevşekliği	Yüksek tüketim
Balanssızlık, eksenel kaçıklık	Düşük verim
Rulman arızaları	Motor boyutu uygunsuzluğu
Rotor çubuklarında kırık, çatlak	



Şekil 1. iMCM ve Tüm Sistem İntegrasyonu

çeker (Şekil 1). Örneğin Tüpraş Kırıkkale Rafinerisi'nde iMCM, GE M60 motor koruma rölesinden veri çekmektedir. Yazılım, fabrikalarda bulunan motor koruma cihazlarına entegre edildiği için montaja ve kablolamalara ihtiyaç duymamaktadır.

iMCM yazılımı, elektrik kaynağından motora giden akım ve gerilim verilerini analiz ederek arıza türü, nerede olduğu, bozulmaya kalan zaman ve bakım önerisi bilgilerini iletir. 3 fazlı AC sabit ve değişken hızlı motorlardaki ve bu motorların tahrik ettiği döner ekipmanlardaki arızaların teşhisini yapar. Aynı zamanda jeneratörlere uygulanabilir. iMCM'e eşlik eden AES (Artesis Enterprise Server) adlı OPC server ile arıza teşhis bilgilerine erişilir (Tablo 1).

4. İMCM'İN KONFIGÜRASYONU

iMCM sisteminin konfigürasyonu basittir ve izlenecek her ekipman için aşağıdaki bilgilere ihtiyaç duyar:

1. M60 IP, TCP Port ve Modbus, ağ adresi ve AES ağ adresi (Artesis Enterprise Server)
2. Motor Plaka Bilgisi: Nominal Voltaj, Nominal Akım, Frekans ve Hız
3. AES portu (AES Varlık Server ve iMCM yazılımı arasındaki bağlantı)

SCADA/ DS sistemlerinde veri toplama ve analiz, potansiyel risklerden kurtulmayı gerektirmektedir:

- Üretim etkilenmemelidir.
- SCADA/DCS sistemi asla değiştirilmemelidir. Bu sistemler eski olabilir ve değişiklik geri dönülemez sonuçlar yaratabilir.
- Diğer ekipmanların çalışmasına müdahale edilmemelidir.
- Siber güvenlik titizlikle korunmalıdır.

SCADA/Yük Sistemi'nde direkt bir değişiklik veya ekleme yapılmaksızın, M-60 rölelerinden doğru veri çekebilmek için aşağıdaki aşamalardan geçilir:

Önce, "Buffer" (Tampon) adlı, iki adet ağ arayüz kartlı (NIC) yeni bir işlem birimi hazırlanır. NIC, SCADA ağına ilk bağlanırken, diğeri ayrı bir VLAN ağına bağlanır. Bu VLAN, dalga formunda veriyi çekebilmek için kullanılır. Veritabanı server dışında Buffer'a gelebilecek diğer bağlantıları engellemek için ikinci ağ arayüz kartına bir Firewall (yangın duvarı) uygulanır. Firewall'daki ilgili portlar kapatılır. Ek olarak, Buffer'da yerel bir Firewall aktifleştirilir.

İkinci aşamada, M-60 rölelerinin klavuzundaki bilgilerden faydalanılarak dalga formu, veri almak üzere ayar yapılır. Buffer, yerel Firewall'ı, uygun portlar aracılığıyla sadece M-60 cihazlarına erişebilmek üzere konfigüre edilir. SCADA ağından, Buffer cihazının bant genişliği kullanımına etkileri, "öncesi ve sonrası"na bakılarak gözlemlenir ve belirgin bir fark olmadığı teyit edilir.

Son olarak, M-60 rölelerinin bağlı olduğu ekipmanların duru-

mu kontrol edildikten sonra dalga formu verinin, veritabanına doğru şekilde transfer edildiği gözlemlenir.

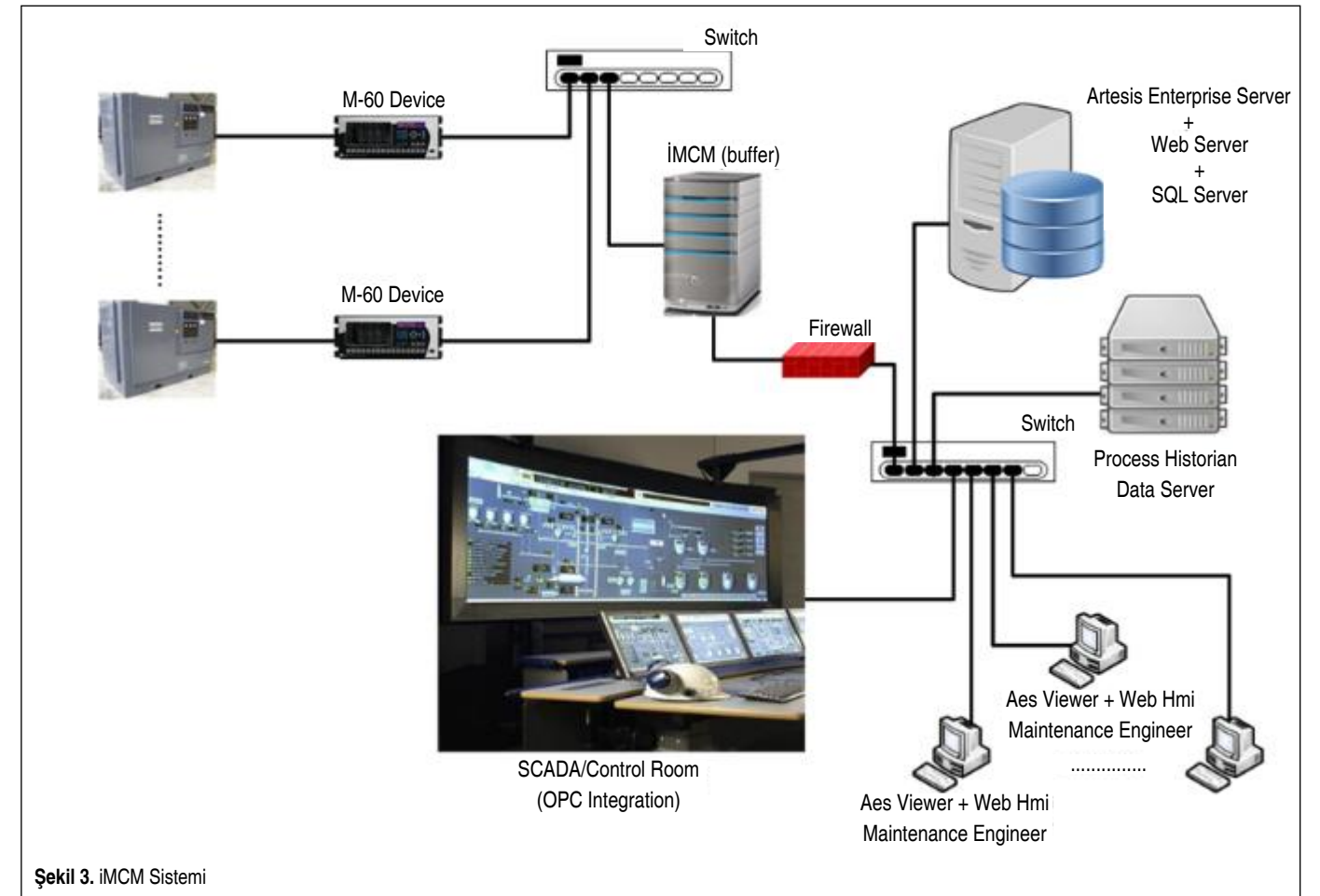
Süreçteki ilgili veriler, Historian Veritabanı'ndan bir web servis arayüzü kullanılarak iMCM sistemine dahil AES Veritabanı'na aktarılır. Historian verileri ile iMCM tarafın-

dan iletilen arıza bilgileri kombine edilerek kök neden analizi yapılır. Bu sebeple iMCM, arıza, bozulmaya kalan zaman ve detaylı teşhis ile tam manasıyla bir varlık yönetimi sistemi teşkil eder (Şekil 3). iMCM uygulaması sayesinde; montaja, kablolamaya, ekipmanı durdurmaya, SCADA'da, ekipmanda

DEVICE INFORMATION		PHYSICAL PARAMETERS	
Device Name	CCR-1453	450PC287 Exit Pressure	8.62 kg/cm ² g
Nominal Voltage	8641		
Nominal Current	49.5		
Motor Speed	2979		
iMCM IP	12		

Device	8/20/2014	8/19/2014	8/18/2014	8/17/2014	8/16/2014	8/15/2014	8/14/2014	8/13/2014	8/12/2014
CCR-1453									

Şekil 2. Ekipman Gidişatı



Şekil 3. iMCM Sistemi

veya ağda herhangi bir değişikliğe gerek kalmadan, dalga formundaki veri, veritabanına iletilir.

Proses Parametreleri

Döner ekipmanların operasyon aralıkları belirlidir ve güvenilirliği korumak için, bu aralıklar içerisinde kalmalıdır. Bu parametreleri sürekli izlemek ve değişiklikleri normal hal ile kıyaslamak, arıza gelişimini gözlemleyebilmek için önemli ipuçları verecektir. Bu sayede, kök neden analizi yapılarak gelecekteki arızaların oluşumu engellenmektedir. Arıza gelişimini gözlemleyebilmek için, aşağıdaki zaman çizelgesi formunda bir yönetici görüntüsü sunulmaktadır.

Şekil 2’de görülen kırmızı renk, ekipman anormallığı göstergesidir. Bu durumda, fiziksel parametreleri gözlemlemek gerekir. Örneğin santrifüj pompasının emiş gücünde belirgin bir azalış, kavitasyona sebep olur ve kavitasyon da vibrasyon yaratır. Online izleme yapılmadığında bu anormal durum, akıştaki değişikliğe göre rulman arızası veya kavitasyona yolabilir. Online durum izlemenin işaret ettiği parametreler, kesin sonuca ulaşmayı hızlandırır.

4. ARIZA TESPİTİ ÖRNEKLERİ

Kritik ekipmanları 7/24 iMCM ile izlemek, durum takibi ve değişimleri görmek için tercih edilmektedir. Aşağıda iki vaka analizi bulunmaktadır.

İlk vaka, K-1453 Propan Kompresörü arızasıdır. Şekil 4’te görüldüğü üzere, ekipman, alarm vermeye başlamıştır. Vibrasyon yöntemiyle de bu alarmın arızadan kaynaklandığı teyit edilmiştir.

Rafinerinin döner ekipman sorumluları, makineyi durdurma ve tamir kararı almışlardır. Ekipman demonte edilince, yağ yanmasına bağlı rulman ve sargı arızaları görülmüştür.

Teşhis sonrasında motor ve kompresör tamir edilmiştir. Tüm rulmanlar ve bilyeler değiştirilip, izolasyon sargıları kontrol edilip temizlenmiştir. Bakım çalışması 3 gün sürmüş ve 26.000 Dolara mal olmuştur.

Bu arızaların iMCM kestirimci bakım sistemiyle erkenden farkedilmiş olmaması durumunda, arızaların ilerleyerek aşağıdaki masraflara sebep olacağı tahmin edilmektedir:

- **Motor Yanması:** Sarım ücreti 27.000 Dolar
- **Kompresörün Durması:** Duruş masrafı 138.000 Dolar
- **Üretim Kaybı:** 440 KW’lık bir motorun sarımı 20 güne kadar uzayabilir. 20 günlük bir üretim kaybı 200.000 Dolara denk gelmektedir

En kötü senaryoda bakım masrafları 365.000 Doları bulmaktadır.

İkinci vaka, G- 2270/D adlı pompadaki filtre tıkanıklığı arıza-



Şekil 4. Rulman Arızası



Şekil 5. Filtre Tıkanıklığı

sıdır (Şekil 5). Pompa filtresi, soğutma kulesinden gelen partiküllere maruz kaldığı için tıkanmıştır. Bu tıkanıklık; emiş gücünde azalmaya, türbülansa, kavitasyona sebep olmuştur. Dolayısıyla, iMCM sistemi arıza alarmını iletmiştir.

5. SONUÇ

Tüpraş Kırıkkale Rafinerisi’nde kurulan Artesis’in inovatif iMCM kestirimci bakım sistemi, endüstriyel büyük verileri bilgiye dönüştürmüştür. Bu bilgilerin ışığında, bakım yapılarak beklenmedik duruşlar engellenmiştir. iMCM sistemi; kullanım kolaylığı, çeşitliliği yüksek ve kapsamlı arıza analiz

yeteneğiyle, sürdürülebilir bir kestirimci bakım programı için önemli bir unsur teşkil etmektedir. Verdiği bilgiler aynı zamanda kök neden analizinde kullanılmaktadır.

iMCM yazılımı, işletmede bulunan motor koruma rölesine entegre edilmektedir. Bu sebeple, diğer durum izleme yöntemleri gibi, ekipman durdurmaya, montaja, kablolamalara ihtiyaç bırakmamaktadır. Tüpraş’ta GE M60 rölesinde kullanılmıştır. SCADA ve diğer sistemlerle uyumlu olduğu gibi, siber güvenlik için herhangi bir risk yaratmaz.

KAYNAKÇA

1. Annunziata, M., Evans, C. P. 2013. The Industrial Internet@Work, General Electric Company, https://www.ge.com/sites/default/files/GE_IndustrialInternetatWork_WhitePaper_20131028.pdf, son erişim tarihi: 24 Aralık 2015.
2. US Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, Motor Tip Sheet #5. 2005. “Replace V-Belts with Cogged or Synchronous Belt Drives,” https://www1.eere.energy.gov/manufacturing/tech_assistance/pdfs/replace_vbelts_motor_systems5.pdf, son erişim tarihi: 24 Aralık 2015.
3. US Department of Energy, "Energy Efficiency and Renewable Energy," Motor Tip Sheet #2. 2000 “Eliminate Voltage Un-

balance” <http://www.nrel.gov/docs/fy13osti/56005.pdf>, son erişim tarihi: Aralık 2015.

4. US Department of Energy. 2013. http://www1.eere.energy.gov/femp/program/operations_maintenance.html, son erişim tarihi: 24 Aralık 2015.
5. 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, p. 384-389.
6. Litt, J., Kurtkaya, M., Duyar, A. 1995. “Sensor Fault Detection and Diagnosis of the T700 Turboshift Engine,” AIAA Journal of Guidance, Control and Dynamics, vol. 187, no. 3, p. 640-642.
7. Musgrave, J. L., Guo, T., Wong, E., Duyar, A. 1997. “Real-Time Accommodation of Actuator Faults on a Reusable Rocket Engine,” IEEE Transactions Control Systems. Technology, vol. 5, no. 1, p. 100-109.
8. 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, p. 104-108.
9. Duyar, A. 2011. “Simplifying Predictive Maintenance,” GE Orbit Magazine, vol. 31, no. 1, p. 38-45.

<http://omys.mmo.org.tr/muhendismakina/>

TMMOB MAKİNA MÜHENDİSLERİ ODASI

Mühendis ve Makina Dergisi

Online Makale Yönetimi

ANA SAYFA (GİRİŞ SAYFASI)

YAZAR

HAKEM

EDİTÖR

HOŞGELDİNİZ

YAZAR GİRİŞİ

e-Posta :

Sifre :

[Yeni Kullanıcı](#) | [Şifremi Unuttum](#)

MÜHENDİS VE MAKİNA DERGİSİ'ne makale gönderebilmek için sisteme kayıt olmanız gerekmektedir. Kayıt olabilmek için sol kısımda yer alan [Yeni Kullanıcı] bağlantısına tıklayınız.

Daha önce kayıt olduysanız, e-posta adresiniz ve şifrenizi girmeniz yeterlidir.

Şifrenizi hatırlamıyorsanız, şifrenizin e-posta adresinize gönderilebilmesi için [Şifremi Unuttum] bağlantısına tıklayınız.

Sistemle ilgili sorularınızı yayin@mmo.org.tr e-posta adresine gönderebilirsiniz.

makalelerinizi online sistem üzerinden ulaştırabilirsiniz