



**HADDEHANELERDE SICAKLIK VE TİTREŞİM
ÖLÇÜMÜ İLE KESTİRİMCİ BAKIM
UYGULAMALARI**

**2023
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

Yusuf KALEMOĞLU

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YILMAZ**

**HADDEHANELERDE SICAKLIK VE TİTREŞİM ÖLÇÜMÜ İLE
KESTİRİMCİ BAKIM UYGULAMALARI**

Yusuf KALEMOĞLU

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YILMAZ

T.C.

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında

Yüksek Lisans Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

KARABÜK

Ocak 2023

Yusuf KALEMOĞLU tarafından hazırlanan “HADDEHANELERDE SICAKLIK VE TİTREŞİM ÖLÇÜMÜ İLE KESTİRİMCİ BAKIM UYGULAMALARI” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YILMAZ

Tez Danışmanı, Elektrik Tesisleri Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 25.01.2023

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin ALTINKAYA (KBÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YILMAZ (KBÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Selçuk COŞKUN (SUBÜ)

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Müslüm KUZU

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Yusuf KALEMOĞLU

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HADDEHANELERDE SICAKLIK VE TİTREŞİM ÖLÇÜMÜ İLE KESTİRİMCİ BAKIM UYGULAMALARI

Yusuf KALEMOĞLU

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YILMAZ

Ocak 2023, 76 sayfa

Bu çalışmada, bir demir çelik tesisinin haddehanesinde bulunan bir monoblok tezgâhın, elektrik motorlarında sıcaklık ve titreşim ölçümleri ile kestirimci bakım uygulamaları yapılmıştır. Her motordan, ön ve arka rulman sıcaklıkları, sargı sıcaklıkları, ön ve arka kapak titreşimleri için ölçümler alınmıştır. Titreşim ölçümü sistemi, bu çalışma için hazırlanmış ve sisteme entegre edilmiştir. Ölçümlerin izlenmesi aşamasında, rulman arızası tespiti yapılmış ve onarımı sağlanmıştır. Çalışma öncesinde arıza durumunda yapılan bakım yaklaşımı uygulanmakta olan monoblok tezgah motor rulmanları, çalışma sonucunda kestirimci bakım yaklaşımı ile denetlenmeye başlamıştır.

Anahtar Sözcükler : Kestirimci Bakım, Sıcaklık Ölçümü, Titreşim Ölçümü.

Bilim Kodu : 90534

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

PREDICTIVE MAINTENANCE APPLICATIONS WITH TEMPERATURE AND VIBRATION MEASUREMENT IN ROLLING MILLS

Yusuf KALEMOĞLU

**Karabük University
Institute of Graduate Programs
Department of Electric Electronic Engineering**

Thesis Advisor

Assist. Prof. Dr. Mustafa YILMAZ

January 2023, 76 pages

In this study, temperature and vibration measurements and predictive maintenance applications in electric motors of a monoblock stand in a rolling mill of an iron and steel plant were carried out. Measurements were taken from each motor for front and rear bearing temperatures, winding temperatures, front and rear cover vibrations. The vibration measurement system was prepared for this study and integrated into the system. During the monitoring of the measurements, the bearing failure was detected and repaired. Monoblock bench motor bearings, for which the maintenance approach in case of failure was applied before the study, started to be inspected with a predictive maintenance approach as a result of the study.

Key Words : Predictive Maintenance, Temperature Measurement, Vibration Measurement

Science Code : 90534

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince bana yol gösteren ve birçok konuda yardımcı olan, öğrencisi olduğum için kendimi şanslı saydığım saygıdeğer danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YILMAZ'a, çalışmamın hayata geçmesinde sağladığı imkanlar sebebi ile Kardemir A.Ş.'ye ve ünite müdürüm Sayın Osman IŞIKGÜL'e, tezimin uygulama aşamasında verdiği destekleri asla unutamayacağım, amirim, Sayın Vedat ÜSTÜNDAĞ'a ve diğer ekip arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışmayı yapabilmem için benim kadar fedakârlık yapan, beni cesaretlendiren ve en zor anlarımda elimden tutan sevgili eşim Sayın Münire KALEMOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak bu mesleği seçmemde ve bu günlere gelmemde büyük emekleri olan babam Hasan KALEMOĞLU ve annem Huriye KALEMOĞLU'na şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	5
LİTERATÜR TARAMALARI.....	5
BÖLÜM 3	15
UYGULAMA ŞEKLİNE GÖRE BAKIM ÇEŞİTLERİ	15
3.2. PLAN DAHİLİNDE (PERİYODİK) YAPILAN BAKIM ÇALIŞMALARI	16
3.3. KESTİRİMCİ BAKIM ÇALIŞMALARI	17
3.4. PRO-AKTİF BAKIM ÇALIŞMALARI	18
BÖLÜM 4	20
DEMİR-ÇELİK FABRİKALARI VE SEKTÖRDE UYGULANAN BAKIM YAKLAŞIMLARI	20
4.1. DEMİR ÇELİK FABRİKALARI VE KARDEMİR.....	20
4.2.ÇUBUK VE KANGAL HADDEHANESİ	22
4.2.1. Tav Fırını	25
4.2.2. Hadde Tezgâhları.....	26
4.2.3. Hassas Boyutlandırma Haddesi - PSM (Precision Sizing Mill)	27

	<u>Sayfa</u>
4.2.4. Meer Drive Ünitesi	28
4.2.5. Serme Kafa ve LCC Soğutma Role Yolu.....	30
4.2.6. Pinchroll Üniteleri	31
4.2.7. Hadde Makasları	32
4.2.8. Soğutma Üniteleri (Water Box).....	33
4.2.9. Paketleme Tesisleri.....	34
4.2.10. Hidrolik ve Yağlama Üniteleri	34
4.2.11. PLC ve SCADA Sistemleri	35
4.2.12. IBA Sinyal İzleme Sistemi	38
4.3. HADDEHANEDE UYGULANAN BAKIM YAKLAŞIMLARI	40
BÖLÜM 5	42
HADDEHANELERDE SICAKLIK VE TİTREŞİM ÖLÇÜMÜ İLE KESTİRİMCİ BAKIM UYGULAMALARI.....	42
5.1. KESTİRİMCİ BAKIM YÖNTEMLERİ.....	42
5.1.1. Sıcaklık Analizi Yöntemi	42
5.1.2. Titreşim Analizi Yöntemi	44
5.1.3. Gürültü Analizi (Ultrasonik Test) Yöntemi.....	45
5.1.4. Yağ Analizi Yöntemi.....	45
5.2. HADDEHANELERDE SICAKLIK ÖLÇÜMÜ	46
5.3. HADDEHANELERDE TİTREŞİM ÖLÇÜMÜ	50
5.4. MEER DRİVE ÜNİTESİNDE KESTİRİMCİ BAKIM UYGULAMASI.....	55
BÖLÜM 6	67
SONUÇ	67
KAYNAKLAR	72
ÖZGEÇMİŞ	76

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. 1800 rpm hızda yük-sıcaklık grafiği.....	13
Şekil 2.2. 3600 rpm hızda yük-sıcaklık grafiği.....	14
Şekil 4.1. Kardemir genel görünümü.....	21
Şekil 4.2. Kardemir üretim akış şeması	22
Şekil 4.3. Tav fırını görünümü.....	26
Şekil 4.4. Hadde tezgahlarının bir bölümü.	27
Şekil 4.5. PSM (Precision Sizing Mill-Hassas Boyutlandırma Haddesi).	28
Şekil 4.6. MeerDrive ünitesi genel görünüşü.....	29
Şekil 4.7. Meer Drive Ünitesi sıcaklık-titreşim-akım-hız bilgileri ekranı.	30
Şekil 4.8. Serme kafa ünitesi.....	30
Şekil 4.9. Serme kafa ünitesi SCADA penceresi.	31
Şekil 4.10. Pinchroll genel görünümü.....	32
Şekil 4.11. Bir uç ve baş kesme makası görünümü.....	33
Şekil 4.12. S7 400 model CPU görünümü.	36
Şekil 4.13. Uzak I/O istasyonu görünümü.	37
Şekil 4.14. Hadde tezgahları tork (analog) sinyalleri IBA görüntüsü.....	38
Şekil 4.15. Sıcak metal dedektörleri dijital sinyalleri IBA görüntüsü.	39
Şekil 5.1. El tipi termal kamera.	43
Şekil 5.2. Vibrasyon ölçüm cihazı.	44
Şekil 5.3. Yağ viskozite analiz cihazı.	46
Şekil 5.4. Hadde 1. tezgah motoru sıcaklık bilgileri SCADA ekranı.	48
Şekil 5.5. Hadde 1. tezgah motoru sıcaklık bilgileri IBA ekranı.	49
Şekil 5.6. Sıcaklık alarmları PLC yazılımı.	49
Şekil 5.7. Vibrasyon sensörlerinin yandan (üstte) ve üstten (altta) görünümü.....	50
Şekil 5.8. 1 nolu motor ön ve 6 nolu motor arka titreşim sensörlerinin PLC yazılımında skala edilmesi.....	51
Şekil 5.9. Meer Drive motor vibrasyonları datablock ekranı.....	52
Şekil 5.10. Meer Drive titreşim sinyallerinin IBA kayıt sistemine eklenmesi.....	53
Şekil 5.11. Meer Drive yüksek vibrasyon alarmı görünümü.	54
Şekil 5.12. 01.06.2022 Meer Drive motorları titreşim sinyalleri IBA ekranı.	56

Sayfa

Şekil 5.13. 01.07.2022 Meer Drive motorları titreşim sinyalleri IBA ekranı.	56
Şekil 5.14. 01.08.2022 Meer Drive motorları titreşim sinyalleri IBA görüntüsü.	58
Şekil 5.15. 01.09.2022 Meer Drive motorları titreşim sinyalleri IBA görüntüsü.	58
Şekil 5.16. 29.08.2022 saat 06:00-08:00 Meer Drive 4 nolu motor ön (mavi) ve arka (kırmızı) titreşim sinyalleri.	60
Şekil 5.17. 29.08.2022 saat 14:00-16:00 Meer Drive 4 nolu motor ön (mavi) ve arka (kırmızı) titreşim sinyalleri.	60
Şekil 5.18. 29.08.2022 ve 31.10.2022 tarihleri arasındaki titreşim (mm/s)-tarih grafiği.	62
Şekil 5.19. 28.09.2022 saat 01:00-04:00 Meer Drive 4 nolu motor ön (mavi) ve arka (kırmızı) titreşim sinyalleri.	63
Şekil 5.20. 02.10.2022 saat 14:00-16:00 Meer Drive 4 nolu motor ön (mavi) ve arka (kırmızı) titreşim sinyalleri.	64
Şekil 5.21. 29.08.2022 ve 31.10.2022 tarihleri arasındaki sıcaklık(°C)-tarih grafiği.	66
Şekil 6.1. Arka rulman üstten görünümü (sol üstte), ön rulman üstten görünümü (sağ üstte), arka rulman karşıdan görünümü (sol altta), ön rulman arkadan görünümü (sağ altta).	68
Şekil 6.2. Arka rulman iç bileziği (solda), ön rulman iç bileziği (sağda).	69
Şekil 6.3. Arka rulman dış bileziği (solda), ön rulman dış bileziği (sağda).	69
Şekil 6.4. Ön rulman yüzey kusurlu bilyeleri.	70

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Asenkron motor ekipmanları ve üzerlerine etkiyen kuvvetler.....	13
Çizelge 5.1. 01.06.2022 ve 01.07.2022 titreşim sonuçları.	57
Çizelge 5.2. 01.08.2022 ve 01.09.2022 titreşim sonuçları.	59
Çizelge 5.3. 4 nolu motor titreşim gelişimi tablosu.	61
Çizelge 5.4. 4 nolu motor sıcaklık gelişimi tablosu.	65

SİMGELER VE KISALTMALAR

KISALTMALAR

PLC	: Programlanabilir Lojik Kontrolör
SCADA	: Merkezi Denetim ve Veri Toplama
CPU	: Merkezi İşlemci Birimi
RPM	: Dakikalık Devir Sayısı
FFT	: Frekans-Genlik Eğrisi
YSA	: Yapay Sinir Ağı
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
TPM	: Toplam Üretken Bakım
SBQ	: Özel Kaliteli Çubuk
WRL	: İnce Kangal Hattı
PRL	: Kalın Kangal Hattı
HSD	: Yüksek Hızlı Çubuk Hattı
LSD	: Düşük Hızlı Çubuk Hattı
LCC	: Soğutma Röle Yolu
PSM	: Hassas Boyutlandırma Haddesi
BCU	: Brülör Kontrol Ünitesi
HMI	: İnsan Makine Arayüzü
PTC	: Pozitif Sıcaklık Katsayılı Termistör
SAP	: Sistem Analiz ve Program Geliştirme

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Ülkemizde ve dünyada endüstriyel tesisler, artan rekabet ortamına ayak uydurabilmek için ve son derece artan pazar ihtiyaçlarını karşılayabilmek için hem teknolojik faaliyetleri yakından takip etmek hem de üretim miktarını arttırırken, üretim maliyetlerini de düşürmek zorunda kalmışlardır. Bu durum endüstriyel tesisleri etkin bakım anlayışlarını benimseyip, uygulamaya itmiştir. Etkin bakım stratejilerinin uygulanmadığı tesislerde yaşanan duruşlar ve arızalar birim zamanda yapılan üretim miktarını düşürdüğü için hem pazara sunulan ürünün azalmasına hem de üretim maliyetlerinin artmasına sebep olmaktadır. Çünkü tesislerde yaşanan arıza duruşlar işçi, enerji ve zaman açısından tesislerin kayıp yaşamasına sebep olmaktadır. Bu sebeple etkin bakım yönetiminin benimsenip, uygulanması gerekmektedir.

Bakım onarım ihtiyaçlarının sanayi tesislerinin gelişimi ile artması, bu alanda çalışan toplulukları bakım onarım yönetimini geliştirmeye itmiştir. Tesislerdeki ekipman sayısının artması ve ekipmanların daha gelişmiş teknolojilere sahip olması bakım onarım ekipleri üzerindeki iş yükünün de artmasına sebep olmaktadır. Bu gelişmeler bakım onarım faaliyetlerinin tek bir bakış açısı ile yürütülemeyeceğini ortaya koymuştur. Dolayısı ile karşılaşılan duruma göre periyodik bakım, arıza durumunda yapılan bakım, kestirimci bakım ve pro-aktif bakım gibi yaklaşımlardan uygun olanın seçilmesi hem bakım onarım faaliyetlerinin daha etkin olmasını hem de bakım onarım gruplarının üzerindeki iş yükünün nispeten azalmasını sağlamıştır.

Bakım stratejileri tesis özelinde, uygulanacak tesisin dinamiklerine göre hazırlanmalıdır. Aksi halde bakım maliyetlerinin, üretim maliyetlerinin üzerine fazlaca etki etmesi sonucu ortaya çıkabilmektedir. Kimi ekipmanlarda ya da makinalarda arıza durumunda bakım yapılması, periyodik bakım yapılmasından daha

az maliyetli olabilmektedir. Bu sebeple hem tesisin özelinde hem de gerekirse ekipman özelinde bakım stratejileri ayrı ayrı uygulanmalıdır.

Son yıllarda sanayi tesislerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanan, kestirimci bakım uygulamaları daha geleneksel yöntemler olan arıza durumunda yapılan bakım ve planlı (periyodik) bakım uygulamalarına göre maliyet ve iş yükü açısından olumlu sonuçlar vermektedir. Kestirimci bakım uygulamaları, arıza durumunda yapılan bakım uygulamalarına göre tesisi arıza hakkında daha önceden bilgilendirerek tesisin arıza gerçekleşmeden evvel uygun zamanda ve planlı bir şekilde durmasına ayrıca bakım gruplarının arızaya hazırlıklı olmasına olanak sağlamaktadır. Kestirimci bakım, periyodik bakım ile kıyaslandığında ise henüz arızalanmamış ekipman parçalarının değiştirilmesinden ve uygulanan ekipmanların çokluğuna göre bakım grupları üzerindeki iş yükünün artmasından doğan maliyetlerden tesisi korumaktadır. Bu sebeple sanayi tesislerinde yoğun olarak tercih edilen bir bakım yaklaşımı haline gelmiştir.

Kestirimci bakım uygulamalarının içinde en çok kullanılan yöntemler sıcaklık ve titreşim ölçümleridir. Makinalarda gerçekleşen arızaların en belirgin göstergelerinden olan sıcaklık ve titreşim arıza tespiti konusunda bakım grupları için vazgeçilmez yöntemler haline gelmişlerdir. Haddehane gibi rulman, redüktör, elektrik motoru ve benzeri döner ekipmanların çok yoğun kullanıldığı tesislerde sıcaklık ve titreşim ölçümleri ile yapılan kestirimci bakım uygulamaları çok doğru sonuçlar vermektedirler.

Kestirimci bakım yaklaşımının yaygın olarak kullanılmasının bir diğer sebebi de uygulamasının kolay olmasıdır. Kestirimci bakım yaklaşımında yapılmak istenen ölçümler taşınabilir cihazlar ile manuel yollarla ya da çevrimiçi olarak tabir edilen sabit ölçüm sensörleri ile sürekli veri alışverişi ile yapılabilmektedir.

Taşınabilir cihazlar kullanılarak yapılan ölçümler genel olarak ölçüm yapılmak istenen nokta sayısının az olduğu daha küçük ölçekli tesislerde uygulanmaktadır. Bu yöntemde cihaz üzerinden belirli zaman aralıkları ile duruma göre saatlik, günlük, haftalık ya da aylık periyotlar ile ölçümler yapılmakta ve bu ölçümler kayıt altına

alınmaktadır. Kayıt altına alınan ölçümlerde görülen anormallikler mercek altına alınarak incelenir ve durum ya da arıza tespiti yapılmaya çalışılır.

Çevrimiçi yapılan ölçümler arıza tespiti konusunda taşınabilir cihazlarla yapılan ölçümlere göre bir adım öndedir. Çünkü bu yöntemde tam zamanlı olarak ölçüm yapılmaktadır. Ölçümler arasında ölü aralıklar olmadığı için bozulmaların yakalanması daha kolaydır. Bu yöntem çoğunlukla ölçüm yapılmak istenen noktanın fazla olduğu, büyük ölçekli tesislerde kullanılmaktadır. Kurulan sistemde ölçüm sensörleri genellikle PLC (Programlanabilir Lojik Kontrolör) ve SCADA (Merkezi Denetim ve Veri Toplama) sistemleri ile birlikte kullanılmaktadır. PLC yazılımları ile sensörlerin, normal durumlar için ölçüm aralıkları, alarm durumları için ölçüm aralıkları ve kritik seviyelerde durdurma işlemi için ölçüm aralıkları ayarlanabilmektedir. Ayarlanan bu aralıklar için gerekli geri bildirim sinyalleri ve alarmlar oluşturulabilmektedir. Bu aralıklar kullanılarak PLC sisteminin farklı çıkışları setlenebilmektedir. Tek bir ölçüm sistemi için istenen sayıda aralık tanımlanabilmekte ve bu aralıklar için istenen sayıda alarm oluşturularak operatör ve bakım grupları haberdar edilebilmektedir. Bu noktada SCADA sistemi büyük rol oynamaktadır. SCADA sistemi PLC tarafından ölçümü yapılan çok sayıdaki sinyalin görselleştirildiği ve anlamlandırıldığı bir arayüzdür. SCADA sisteminde sıcaklık ve titreşim verileri sayısal, renkli ya da hareketli olarak gösterilebilmektedir. Ayrıca PLC sisteminde oluşturulan alarmların devreye girerek operatör ve bakım gruplarını haberdar etme yeteneğine sahiptir. PLC ve SCADA sistemleri birlikte kullanıldığında bile arızaların tespit edilmesi yeterince kolay olmayabilir. Bu durumda sinyallerdeki değişimlerinin izlenebilmesi için bir sinyal kayıt sistemi kurulması uygun olacaktır. Çünkü otomasyon sistemlerinde sensörler ya da kabloları hasar aldığı anda pozitif ya da negatif yönde sonsuz çıkış verme eğilimindedirler. Bu tip durumlarda PLC sistemi sonsuz çıkışlara karşılık gelen alarmları üretirler ve bu alarmlar SCADA sistemine düşer. Bu noktada yanlış tespitlere yönelmemek için sinyalin geçmiş değerlerini izlemek mantıklı olacaktır. Söz konusu olayla ilgili daha doğru tespitlerin yapılması ve etkin bakım onarım sürecinin yönetilebilmesi için PLC ve SCADA sistemlerinin yanında bir sinyal kayıt ve izleme sisteminin kurulması avantaj sağlayacaktır.

Bu çalışmada bakım yaklaşımları ve kestirimci bakım çalışmaları ile ilgili literatürde yapılan bilimsel çalışmalar incelenmiştir. Demir-çelik üretim tesisleri hakkında genel bilgiler verilmiş ve bu tesislerde ve özellikle Çubuk ve Kangal Haddehanesinde uygulanan bakım yaklaşımları ele alınmıştır. Haddehanede hali hazırda sıcaklık analizi yöntemi ile yapılan kestirimci bakım çalışmaları hakkında bilgi verilmiş ve MeerDrive monoblok hadde motorlarına titreşim analizi sisteminin kurulumu ve bu sistem ile yapılan bir kestirimci bakım uygulaması anlatılmıştır.

Yapılan çalışmanın sonucunda titreşim ve sıcaklık ölçümleri kullanılarak bir elektrik motorunda arızalanan rulmanın tespiti yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarının değerlendirme kısmında ise rulman arızalarının tespit edilmesinde titreşim ölçümü sonuçlarının, sıcaklık ölçümü sonuçlarına göre daha avantajlı olduğu sonucuna varılmıştır.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR TARAMALARI

Endüstride bakım yaklaşımları, kestirimci bakım, titreşim ve sıcaklık analizleri, hadde motorları üzerine yapılan bilimsel çalışmalar irdelenmiş ve şu sonuçlar elde edilmiştir:

Tuğba Köprü, çalışmasında demir ve çelik üretim tesislerinden birinin haddehanesinde, sıcak hadde tezgahları üzerinden edindiği titreşim, akım ve devir (rpm-revolution per minute) verilerini kullanarak tezgah üzerinde arıza çıkarımı yapmıştır. Makine üzerinden alınan verileri inceleyerek, arıza oluşmadan evvel arızanın tahmin edilmesi veya önlenmesine yönelik yapılan çalışmaların arıza kaynaklı duruşların ve üretim kayıplarının önüne geçeceğini belirtmiştir. Çalışmasında makine öğrenme algoritmalarının, denetimli öğrenme yöntemlerinden olan vektör makinaları ve karar ağaçları algoritmalarını kullanmıştır. Çalışmasının sonucunda karar ağaçları algoritmasının, destek vektör makinaları algoritmasına oranla daha doğru çalıştığı sonucuna varmıştır [1].

Brown ve Sondalini, bakım yöntemlerinin evrimi adlı bir çalışma hazırlamışlardır. Çalışmalarında II. Dünya Savaşı'na kadar endüstride, talepler düşük olduğu için rekabet ortamının yoğun olmaması, duruş süresinde yaşanan üretim kayıplarının az olması sebepleri ile henüz kritik ekipman kavramının oluşmadığını ifade etmektedirler. Aynı çalışmada, II. Dünya Savaşı'nın ardından endüstride yeni bir dönemin başladığını, Almanya ve Japonya gibi savaştan yenik çıkan ülkeler başta olmak üzere daha hızlı bir sanayileşme ve teknoloji çağına girdiklerini, bu dönemde artık üretim duruşlarına tolerans gösterilmediğini ve bu anlayışlarla birlikte planlı bakım bakış açısının geliştiğini anlatmaktadırlar [2].

Hasan Bora Denli, kestirimci bakım ve uygulamalarının iyileştirilmesi tezinde kestirimci bakım yaklaşımının sanayide devrim niteliği taşıyan bir gelişme olduğunu savunmuştur. Kestirimci bakım yaklaşımının, makinalar arızalanmadan önce gereken önlemlerin alınabilmesi, planlamaların yapılabilmesi, mühendislere ve teknik ekiplere zaman kazandırması, beklenmeyen arızaları azaltması ve bakım onarım maliyetlerini düşürmesi gibi birçok avantajı olduğundan bahsetmiştir [3].

Halil Murat Karadayı, tez çalışmasında, işletmelerde yoğun olarak kullanılan önemli bir ekipman olan pompalar üzerinde, kestirimci bakım uygulamalarının büyük bir bölümünü kapsayan titreşim analizi yöntemi ile yapılan arıza tahmini ve tespiti üzerine çalışmıştır. Kritik pompa gruplarının seçimini yaptıktan sonra ekipmanlardan alınan titreşim sinyallerini izlemiş ve bu sinyallerin yorumlanması ile bu ekipman sebebi ile duruş yaşanmadan evvel arıza tahmininin yapılabilirdiğini göstermiştir [4].

Soner Arslan, Titreşim Analizi ile Fanlarda Arıza Teşhisi ve Kestirimci Bakım adlı tez çalışmasında, işletmelerde önemli bir yere sahip olan fanların rulman ve balans gibi problemler karşısında fanların performansının etkilendiğinden ve bu gibi problemlerin sebep olduğu plansız duruşların üretim maliyetlerini arttırdığından bahsetmiştir. Aynı çalışmada, sistemde çalışmakta olan bir fanın yedeği kullanılarak bir test modeli oluşturulmuş ve bu model üzerinde yapay arızalar oluşturularak ölçülen titreşim sinyalleri izlenmiş, oluşan sinyallerin her arıza için belirli bir frekansla titreşim sinyali oluşturduğu ve bu sinyallerin FFT (Frekans-Genlik Eğrisi) analizi kullanılarak arıza çeşidi ve boyutu hakkında bilgiler verebileceği tespit edilmiştir [5].

İlhan Baykara, Titreşim Analizi ile Şanzımanlarda Arıza Teşhisi ve Kestirimci Bakım adlı tez çalışmasında, şanzıman dişlilerinde meydana gelen, oyukçuk, aşınma, diş kırılması gibi arızaların şanzımanın çalışma performansını etkilediğini ve bu arızaların büyümesi halinde işletmede yaşanan duruşların maliyetleri arttırdığını belirtmiştir. Yapılan çalışmada, sistemde çalışmakta olan bir şanzımanın üzerinden alınan titreşim sinyalleri analiz edilmiş ve dişlilerde meydana gelen hasarlar tespit edilmiştir. Sistemde kestirimci bakım yaklaşımı kullanılmış olup hasara bağlı olarak yaşanacak plansız duruşlar önlenmiş belirtilmiştir. Ayrıca farklı bir şanzıman

üzerinde, dişli parçaların dişleri kesilerek yapay arıza üretilmiş ve titreşim ölçümü grafikleri analiz edilmiştir [6].

Mustafa Yılmaz, PLC Destekli Kestirimci Bakımın Kardemir Sinter Fabrikasında Uygulanması adlı tezinde, Sinter Fabrikalarında çalışmakta olan bir fan motoru üzerinden PLC (Programlanabilir Lojik Kontrol) ve SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) yardımı ile akım değerlerini okuyarak makine performansını izlemiştir. Ayrıca çalışmasında, titreşim analizine ek olarak akım değişimlerini analiz edebilmek için YSA (Yapay Sinir Ağı) kullanmıştır. Çalışmanın sonucunda elde edilen verileri ISO-10816 Titreşim Standardı verileri ile karşılaştırarak motor durumunu belirlemiştir [7].

Gülser Göçülü, İşletmelerde Kestirimci Bakım Uygulamaları adlı tez çalışmasında, İskenderun ve Osmaniye Organize Sanayi Bölgelerinde üretim yapan işletmelerde uygulanan kestirimci bakım yaklaşımı örneklerini incelemiştir. Çalışmada, ISO 9001 standardında üretim yapmakta olan bir işletmede fırın sirkülasyonunda kullanılan elektrikli makineler ve diğer ekipmanların kızılötesi görüntülerinin incelenerek kontrollerinin yapılması, APL5L standardı çerçevesinde boru üretimi yapan bir tesiste, üretilen boruların üretim esnasında ve üretim sonrasında yapılan ultrasonik kalite kontrol testlerinin yapılması, bir tesisin hidrolik yağlarında yapılan analizlerin NAS-5 standardında değerlendirilmesi, demir-çelik sektöründe faaliyet gösteren bir tesiste titreşim analizi yöntemi ile pompaların kontrollerinin yapılması incelenerek; kestirimci bakım yöntemleri sayesinde arızalar henüz oluşmadan ya da daha fazla büyümeden evvel tespit edilebileceğini göstermiştir [8].

Murat Çimen, Bilyeli Rulman Hasarlarının Titreşim Analizi ile Tespiti ve Gemi Makinelerinde Kestirimci Bakım Uygulaması adlı tezinde, döner makinalarda rulmanların öneminden ve rulmanlarda, yanlış yağlama, üretim hatası, aşındırıcı partikül varlığı, ortam nemi, aşırı yüklenme ve montaj hataları gibi sebeplerle ortaya çıkan arıza durumlarından bahsetmiştir. Çalışmada, rulman arızalarının % 34 'lük oranı ile en büyük paydaya sahip olan yorulmaya bağlı kusurların, rulman iç ve dış bilezikleri üzerine etkisinin, titreşim analizi yöntemi ile incelenebilmesi amacı ile bir deney düzeneği oluşturulmuştur. Düzenekte sağlam rulmanlar, 1750 ve 2250 rpm

değerlerinde çalıştırılarak titreşim analizi spektrumları kaydedilmiş ve aynı hızlarda iç ve dış bilezikleri belirli ölçülerde hasarlı olan rulmanlar ile deney tekrar edilmiştir. Deney sonucunda sağlam rulmanlarda ve hasarlı olan rulmanlarda ölçülen titreşim analizi değerleri karşılaştırılarak ölçülen değerlerin hasar boyutu ile doğru orantılı olduğu kanıtlanmıştır [9].

Cabir Küçük, Enerji Tesislerindeki Döner Ekipmanlara Uygulanan Koruyucu Bakım ve Kestirimci Bakımın İncelenmesi adlı tezinde ülkemizde yer alan enerji tesislerinin çeşitlerinden ve bu tesislerde büyük öneme sahip olan döner ekipmanlara uygulanan bakım yaklaşımlarını incelemiştir. Çalışmada uygulanan bakım yöntemlerinin işçilik ve zaman yönünden maliyet karşılaştırılması yapılmıştır [10].

Engin Yıldırım, Makinelerde Titreşim Analizi ile Kestirimci Bakım adlı tezinde, bakım stratejilerinin doğru şekilde belirlenmesinin, işletmenin bakım maliyetlerini etkilediğinden ve kestirimci bakım yaklaşımının bakım maliyetlerini olumlu yönde etkilediğinden bahsetmiştir. Çalışmada, rulmanlarla yataklanmış kompresörlerde ve kaymalı yatağa sahip dövme makinasında titreşim ölçümleri ile kestirimci bakım çalışması yapmıştır. Çalışma sonucunda kaymalı yatakta yıpranma ve rulmanlarda bozulmalar tespit etmiştir [11].

Özcan Armağan Ayan, Döner Makine Elemanlarının Titreşim Analizi ile Kestirimci Bakımı adlı tez çalışmasında, döner makinelerde meydana gelen, yorulma, montaj hatası, aşınma, imalat hatası gibi başlangıç unsurlarından kaynaklı arızaların işletmelerde üretim hedeflerinin gerçekleşmesine engel olabileceğinden bahsetmiştir. Titreşim analizinin öneminden ve rulman hasarlarının tespitinde etkili olduğundan bahseden Ayan, çalışmasında bir çimento üretim tesisinin baca fanının titreşim analizlerini incelemiş ve rulman hasarlarını gözlemlemiştir [12].

Karaçay ve Aktürk, Bilyalı Rulman Yerel Kusurlarının Neden Olduğu Titreşimlerin Modellenmesi adlı makalelerinde, titreşim analizi ile rulmanlar üzerinde kusur tespit etme çalışmalarının en kritik noktasının, kusurun rulmanın çalışmasına etki edecek noktaya ulaşmadan evvel ve doğru olarak tespit edilmesi olarak belirtmişlerdir. Çalışmalarında, açısız temaslı bir bilyalı rulmanın, dış bileziğinde, iç bileziğinde ve

yuvarlanma elemanında oluşan bozulmaları modellemişler ve rulmanda meydana gelen kusur ve iç kuvvetleri analiz etmişlerdir [13].

Mehmet Ümit Gürsoy ve diğerleri, Endüstri için Kestirimci Bakım adlı makalede, üretime duyulan ihtiyacın artması, rekabet ortamının yoğunlaşması sebebi ile üretim tesislerini, tahmine dayalı üretime ve dolayısı ile analitik yaklaşımları benimsemeye zorlamakta olduğundan bahsetmişler ve önemli bakım yaklaşımlarından biri olan kestirimci bakım yaklaşımı ile ilgili araştırmalar yapılmışlardır [14].

Tolga Emir ve diğerleri, Endüstriyel İşletmelerde Bakım Kültürünün Değişimi adlı çalışmalarında, rekabet ortamının keskinleşmesi sebebi ile sanayi tesislerinin kendi içlerinde barındırdıkları varlıklarını, çeşitli bakım yaklaşımları ile daha etkin kullanmalarının önemi üzerinde durmuşlardır. Aynı zamanda Güvenilirlik Merkezli Bakım Yaklaşımını benimsemenin, bakım planlama süreçlerini geliştirmesi, işletme ve proses güvenilirliğini arttırması, şirket karlılığını arttırması, bakım maliyetlerini azaltması ve iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının sürekli hale getirilmesinde oldukça etkili olduğundan bahsetmişlerdir [15].

Veysel Uysal, Enerji Santrallerinde Titreşim Analizi ile Kestirimci Bakım adlı tezinde, kestirimci bakım yaklaşımının kesintisiz üretim yapılan demir-çelik, çimento, kağıt, enerji sektörlerinde önemli bir yere sahip olduğunun altını çizmiş ve kestirimci bakım ve titreşim analizinin tesislerde bu sebeplere bağlı arıza durumu verilmeden müdahale etmenin gerekliliğinden bahsetmiştir. Çalışmasında, enerji santrallerinde kullanılan makineler üzerinden titreşim ölçümleri kullanılarak yapılan kestirimci bakım örneklerine yer verilmiştir. Titreşim ölçümleri belirli periyotlarla alınıp incelenmiş ve kontroller sırasında mekanik gevşeklik, rulman kusurları, kaymalı yatak kusurları gibi arızalar tespit edilmiştir [16].

Aykut Atapek, Kestirimci Bakım Metotları ile Arızaların Tespit Edilmesi ve J79 Turbojet Uçak Motorlarında Kestirimci Bakım Uygulamaları adlı tez çalışmasında, ABD’de yaygın olarak kullanılan Koruyucu Bakım prensibinden doğan ve işletmelerde üst yönetim, üretim, bakım, tasarım, satın alma, muhasebe gibi birimlerinde katılımını amaçlayan ve Japonya’da doğmuş bir bakım felsefesi olan,

Toplam Üretken Bakım (TPM) anlayışından bahsetmiştir. Ayrıca çalışmada kestirimci bakım yönteminde kullanılan veriler sayesinde, arızaların henüz başlangıç aşamasında iken tespit edilip giderilebileceğinden bahsedilmiştir [17].

Kürşat Tuncer, Durum Bazlı Kestirimci Bakım Yöntemlerinden Titreşim Analizi ile Fanlardaki Dengesizlik Arızasının Tespiti ve Bakımı adlı tez çalışmasında, kestirimci bakım tekniklerinden ve arızalara göre hangi teknik seçilmesi gerektiğinden bahsetmiş, titreşim analizi konusunu irdelemiş ve fan donanımlarında meydana gelen arıza çeşitleri ve bu arızaların titreşim ile ilişkileri hakkında bilgiler vermiştir. Çalışmasının uygulama kısmında ise Bien Seramik Bilecik Karo Üretim Fabrikasındaki bir toz emme fanı üzerinden titreşim ölçümleri almış ve analizleri sonucunda rotor balansında problem olabileceği tahmini yürütmüştür. Rotor balansında yapılan çalışmalar sonucunda fan üzerinden tekrar titreşim ölçümleri alınmış ve ölçülen değerlerin ideal düzeyde olmasa bile büyük ölçüde azaldığı tespit edilmiştir. Çalışmanın nihayetinde rotor üzerindeki balans dengesizliğinin titreşime büyük ölçüde etki ettiği sonucuna varmıştır [18].

Ufuk Şahin, Rüzgâr Türbinlerinde Titreşim Analizi ve Kestirimci Bakım Uygulaması adlı tezinde, rulmanlar üzerinde meydana gelen titreşimler, bu titreşimlerin ölçüm teknikleri ve konunun öneminden söz etmiştir. Ek olarak makaralı rulmanların, dış bileziklerinde meydana gelen hasarların titreşim ölçümleri ile saptanması hakkında bilgiler verilmiştir [19].

Emrah Kurt, Kestirimci Bakım Yöntemi Kullanılarak Egzoz Fanında Arıza Teşhisi adlı tez çalışmasında, makinalarda oluşabilecek beklenmedik arızaların üretime ve maliyetlere yapacağı olumsuz etkilerden ve titreşim ölçümü bazlı bakım çalışmalarının öneminden bahsetmiştir. Çalışmada, Afşin Elbistan B Termik Santralinde kullanılmakta olan bir egzoz fanı referans alınmış, fan ve motor yataklarında toplam 4 farklı noktada titreşim ölçümleri toplanarak değerler analiz edilmeye çalışılmıştır. Analiz sonucunda tespit edilen arızalar tek tek giderilerek, titreşim değerleri minimum seviyesine indirilmeye çalışılmıştır [20].

Sadettin Orhan ve diğeri, Titreşim Analiziyle Rulman Arızalarının Belirlenmesi adlı çalışmalarında, silindirik tip makaralara sahip bir rulman üzerinden titreşim ölçümleri yapmışlardır. Çalışmada, rulmanın dış bileziği üzerinde meydana gelen noktasal bozulmaların sebep olduğu titreşim grafiğinde, frekansı dış bilezik bilye geçiş frekansına denk olan darbe sinyalleri oluştuğu, spektrum grafiğinde ise rulman hasar frekansının katlarında sinyaller meydana geldiği tespit edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, titreşim analizi yönteminin, rulmanlarda meydana gelen hasarların öngörülmesinde etkili bir yöntem olduğu görülmüştür [21].

Volkan Kurt, Asenkron Motorlarda Rotor Çubuklarının Kırılmasının İşletme Başarımı Üzerine Etkisinin Sonlu elemanlar Yöntemi ile Tespitine Katkıları adlı tez çalışmasında, asenkron motorların, diğer elektrik motoru çeşitlerine göre bakım giderlerinin düşüklüğü ve üretiminin kolay olması sebebiyle en çok tercih edilen motor türü olduğundan bahsetmiştir. Çalışmada, asenkron motorlar üzerinde oluşan arıza çeşitleri sınıflandırılmış ve oluşan arızaların %40 oranında rulman, %30 oranında stator, %9 oranında rotor ve %21 oranında diğer (sürtünme-vantilasyon arızaları, stator çekirdek arızaları, mil arızaları v.b) arızalar olarak belirtmiştir. Rulmanlarda meydana gelen arızaların çoğunlukla, metal yorulması, çalışma ortamındaki titreşim hareketleri, aşırı yük, hizalama hataları, akım dalgalanması, korozyon ve yanlış yağlama gibi etmenlerle ortaya çıktığına değinmiştir. Çalışmada, rulman hasarlarının tespitinde en yaygın olarak kullanılan yöntemin titreşim analizi yöntemi olduğundan, rulmanlardaki dairesel hareket sebebi ile bozulma noktalarından her geçişte oluşan periyodik darbelerin hasar tespitinde yönlendirici olduğundan bahsetmiştir. Ayrıca rulman arızalarının incelenmesinde sıcaklık ölçümlerinin de etkili olduğundan ve rulmanlardaki sıcaklık artışlarının rulman yağlarının viskozitesinin bozulmasına sebep olarak kayganlığını kaybederek, iç ve dış bilezik üzerinde sürtünmelere sebep olabileceğinden bahsedilmiştir [22].

Abdullah Şahin, Büyük Güçlü Asenkron Motorlarda Titreşim Analizi ile Arıza Teşhisi adlı tez çalışmasında, endüstriyel tesislerde çok yaygın bir şekilde kullanılan elektrik motorlarını sınıflandırmış, sincap kafesli asenkron motorlarda meydana gelen hasarları elektriksel ve mekanik olarak ayırarak arıza çeşitlerini irdelemiştir. Çalışmada, titreşim teorisi ve fiziksel sebepleri anlatılarak arıza

teşhisinde nasıl kullanılabileceğine dair bilgiler verilmiştir. Ayrıca özel bir yazılım ortamında, örnek bir asenkron motorun mili üzerinden farklı farklı konumlardan titreşim ölçümleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen, zaman tabanlı dalga formu analizi ve frekans tabanlı spektral analiz verileri, sanayide kabul edilmiş kriterler ve uluslararası tablolar üzerinden irdelenerek ölçümlerin analizleri yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda, elektrik motorları üzerinden alınana titreşim verilerinin doğru analiz edilmesi ile motorlarda arıza meydana gelmeden önce tespit yapılabildiği gösterilmiştir [23].

Mustafa Sarı, Bir Servo Motorun PLC ile Titreşim ve Sıcaklık Analizi adlı tez çalışmasında, otomasyon sistemlerinde yoğun olarak kullanılan motorlar ve hareketli ekipmanların doğru çalışıp çalışmadığının titreşim ve sıcaklık analizi yöntemi ile saptanmasını amaçlamıştır. Çalışmada, sıcaklık ve titreşim ölçüm ekipmanları, ölçüm alınmak istenen noktalara monte edilerek, ölçüm değerleri Modbus-Remote Terminal Unit haberleşme protokolü ile PLC (Programlanabilir Lojik Kontrolör) sistemine gönderilmiş ve Profinet haberleşmesi ile SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) sistemi tarafından görüntülenmiştir. Çalışmada, SCADA sistemi alarmları oluşturabilmek ve ölçülen değerleri, geçmişe dönük gösterebilecek şekilde tasarlanmıştır. Çalışmanın sonucunda işletme verimliliğinin artırılması ve arızaların önceden tespit edilerek üretim kaybı yaşanmasının engellenmesi amaçlanmıştır [24].

Malik Sina Yılmaz, Asenkron Motorlarda Sıcaklık, Akım, Titreşim Verilerinin Analizi ve Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi Uygulaması adlı tezinde, asenkron motorların üretim süreçlerinde ne kadar geniş yer tuttuğundan bahsetmiştir ve bu durumun sonucu olarak asenkron motorlarda arıza öngörüsünde bulunabilmenin önemine değinmiştir. Çalışmada asenkron motorlarda yaşanan arızaların sebeplerine ve bu sebeplerin karşılaşıma sıklıklarına yer verilmiştir. Konuyla ilgili olarak yaşanan arızaların %41 rulman kaynaklı, %37 stator kaynaklı, %10 rotor kaynaklı ve %12 diğer sebeplerden kaynaklı olduğuna değinilmiştir [25].

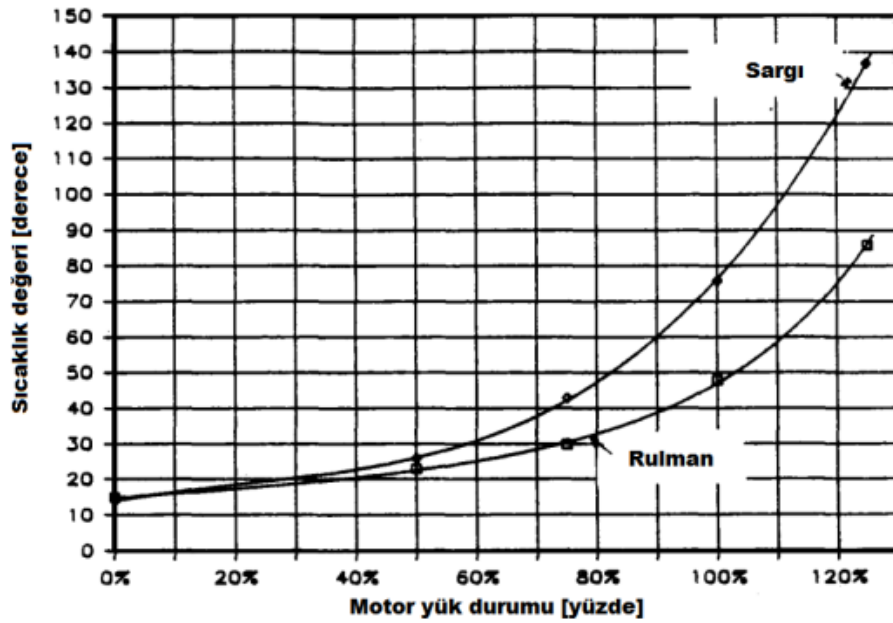
Çalışmada, Çizelge 2.1'de de görüldüğü gibi asenkron motorların kısımları olan rulman, mil, rotor ve statorun maruz kaldığı kuvvetler sınıflandırılmıştır. Ayrıca

rulmanlar özelinde, sıcaklık, hız ve yağlayıcı gibi etmenlerin rulman arızalarına nasıl etki ettikleri hakkında bilgiler verilmiştir [25].

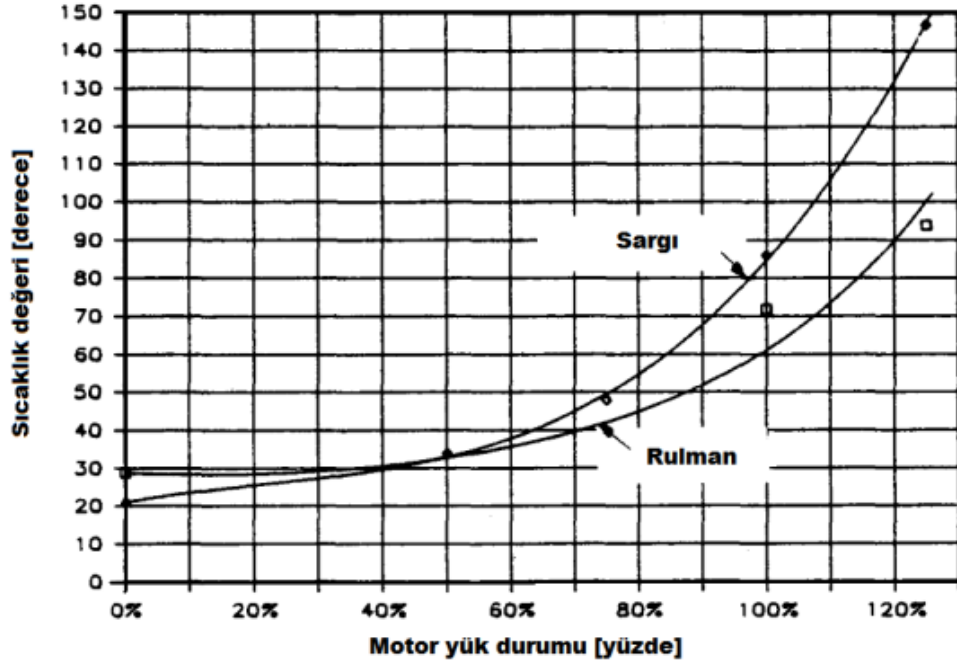
Çizelge 2.1. Asenkron motor ekipmanları ve üzerlerine etkiyen kuvvetler [25].

Kuvvet Çeşidi	Stator	Rotor	Rulman	Mil
Isıl	√	√	√	√
Elektriksel	√	√	√	
Mekanik	√	√	√	√
Dinamik		√	√	√
Makaslama-Kesme (Shear)				√
Titreşim ve darbe	√	√	√	√
Elektromanyetik	√	√	√	√
Çevresel	√	√	√	√
Diğer		√		√

Çalışmada, Şekil 2.1 ve Şekil 2.2’de de görüldüğü gibi sargı sıcaklığı artışı ile rulman sıcaklığı artışının birbiri ile yakından ilintili olduğu ve sıcaklık artışlarının irdelenmesinin, rulman durumu izlemede geçerli bir yöntem olduğundan bahsedilmiştir [25].



Şekil 2.1. 1800 rpm hızda yük-sıcaklık grafiği [25].



Şekil 2.2. 3600 rpm hızda yük-sıcaklık grafiği [25].

Ali Sinan Çabuk, Tekerleğiçi Fırçasız Doğru Akım Motorlarının Sıcaklık Dağılımlarının Toplu Parametrelili Devre Modeli Şeması ile İncelenmesi adlı makalesinde, elektrik motorlarında sıcaklığın etkisinin, motorun çalışma karakteristiklerine önemli ölçüde etki eden bir değişken olduğundan bahsetmiştir. Çalışmada, sıcaklığın motor performansını etkilediği, manyetik özelliklerine zarar verdiği ve motor yalıtım unsurlarının bozulmalarına yol açtığından söz edilmiştir. İncelemede, çoğunlukla hafif elektrikli araçlarda kullanılan, 3000 W gücünde ve 150 V gerilim ile sürülen, hızı 1000 rpm olan elektrik motoru kullanılmıştır [26].

BÖLÜM 3

UYGULAMA ŞEKLİNE GÖRE BAKIM ÇEŞİTLERİ

İşletmelerde üretimin sürekliliğini sağlamak, zaman kayıpları ve gereksiz duruşların önüne geçebilmek için, makine ekipman ve üretim hatlarının sağlıklı ve uzun ömürlü çalışabilmesi için yürütülen çalışmalara bakım ve onarım çalışmaları denir [3].

3.1. ARIZA DURUMUNDA YAPILAN BAKIM ÇALIŞMALARI

Herhangi bir önceden uyarıcı sistem kullanılmadan ve belli periyotlar halinde yapılmayan, arıza durum oluştuktan sonra yapılan bakım onarım çalışmalarını içermektedir. Tesislerin bakım onarım politikalarının “Arıza Durumunda Yapılan Bakım” yönünde geliştirmelerinin genel olarak 2 temel sebebi vardır [3].

Bunlardan birincisi arıza durumunda üretimin büyük kayıplara uğramadan, yedek makine ve teçhizatlar üzerinden yapılabilen olduğu ve diğer bakım onarım metodlarını uygulamanın daha maliyetli olarak öngörüldüğü durumlarda, bakım onarım çalışmalarının sadece arıza durumunda yürütülmesi iş gücü ve yedek parça açısından daha mantıklı olacaktır.

Bir diğer sebep ise bakım onarım personellerinin arıza yoğunluğundan kaynaklı olarak yaşanan arızaların kök neden analizini yapmaya, sorunların kaynağında çözülmesi için enerji ve zaman ayırmada problem yaşadıkları durumlarda uygulanmasıdır.

Arıza durumunda yapılan bakım çalışmalarının, genel olarak yeterli sayıda bakım çalışanı bulundurmayan, nispeten küçük ölçekli ve kurumsallaşma yolunda çok fazla yol kat edememiş işletmelerde benimsendiği söylenebilir. Buna rağmen arıza durumunda yapılan bakım çalışmalarının dünya üzerinde halen azımsanmayacak

kadar fazla tesiste etkin olarak kullanıldığı görülmektedir. Arıza durumunda yapılan bakım çalışmalarının gözle görülen maliyeti düşürdüğü ancak sebep olduğu plansız duruşlar, vakit ve üretim kaybı gibi etmenlerle ürün maliyetlerini olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir. Yine de kullanıldığı alana göre diğer bakım çalışmalarına göre uygulanabilirliğinin daha yüksek olduğu noktalar mevcuttur. Örneğin saha aydınlatmaları için belirli aralıklarla bakım planları hazırlamak yerine arıza durumu oluştuğunda bakım çalışması yapmak mantıklı olabilmektedir [3].

3.2. PLAN DAHİLİNDE (PERİYODİK) YAPILAN BAKIM ÇALIŞMALARI

İsminden de anlaşılacağı üzere yapılan bakım çalışmalarının belirli bir plan dahilinde ve periyodik olarak tekrarlanarak yapıldığı bakım çalışmalarını ihtiva etmektedir. Periyotlar ekipmanın tesisteki önemine (kritikliğine), çalışma sıklığına ve saatine, tesiste edinilen arıza sıklığı tecrübelerine veya ekipmanı üreten ya da tasarlayan firmanın önerilerine göre belirlenebilir.

Arıza durumunda yapılan bakım çalışmalarında olduğu üzere günümüzde işletmelerde etkin olarak kullanılan bir başka bakım yöntemlerinden biridir.

Planlı bakım işletmelerde arıza durumunda tesiste uzun duruşlara sebep olabilecek, arızalanma olasılığı yüksek olan ekipman ve sistemler için kullanılabilir. Planlı bakımlar tesiste veya ekipmanda arıza oluşmasını engelleme yönünde etkili bir bakım yöntemidir. Ancak etkin bir planlı bakım sisteminin oluşturulabilmesi ve uygulanabilmesi için tesisin ya da ekipmanın belirli aralıklarla duruyor olması gerekmektedir.

Planlı bakım yönteminin duruşları azaltma ve üretim arttırma yönünde pozitif etkileri olduğu gibi bakım personellerinin üzerinde iş yükünü arttırma, henüz ömrünü tamamlamamış ekipman ve malzemelerin değişiminden doğan maliyetlerin artması gibi olumsuz etkileri de olabilmektedir [5].

3.3. KESTİRİMCİ BAKIM ÇALIŞMALARI

Kestirimci bakım çalışmaları ekipmanların sürekli olarak çeşitli veriler (sıcaklık, titreşim, akım, gürültü, korozyon, yağ analizi v.b.) ışığında izlenerek arıza sebebiyle üretim duruşu verilmeden, uygun tesis duruşlarından yararlanılarak yapılan bakım çalışmalarını içermektedir.

Kestirimci bakım uygulamalarının etkin şekilde yürütülebilmesi için tesisteki normal çalışma durumundaki verilerin bakım ekipleri ya da operatörler tarafından iyi biliniyor olması gerekmektedir. Normal çalışma durumundaki veriler incelenerek gerek ekipman üreticileri ile gerekse tesiste daha önce edinilen tecrübeler ışığında kestirimci bakım için izlenen verilere sınır değerler konularak bakım çalışmaları sürdürülebilir.

Kestirimci bakım yöntemini, arıza durumunda yapılan bakım yöntemi ile karşılaştıracak olursak avantajlı denebilecek bir bakım yöntemi olduğunu görmüş oluruz. Kestirimci bakım, arıza durumunda yapılan bakım çalışmalarına istinaden hatta arıza duruşu yaşanmadan evvel bakım gruplarını uyararak gerekli hazırlık çalışmalarının yapılmasında ve yedek malzemelerin tedarik edilmesinde süre avantajı sağlar ve hattın arıza sebebiyle duruşundan önce müsait olan bir duruşta bakım çalışmalarının tamamlanması zaman ve üretim kayıplarını engeller.

Planlı bakım metodu ile karşılaştırıldığında ise ömrünü henüz tamamlamamış ve çalışabilecek durumda olan malzemelerin değişimine ihtiyaç duymaz ve arızaya sebep verecek bozulmalar olmadığı halde yapılan periyodik bakım çalışmalarından doğan iş yükünü azaltacaktır.

Örneğin bir hadde motoru ele alındığında hat çalıştığı esnada motor rulmanlarından birinin hasarlandığını (arıza durumunda yapılan bakım çalışması örneği) ve sürücünün aşırı akım alarmı sebebi ile hattı durdurduğunu varsayalım. Bu durum hattı durduracak, hazırlık ve rulman yedeği edinilmesi hususunda bakım ekibini hazırlıksız yakalayabilecek ve onarım süresi hadde motorları gibi büyük motorlarda

7-8 saat kadar sürebileceği için üretimi ve üretim maliyetlerini olumsuz yönde etkileyecektir.

Aynı durum planlı bakım çalışmaları açısından değerlendirildiğinde hadde motorlarının 3-4 yıl ve belki çalışma koşullarının sertliğine göre daha fazla süre çalışabilecek durumda rulmanlarının 1-2 yılda bir tüm hadde motorlarında değiştirilmesi durumunda hem yedek parça maliyeti açısından hem de bakım gruplarının üzerindeki iş yükü açısından olumsuz sonuçlar doğuracaktır.

3.4. PRO-AKTİF BAKIM ÇALIŞMALARI

Pro-aktif bakım yaklaşımı özünde arızaların kök nedeninin araştırılmasını prensip edinmiş bir bakım türüdür. İlk 3 bakım yöntemi; arızanın giderilmesi, arıza oluşmadan evvel müdahale edilmesi, arıza oluşmaya başladıktan sonra arıza duruşu verilmeden müdahale şekli olan bakım çeşitleri idi. Ancak Pro-aktif bakım yaklaşımı bu yöntemlerin işleyişinden biraz ayrılarak arızanın tekrar etmesini de önlemek amacıyla yapılan çalışmaları da içermektedir. Bu yaklaşım sayesinde arızanın kök nedeni doğru şekilde tespit edildiğinde arızanın tekrar ortaya çıkma olasılığı düşürülmüş olur.

Pro-aktif bakım yönteminin uygulanmasında personelin bakım ve işletme tecrübesine fazlasıyla ihtiyaç duyulmaktadır. Kök neden araştırmalarının doğru sonuca ulaşabilmesi için bakım personelinin yetkinliği çok önemlidir. Ayrıca tesislerde çıkan arıza durumlarına Pro-aktif bakım yaklaşımının uygulanabilmesi için bakım ekiplerinin üzerlerindeki iş yükünün fazla olmaması ve kök neden araştırmalarına vakit ayrılması gerekmektedir.

Sonuç olarak kestirimci bakım çalışmalarına verilen örnek Pro-aktif bakım yöntemi ile de inceleme altına alınırsa, arıza durumunda yapılan bakımda hadde motorunun rulman kilitlemesi sebebi ile arıza duruşu verilmiş ve onarım süresi beklenmişti. Periyodik bakım yönteminde arıza yaşanmamış ancak onarım maliyetleri ve iş yükü artmış idi. Kestirimci bakım yöntemi aynı duruma uygulandığında ise arıza durumunda yapılan bakım ve periyodik bakım çalışmalarına kıyasla daha avantajlı ve

daha az maliyetli olduğu görülmüştü. Fakat kestirimci bakım yöntemi arızanın tekrarlanmaması adına herhangi bir çalışma içermemektedir. Tam olarak bu noktada Pro-aktif bakım yöntemi de devreye girerse ve rulman kilitleme arızasının sebebinin kök nedeninde örneğin kaplin ayar dengesizliği sebebi ile rulman ekseninin bozulduğu anlaşılmış olsa idi arızaya ait kök neden tanımlanmış ve gerekli iyileştirmelerin sonucunda kestirimci bakım ihtiyaçlarının da azaldığı ve makinanın çalışma ömrünün uzadığı görülmüş olurdu.

Dolayısı ile büyüyen endüstri alanında yukarıda anlatılan herhangi bir bakım yönteminin tek başına uygulanması tesislerin ihtiyacını tam olarak karşılayamamaktadır. Etkin bakım politikalarının oluşturulabilmesi için bakım yöntemlerinin birlikte uygulanması ve uygulanan makine veya tesise en uygun olacak bakım yönteminin seçilmesi bakım politikasını sürdürülebilir kılacaktır.

BÖLÜM 4

DEMİR-ÇELİK FABRİKALARI VE SEKTÖRDE UYGULANAN BAKIM YAKLAŞIMLARI

4.1. DEMİR ÇELİK FABRİKALARI VE KARDEMİR

Demir-Çelik üretim sektörü Cumhuriyetin kurulmasından bu yana Türk Sanayisinin mihenk taşlarından biridir. Ülkemizin ihracat kalemlerinde önemli bir yere sahiptir ve bölgedeki halkın önemli geçim kaynaklarından biridir.

1937 yılında temelleri atılan ve 1939 yılında ilk defa üretime başlayan Kardemir ele alındığında yukarıda anlatılanların fazlası ile doğru olduğu görülmektedir. Kardemir'in temelleri atıldığında fabrika bölgesinde yaşayan insan sayısı neredeyse hiç denecek kadar az olduğu halde, günümüzde Karabük kentinin var olmasının en büyük sebebi Kardemir'dir.

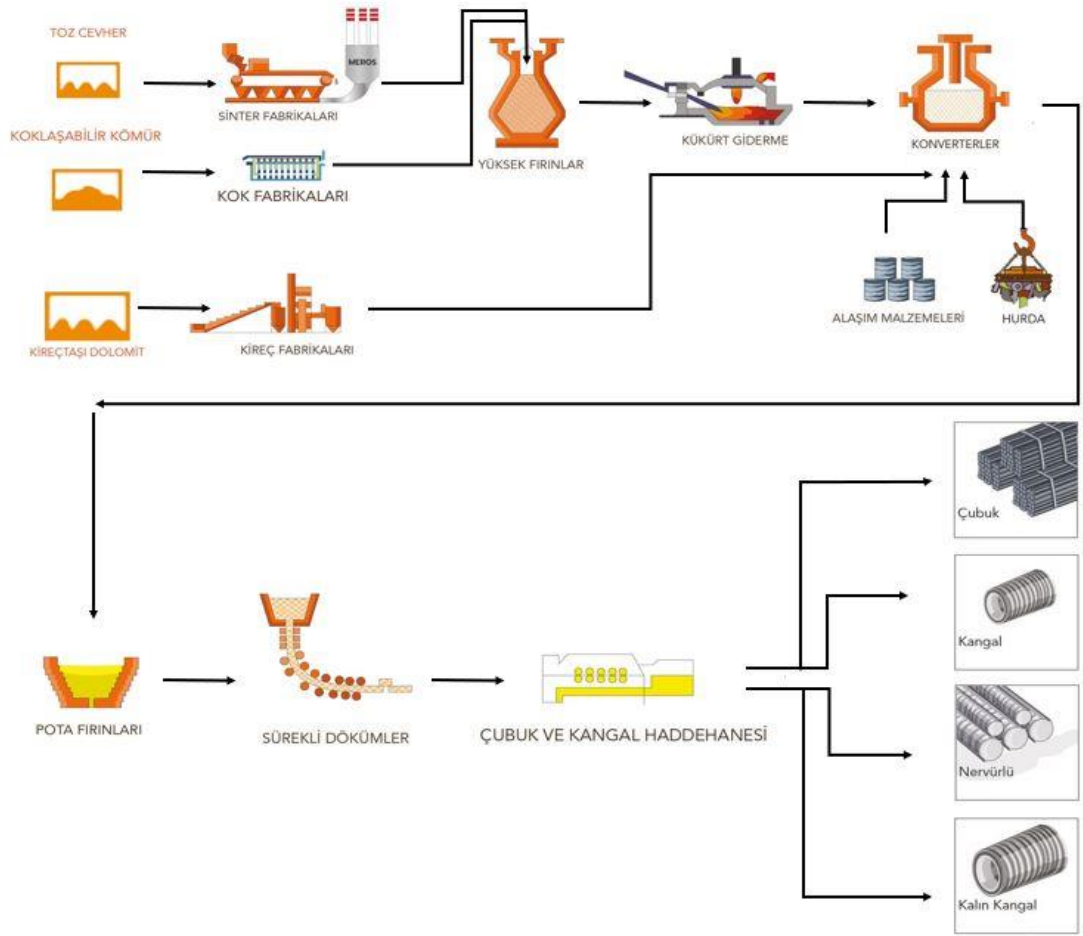
Yaklaşık 5000 çalışan sayısı ve ülkemizin en büyük 24. Sanayi kuruluşu olması sebebi ile bölgenin ve ülkemizin güzide kuruluşlarından biridir. Bölge halkının nesillerdir en büyük geçim kaynağı olmaya devam etmektedir.

Kardemir (Şekil 4.1), ülkemizdeki 3 entegre demir-çelik fabrikasından biri olma özelliğine sahiptir. Entegre demir-çelik fabrikaları diğer fabrikalardan farklı olarak Kok Fabrikaları, Sinter Tesisleri ve Yüksek Fırınlara gibi özel tesisleri barındıran ve bu tesisler sayesinde direkt olarak saf demir cevheri üzerinden üretim yapabilme özelliğine sahiptirler. Bu tesislere sahip olmayan fabrikalar, çelik kalitesini ayarlama noktasında çok dezavantajlı durumdadırlar. Saf demir cevheri adından da anlaşılacağı üzere katkısız olduğu için kullanılan katkı maddeleri ile istenen kalitede çeliğin üretilmesi için büyük avantaj sağlamaktadır.



Şekil 4.1. Kardemir genel görünümü.

Kardemir üretim şeması, baştan sona anlatılacak olursa kısaca şu şekilde ifade edilebilir; Şekil 4.2’de de görüldüğü gibi, Sinter Tesisleri, demir cevherini, Yüksek Fırınlarda kullanılacak şekilde hazırlar, Kok Fabrikaları ise taş kömürünü gerekli işlemlerden geçirerek daha yüksek kalorili kok kömürüne çevirir ve Yüksek Fırınlara gönderir. Yüksek Fırınlarda ise demir cevheri ve kok kömürü kullanılarak sıvı ham demir üretimi yapılmaktadır. Sıvı ham demir, Çelik Üretim Tesislerine gönderilir, burada sıvı ham demir istenen kalitede çeliğe dönüştürülür ve Sürekli Dökümler Tesisine aktarılır. Sürekli Dökümler Tesisi, istenen kalitede kütüğü üretimi yapılacak olan ürüne göre haddehanelere uygun halde kütük, blum, beam blank yada yuvarlak kütüğe dönüştürür. Üretimi yapılacak olan ürün ray yada ağır profil ise Ray ve Profil Haddehanesinde haddelenir ve hazır hale getirilir. Ürün kangal (çap 5.5 mm-25 mm), kalın kangal (çap 20mm-56 mm), sbq (çap 20 mm-100 mm özel kalitede düz yuvarlak çubuk) ise Çubuk ve Kangal Haddehanesine gönderilir ve burada haddeleme işlemleri yapılır. Ürün demir yolu tekerleği ise Sürekli Dökümlerde üretilen yuvarlak kütükler Demir Yolu Tekerli Üretim Tesisine gönderilir ve burada gerekli işlemler sonucunda mamul haline getirilir. Ürün inşaat çubuğu (nervürlü çubuk) ise kütükler Kontinü haddehane ya da Çubuk ve Kangal Haddehanesinde haddelenir.



Şekil 4.2. Kardemir üretim akış şeması [37].

İş bu tezde konu edinilen tesis şahsımın da aktif olarak Elektrik ve Otomasyon Bakım Mühendisi olarak çalışmakta olduğu Çubuk ve Kangal Haddehanesi'dir.

4.2.ÇUBUK VE KANGAL HADDEHANESİ

Çubuk ve Kangal Haddehanesi 2016 yılında 4 farklı üretim hattı ile ürün üretebilme yeteneği ile devreye alınmıştır. Bu hatlar İnce Kangal Hattı (WRL-Wire Rod Line), Kalın Kangal Hattı (PRL-Pouring Reel Line), HSD (High Speed Delivery) Line (Yüksek Hızlı Çubuk Üretim Hattı), LSD (Low Speed Delivery Line – Düşük Hızlı Çubuk Üretim Hattı) yada SBQ (Special Bar Quality - Özel Kaliteli Çubuk Üretim Hattı) olmak üzere 4 adettir. Nervürlü çubuk üretebilme yeteneğine de sahip olan haddehane bu üretimi SBQ hattı ile aynı hat üzerinden yapabilmektedir. Üretilmek istenen ürüne göre hat seçimi yapılarak üretim yapılmaktadır.

Toplamda yaklaşık 82.5 MVA kurulu güç kapasitesine sahip olan Çubuk ve Kangal Haddehanesi beslemesi 10.5 kV ile sağlanmaktadır. Güç sisteminde kuru tip trafo kullanılmıştır. Kapalı bir ortamda olmasının verdiği avantaj ile kuru tip trafolar bakım ve işletme konusunda yağlı tip trafolarla göre daha avantajlıdır. Bu sebeple güç sistemi için yapılan periyodik ve kestirimci bakımların iş gücü yağlı tip trafolarla nispeten daha düşüktür.

İnce kangal üretim hattı ana ekipmanları sırası ile, fırın, hadde tezgahları, MeerDrive, WB (Water Box: Su Kutusu, Soğutma Ekipmanı), Sermek Kafa ve LCC (Soğutma Röle Yolu)'dir. Daha sonra ürün kangal paketleme tesislerinde bağlanıp etiketlenir ve sevkiyata hazır hale getirilir. İnce kangal üretim hattı, çapı 5,5 mm – 25 mm arasında olan kangal ürünlerini üretebilmektedir.

İnce Kangal Hattı için SCADA sistemi üzerinde ayrı bir sayfa bulunmaktadır. Bu sayfa üzerinde, üretim bilgileri (ebat, hız, her bir kütük için haddeleme süresi, o gün içinde üretilen toplam ürün sayısı ve bir saatlik dilimlerde yapılan üretim sayısı, anlık olarak fırın içindeki kütük sayısı v.b), hat hızı, tezgah torkları ve hızları, loop değerleri, sahadaki local panellerin yetki durumları, malzemenin bölgelerdeki sıcaklığı ve yeri, hava basıncı, su basıncı, yağ seviyeleri ve alarmlar gibi bir çok bilgi bulunmaktadır.

Kalın kangal hattı (PRL – Pouring Reel Line) ekipmanları sırası ile, fırın, hadde tezgahları, PSM, WB, basket üniteleri ve walking beam denilen yürüten kirişli soğutma yolu üniteleridir. Buradan sonra üretilen ürün, yine ince kangal hattında olduğu gibi kangal paketleme ünitesine gönderilir ve burada bağlanıp etiketlenir. Kalın kangal hattı, çapı 20 mm – 56 mm arasında olan kangal ürünlerini üretebilmektedir.

Kalın kangal hattı için de ince kangal hattında olduğu gibi ayrı bir SCADA sayfası mevcuttur. Bu sayfa üzerinde ise ince kangal SCADA ekranına ek olarak basket pozisyonları ve seçimleri, ayrıca walking beam soğutma ünitesi pozisyonları ve üretilen malzemenin walking beam üzerindeki yeri gösterilmektedir.

SBQ Hattı (Special Bar Quality-Özel Kaliteli Yuvarlak Çubuk Hattı) ana ekipmanları, fırın, hadde tezgahları, WB1, PSM, WB2 ve Soğutma Izgarasıdır. Ürün soğutma ızgarasından sonra abrasive testereleler yardımıyla siparişe uygun boylarda kesilerek çubuk paketleme ünitelerine gönderilir ve burada bağlanıp, etiketlenir. SBQ hattında çap 20 mm ve 100 mm arasında yuvarlak çubuk üretimi yapılabilmektedir. SBQ Hattı SCADA ekranında ise kalın kangal ve ince kangal üretim hatlarından farklı olarak Sliders (Kaydırıcılar) ünitesi ve soğutma ızgarası pozisyonları yer almaktadır.

Nervürlü çubuk üretim hattı, inşaat çeliği adı ile de bilinen üründür ve Çubuk ve Kangal Haddehanesinde, çap 8 mm – 40 mm arasında üretilebilmektedir. 8mm ve 20 mm arasında çapa sahip olan ürünler HSD hattından üretilmektedir. 20 mm ve 40 mm arasındaki çaplar LSD (SBQ) hattı üzerinden üretilmekte olup, hat üzerindeki ana ekipmanlar, fırın, hadde ve thermoprocessing (TPH-Hızlı ve Yüksek Basıncılı Soğutma Ünitesi) ve soğutma ızgarasıdır. Izgara sonrasında çubuklar, soğuk makas yardımı ile siparişe uygun boyutta kesilmektedir ve çubuk paketleme tesisinde bağlanıp etiketlenmektedir.

Kapasitesi yıllık 700.000 ton üretim miktarına elverişli olarak tasarlanmıştır ve uygun ürün gamı ile bu kapasitede ürün üretilebilmektedir.

Teknolojik açıdan ülkemizdeki emsallerine kıyasla üst düzey bir otomasyon teknolojisine sahiptir. Bununla birlikte yaklaşık 200 farklı kalitede ürün üretilebilirken düşük çaplı ince kangal ürünlerinde hat hızı 120 m/s değerlerine ulaşabilmektedir.

Çubuk ve Kangal Haddehanesi organizasyonel olarak bir müdüre bağlı 4 farklı Başmühendislik biriminden oluşmaktadır. Bu birimler; İşletme Başmühendisliği, Elektrik ve Otomasyon Bakım Başmühendisliği, Mekanik Bakım Başmühendisliği ve Kalibrasyon ve Yedek Hazırlama Başmühendisliğidir.

Tesiste yapılan üretimden sorumlu olan birim İşletme Başmühendisliğidir. Üretim ekipmanı olan merdane, yolluk, kasa gibi ekipmanların bakım ve yedekleme

işlemleri Kalibrasyon ve Yedek Hazırlama Başmühendisliği tarafından yapılır. Hidrolik hatlar ve ekipmanları, hava (pnömatik) hatları ve ekipmanları, bağlantı elemanları, redüktörler ve diğer mekanik parçalar Mekanik Bakım Başmühendisliği sorumluluğundadır. Transformatörler, kesiciler, enerji hatları, jeneratörler, elektrik motorları, hat üzerindeki tüm sensör ve siviçler, sürücüler, aydınlatmalar, vinçlerin elektriksels ekipmanları (frenler, magnetler v.b), PLC ve SCADA sistemleri ve kamera sistemleri, şahsımın da görev yaptığı Elektrik ve Otomasyon Bakım Başmühendisliği sorumluluğu altındadır.

Çubuk ve Kangal Haddehanesinde yapılan bakım çalışmaları ve ekipman çeşitliliğinin anlaşılabilmesi için kısımlara ayrılması daha doğru olacaktır.

4.2.1. Tav Fırını

Tav fırını genel olarak Sürekli Döküm Makinelerinde üretilen kütüklerin haddeleme işlemine alınabilmesi için kalitesine göre gerekli sıcaklık değerine ulaştırıldığı ünitedir (Şekil 4.3). Tav fırınında gerekli sıcaklığa kadar tavlanan ürün hadde tezgahlarına geçer ve haddeleme işlemi burada başlar.

Çubuk ve Kangal Haddehanesinde, 1 pasif ve 6 aktif bölümden oluşan, yaklaşık 130 ton/saat kapasiteli, doğalgaz yakıtlı, yürüyen kirişli tav fırını kullanılmaktadır. 44 adet burner ile tavlama işlemi yapmaktadır. 8 adet burner ünitesinde BCU (Brulor Control Unit) kullanılmaktadır. Tav fırını üzerinde doğalgaz hattı için çok sayıda safety valf, aktüatörlü vana, termokupl, basınç transmidi bulunmektedir ve bu ekipmanlar doğal gaz hattı üzerinde çalışmakta oldukları için S7-300 Safety PLC ile kontrol edilmektedir. Fırın içerisindeki iticiler ve alıcılar, fırın kapakları, yürüyen kirişler, şarj masası gibi ekipmanlar ve motorlar S7-300 bir başka PLC ile kontrol edilmektedir ve fırın bölgesinin kontrolleri için SCADA ekranında özel bir sayfa bulunmaktadır.

Fırın bölgesi SCADA ekranında, şarj masası pozisyonları, kütük konumları ve röle yolu kütük varlığı, fırın giriş kantarı pozisyonları ve ölçümleri, yakma havası ve baca havası ölçümleri, 6 aktif bölgeye ait set sıcaklıkları ve gerçek sıcaklıklar, fırın içi

walking beam (yürüyen kiriş) pozisyonları, otomatik mod şartları gibi bir çok bilgi bulunmaktadır. 24 saat süresince sürekli izlenmekte olan bu ekrana düşen alarmlar ile ilgili operatörler bakım grupları ile iletişime geçmektedirler.

Fırın bölgesinde ayrıca sadece fırına özel bir hidrolik ünitesi, şarj masası için asenkron röle motorları ve otomatik çalışma şartlarının kontrolü için farklı tiplerde sensörler bulunmaktadır.



Şekil 4.3. Tav fırını görünümü.

4.2.2. Hadde Tezgâhları

Hadde tezgahları tav fırınında yeterli sıcaklığa ulaşan kütüğün istenen ürüne göre haddeleme işleminin başladığı noktadır. 3 ana kısımdan (Rough-Intermediate-Finish) oluşur. Her bir kısım 3 dikey 3 yatay olmak üzere 6 tezgah ihtiva etmektedir. Tezgah gruplarının arasında uç ve baş kırpmada kullanılan 2 adet hadde makası mevcuttur. Makas motorları, asenkron motor olup, 545 kW gücünde, 690 V beslemeli ve sürücü kontrollüdür. Tezgahlar ise güçleri 500 kW ile 900 kW arasında değişkenlik gösteren 690 V beslemeli, sürücü kontrollü, asenkron motorlar vasıtası ile çalıştırılmaktadır.

Hadde bölgesinin çalışması için ayrıca sadece hadde bölgesinin ekipmanları için kullanılan bir hidrolik ünitesi, hadde motorlarının redüktörleri için bir sıvı yağlama

sistemi ve açıkta dönen ekipmanlar için bir air-oil sistemi bulunmaktadır. Tüm bunlarla birlikte otomatik çalışma şartlarının kontrolü için pek çok sensör kullanılmaktadır.

Bu ekipmanların yanı sıra hadde bölgesinin hidrolik sistemlerini ve manuel hareketlerini kontrol eden bir PLC, makas hareketlerini kontrol eden bir PLC ve hat boyunca hat hızını ve gerginlik kontrolünü yöneten ayrı bir PLC bulunmaktadır ve bu PLC sistemleri fırından başlayarak paketlemenin sonundaki sistemi kontrol eden PLC dahil olmak üzere birbirleri ile haberleşmektedirler.



şekil 4.4. Hadde tezgahlarının bir bölümü.

şekil 4.4'te, bir dikey ve bir yatay olarak sıralanmış hadde tezgahları görülmektedir.

4.2.3. Hassas Boyutlandırma Haddesi - PSM (Precision Sizing Mill)

PSM nitesi içeriğinde 4 tezgah barındıran, hadde tezgahlarından farklı olarak 120 derece açılı 3 yönlü haddeleme yapan kompleks bir makinadır (şekil 4.5). Tezgah tahrikleri güçleri 1075 kW, 900 kW, 900 kW ve 600 kW olan 690 V beslemeli, PLC ve sürücü kontrollü 4 adet asenkron motor ile sağlanmaktadır.

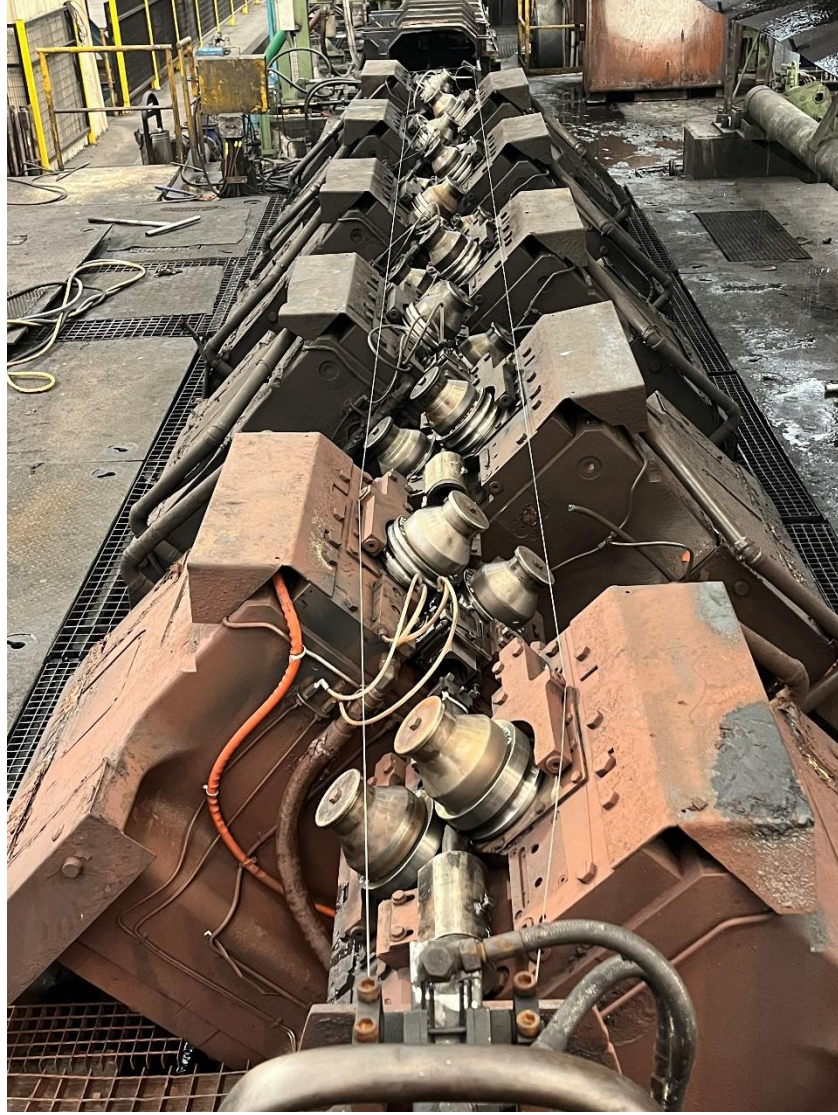


Şekil 4.5. PSM (Precision Sizing Mill-Hassas Boyutlandırma Haddesi).

PSM ünitesi sisteme bağlı olan bir PLC sisteminin yanında kendi iç yazılımlarını ve üzerindeki özel ekipmanları kontrol eden harici bir PLC sistemi barındırmaktadır. Bu harici sistemin ayrıca bir SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) ekranı vardır.

4.2.4. Meer Drive Ünitesi

Meer Drive ünitesi sektörde bilinen genel ismi ile mono blok ünite 5 oval 5 yuvarlak olmak üzere Şekil 4.6'da da görüldüğü gibi birbirine 90 derece ve zemine 45 derece açı ile bakan çift yönlü haddeme yapan 10 tezgahtan oluşmaktadır. Tezgahlar 4 adet 1075 kW, 4 adet 900 kW, 2 adet 800 kW gücünde 690 V beslemeli, sürücülü ve PLC kontrollü asenkron motor ile çalıştırılmaktadır.



Şekil 4.6. MeerDrive ünitesi genel görünüşü.

MeerDrive ünitesinde de PSM ünitesinde olduğu gibi kendi iç ekipmanlarının kontrolü ve tezgahlar arasındaki hız hesabının doğruluğu için ayrı bir PLC sistemi kullanılmaktadır. Ancak PSM ünitesinden farklı olarak harici bir SCADA ekranı yoktur ve gerekli datalar hadde bölgesine ait olan SCADA ekranının farklı sayfalarında gösterilmektedir.

Motor Bearing Temperature (°C)					Stand Bearing Temp. (°C)		Actual Vibration (mm/s)		Actual Current	FBK Speed rpm
Winding 3	Winding 2	Winding 1	D-End	ND-End	Upper	Lower	Upper	Lower		
80.40	81.10	84.30	63.10	48.80	41.30	45.50	0.3102	0.3333	358.4 A	811.2
87.10	85.70	82.40	61.80	45.20	40.70	41.00	0.7361	0.6019	417.5 A	872.1
72.80	71.30	72.50	41.90	56.10	45.00	44.00	0.3194	0.3102	356.9 A	844.9
88.10	89.50	86.50	64.60	48.70	50.40	48.70	0.3519	0.3796	396.1 A	858.3
82.70	79.80	81.90	57.70	41.80	46.70	56.40	0.4213	0.6019	290.7 A	817.8
74.50	73.90	72.90	53.10	38.00	46.50	49.60	1.34	1.23	304.5 A	824.9
83.90	83.20	83.60	63.30	45.60	57.10	58.50	0.4213	0.4722	296.5 A	891.3
75.00	74.30	78.00	50.50	41.90	53.30	54.30	0.4583	0.4398	301.3 A	851.1
82.00	79.30	80.20	65.40	46.50	60.10	58.80	0.3981	1.00	294.3 A	1034.0
80.80	76.50	77.70	60.00	43.20	58.50	58.20	0.3935	0.8750	225.4 A	1139.0

Şekil 4.7. Meer Drive Ünitesi sıcaklık-titreşim-akım-hız bilgileri ekranı.

Meerdrive Ünitesi SCADA ekranında (Şekil 4.7), ünite de kullanılmakta olan 10 adet asenkron motora ait olan, sürücü, sürücü fanı ve motor fanı durumları, motor sargı sıcaklıkları (her motor için 3 adet), motor ön ve arka rulman sıcaklıkları, redüktör üst ve alt yatak sıcaklıkları, motor ön ve arka titreşim sinyalleri, akım, hız gibi değerlerle birlikte bir çok konum bilgisi bulunmaktadır.

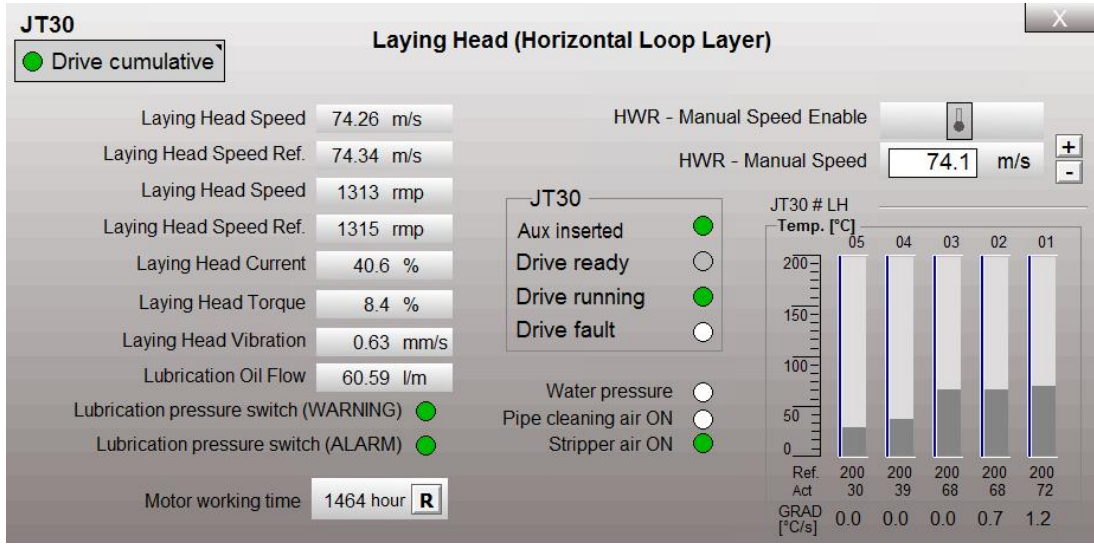
4.2.5. Serme Kafa ve LCC Soğutma Role Yolu

Serme Kafa Ünitesi, hadde tezgahlarından doğrusal şekilde çıkan sıcak malzemeyi spiraller şeklinde, soğutma role yoluna sermekle görevli olan ekipmandır (Şekil 4.8). İçerisinde düz olarak başlayıp daha sonra kıvrılan borunun döndürülmesi ile malzemeyi spiral haline getirir.



Şekil 4.8. Serme kafa ünitesi.

Serme kafa ünitesi, 315 kW gücünde, 690 V gerilim ile çalışan bir asenkron motor ile sürülmektedir. Sürücü ve PLC kontrollüdür. SCADA ekranında ise açılır-kapanır bir pencerede (Şekil 4.9), Serme kafa (Laying Head - Horizontal Loop Layer) ünitesine ait, m/s ve rpm cinsinden referans ve gerçekleşme hızları, akım ve tork değerleri, rulman yağlamalarının takibi için motor çalışma saati, boru temizleme havasına ve redüktör yağlamasına ait sinyaller, 3 adet motor sargı sıcaklığı verisi, ön ve arka olmak üzere 2 adet sıcaklık verisi ve titreşim ölçümleri yer almaktadır.



Şekil 4.9. Serme kafa ünitesi SCADA penceresi.

4.2.6. Pinchroll Üniteleri

Pinchroll (Şekil 4.10) üniteleri isminin Türkçe karşılığından da anlaşılacağı gibi malzemeyi 2 ring arasına kısıtararak çekme işlemi yapar. Pinchroll malzemenin bir üniteden çıkıp diğer üniteye girene kadar kat ettiği yolda kontrolsüz ilerlemesini engeller ve sonraki üniteye malzemeyi ulaştırır. Pinchroll üniteleri haddeme işlemi yapmazlar, ölçüsünü değiştirmezler.



Şekil 4.10. Pinchroll genel görünümü.

4.2.7. Hadde Makasları

Haddehanelerde yoğun olarak kullanılan bir diğer ekipman ise hadde makaslarıdır. Makaslar (Şekil 4.11) buldukları noktaya göre farklı görevlere sahip olabilmektedirler. Bu görevlerden biri uç ve baş kesimleridir. Uç ve baş kesmekle görevli olan makaslar farklı hadde grupları arasında malzemenin nispeten soğuyan ve bozulan kısımlarının kesilmesi için kullanılırlar. Özellikle baş kısmındaki bozulma ve soğuma, malzemenin bir sonraki hadde tezgahına girişini zorlayan bir etmendir. Bu noktada, uç ve baş makasları devreye girerler ve soğuyan kısmın atılıp malzemenin düzgün şekilde sonraki haddeye girmesine yardımcı olurlar.



Şekil 4.11. Bir uç ve baş kesme makası görünümü.

Bir diğer hadde makası çeşidi ise boy makasıdır. Özellikle düz çubuk, SBQ, nervürlü inşaat demiri üretimleri gibi uzun mamullerin üretiminde kullanılırlar. Boy makasları haddelenen malzemenin soğutma ızgarasında düzgün şekilde ilerleyebilmesi için belirli boylarda malzemenin kesilmesini sağlayan makaslardır. Boy makaslarında uç ve baş makaslarından farklı olarak hurda çıkışı bulunmamaktadır. Sadece aynı malzemeyi belirli boylara ayırmakla görevlidirler.

4.2.8. Soğutma Üniteleri (Water Box)

Water Box yani soğutma üniteleri farklı kalitelerde çelik üretimi yapan tesislerde malzemenin soğuma rejiminin kontrol edilebilmesi için kullanılmaktadırlar. Genelde pnömatik enerji ile ve oransal vanalar ile sürülmektedirler. Üretilen malzemenin üzerine istenilen basınç ve debide su verilmesini sağlarlar ve malzemenin istenilen fiziksel özelliklerinin ayarlanabilmesi için çok önemlidirler.

4.2.9. Paketleme Tesisleri

Paketleme Tesisleri, Çubuk ve Kangal Haddehanesinde 2 farklı bölgeye konuşlandırılmıştır. Bu tesislerden birincisi, kalın kangal ve ince kangal ürünlerinin paketlenildiği kangal paketleme tesisidir. Kangal paketleme tesisi genel olarak 2 farklı gruptan oluşmaktadır. İlk grup LCC soğutma röle yolundan ya da kalın kangal yürüyen kirişli yolundan malzemenin asansörler vasıtası ile indirildiği, dikey palet bölgesidir. Palet bölgesinde malzeme dik şekilde paletlerin üzerinde durmaktadır. Bölgede çok sayıda asenkron motor ve endüktif sensör bulunmaktadır. Palet bölgesinden sonunda kırpma ve devirme istasyonları mevcuttur. Bu noktada malzeme üzerinden numune alma ve benzeri işler yapılmaktadır. Devirme istasyonu sonrası, malzeme kangal paketleme bölgesinin ikinci kısmı olan C kancalar bölgesine transfer edilirler. Bu bölgede kangallar bağlanırlar ve tartılırlar. Tartım işlemi sonrasında kilogram bilgisi ile birlikte etiketlenirler ve stok sahasına sevk edilirler. C kancalar bölgesinde ve bağlama makinalarında da hidrolik sistemler, asenkron motorlar ve çok sayıda endüktif sensör bulunmaktadır. Endüktif sensörlerin paletlerin ve kancaların varlığını tespit edebilme yeteneği sayesinde sistem tamamı ile otomatik moda çalışabilmektedir.

4.2.10. Hidrolik ve Yağlama Üniteleri

Hidrolik ve yağlama sistemleri hem endüstriyel alanda hem de demir-çelik sektörü özelinde önemli yer tutmaktadırlar. Tank ve pompa gibi ekipmanlar bulundurmaları sebebi ile birbirine benzer olan sistemlerdir. Her iki sistemde de akışkan olarak yağ kullanılmaktadır.

Hidrolik sistemler, tesislerde ağır yük altında çalışacak olan sistemlerde tercih edilirler. Bu sistemlerin hızlı olmalarından ziyade yük altında sabit hızla ilerlemeleri beklenmektedir. Çubuk ve Kangal Haddehanesinde, tav fırını kirişlerinin hareketinde, kalın kangal hattı kirişlerinin hareketinde, fırın şarj masası iticilerinde, tezgah hareketlerinde ve benzeri bütün ekipmanlarda hidrolik sistemler kullanılmaktadır.

Yağlama sistemleri, haddehane gibi döner ekipmanların, redüktörlerin, dişli kutularının ve yatakların yoğun olarak bulunduğu tesislerde azami öneme sahip sistemlerdir. Çubuk ve Kangal Haddehanesinde, tüm hadde motoru redüktörlerinde, röle motoru redüktörlerinde, PSM ve MeerDrive sistemlerinde dişlilerin yağlanmasında kullanılmaktadır.

Yağlama ve hidrolik sistemlerde, yağ sıcaklığının belirli aralıklarda olması gerekmektedir. Sıcaklık, yağın kimyasal özelliklerini bozabileceği gibi viskozite gibi fiziksel özelliklerinin de bozulmasına sebep olabilmektedir. Sıcaklığın az olması, yağın viskozitesini arttırdığı için dişlilerde gerekli noktalara sirayet etmesini engelleyebilmektedir. Sıcaklığın yüksek olması ise yağın viskozitesini düşürerek yağın hacimli kalması gereken kaymalı yatak gibi sistemlerin sürtünmesine sebep olabilmektedir. Bu nedenle yağlama ve hidrolik sistemlerde, sıcaklık ölçüm sensörleri, ısıtıcılar, eşanjörler ve yağ akışının doğru şekilde olduğunu anlayabilmek için çok miktarda akış ve basınç sensörü kullanılmaktadır.

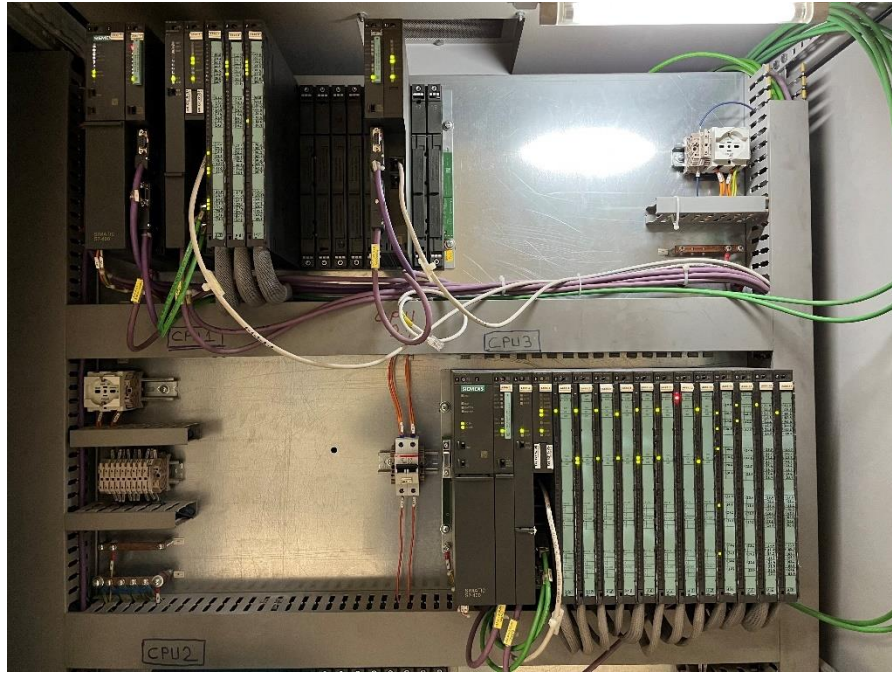
4.2.11. PLC ve SCADA Sistemleri

PLC (Programlanabilir Lojik Kontrolör) sanayide otomatikleşme çağının vazgeçilmez bir unsurudur. PLC sistemleri kısaca sahadan alınan dijital ve analog sinyallerin toplandığı, işlendiği ve yazılan yazılıma göre istenilen çıkışlara analog ya da dijital sinyal göndermekle mükellef elektronik cihazlardır. PLC'ler kullanılmadan evvel bu tip işlemler için çok sayıda rölenin bulunduğu elektrik panelleri kullanılmaktaydı. Bu paneller hem hacim olarak çok yer kaplamakta hem de arıza esnasında arızanın bulunmasını zorlaştırmaktaydı. Ancak PLC sistemleri, yer kaplamaması, büyük bir röle panelinden çok daha fazla giriş ve çıkışı kontrol edebilmesi, arıza tespitinin kolay yapıyor olması sebebi ile tercih edilen sistemler olmuşlardır.

PLC sistemleri, paketleme, konveyör, röle yolu gibi sıra kontrol sistemlerinde, robotik teknolojiler, servo ve step motor uygulamaları, CNC tezgah uygulamaları gibi hareket kontrol sistemlerinde, hız kontrolü, ağırlık, akış, basınç, sıcaklık, titreşim, gibi denetim sistemlerinde, aydınlatma, havalandırma, ısıtma ve soğutma

sistemlerinde, kısaca bir endüstriyel tesisin bir çok noktasında kullanılabilen sistemlerdir.

PLC sistemleri genel olarak bir güç kaynağı, bir CPU (Central Process Unit-Merkezi İşlem Birimi) ve giriş, çıkış kartlarından oluşmaktadır (Şekil 4.12). PLC sistemleri çevrim usulüne göre çalışırlar ve her çevrimde giriş sinyalleri tekrar okunur, PLC yazılımına göre çıkış sinyalleri tekrar setlenir ve çevrim yeniden başlatılır. PLC sistemlerinin modellerine çevrim süreleri ve giriş çıkış sinyali sayısı farklılık gösterirler bu sebeple kullanım noktasına göre fazlaca giriş, çıkış sinyallerinin kullanılacağı noktalarda çevrim süresinin daha hızlı olduğu modellerin tercih edilmesi daha doğru olacaktır.



Şekil 4.12. S7 400 model CPU görünümü.

PLC sistemleri, ethernet, profinet, profibus gibi haberleşme protokolleri ile diğer PLC sistemleri ve bilgisayarlar ile haberleşebilirler. PLC sistemlerinde, kullanılacağı alanın büyüklüğüne ve giriş çıkış sinyalleri alınan noktanın uzaklığına göre tek bir CPU'ya bağlı farklı noktalarda Remote I/O (Uzak Input/Output-Giriş/Çıkış) (Şekil 4.13) istasyonları kullanılabilir.



Şekil 4.13. Uzak I/O istasyonu görünümü.

PLC sistemleri, endüstriyel tesislerde çok başarılı uygulamaların, verimli üretim aşamalarının, insana bağlı kontrollerin azalmasının ve daha otomatikleşmiş yapıların önünü açmış olsalar da tek başlarına kullanımları zordur. Büyük çaplı tesislerde kullanılan PLC sistemlerinde binlerce giriş ve çıkış sinyalinin olması takibi zorlaştırmaktadır. Bu sebeple SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition-Merkezi Denetim ve Veri Toplama) sistemlerine olan ihtiyaçlar ortaya çıkmıştır. SCADA sistemleri tesisin tamamının tek bir ekrandan kontrol edilmesini ve görselleştirilmesini sağlamaktadır. SCADA sistemlerinin kullanıldığı tesislerde, iyi yazılmış bir PLC yazılımının kullanılması ile arıza tespiti yapılması çok daha kolay olmaktadır. SCADA sistemleri genel olarak Server (Sunucu) ve HMI (Human-Machine Interface, İnsan-Makine Arayüzü) bileşenlerinden oluşmaktadır. Server bilgisayarları PLC sistemleri ile haberleşme içerisinde olan yapılardır. HMI ekranları ise genelde PLC sistemleri ile direkt haberleşmezler ve Server bilgisayarlarına bağlı çalışırlar. Bu sebeple HMI ekranlarında yaşanan sorunlar sistemi durdurmazlar ancak Server sisteminde meydana gelen hatalar genel olarak sistemi durdurmaktadır.

SCADA sistemleri, tesisin üretim aşamaları için kullanıldığı gibi bakım-onarım faaliyetlerinin etkin bir şekilde yürütülmesi için de kullanılmaktadırlar. Sahada

yaşanan her türlü anormallik için PLC sistemlerinde alarm oluşturmak veya izlenen verileri görsel hale getirmek mümkündür. SCADA sistemleri sayesinde sahadaki tüm basınç, sıcaklık, akış, titreşim, hız, akım ve tork gibi birçok sinyal çevrimiçi olarak izlenebilmektedir. Bu sayede bakım grupları, cihazların üzerinden manuel okuma yolu ile veri toplamak zorunda kalmazlar ve uygulanan kestirimci bakım çalışmaları çok daha verimli hale gelmektedir.

4.2.12. IBA Sinyal İzleme Sistemi

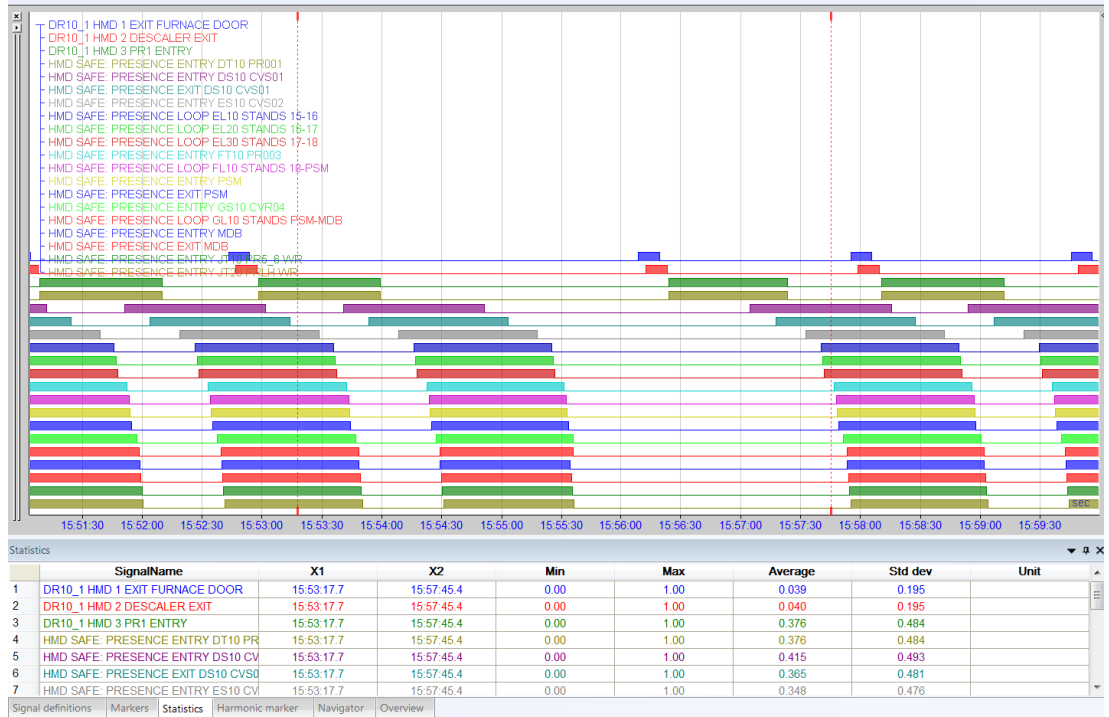
IBA bir sinyal izleme ve kayıt sistemidir. PLC ve SCADA sistemlerinin de kayıt özellikleri olsa da geçmişe dönük çok uzun kayıtlar tutamamaktadırlar ve özellikle CPU hafızalarının bu kayıtlar için kullanılmaları çevrim sürelerinin uzamasına sebep olduğundan doğru değildir. Bu sebeple analiz özelliklerinin fazla olmasının ve kayıt süresinin uzun olması sebebi ile IBA gibi sinyal izleme kayıt sistemleri kullanılmaktadır.



Şekil 4.14. Hadde tezgahları tork (analog) sinyalleri IBA görüntüsü.

IBA sisteminde analog (değişken değerli) ve dijital (0-1) sinyallerin izlenmesi mümkündür. Ayrıca analog değerler ile ilgili, iki eksen arasındaki minimum ve

maksimum büyüklükler, ortalama değerler gibi hesaplanmış veriler görüntülenebilmektedir. Şekil 4.14'te hadde tezgahlarının analog tork sinyalleri görülmektedir. Şekil 4.15'te ise dijital çıkış veren sıcak metal dedektörü sinyalleri gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Sıcak metal dedektörleri dijital sinyalleri IBA görüntüsü.

PLC ve SCADA sistemleri çevrim içi sinyal görüntüleme konusunda yeterli olsalar da anlık olan bilgiler ile analiz yapılması çok zordur. Arıza analizinin doğru yapılabilmesi için sinyallerin normal çalışma zamanındaki değerlerinin izlenmesi gerekmektedir. Örneğin sistem üzerinden bir sıcaklık alarmı geldiğinde durum analizinin yapılabilmesi için sinyalin alarm öncesindeki artış grafiğinin izlenmesi bakım gruplarına konu ile ilgili fikirler sunabilmektedir.

Sahada kullanılan analog ölçüm sensörlerinde meydana gelen kablo kopması, sensörün mekanik ya da elektriksel hataya geçmesi gibi durumlar PLC çıkışlarında pozitif ya da negatif bölgede sonsuz değer görünmesine sebep olacaktır ve bu durumda da gerekli yazılım yazılmışsa SCADA ekranına alarm düşecektir. Sıcaklık alarmı geldiğinde bakım gruplarının direkt olarak sıcaklık artışının sebeplerini

araştırmaya başlaması hataya geçen sensörle ilgili bir işlem yapmamaları duruş sürelerinin uzamasına sebep olmaktadır. IBA sinyal izleme sistemi bu noktada devreye girerek sıcaklık artışının ivmesinin izlenmesini sağlamaktadır. Eğer artış grafiği zamana bağlı olarak gerçekleşmişse gelen alarmın sebebinin sahada meydana gelen bir sıcaklık artışı olduğu anlaşılmaktadır. Ancak kablo kopması ya da mekanik-elektriksel hatalarda IBA sisteminde görüntülenen sinyalde çok hızlı değer değişimleri gözlenecek ve bu değer değişimleri bakım gruplarını sensör veya ölçüm sistemindeki arızaları bulmaya yönlendirecektir.

4.3. HADDEHANEDE UYGULANAN BAKIM YAKLAŞIMLARI

Çubuk ve Kangal Haddehanesinde yukarıda anlatıldığı üzere organizasyonel olarak bakım gruplarının görev ve sorumlulukları birbirinden ayrılmıştır. Elektrik ve Otomasyon bakım Başmühendisliği olarak haddehane içerisinde Arıza Durumunda Yapılan Bakım Çalışmaları, Plan Dahilinde (Periyodik) Yapılan Bakım Çalışmaları, Kestirimci Bakım Çalışmaları ve Pro-aktif Bakım Çalışmaları yaklaşımlarının her biri uygulama noktasına göre kullanılmaktadır.

Haddehanede, hattın çalışmasına etki etmeyen, üretimi durdurmayan ve yedekli çalışma olasılığının bulunduğu ekipmanlarda arıza durumunda yapılan bakım yaklaşımı kullanılır. Ancak bu yaklaşım kullanılıyor olsa da periyodik olarak kontrol ve gözlem de aktif olarak yapılmaktadır. Ancak periyodik kontrolde problem görülmeyen parçanın değişimi yapılmaz. Arıza oluşana kadar parça ya da ekipman çalışmaya devam eder.

Bununla birlikte yasal zorunluluğu olan ya da hattın çalışmasına direkt olarak etki eden noktalarda planlı bakım yaklaşımı kullanılmakta olup bakım planlarında veya yasal şartlarla belirlenen periyotlarda periyodik bakım çalışmaları yapılır. Yasal şartlar sebebi ile periyodik bakım çalışması gerektiren ekipmanlara trafolar ve topraklama tesisatları örnek verilebilir. Hadde motorlarının ve sürücülerinin bakımları ise üretimi etkileyen noktalara uygulanan periyodik bakım çalışmalarına örnek gösterilebilir.

Kestirimci bakım çalışmaları ise Çubuk ve Kangal Haddehanesinde kurulu olan PLC, SCADA, Seviye 2 ve SAP (System Analysis and Program Development - Sistem) sistemleri üzerinden takip edilebilmektedir. Haddehanede çalışmakta olan ekipmanlardan alınan veriler SCADA ekranlarına taşınmış, bu veriler için işletme tecrübeleri ya da ekipman üretici firmalardan edinilen bilgilere göre eşik değerleri belirlenmiş ve PLC programlarından, bu eşik değerlere uygun çalışmayan sistemler için operatör ekranlarına uyarılar düşürülmektedir. SCADA sistemine düşen uyarılar ışığında bakım grupları gerekli müdahaleyi yapabilmek için ekipman ve yedek parça hazırlıklarını tamamlarlar. Gelen uyarılar sistemi o an için etkilemeyen, ekipmana büyük zararlar vermeyen uyarılar ise üretim bu uyarılar sebebi ile durdurulmaz ve uygun ebat değişimi ya da hat değişikliği durumu için çalışma planı hazırlanır ve onarım işlemleri bu fırsat durumunda yapılır. Onarım işlemlerinden sonra hasarın oluşma sebepleri için kök neden çalışmaları başlatılır ve bulunan kök nedenlerin çözümleri aranarak hasarın tekrar etme sıklığı azaltılmış olur.

BÖLÜM 5

HADDEHANELERDE SICAKLIK VE TİTREŞİM ÖLÇÜMÜ İLE KESTİRİMCİ BAKIM UYGULAMALARI

5.1. KESTİRİMCİ BAKIM YÖNTEMLERİ

Endüstride çok önemli bir yer tutan kestirimci bakım uygulamaları gelişen teknoloji ile birlikte daha doğru sonuçlar vermeye devam etmektedir. Kullanılan ölçüm yöntemlerinin ve ekipmanlarının gelişimi ile hassasiyet ve doğruluk değerleri artmaktadır. Bu gelişim bakım gruplarının, zamana dayalı bakım yerine duruma dayalı olan kestirimci bakım yaklaşımını daha çok benimsemelerine sebep olmaktadır.

Tesislerde kullanılan ekipmanların çeşitliliğinin artması bakım çeşitliliğinin de artmasına sebep olmaktadır. Bu durum ekipmanlardan alınan veri çeşitliliğini arttırmak için gelişen teknolojileri kamçulamaktadır. Geçtiğimiz yıllarda tanıtılan bir bakım sisteminde, elektrik motorlarından alınan titreşim ve sıcaklık gibi ölçümlerin, kablosuz internet ve firmaya ait bir telefon uygulaması yolu ile evden ya da tesis dışından aktif olarak izlenebildiğinin gösterildiği çalışma bu konuya örnek olarak gösterilebilir. Dolayısı ile gelişen teknolojiler, ölçüm yöntemlerinin de çeşitliliğinin artmasına sebep olmuştur. Kestirimci bakım yöntemleri genel olarak 4 ana başlık altında toplanabilir. Bunlar; Sıcaklık Analizi Yöntemi, Titreşim Analizi Yöntemi, Gürültü Analizi Yöntemi ve Yağ Analizi Yöntemi olarak açıklanabilir.

5.1.1. Sıcaklık Analizi Yöntemi

Ekipmanlar üzerindeki bozulmaların bir göstergesi de sıcaklık artışıdır. Özellikle rulmalar, redüktörler, hidrolik sistemler gibi ünitelerdeki bozulmalar sıcaklık artışı olarak gözlenebilmektedir. Rulmanlar ve döner ekipmanlardaki aşınmalar ve döner

alan içindeki yabancı parçacıklar ve hasarlı yüzeyler sıcaklık artışına sebep olmaktadır. Bu artışın gözlemlenebilmesi için sanayide termal kamera, PT-100 gibi metotlar kullanılmaktadır.

Termal kameralar, günümüzde bakım grupları tarafından aktif olarak kullanılmaktadır. Kızılötesi ışınlardan yararlanarak ölçüm yaparlar ve sürtünen parçalarda, gevşek elektrik bağlantısı noktalarında, yüksek akım altında çalışan iletkenlerde arıza tespiti için kullanılabilirler [32].



Şekil 5.1. El tipi termal kamera.

Şekil 5.1’de, el tipi bir termal kamera ile elektrik panosundaki iletkenlerde ve bağlantı noktalarındaki sıcaklıkların ölçümü gösterilmiştir.

5.1.2. Titreşim Analizi Yöntemi

Titreşim, nesnelerin sıfır konumlarından uzaklaşmaları, salınım yapmaları olarak açıklanabilir. Titreşim genel olarak belli bir kök nedenden kaynaklanmaktadır. Bu kök neden, eksen ayarsızlığı, metal yorulması, yanlış yağlama ve aşırı yüklenme olabilir.

Titreşim arızalarında, arızanın varlığının tespiti kadar kök nedenin tespiti de büyük önem taşımaktadır. Kök neden doğru şekilde tespit edilmediğinde arıza mutlak surette tekrarlayacaktır. Bu sebeple titreşim sinyallerinin analizinin yapılabilmesi ve yorumlanması üzerine çok miktarda bilimsel çalışma yapılmaktadır.

Titreşim ölçümlerinde kullanılan bir cihaz Şekil 5.2'de gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Vibrasyon ölçüm cihazı.

5.1.3. Gürültü Analizi (Ultrasonik Test) Yöntemi

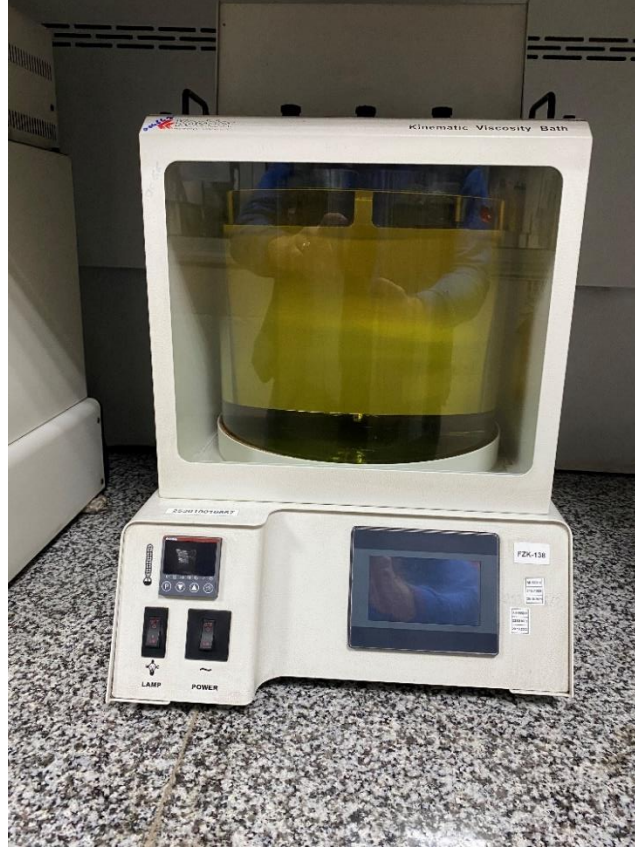
Ultrasonik test yöntemi ya da diğer adı ile gürültü analizi yöntemi uygulaması en kolay yöntemlerden biridir. Ayrıca tesislerde kullanımları çok yaygındır ve ölçüm sonuçlarına yapılan tespitlerin doğruluk oranı yüksektir [19].

Ultrasonik sesler, 20 kHz-100 kHz arasındaki seslerdir ancak insan kulağı 20 Hz-20 kHz arasındaki sesleri duyabilme yeteneğine sahiptir. Döner mekanizmaya sahip ekipmanlar, sıvı ya da gaz akışkan hatları ultrasonik ses yayma özelliğine sahiptirler. Bu ekipmanlarda yaşanan, hatların üzerindeki kaçaklar ya da döner ekipmanlardaki bozulmalar gibi olağan dışı durumlar ultrasonik seslerin artışına sebep olmaktadır. Ultrasonik ses ölçüm cihazları ise bu bozulmalardan kaynaklı ses artışını ve bozulmanın türünü tahmin etmeye çalışmaktadır. Bu cihazların dezavantajı ise ölçüm noktasına olan uzaklıklarının artması ile ölçümde hataların ortaya çıkmasıdır [32].

5.1.4. Yağ Analizi Yöntemi

Rulmanlar, redüktörler, şanzımanlar gibi döner ekipmanların tamamı sağlıklı çalışabilmeleri için yağa ihtiyaç duymaktadırlar. Bu ekipmanların içinde bulunan metal parçaların aşınmasının önlenmesi, sürtünmenin azaltılması için yağ kullanılmaktadır. Yağın özelliğini kaybederek viskozitesinin düşmesi, içinde yabancı parçacık barındırması, gibi istenmeyen durumlar sürtünmenin artmasına dolayısı ile sıcaklık artışına ve aşınmaya sebep olmaktadır. Bu gibi durumların izlenmesi ve öncesinde arıza tespiti yapılabilmesi için yağ analizi yöntemi kullanılmaktadır [19].

Yağ analizi yöntemi ile temelde iki farklı bilgiye ulaşmak hedeflenmiştir. Bu hedeflerden ilki ekipmana ait yağın içerisindeki kirleticilerin tespit edilmesidir. İkincisi ise yağ içerisinde aşınmalardan kaynaklı parçacıkların varlığının tespit edilmesidir. Yağ analizi bu hedefler doğrultusunda iki farklı şekilde yapılmaktadır.



Şekil 5.3. Yağ viskozite analiz cihazı.

Şekil 5.3'te partikül sayımı ve kirlilik ölçümü yapan bir yağ analiz cihazı gösterilmiştir.

5.2. HADDEHANELERDE SICAKLIK ÖLÇÜMÜ

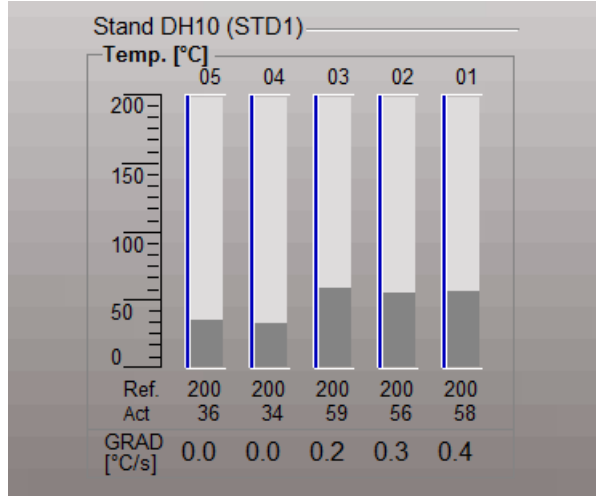
Haddehanelerde bakım çalışmalarının etkin bir şekilde yürütülebilmesi için sıcaklık ölçüm sistemleri çok büyük önem taşımaktadır. Sıcaklık kontrol sistemleri olmadan bakım yaklaşımı yürütmek, bakım ekibinin bir gözünü kapatarak çalışmayı yürütmesine benzetilebilir. Haddehane gibi tesisler için sıcaklık ölçümü, hem malzeme kalitesini takip etmekte hem de ekipman sağlığını kontrol etmektedir. Bu sebeple farklı görevlerde ve pek çok çeşitte sıcaklık ölçüm ekipmanı kullanılmaktadır. Örneğin; tav fırını sıcaklıklarını kontrol etmek için yüksek sıcaklığa dayanıklı termokupllar, haddelenen malzemenin belirli noktalarda sıcaklıklarını ölçebilmek için pirometreler, malzemenin dökülme sıcaklığının kontrolü için termal kameralar, redüktör, motor ve bunlara benzeyen ekipmanların

yatak ve sargı sıcaklıklarını ölçebilmek için PT100'ler, kablo bağlantısı, bara, trafo gibi ekipmanlar için el pirometreleri gibi pek çok ekipman sahada aktif olarak kullanılmaktadır.

PT100, PTC (Positive Temperature Coefficient Thermistor – Pozitif Sıcaklık Katsayılı Termistör) asıllı ve platin direnç özelliklerine sahip bir sürekli sıcaklık ölçüm ekipmanıdır. PT100'ler, kullanım alanı çok geniş olan ekipmanlardır. Elektrik odaları, paneller, trafolar gibi ekipmanlar için kullanıldıkları gibi rulmanlar, redüktörler, şanzımanlar gibi döner ekipmanların sıcaklıklarını ölçmek için de kullanılmaktadırlar. Ayrıca endüstride PLC ve SCADA ile birlikte kullanılarak operatörler ve bakım grupları için çevrimiçi olarak bilgi verme yeteneğine sahiptirler.

Çubuk ve Kangal Haddehanesinde, çok yoğun olarak kullanılan PT-100'ler genel olarak elektrik motorlarının ön ve arka rulman sıcaklıklarının ölçülmesinde, bazı özel redüktörlerin yatak sıcaklıklarının ölçülmesinde, kullanılmaktadır. PT-100'ler direnç çıkışlı oldukları için direnç ölçen analog giriş kartlarına bağlanırlar ve PLC programında skala edilirler. Program içinde skala edilen değer SCADA ekranına yazılarak ya da dinamik göstergelere atanarak görsel hale getirilebilirler. Ayrıca kestirimci bakım sistematığının daha etkin çalıştırılabilmesi ve geriye dönük ölçüm sinyallerinin gözlemlenebilmesi için IBA Sinyal İzleme sistemine entegre edilerek uzun süreli geçmiş verileri izlenebilir. IBA Sistemi, bakım gruplarının yüksek sıcaklık tespiti karşısında durumun nasıl gerçekleştiğini, başlangıcını, sıcaklık artışının ivmesini anlamasına yardımcı olmakla birlikte gerekli aksiyonların alınması için lazım olan zamanı belirleyen önemli bir unsurdur.

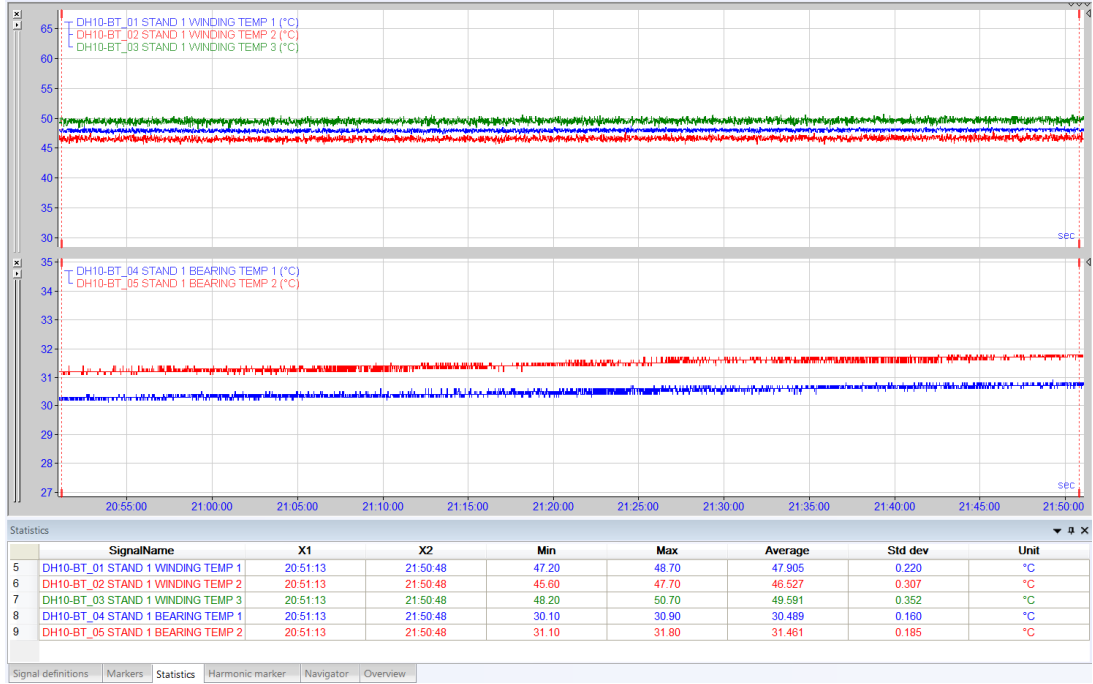
Haddehane gibi büyük tesislerde sıcaklık ölçme ekipmanlarının çeşitleri çoktur, bununla birlikte sıcaklık ölçümü yapılan nokta sayısı da bir hayli fazladır. Sadece tek bir hadde tezgahı için konuşulacak olursa; 3 farklı PT-100 motor sargı sıcaklıklarını ölçmek için, 2 PT100 motor yatak sıcaklıklarını ölçmek için kullanılmıştır. Dolayısı ile tek bir tezgah üzerinde 5 farklı noktadan ölçüm yapılmaktadır. Bazı özel tezgahlarda ise redüktör yatakları üzerinden de sıcaklık ölçümleri yapılmaktadır bu durumda sayı tek bir tezgah için 7'ye çıkabilmektedir.



Şekil 5.4. Hadde 1. tezgah motoru sıcaklık bilgileri SCADA ekranı.

Şekil 5.4'te, Hadde 1. tezgah motoruna ait olan sıcaklık bilgileri bulunmaktadır. Bu bilgilerden, 5 ve 4 nolu barlar sırası ile ön ve arka rulman sıcaklıklarını, 3-2-1 nolu barlar ise motor sargı sıcaklıklarını göstermektedir. Hadde motorlarının tamamında, MeerDrive ve PSM ünitesi motorlarında, Pinchroll motorlarında ve Serme Kafa motorunda bu bilgiler yer almaktadır. Rulman sıcaklıkları motorun döner ekipmanlarında yaşanan bozulmaların sıcaklık olarak geri dönüşünü kontrol ederken, sargı sıcaklıkları, motorun, aşırı yük, yüksek tork, düşük gerilim kaynaklı yüksek akım gibi sebeplerden kaynaklanan sıcaklık artışını kontrol ederek bakım gruplarını ve operatörleri bilgilendirir.

Ölçüm yapmak ne kadar önemli olsa da yapılan ölçüm sinyallerinde gerçekleşen anormal durumlar hakkında bakım personeli ve operatör uyarılmadığı sürece yapılan ölçümler amaçsız kalacaktır. Bu sebeple yapılan sıcaklık ölçümleri için belirlenen sınır değerler aşıldığında, bakım ekiplerini ve operatörleri uyaracak bir alarm sistematığının geliştirilmesi de azami önem ihtiva etmektedir. Bu noktada PLC ve SCADA sistemlerinin yanında IBA sinyal izleme sisteminden de yardım alınarak etkin bir bakım yaklaşımı yürütülmeye çalışılmaktadır.



Şekil 5.5. Hadde 1. tezgah motoru sıcaklık bilgileri IBA ekranı.

Şekil 5.5'te, IBA ekranında hadde 1. tezgah motoru sıcaklık Bilgileri yaklaşık 1 saat için gösterilmiştir. Pencerede ölçüm yapılan büyüklüklerin saat aralıkları, minimum ve maksimum noktaları, ortalaması gibi veriler görülmektedir.

```

Network 3 : Title:
MOTOR BEARINGS : NORMAL < 105°C
                  : WARNING >= 105 °C
                  : ALARM >= 115 ° C DELAYED FOR 3 SECONDS
                  : GRADIENT > 3°C/S (CHECK THIS LATER ON JUST FOR WINDINGS)
                  : DRIVE TRIP 5 SECONDS AFTER DELAYED 115°C ALARM

L 1.050000e+002
T "HMI_PLANT".ST1_6_TEMP.STANDS.M_BR_WARN DB550.DBD172 -- Motor Bearing Warning [°C] NHMI
L 1.150000e+002
T "HMI_PLANT".ST1_6_TEMP.STANDS.M_BR_ALM DB550.DBD176 -- Motor Bearing Alarm [°C] NHMI
L 1.000000e+001
T "HMI_PLANT".ST1_6_TEMP.STANDS.M_BR_GRAD DB550.DBD180 -- Motor Bearing Gradient [°C/s] NHMI

L T#3S
T "HMI_PLANT".ST1_6_TEMP.STANDS.M_BR_ALM_DLY_TIME DB550.DBD184 -- Motor Bearing Alarm Delay Time NHMI
L T#5S
T "HMI_PLANT".ST1_6_TEMP.STANDS.M_BR_TRIP_DLY_TIME DB550.DBD188 -- Motor Bearing Trip Delay After Alarm NHMI

```

Şekil 5.6. Sıcaklık alarmları PLC yazılımı.

Şekil 5.6'da sahada ölçülen sıcaklık değerleri ile ilgili kestirimci bakım sistematığının oluşturulabilmesi için yazılan sıcaklık alarm yazılımı görülmektedir. Yazılan yazılıma göre sıcaklık değerinin 105 °C'nin altında olduğu durumlar "NORMAL", 105 °C ile 115 °C arasında olduğu durumlar "WARNING" (Uyarı),

115 °C'nin üzerinde olduğu durumlar ise “ALARM” durumu olarak nitelendirilmiştir.

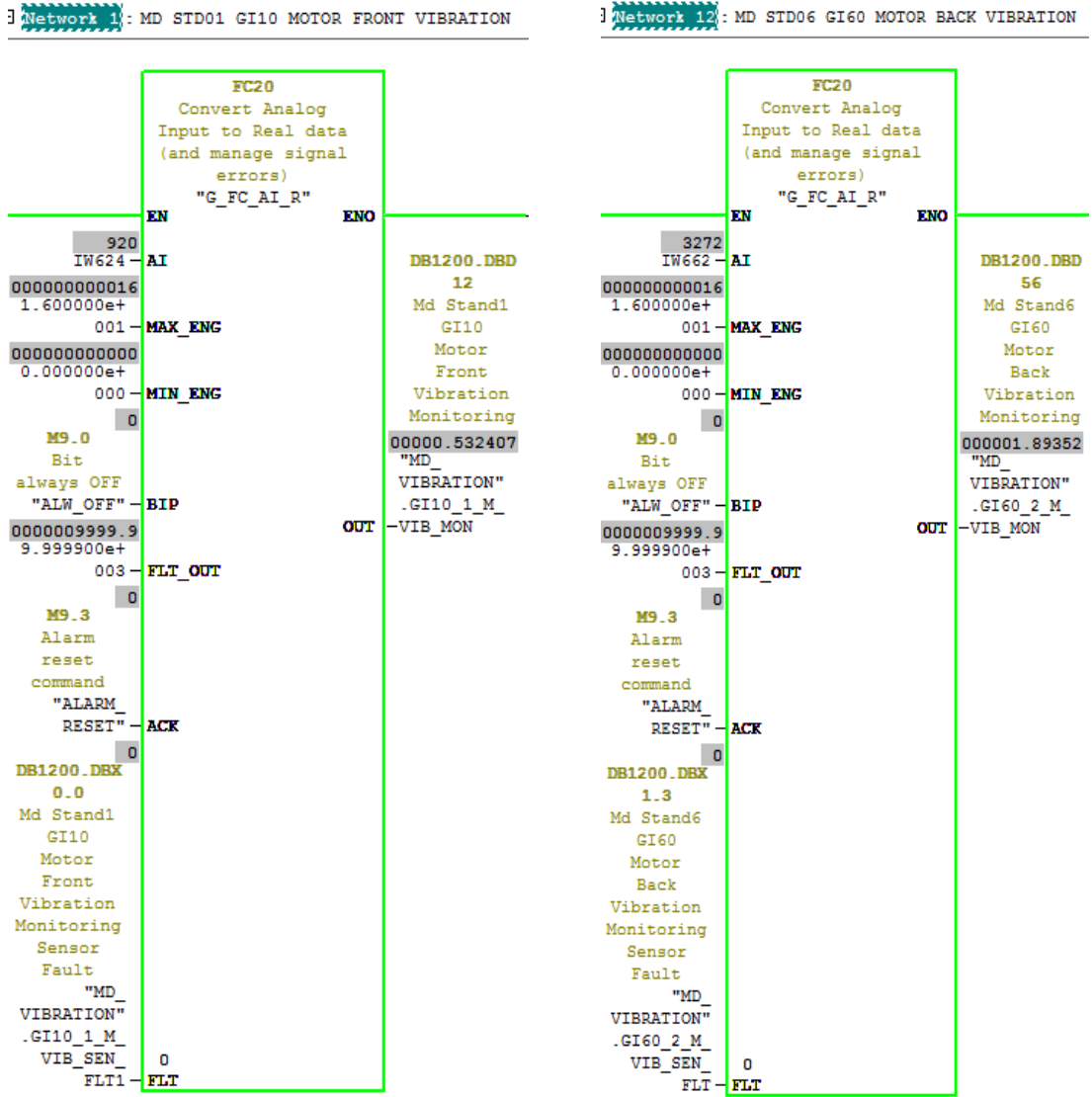
5.3. HADDEHANELERDE TİTREŞİM ÖLÇÜMÜ

Haddehane gibi elektrik motorlarının ve redüktörlerin yoğun olarak kullanıldığı yerlerde titreşim ölçümleri arıza ve kök neden tespitinde büyük önem arz etmektedir. Motor ve redüktör gibi döner ekipmanlarda meydana gelen bozulmaların ilk belirtisi titreşimdir. Bozulma başladığı andan itibaren titreşimin miktarı normal seyrinden ayrılmaktadır ve tamir edilmediği sürece hem hasar hem de titreşim sinyalinin genliği artmaya devam eder. Bozulma karşılığında titreşim sinyalleri hemen oluşmaya başlasa da sıcaklık arızanın başlangıcında artmayabilir. Bu sebeple titreşim döner makine arızalarının erken tespitinde daha aktif rol oynamaktadır.



Şekil 5.7. Vibrasyon sensörlerinin yandan (üstte) ve üstten (altta) görünümü.

Çubuk ve Kangal Haddehanesinde yapılan sürekli titreşim ölçümleri MeerDrive motorların ön ve arka rulmanlarından yapılmaktadır. Bu noktalara bağlanan titreşim sensörlerinin çıkışları, input kartları ile PLC sistemine alınır. PLC yazılımında sensörlerin çıkış sinyalleri skala edilirler. Şekil 5.8’de Meer Drive 1 nolu motorunun ön rulman titreşim sensörünün ve Meer Drive 6 nolu motoru arka rulman titreşim sensörü için kullanılan skala blokları gösterilmiştir. Bu blokta “Word” cinsinden PLC de okunan değer “Real” cinsine çevrilmiştir. Skala edilen değerler için makinanın çalışma koşulları ve işletme tecrübelerinden gelen bilgi ile alarmlar oluşturulmaktadır.



Şekil 5.8. 1 nolu motor ön ve 6 nolu motor arka titreşim sensörlerinin PLC yazılımında skala edilmesi.

Analog sensörlerin çıkışları, elektriksel olarak 4-20 mA, 0-20 mA, 0-10 V gibi değerlere sahip olsa da bu değerler PLC yazılımında bu şekilde görünmezler. PLC yazılımında analog değerler word, integer, double integer gibi farklı boyutlardaki data tipleri ile görünmektedirler. Ancak bu data tipleri yazılımcılar tarafından anlaşılabilir olsa da kullanıcılar tarafından anlaşılması ve anlamlandırılması zor olan içeriklere sahiptirler. Bu sebeple ölçülen değerler sensörün özelliklerinde bulunan kendi ölçüm aralıkları ile skala edilirler ve bu aralıkta anlamlı değerler gösterecek şekilde PLC yazılımında ayarlanırlar.

PLC tarafından değerlerin okunması, kestirimci bakım uygulamaları adına tek başına çok anlam ifade etmemektedir. Bu sebeple okunan değerlerin kullanıcı ekranlarında gösterilmesi ve hem operatörü hem de bakım gruplarını bilgilendirecek şekilde SCADA ekranlarında gösterilmesi gerekmektedir. PLC yazılımında skala edilen değerlerin SCADA sisteminde görülebilmesi için bu değerlerin SCADA sistemi ile haberleşen bir datablock üzerine yazılması gerekmektedir. Şekil 5.9'da Meer Drive motorlarına ait ön ve arka vibrasyon değerlerinin bulunduğu datablock görüntüsü gösterilmiştir.

0.4166667	Md Stand1 GI10 Motor Front Vibration Monitoring (mm/s)
0.4490741	Md Stand1 GI10 Motor Back Vibration Monitoring (mm/s)
0.6064815	Md Stand2 GI20 Motor Front Vibration Monitoring (mm/s)
0.5787037	Md Stand2 GI20 Motor Back Vibration Monitoring (mm/s)
0.412037	Md Stand3 GI30 Motor Front Vibration Monitoring (mm/s)
0.4398148	Md Stand3 GI30 Motor Back Vibration Monitoring (mm/s)
0.5324074	Md Stand4 GI40 Motor Front Vibration Monitoring (mm/s)
0.6481481	Md Stand4 GI40 Motor Back Vibration Monitoring (mm/s)
0.5092593	Md Stand5 GI50 Motor Front Vibration Monitoring (mm/s)
0.6759259	Md Stand5 GI50 Motor Back Vibration Monitoring (mm/s)
2.069444	Md Stand6 GI60 Motor Front Vibration Monitoring (mm/s)
2.277778	Md Stand6 GI60 Motor Back Vibration Monitoring (mm/s)
1.087963	Md Stand7 GI70 Motor Front Vibration Monitoring (mm/s)
1.328704	Md Stand7 GI70 Motor Back Vibration Monitoring (mm/s)
0.5092593	Md Stand8 GI80 Motor Front Vibration Monitoring (mm/s)
0.4907407	Md Stand8 GI80 Motor Back Vibration Monitoring (mm/s)
0.4861111	Md Stand9 GI90 Motor Front Vibration Monitoring (mm/s)
0.8055556	Md Stand9 GI90 Motor Back Vibration Monitoring (mm/s)
0.412037	Md Stand10 GI100 Motor Front Vibration Monitoring (mm/s)
0.8055556	Md Stand10 GI100 Motor Back Vibration Monitoring (mm/s)

Şekil 5.9. Meer Drive motor vibrasyonları datablock ekranı.

Kestirimci bakım uygulamaları adına, titreşim sensörleri sahada uygun ölçüm noktalarına monte edilmiş ve PLC sistemine elektriksel olarak bağlanmıştır. Ölçülen değerlerin, operatörler ve bakım grupları tarafından takip edilebilmesi için SCADA ekranında görülmesi sağlanmıştır. Bu aşamada titreşim sinyallerinin anlık olarak izlenebilmesi hususunda eksik bir nokta yoktur. Ancak anlık olarak sinyallerin izlenebilmesi etkin kestirimci bakım uygulamaları için yeterli olmayacaktır. Büyük tesislerde, binlerce ölçüm alınan sistemlerde bu sinyallerin sadece anlık olarak izlenebiliyor olması pek bir anlam ifade etmemektedir. Bu sebeple sinyallerin kayıt edilmesi ve geçmişe dönük olarak kayıtların izlenebilmesi için geliştirilen sistemlerin kullanılması etkin bakım yönetimi için olmazsa olmaz hale gelmiştir. Titreşim ölçümü konusunda da durum çok farklı değildir ve arızanın doğru şekilde tespit edilebilmesi için titreşim sinyallerinin gelişimlerinin izlenebiliyor olması gerekmektedir. Bu ihtiyaçtan ötürü Meer Drive ünitesi için kurulan titreşim ölçüm sistemine ait sinyaller IBA sinyal izleme sistemine kayıt edilmiştir.

```

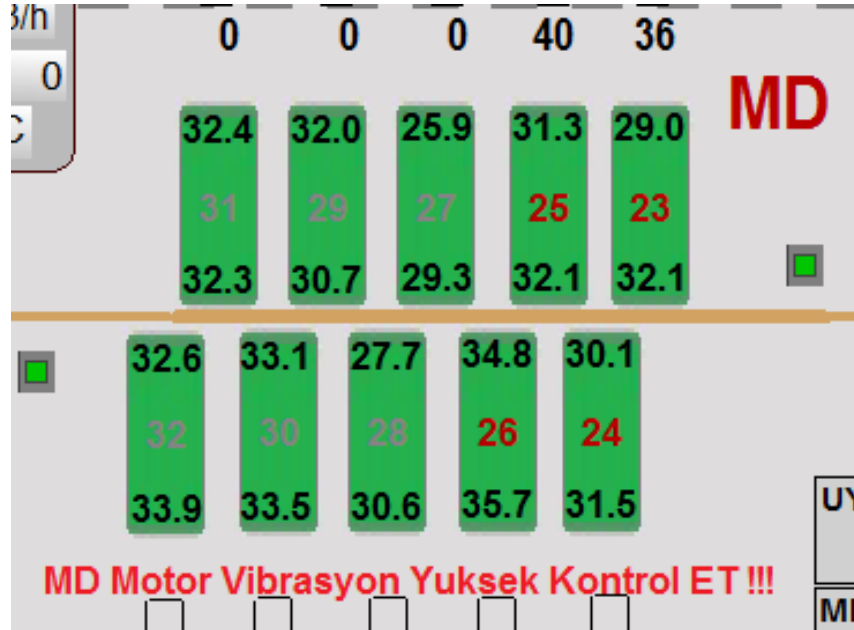
CALL  "IBA_REAL"                                FC904
IN_0      := "HMI_STATUS".JT30_TEMP_MON.BT09_T  DB605.DBD1198
IN_1      := "HMI_STATUS".JT30_TEMP_MON.BT10_T  DB605.DBD1210
IN_2      := "HMI_STATUS".JT30_TEMP_MON.BSW1_V  DB605.DBD1206
IN_3      := "HMI_STATUS".JT30_TEMP_MON.LUB_FLOW DB605.DBD1226
IN_4      := 0.000000e+000
IN_5      := 0.000000e+000
IN_6      := 0.000000e+000
IN_7      := "MD_VIBRATION".GI10_1_M_VIB_MON    DB1200.DBD12
IN_8      := "MD_VIBRATION".GI10_2_M_VIB_MON    DB1200.DBD16
IN_9      := "MD_VIBRATION".GI20_1_M_VIB_MON    DB1200.DBD20
IN_10     := "MD_VIBRATION".GI20_2_M_VIB_MON    DB1200.DBD24
IN_11     := "MD_VIBRATION".GI30_1_M_VIB_MON    DB1200.DBD28
IN_12     := "MD_VIBRATION".GI30_2_M_VIB_MON    DB1200.DBD32
IN_13     := "MD_VIBRATION".GI40_1_M_VIB_MON    DB1200.DBD36
IN_14     := "MD_VIBRATION".GI40_2_M_VIB_MON    DB1200.DBD40
IN_15     := "MD_VIBRATION".GI50_1_M_VIB_MON    DB1200.DBD44
IN_16     := "MD_VIBRATION".GI50_2_M_VIB_MON    DB1200.DBD48
IN_17     := "MD_VIBRATION".GI60_1_M_VIB_MON    DB1200.DBD52
IN_18     := "MD_VIBRATION".GI60_2_M_VIB_MON    DB1200.DBD56
IN_19     := "MD_VIBRATION".GI70_1_M_VIB_MON    DB1200.DBD60
IN_20     := "MD_VIBRATION".GI70_2_M_VIB_MON    DB1200.DBD64
IN_21     := "MD_VIBRATION".GI80_1_M_VIB_MON    DB1200.DBD68
IN_22     := "MD_VIBRATION".GI80_2_M_VIB_MON    DB1200.DBD72
IN_23     := "MD_VIBRATION".GI90_1_M_VIB_MON    DB1200.DBD76
IN_24     := "MD_VIBRATION".GI90_2_M_VIB_MON    DB1200.DBD80
IN_25     := "MD_VIBRATION".GI100_1_M_VIB_MON   DB1200.DBD84
IN_26     := "MD_VIBRATION".GI100_2_M_VIB_MON   DB1200.DBD88

```

Şekil 5.10. Meer Drive titreşim sinyallerinin IBA kayıt sistemine eklenmesi.

Sinyallerin IBA sistemine eklenebilmesi için Şekil 5.10’da gösterildiği gibi PLC yazılımının IBA sistemi ile haberleştiği bloklara sinyallerin eklenmesi gerekmektedir. Bu sinyaller için IBA sunucuları üzerinden tekrar isimlendirme gibi ayarlamalar yapılabilmektedir.

Ölçülen ve kayıt edilen sinyaller, bakım grupları ve operatörler tarafından görünebiliyor olsa da anormal durumlarda personelin dikkatinin çekilebilmesi için alarm sistematiği kullanılması gerekmektedir. Şekil 5.11’de Meer Drive motorlarında alınan titreşim ölçümlerindeki anormalliklerin tespit edilebilmesi için yapılan alarm sistematiği görülmektedir. Burada kurulan sistematiğe göre, ölçülen titreşim sinyalleri 2 mm/s üzerinde değer görülürse ekrana kırmızı yazı ile “MD Motor Vibrasyon Yüksek Kontrol Et !!!” uyarısı çıkmaktadır. Bu alarm operatörlerin kullandığı ana ekrana düştüğü için personellerin dikkatini çekmekte ve ilgili birimlerin durumdan haberdar olmasını sağlamaktadır.



Şekil 5.11. Meer Drive yüksek vibrasyon alarmı görünümü.

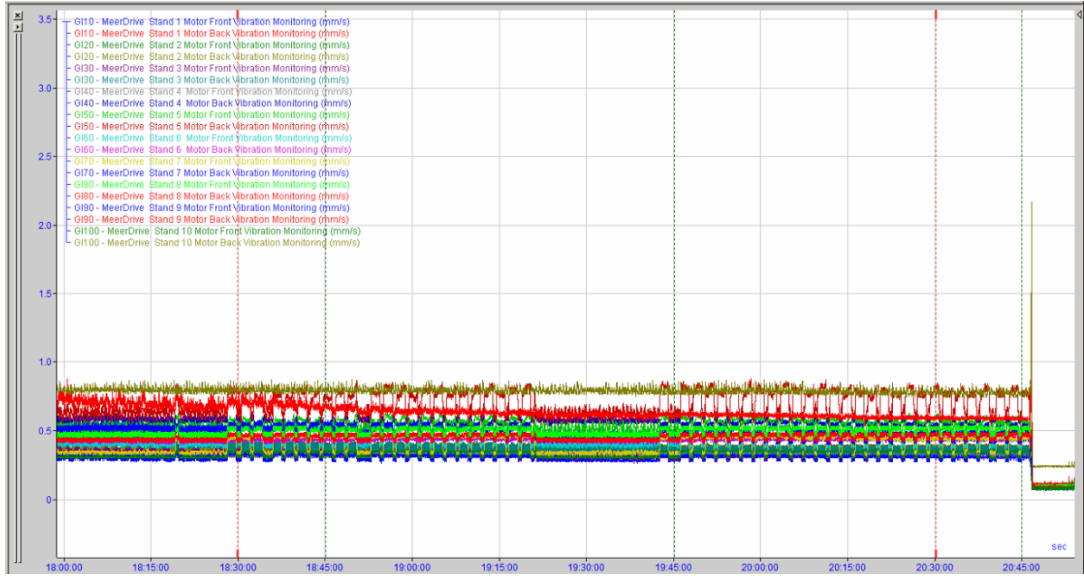
Alarmlar genel olarak tehlikeli aralıktan öncesindeki değerler için oluşturulmaktadır. Bunun sebebi bozulmanın önceden tespit edilerek gerekli önlemlerin alınabilmesi için işletme ve bakım birimlerine yeterli zamanın sağlanmasıdır. Artan vibrasyon değerleri öncelikle mercek altına alınarak gelişimleri incelenmeye başlanır. Bu

aşamada vibrasyon takip edilirken uygulanacak olan tamir işlerinin programı yapılır ve tamir için gerekli olan yedek rulman gibi parçaların stok durumları kontrol edilir. Stokta olmayan yedek parçaların temini gerçekleştirilir. Bakım birimlerinin hazırlıkları tamamlandıktan sonra üretimin arıza sebepli durmaması için üretim planları kontrol edilir.

Çubuk ve Kangal Haddehanesi, 3 farklı hatta üretim yapabilme yeteneği olan bir haddehane olduğu için ve MeerDrive ünitesi ince kangal hattı üzerinde bulunduğu için SBQ ya da kalın kangal hatları çalışırken MeerDrive ünitesini durdurmak ve bakıma almak mümkündür. Ayrıca ince kangal hattında farklı ebatlarda üretim yapılabildiği için ebat değişimi zamanlarında yine bakım yapmak mümkün olabilmektedir. Ancak ebat değişimi süreleri birkaç saat boşluk oluştururken SBQ ve kalın kangal üretimleri sipariş durumuna göre daha uzun süreli bakım fırsatı sağlayabilmektedir. Bu noktada izlenen vibrasyon değerleri için hat değişimine kadar beklenip beklenmeyeceğine üretim programına göre ve vibrasyon değerinin büyüklüğüne göre karar verilir. Meydana gelen titreşimin gelişimi hızlı bir şekilde sürekli olarak artmaya devam ediyorsa hat değişim duruşu beklenmeden ebat değişimi duruşunda motor sökülerek yerine yedek motor takılabilmektedir. Şayet titreşim sinyali belirli bir seviyede sabit kalmışsa veya artış hızı çok yavaş ise bu durumda hat değişim tarihi beklenebilir ve uzun süreli olan duruşta motor değişimi yapılır.

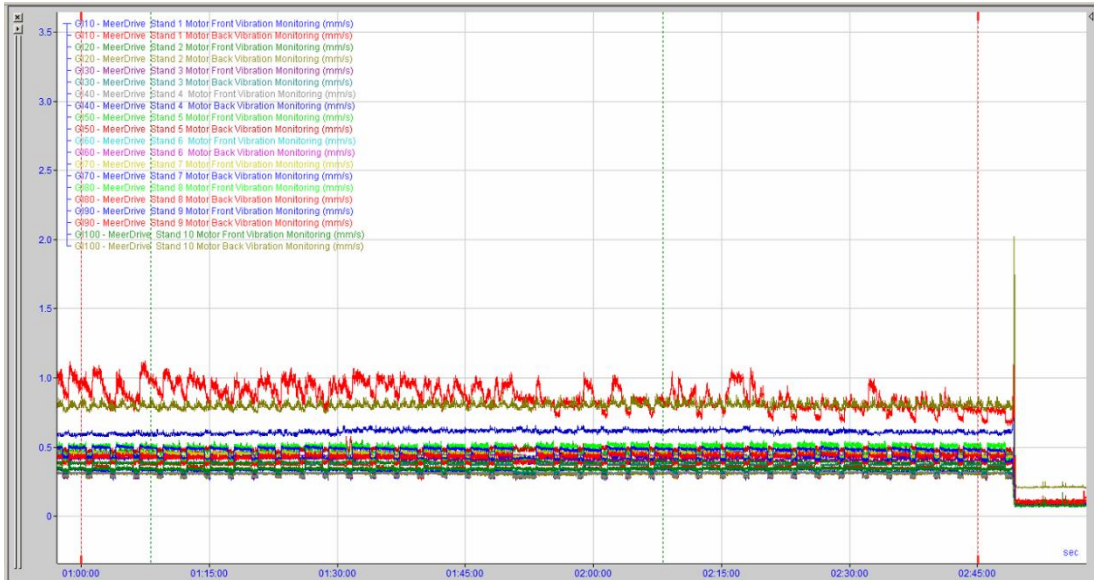
5.4. MEER DRIVE ÜNİTESİNDE KESTİRİMCİ BAKIM UYGULAMASI

Meer Drive ünitesi 4 nolu motorda, ilk olarak 02.09.2022 tarihinde SCADA sistemine düşen uyarı ile vibrasyonun arttığı tespit edilmiştir. Bu tespit üzerine sistem kayıtları geriye dönük olarak incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda 29.08.2022 tarihinden itibaren 4 nolu motorun vibrasyon değerlerinin normal seyirden ayrıldığı ve artmaya başladığı görülmüştür. Tespit edilen bozulmanın anlaşılabilmesi için 01.06.2022, 01.07.2022, 01.08.2022, tarihlerinde sistem normal şartlar altında çalışırken ölçülen değerler tablo haline getirilmiş ve IBA ekran görüntüleri alınmıştır.



Şekil 5.12. 01.06.2022 Meer Drive motorları titreşim sinyalleri IBA ekranı.

Şekil 5.12’de 01.06.2022 tarihinde ölçülen titreşim sinyalleri sunulmuştur. Şekil 5.13’te ise aynı sinyallerin 01.07.2022 tarihi için ölçüm sonuçları gösterilmiştir.

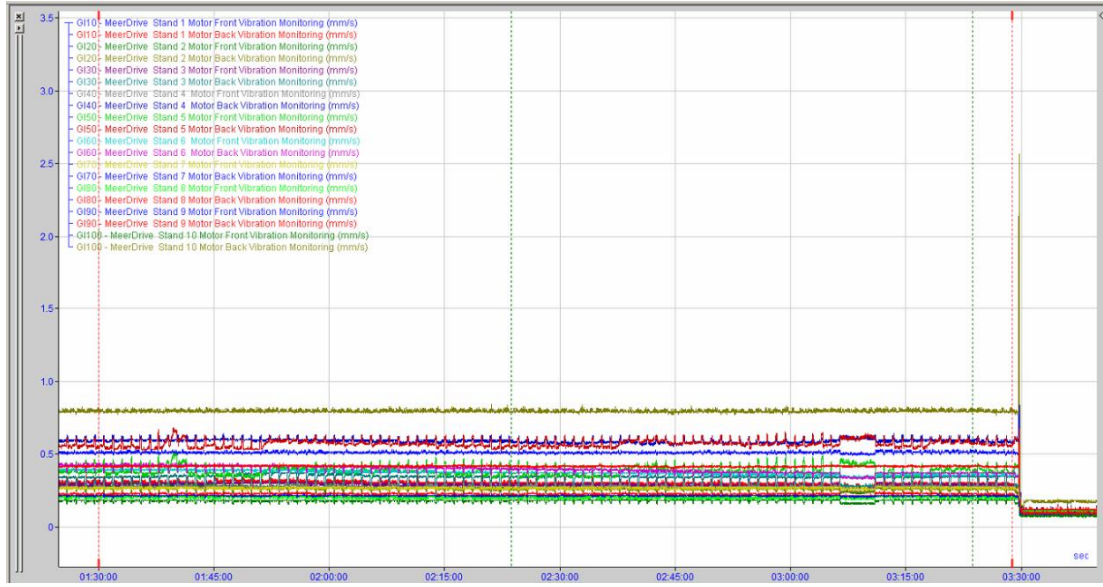


Şekil 5.13. 01.07.2022 Meer Drive motorları titreşim sinyalleri IBA ekranı.

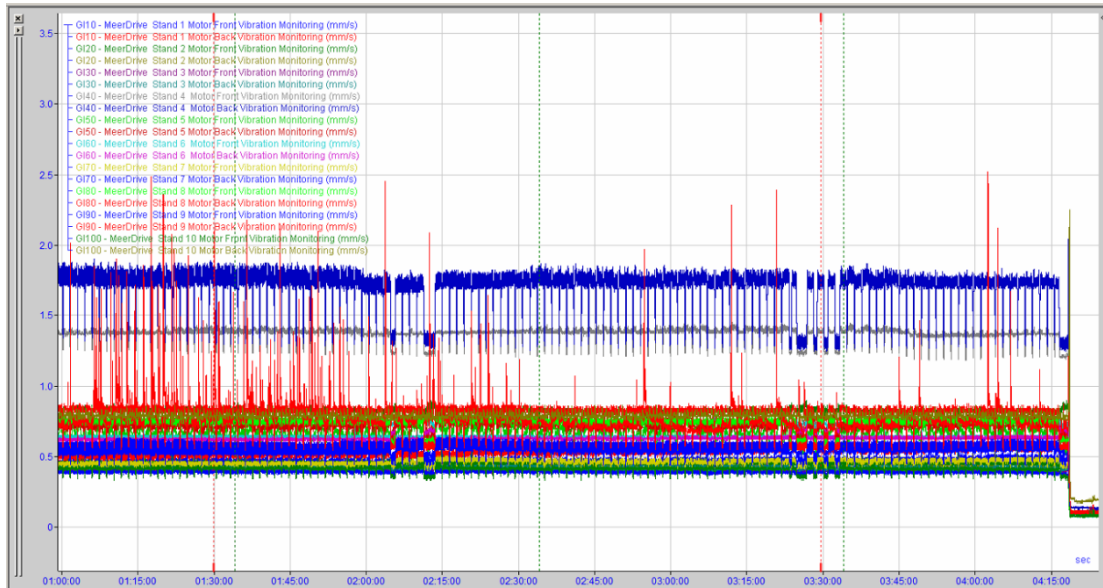
Çizelge 5.1. 01.06.2022 ve 01.07.2022 titreşim sonuçları.

Ölçüm Noktaları	1.06.2022			1.07.2022		
	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.
1 Motor Ön Rulman	0,27	0,35	0,31	0,25	0,36	0,32
1 Motor Arka Rulman	0,33	0,41	0,37	0,26	0,39	0,34
2 Motor Ön Rulman	0,31	0,44	0,37	0,27	0,37	0,33
2 Motor Arka Rulman	0,30	0,42	0,37	0,27	0,32	0,30
3 Motor Ön Rulman	0,29	0,37	0,32	0,30	0,42	0,38
3 Motor Arka Rulman	0,32	0,56	0,40	0,30	0,39	0,36
4 Motor Ön Rulman	0,30	0,34	0,31	0,27	0,33	0,30
4 Motor Arka Rulman	0,52	0,63	0,55	0,57	0,65	0,61
5 Motor Ön Rulman	0,44	0,63	0,55	0,42	0,56	0,48
5 Motor Arka Rulman	0,55	0,86	0,72	0,42	0,57	0,46
6 Motor Ön Rulman	0,37	0,47	0,42	0,39	0,48	0,45
6 Motor Arka Rulman	0,39	0,48	0,43	0,41	0,47	0,45
7 Motor Ön Rulman	0,32	0,48	0,42	0,40	0,49	0,44
7 Motor Arka Rulman	0,44	0,57	0,52	0,37	0,46	0,42
8 Motor Ön Rulman	0,44	0,54	0,49	0,37	0,55	0,48
8 Motor Arka Rulman	0,41	0,49	0,45	0,35	0,48	0,42
9 Motor Ön Rulman	0,29	0,34	0,31	0,39	0,51	0,47
9 Motor Arka Rulman	0,61	0,73	0,66	0,67	1,12	0,87
10 Motor Ön Rulman	0,29	0,36	0,33	0,31	0,42	0,37
10 Motor Arka Rulman	0,76	0,87	0,79	0,74	0,89	0,80

Çizelge 5.1’de 01.06.2022 ve 01.07.2022 tarihlerinde yapılan ölçüm sonuçları, her bir titreşim sensörü için ayrı ayrı minimum, maksimum ve ortalama değerleri belirtilerek gösterilmiştir. Şekil 29, Şekil 30 ve Tablo 2’de görüldüğü gibi ölçümlerde bazı pik noktaları görülüyor olsa da ortalama değerler 0-1 mm/s arasında değişkenlik göstermektedir.



Şekil 5.14. 01.08.2022 Meer Drive motorları titreşim sinyalleri IBA görüntüsü.



Şekil 5.15. 01.09.2022 Meer Drive motorları titreşim sinyalleri IBA görüntüsü.

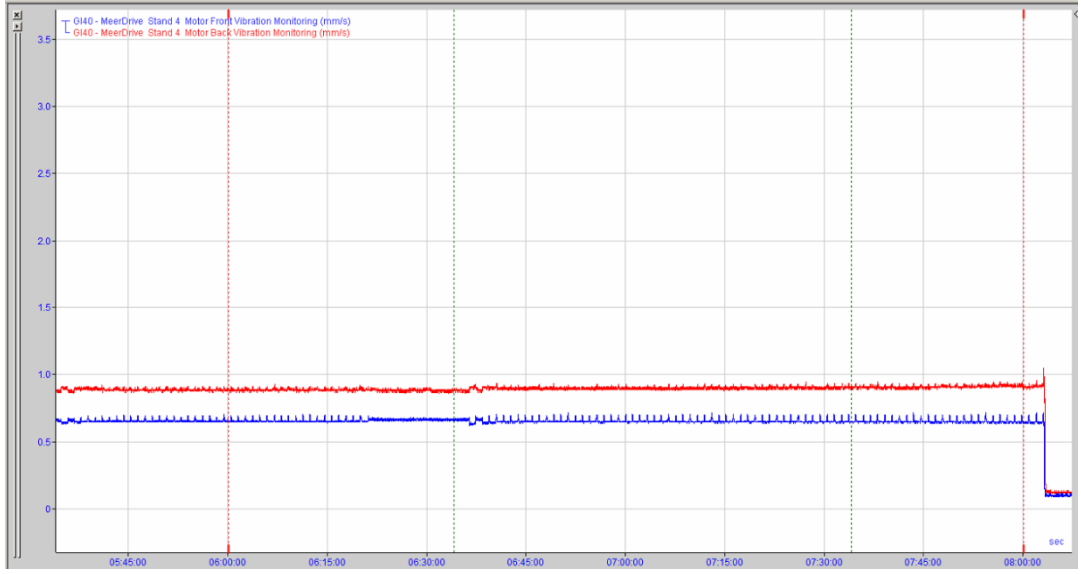
Şekil 5.14 ve Şekil 5.15'te 01.08.2022 ve 01.09.2022 tarihinde yapılan ölçümlerin IBA sistemi üzerinden alınan ekran görüntüsü sunulmuştur.

Şekil 5.15'te koyu mavi ile gösterilen 4 nolu motor arka rulman titreşiminin ve hemen altında gri renkli olarak gösterilen 4 nolu motor ön rulman titreşiminin diğer sinyallerden ayrılarak sırası ile 1.8 ve 1.4 civarında seyrettiği görülmektedir.

Çizelge 5.2. 01.08.2022 ve 01.09.2022 titreşim sonuçları.

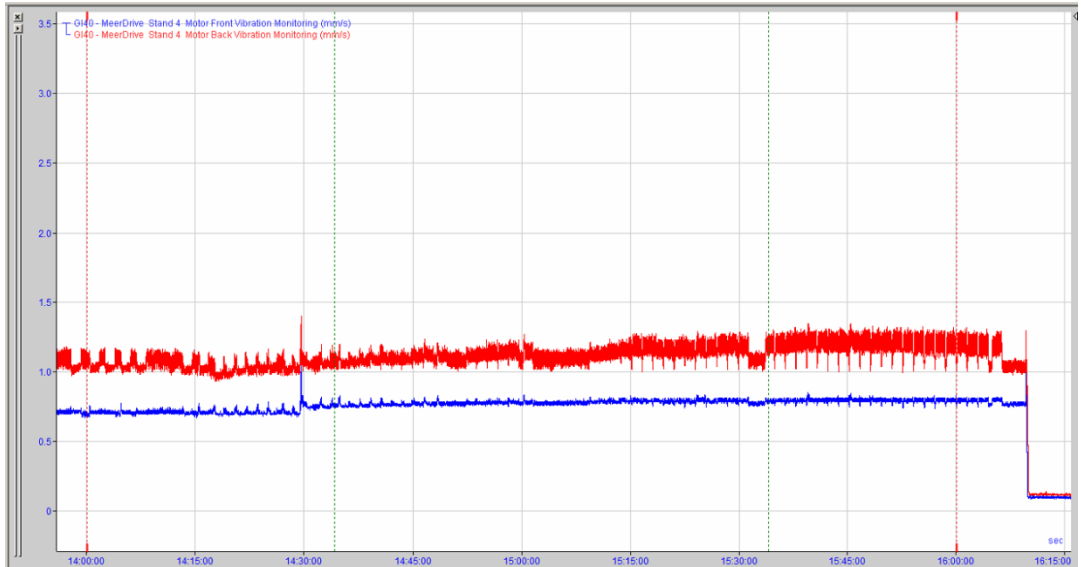
Ölçüm Noktaları	1.08.2022			1.09.2022		
	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.
1 Motor Ön Rulman	0,25	0,35	0,29	0,42	0,62	0,47
1 Motor Arka Rulman	0,27	0,36	0,3	0,47	0,75	0,54
2 Motor Ön Rulman	0,21	0,33	0,27	0,41	0,89	0,5
2 Motor Arka Rulman	0,23	0,3	0,26	0,38	0,74	0,44
3 Motor Ön Rulman	0,25	0,31	0,28	0,37	0,45	0,39
3 Motor Arka Rulman	0,27	0,38	0,33	0,38	0,51	0,42
4 Motor Ön Rulman	0,25	0,32	0,27	1,2	1,45	1,36
4 Motor Arka Rulman	0,55	0,64	0,59	1,24	1,88	1,7
5 Motor Ön Rulman	0,32	0,52	0,38	0,51	0,81	0,66
5 Motor Arka Rulman	0,51	0,68	0,57	0,54	0,87	0,72
6 Motor Ön Rulman	0,33	0,42	0,37	0,62	0,81	0,65
6 Motor Arka Rulman	0,32	0,44	0,39	0,6	0,72	0,63
7 Motor Ön Rulman	0,25	0,28	0,26	0,39	0,5	0,45
7 Motor Arka Rulman	0,49	0,53	0,51	0,42	0,64	0,55
8 Motor Ön Rulman	0,18	0,23	0,2	0,58	0,8	0,73
8 Motor Arka Rulman	0,2	0,24	0,22	0,53	0,88	0,79
9 Motor Ön Rulman	0,19	0,22	0,21	0,34	0,42	0,38
9 Motor Arka Rulman	0,39	0,43	0,41	0,61	2,45	0,78
10 Motor Ön Rulman	0,15	0,19	0,18	0,33	0,47	0,41
10 Motor Arka Rulman	0,76	0,84	0,79	0,74	0,86	0,78

Çizelge 5.2’de 01.09.2022 tarihinde alınan ölçümlerde 4 nolu motorun ön ve arka titreşim sinyallerinin diğer sinyallere göre bir üst seviyeye çıktığı bariz bir şekilde görülmektedir. IBA kayıt izleme sisteminin avantajı bu noktada ortaya çıkmaktadır. 4 nolu motor üzerinde fark edilen bozulmanın tarihçesi araştırılmak istendiğinden 01.09.2022 tarihinden geriye gidilerek sinyaller izlenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda titreşim seyrinin ilk olarak 29.08.2022 tarihinde değişkenlik gösterdiği görülmüştür ve bu tarihten başlanarak titreşim sinyalinin gelişimi takip edilmiştir. Titreşim sinyalinin son olarak ulaştığı noktanın dikkat çekebilmesi için Şekil 33’te bozulmanın başlangıç tarihi olan 29.08.2022 tarihine ait olan titreşim zaman grafiği gösterilmiştir.



Şekil 5.16. 29.08.2022 saat 06:00-08:00 Meer Drive 4 nolu motor ön (mavi) ve arka (kırmızı) titreşim sinyalleri.

Şekil 5.16 ve Şekil 5.17’de aynı gün içerisinde farklı saatlerde alınan titreşim ölçümü grafikleri gösterilmiştir. Sabah saatlerinde ön rulman titreşimi 0.65 mm/s arka rulman titreşimi 0.89 mm/s seviyelerinde iken sırası ile 0.76 mm/s ve 1.11 mm/s değerlerine yükselmiştir.

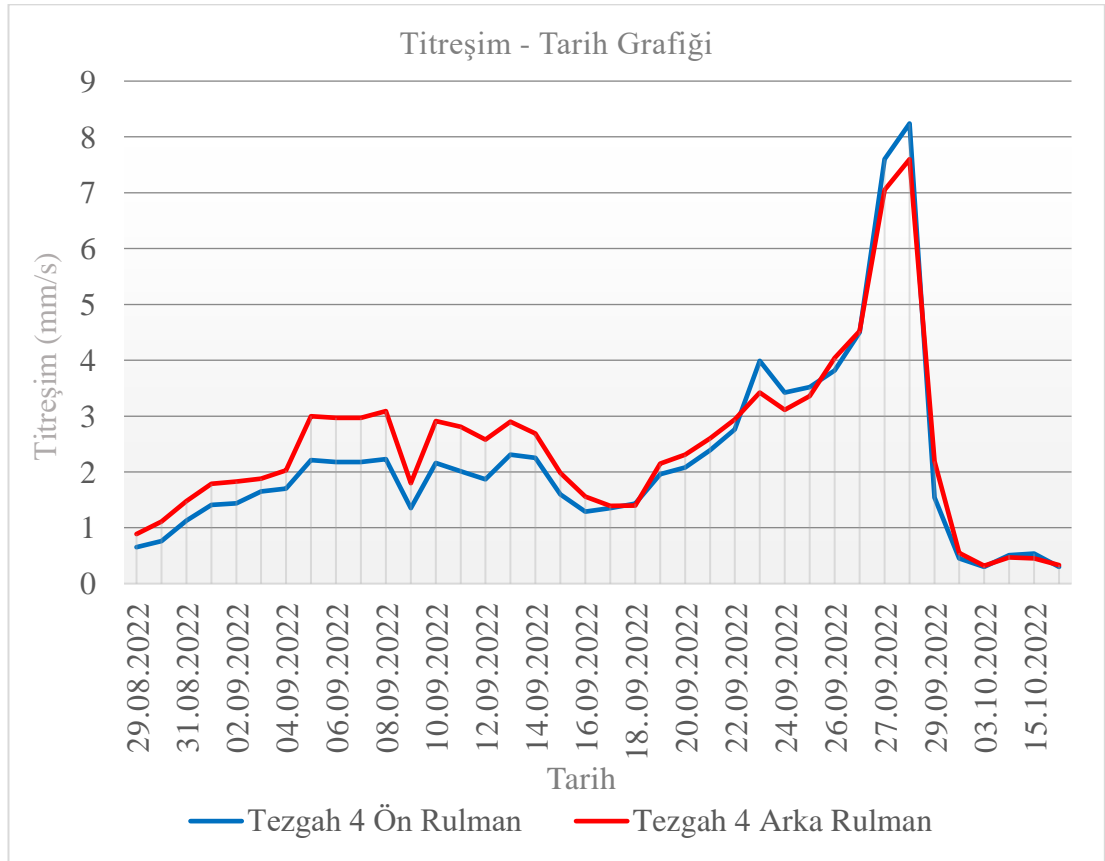


Şekil 5.17. 29.08.2022 saat 14:00-16:00 Meer Drive 4 nolu motor ön (mavi) ve arka (kırmızı) titreşim sinyalleri.

Çizelge 5.3. 4 nolu motor titreşim gelişimi tablosu.

Tarih	Tezgah 4 Ön Rulman			Tezgah 4 Arka Rulman		
	Minimum	Maksimum	Ortalama	Minimum	Maksimum	Ortalama
29.08.2022	0,62	0,71	0,65	0,85	0,94	0,89
29.08.2022	0,67	1,11	0,76	0,93	1,39	1,11
31.08.2022	1,05	1,31	1,13	1,19	1,69	1,48
01.09.2022	1,22	1,50	1,41	1,27	1,98	1,79
02.09.2022	1,29	1,50	1,44	1,37	2,00	1,83
03.09.2022	1,38	1,96	1,65	1,67	2,06	1,88
04.09.2022	1,41	1,83	1,70	1,76	2,17	2,03
05.09.2022	2,00	2,26	2,21	2,22	3,10	3,00
06.09.2022	2,08	2,24	2,18	2,35	3,13	2,97
07.09.2022	1,99	2,24	2,18	2,20	3,12	2,97
08.09.2022	2,02	2,30	2,23	2,33	3,22	3,09
09.09.2022	1,30	1,44	1,35	1,63	2,06	1,80
10.09.2022	1,90	2,26	2,16	2,29	3,06	2,91
11.09.2022	1,50	2,29	2,01	2,06	3,14	2,81
12.09.2022	1,58	2,03	1,87	2,01	2,87	2,58
13.09.2022	1,99	2,67	2,31	2,20	3,28	2,90
14.09.2022	2,09	2,64	2,25	2,52	2,84	2,69
15.09.2022	1,53	1,80	1,60	1,88	2,34	1,98
16.09.2022	1,22	1,48	1,29	1,46	1,61	1,56
17.09.2022	1,26	1,68	1,35	1,30	1,68	1,39
18.09.2022	1,19	1,59	1,43	1,35	1,48	1,40
19.09.2022	1,82	2,21	1,96	1,96	2,26	2,15
20.09.2022	1,90	2,31	2,08	2,11	2,44	2,31
21.09.2022	2,19	2,66	2,39	2,28	3,01	2,60
22.09.2022	2,54	3,08	2,76	2,75	3,24	2,94
23.09.2022	3,35	5,07	3,99	3,13	3,93	3,42
24.09.2022	3,03	4,11	3,42	2,98	3,29	3,11
25.09.2022	3,24	4,03	3,52	3,21	3,50	3,36
26.09.2022	3,54	4,64	3,82	3,77	4,19	4,04
27.09.2022	3,98	5,44	4,50	3,64	5,17	4,52
27.09.2022	6,12	9,43	7,60	6,06	8,21	7,05
28.09.2022	6,57	10,17	8,24	6,62	8,45	7,60
29.09.2022	1,21	2,02	1,54	1,65	3,00	2,19
02.10.2022	0,27	0,57	0,45	0,23	0,79	0,55
03.10.2022	0,23	0,41	0,30	0,23	0,56	0,32
04.10.2022	0,40	0,60	0,51	0,36	0,53	0,47
15.10.2022	0,46	0,62	0,54	0,41	0,50	0,45
31.10.2022	0,26	0,34	0,30	0,28	0,42	0,33

Çizelge 5.3'te 4 nolu motora ait olan ön ve arka rulmanların titreşim sinyalleri minimum noktası, maksimum noktası ve ortalaması şeklinde ayrıntılı olarak verilmiştir. 30.08.2022 tarihinde farklı bir ebat çekildiği ve Meer Drive ünitesi çalışmadığı için bu tarihe ait olan veriler dikkate alınmamıştır. Tablodaki gelişimin daha rahat anlaşılabilmesi için bu veriler ile Şekil 5.18'de gösterilen titreşim-zaman grafiği oluşturulmuştur.

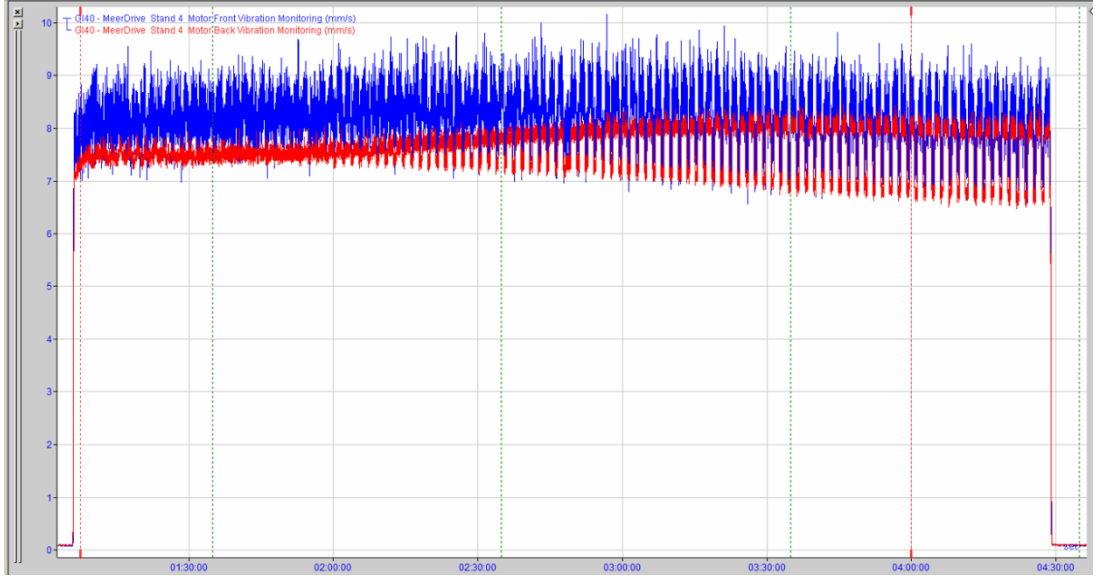


Şekil 5.18. 29.08.2022 ve 31.10.2022 tarihleri arasındaki titreşim-tarih grafiği.

Şekil 5.18'de 29.08.2022 tarihinden itibaren artmaya başlayan titreşim sinyallerinin özellikle 27.09.2022 ve 28.09.2022 tarihinde titreşim değerlerinin oldukça yüksek bir seviyeye çıktığı görülmektedir. 27.09.2022 tarihinde, ön rulman titreşimi 7.6 mm/s ve arka rulman titreşimi 7.0 mm/s değerlerinde iken 28.09.2022 tarihinde, ön rulman titreşimi 8.24 mm/s ve arka rulman titreşimi 7.60 mm/s değerlerine kadar yükselmiştir. Ancak 29.09.2022 tarihinde, ön rulman titreşimi 1.54 mm/s ve arka

rulman titreşimi 2.19 seviyelerine kadar gerilemiştir. Bu durumun sebebi 29.09.2022 tarihinde üretilen ebat sebebi ile 4 nolu motorun bypass konumda olmasıdır.

Şekil 5.19'da titreşim sinyallerinin en yüksek değeri gördüğü 28.09.2022 tarihinde alınan IBA görüntüsü verilmiştir.

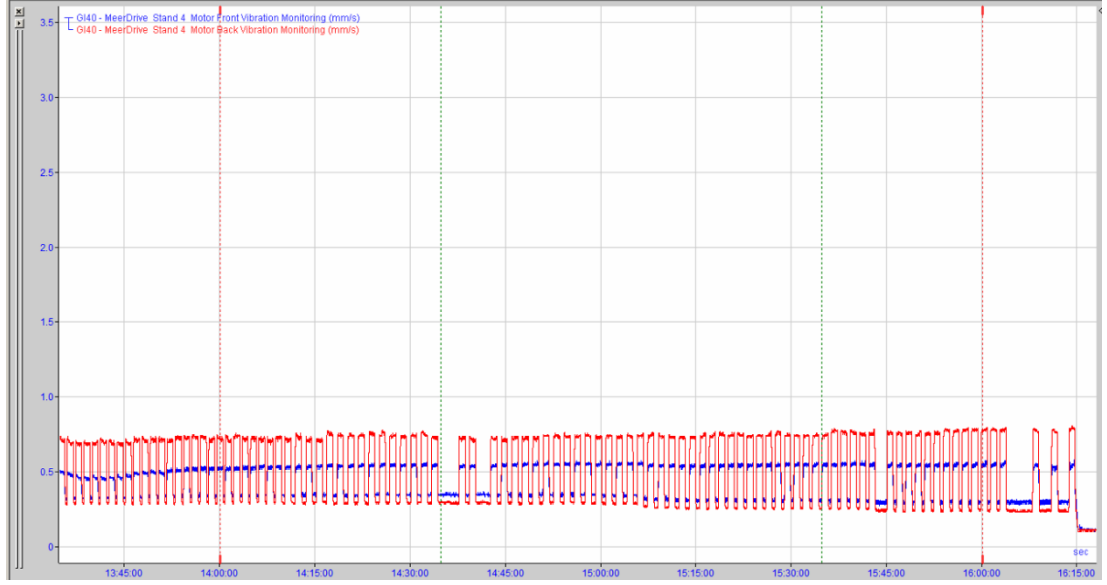


Şekil 5.19. 28.09.2022 saat 01:00-04:00 Meer Drive 4 nolu motor ön (mavi) ve arka (kırmızı) titreşim sinyalleri.

Meer Drive 4 nolu motorda gözlemlenen vibrasyon değerinin 23.09.2022 tarihinde neredeyse 4 mm/s değerlerine kadar yükselmesi ile uygun durumda motorun değiştirilmesi kararı verilmiştir. Bu karar çerçevesinde sistemde herhangi bir ekipman arızalanarak üretimi durdurmazsa, 30.09.2022 tarihinde başlanacak olan SBQ ya da kalın kangal üretimine kadar titreşimin gözlem altında tutularak üretime devam edilmesinde hemfikir olunmuştur. Dolayısı ile bakım gruplarının 30.09.2022 tarihine kadar yedek rulman, yedek kaplin, iş gücü gibi ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için gerekli zaman avantajı sağlanmıştır. 30.09.2022 tarihinde başka bir hattın çalışıyor olması fırsatından yararlanılarak 4 nolu motorun, kaplin montajı yapılarak hazırlanmış olan birebir yedeği ile değişimi yapılmıştır.

Değişim sonrasında 02.10.2022 tarihinde ince kangal üretimine tekrar başlanmıştır. Grafik ve tabloda görüldüğü üzere 02-03-04.10.2022 tarihlerinde ardışık günlerde

yapılan ölçümlerde, 15.10.2022 tarihinde yapılan değişimin 15 gün sonrasındaki ölçümde ve 31.10.2022 tarihinde değişimden bir ay sonra yapılan ölçümlerde başlangıç değerlerinin daha altında titreşim değerleri gözlemlenmiştir. Şekil 37’de 02.10.2022 tarihinde değişimden hemen sonra yapılan ince kangal üretiminde 4 nolu motordan alınan titreşim sinyallerinin IBA görüntüsü verilmiştir.



Şekil 5.20. 02.10.2022 saat 14:00-16:00 Meer Drive 4 nolu motor ön (mavi) ve arka (kırmızı) titreşim sinyalleri.

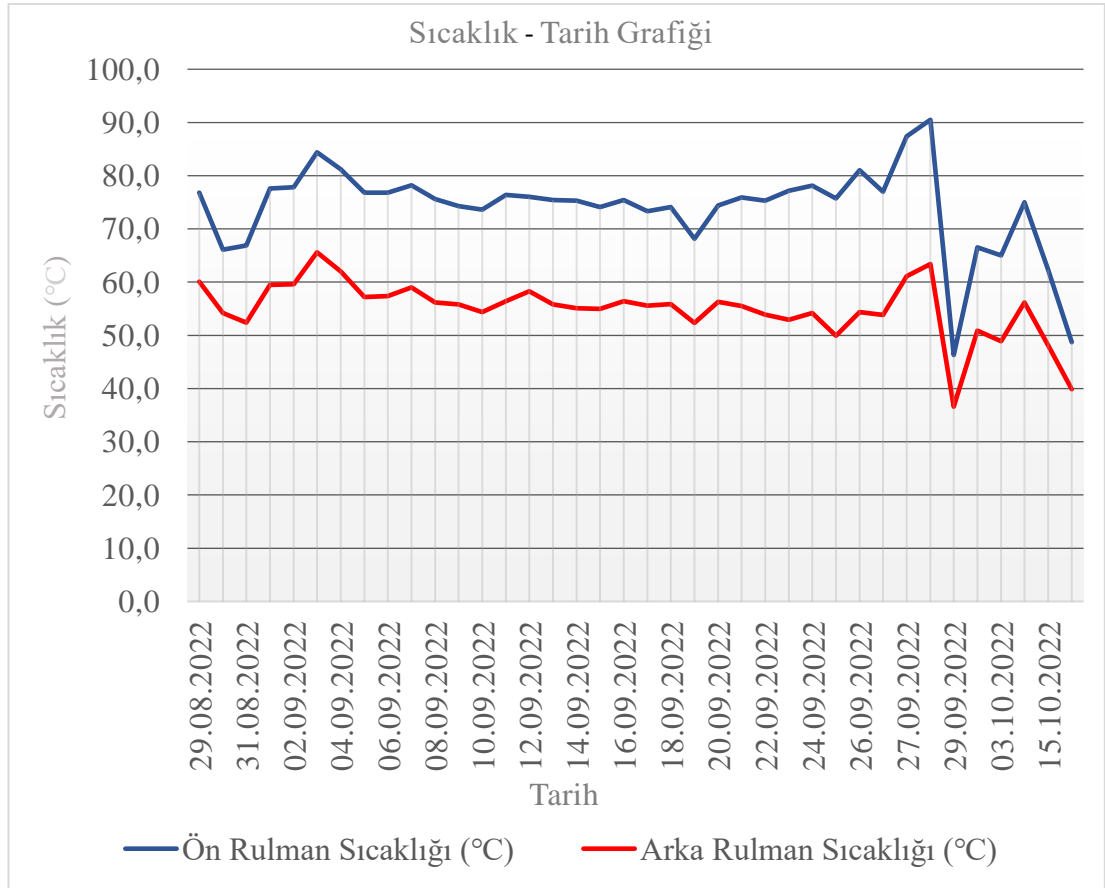
Şekil 5.18’de oluşturulan genel grafik yorumlanacak olursa titreşim zamana bağlı olarak lineer şekilde artmadığı görülmektedir. Bu durumun yaşanmasının en büyük sebebi, hadde tezgahı gibi sistemlerde karşılaşılan yükün sürekli değişken olmasıdır. Normal kullanım şartlarında çalışan bir hidrolik pompa motorunda, su pompası motorunda ya da fan motorunda genellikle yük anlık olarak değişmemektedir. Ancak hadde tezgahlarında, her malzemenin geçişinde ve iki malzeme arasında oluşan boşlukta yük değişkenlik göstermektedir. Ayrıca çekilen ebatın ve çeliğin kalitesi tezgahın çalıştığı torku etkilemektedir. Bu şekilde değişken parametrelerin varlığı söz konusu üniteye yapılan çalışmanın kritikliğine ışık tutmaktadır.

Titreşimin zamana bağlı değişimi ile ilgili toplanan veriler bu şekildedir. Rulman üzerindeki bozulmanın tespitinde sıcaklık verisinin işlevselliğinin anlaşılabilmesi adına IBA sinyal izleme sisteminden Çizelge 5.4’teki veriler alınmıştır.

Çizelge 5.4. 4 nolu motor sıcaklık gelişimi tablosu.

Tarih	Ön Rulman Sıcaklığı (°C)	Arka Rulman Sıcaklığı (°C)
29.08.2022	76,8	60,1
29.08.2022	66,1	54,2
31.08.2022	66,9	52,4
01.09.2022	77,6	59,5
02.09.2022	77,8	59,6
03.09.2022	84,4	65,6
04.09.2022	81,2	62,0
05.09.2022	76,8	57,2
06.09.2022	76,8	57,4
07.09.2022	78,2	59,0
08.09.2022	75,6	56,2
09.09.2022	74,3	55,8
10.09.2022	73,6	54,4
11.09.2022	76,4	56,4
12.09.2022	76,0	58,3
13.09.2022	75,4	55,8
14.09.2022	75,3	55,1
15.09.2022	74,1	55,0
16.09.2022	75,4	56,4
17.09.2022	73,3	55,6
18.09.2022	74,1	55,9
19.09.2022	68,2	52,3
20.09.2022	74,4	56,3
21.09.2022	75,9	55,5
22.09.2022	75,3	53,9
23.09.2022	77,2	52,9
24.09.2022	78,1	54,2
25.09.2022	75,7	49,9
26.09.2022	81,0	54,4
27.09.2022	77,0	53,8
27.09.2022	87,4	61,1
28.09.2022	90,5	63,4
29.09.2022	46,3	36,6
02.10.2022	66,5	50,9
03.10.2022	65,0	48,9
04.10.2022	75,0	56,2
15.10.2022	62,3	48,1
31.10.2022	48,7	39,9

Çizelge 5.4 incelendiğinde sıcaklık verisinin gelişiminde herhangi bir düzende artış söz konusu değildir. Sıcaklık gelişiminin titreşim ile bağlantısının olup olmadığının anlaşılabilmesi için Çizelge 5.4'teki veriler kullanılarak Şekil 5.21'deki grafik çizilmiştir.



Şekil 5.21. 29.08.2022 ve 31.10.2022 tarihleri arasındaki sıcaklık(°C)-tarih grafiği.

Şekil 5.18'deki titreşim-zaman grafiği ve Şekil 5.21'deki sıcaklık-zaman grafikleri incelendiğinde sıcaklık ve titreşim arasındaki ilişkinin çok güçlü olduğundan bahsedilememektedir. Ancak titreşim değerinin en yüksek seviyeleri gösterdiği 28.09.200 ve sonrasındaki tarihlerde sıcaklık verisinin de benzer bir hareket sergilediği görülmektedir.

İncelenen veriler ışığında döner ekipmanlarda arıza tespiti konusunda titreşim verisini incelemenin, sıcaklık verisini incelemekten daha faydalı olduğu kanısına varılmıştır.

BÖLÜM 6

SONUÇ

Meer Drive ünitesi 4 nolu motorda meydana gelen arızanın tarihçesini kısaca gözden geçirecek olur isek: 29.08.2022 tarihinde 4 nolu motora ait olan ön ve arka rulman titreşimlerinin normal seyirden ayrıldığı görülmüştür. 02.09.2022 tarihinde arka rulman titreşiminin 2.0 mm/s değerlerine ulaşması, sisteme alarm düşmesine sebep olmuştur. Alarm düşmesinin akabinde, bakım grupları vibrasyon değerlerini mercek altına alarak incelenmeye başlamıştır. 23.09.2022 tarihinde, vibrasyon değerlerinin 4.0 mm/s değerlerine yükselmesi ile birlikte, uygun duruşta motorun değiştirilmesine karar verilmiştir. Üretim kaybı yaşanmaması için üretim planları incelenmiş ve arıza kaynaklı duruş yaşanmadığı müddetçe 30.09.2022 tarihinde hat değişimi yapılana kadar motorun çalışmasında fikir birliğine varılmıştır. Vibrasyon değerleri 28.09.2022 tarihinde, ön rulmanda 8.24 mm/s ve arka rulmanda 7.60 mm/s seviyelerine kadar yükselmiş olsa da sistemde titreşim kaynaklı bir arıza yaşanmamıştır. 29.09.2022 tarihinde yapılan üretimin ebat ölçüleri sebebi ile 4 nolu tezgah yük altında çalışmamıştır. 30.09.2022 tarihinde arızalı olan motor sökülerek, yerine kaplin montajı önceden yapılmış olan bire bir yedeği takılarak sistem üretime hazır hale getirilmiştir. 02.10.2022 tarihinde yeniden ince kangal üretimi yapılmaya başlanmıştır. Bu tarihten sonra 30 günlük kayıtlar incelendiğinde, vibrasyon değerlerinde anormallik saptanmamıştır.

Arızalı olan 1075 kW gücündeki motorda rulman değişimi ve balans alma işlemleri yapılmıştır. Yapılan onarım işlemlerinden sonra motor yedekte beklemek üzere hazır hale getirilmiştir. Yaşanan arıza ile ilgili olarak titreşime sebep olabilecek olan bozulmaların tespit edilebilmesi için motor ön ve arka rulmanları işaretlenerek incelemeye alınmıştır.



Şekil 6.1. Arka rulman üstten görünümü (sol üstte), ön rulman üstten görünümü (sağ üstte), arka rulman karşıdan görünümü (sol altta), ön rulman arkadan görünümü (sağ altta).

Şekil 6.1’de görüldüğü gibi rulmanların dış görünüşlerinde herhangi bir fiziksel hasar görülmemektedir. Bu sebeple rulmanlarda oluşan hasarın daha iyi anlaşılabilmesi için rulmanların kesilerek iç ve dış bilezik yüzeylerinin incelenmesi ve bilyelerinin kontrol edilmesi gerekmektedir.



Şekil 6.2. Arka rulman iç bileziği (solda), ön rulman iç bileziği (sağda).

Arka rulman iç bileziğinin görüntüsünde Şekil 6.2’de de görüldüğü gibi göz ile fark edilebilen herhangi bir bozukluk yokken ön rulman iç bileziğinin üzerinde milimetre boyutunda bozulmalar gözlemlenmektedir.



Şekil 6.3. Arka rulman dış bileziği (solda), ön rulman dış bileziği (sağda).

Dış bilezik yüzeyleri incelendiğinde ise Şekil 6.3'te görüldüğü gibi, arka rulman için herhangi bir bozukluk gözle görülemezken, ön rulman dış bileziğinde, iç bileziğinin üzerindeki bozulmalara benzer bozulmaların mevcut olduğu fark edilmektedir. Rulmanların incelemesine devam edildiğinde arka rulmana ait küresel bilyelerde herhangi bir bozukluk olmadığı ancak ön rulmana ait bilyelerden 2 tanesinde Şekil 6.4'te de görüldüğü gibi benzer şekilde yüzey problemlerinin varlığı tespit edilmiştir.



Şekil 6.4. Ön rulman yüzey kusurlu bilyeleri.

Yapılan incelemeler ve ölçümler sonucunda Meer Drive ünitesine ait 4 nolu motor ön rulmanında kusur tespiti yapılmıştır. Tespit aşamasında sıcaklık ve titreşim verileri incelenmiştir. Yapılan İncelemeler sonucunda titreşim analizi yönteminin sıcaklık analizi yöntemine göre rulmanlarda hasar tespit etme konusunda daha verimli olduğu sonucuna varılmıştır.

Meer Drive ünitesi Çubuk ve Kangal Haddehanesinde ince kangal üretim hattı için çok önemli bir yere sahiptir. Meer Drive ünitesinde meydana gelen arızaların hattı durdurma ihtimali oldukça yüksektir. Bu sebeple Meer Drive üzerinde kestirimci

bakım yaklaşımını yönetebiliyor olmak haddehane için çok büyük bir avantajdır. Kurulan titreşim analizi sistemi sayesinde tespit edilen bu arıza, kestirimci bakım uygulamaları adına başarılı sayılabilecek bir örnektir.

Titreşim analiz sistemi olmasa idi motor üzerindeki rulman bozukluğu arıza hattı durdurana kadar öngörülememiş olacaktı. Bu durum hat çalışır durumda iken ortaya çıkacağı için duruşa sebebiyet verecekti. Geçmiş tecrübelerden faydalanılarak Meer drive ünitesinde yaşanan bu tip bir arızanın onarım süresi yaklaşık 10 saattir. Çubuk ve Kangal Haddehanesinde saatte yaklaşık 100 ton üretim yapılmaktadır. 10 saatlik duruş 1000 tonluk üretim kaybına tekabül etmektedir. Ayrıca sistemde kullanılan 1075 kW, 690 V özel sarımlı asenkron motor değeri yaklaşık olarak 120.000 dolar değerindedir. Yaklaşık olarak aynı değere sahip olan motorlardan Meer Drive ünitesinde 10 adet mevcuttur ve toplam değerleri yaklaşık 1.200.000 dolardır. Aşırı akım dolayısı ile zarar görme ihtimali yüksek olan sürücü siteminin ise değeri yaklaşık 1.500.000 dolardır. Motora bağlı olarak kullanılan kaymalı yataklı redüktör ise yaklaşık 300.000 dolar değerindedir. Aynı tip redüktörden yine 10 adet bulunmaktadır ve yaklaşık değeri 3.000.000 dolardır. Dolayısı ile kurulan sistem sayesinde yaklaşık 6.000.000 dolar değerinde sabit kıymet için koruma önlemi alınmıştır.

Kurulan titreşim analizi sistemi sayesinde rulman arızası hat duruşu verilmeden önce tespit edilerek değişim anına kadar yedek ekipman hazırlıkları yapılmıştır. Uygun duruşta yapılan onarım çalışmaları ile rulmandaki bozulmanın motor ve redüktöre zarar vermesi engellenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Köprü, T., “Kestirimci bakım zamanlarının makina öğrenmesi yöntemleriyle tahminlenmesi: demir çelik sektöründe bir uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, **Karabük Üniversitesi Lisans Üstü Eğitim Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**, Karabük (2022).
2. Brown, P. and Sondalini, M., “The evaluations of maintenance practices”, **Lifetime Reliability Solutions**, USA, 3,4 (2008).
3. Denli, H. B., “Kestirimci bakım ve uygulamalarının iyileştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Mersin (2007).
4. Karadayı, H. M., “Titreşim analizi ile pompalarda arıza tespiti ve kestirimci bakım uygulamaları”, Yüksek Lisans Tezi **Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Balıkesir (2011).
5. Arslan, S., “Titreşim analizi ile fanlarda arıza teşhisi ve kestirimci bakım”, Yüksek Lisans Tezi, **Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**, Zonguldak (2010).
6. Baykara, V. İ., “Titreşim analizi ile şanzımanlarda arıza teşhisi ve kestirimci bakım”, Yüksek Lisans Tezi, **Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümü**, Zonguldak (2009).
7. Yılmaz, M., “PLC destekli kestirimci bakımın kardemir sinter fabrikasında uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, **Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Karabük (2012).
8. Göçülü, G., “İşletmelerde kestirimci bakım uygulamaları”, Yüksek Lisans Tezi, **Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Hatay (2015).
9. Çimen, M., “Bilyeli rulman hasarlarının titreşim analizi ile tespiti ve gemi makinelerinde kestirimci bakım uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul (2015).
10. Küçük, C., “Enerji tesislerindeki döner ekipmanlara uygulanan koruyucu bakım ve kestirimci bakımın incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kocaeli (2018).
11. Yıldırım, E., ve Karahan, M. F., “Titreşim analizi ile rulmanlarda kestirimci bakım”, **Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, 11(1), 17-23 (2015).

12. Ayan, Ö. A., “Döner makine elemanların titreşim analizi ile kestirimci bakımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Edirne (2019).
13. Karaçay, T., & Aktürk, N., “Bilyalı rulman yerel kusurlarının neden olduğu titreşimlerin modellenmesi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 24(2) (2009).
14. Gürsoy, M. Ü., Çolak, U. C., Gökçe, M. H., Akkulak, C., ve Ötleş, S., “Endüstri için kestirimci bakım”, *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 3(1), 56-66 (2019).
15. Emir, T., Marangoz, M. C., ve Işık, M. Z., “Endüstriyel işletmelerde bakım kültürünün değişimi”, *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 1(2), 365-371 (2012).
16. Uysal, V., “Enerji santrallerinde titreşim analizi ile kestirimci bakım”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya (2019).
17. Atapek, A., “Kestirimci bakım metotları ile arızaların tespit edilmesi ve J79 turbojet uçak motorlarında kestirimci bakım uygulamaları”, Yüksek Lisans Tezi, *Altınbaş Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, İstanbul (2022).
18. Tuncer, K., “Durum bazlı kestirimci bakım yöntemlerinden titreşim analizi ile fanlardaki dengesizlik arızasının tespiti ve bakımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri (2022).
19. Şahin, U., “Rüzgar türbinlerinde titreşim analizi ve kestirimci bakım uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Aydın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, İstanbul (2021).
20. Kurt, E., “Kestirimci bakım yöntemi kullanılarak egzoz fanında arıza teşhisi”, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı*, Kayseri (2012).
21. Orhan, S., Arslan, H., ve Aktürk, N., “Titreşim analiziyle rulman arızalarının belirlenmesi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 18, No 2, 39-48 (2003).
22. Kurt, V., “Asenkron motorlarda rotor çubuklarının kırılmasının işletme başarımı üzerine etkisinin sonlu elemanlar yöntemi ile tespitine katkılar”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2019).
23. Şahin, A., “Büyük güçlü asenkron motorlarda titreşim analizi ile arıza teşhisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli (2018).
24. Sarı, M., “Bir servo motorun PLC ile titreşim ve sıcaklık analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2018).

25. Yılmaz, M. S., “Asenkron motorlarda sıcaklık, akım, titreşim verilerinin analizi ve adaptif ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemi uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2008).
26. Çabuk, A. S., “Tekerleğiçi fırçasız doğru akım motorlarının sıcaklık dağılımlarının toplu parametrelili devre modeli şeması ile incelenmesi”, *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 32(2), 128-136 (2020).
27. Aydın, G., ve Meran, C., “Çimento sektöründe kestirimci bakımla arıza teşhisi ve önlenmesi”, *Mühendis ve Makina*, 59(692), 48-67 (2018).
28. Yıldırım, E., ve Karahan, M. F., “Titreşim analizi ile rulmanlarda kestirimci bakım”, *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(1), 17-23 (2015).
29. Çeven, S., & Bayır, R., “Bir asenkron motorun mekanik titreşim sinyallerinin ölçülerek arıza analizinin yapılması”, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 312-322 (2020).
30. Demir, H. G., ve Müştak, O., “Rulman hasarlarının titreşim ve gürültü analizi ile tespiti”, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (25), 571-581 (2021).
31. Kasap, M., Çınar, E., Yazıcı, A., ve Özkan, K., “An experimental evaluation of intelligent fault detection and classification for induction motors utilizing machine learning approaches”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(2), 126-136 (2021).
32. Tabak, A., ve Özkaymak, M., “Elektrik motorlarında uygulanan bakım yöntemlerinin incelenmesi, karşılaştırılması ve uzaktan erişimin kestirimci bakıma etkisi”, *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(4), 889-905 (2020).
33. Orhan, S., “Rulmanlarla yataklanmış dinamik sistemlerin titreşim analizi ile kestirimci bakımı”, Doktora Tezi, *Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kırıkkale (2002).
34. Ünal, G., “Güvenilirlik merkezli bakım ve bir endüstriyel uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2009).
35. Tabak, A., “Ekipmanlarda kestirimci bakım teknolojilerinin araştırılması ve seçilen bir yöntemin uygulandığı sanayi tesisinde elde edilen neticelerin irdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı*, Karabük (2014).
36. Akyaz, T., “Bilgisayar destekli kestirimci bakım sisteminin tasarlanması”, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir (2022).

37. İnternet: Kardemir A.Ş., “Entegre Demir Çelik Tesisi Üretim Akış Şeması”, <https://www.kardemir.com/dosyalar/satispazarlama/urunkatalogu/kardemir-urunler.pdf>. (2022).
38. Çavdar, F., “Sıcak haddeleme prosesinde kaba haddeleme aşamasının modellenerek optimizasyonunun yapılması”, Doktora Tezi, *İskenderun Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Hatay (2021).
39. Bonnett, A. H., “Root cause AC motor failure analysis with a focus on shaft failures”, *IEEE Transactions on Industry Applications*, 36(5), 1435-1448 (2000).

ÖZGEÇMİŞ

Yusuf KALEMOĞLU ilk ve orta öğrenimini Karabük'te tamamlamıştır. 2012 yılında Karabük Mehmet Vergili Fen Lisesinden mezun olarak aynı yıl Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümünü kazanmıştır. 2017 yılında lisans eğitimini tamamlamış ve Şırnak ilinde askerlik görevini yerine getirmiştir. 2018 yılında Kardemir A.Ş. Çubuk ve Kangal Haddehanesi Müdürlüğünde Elektrik ve Otomasyon Bakım Mühendisi olarak meslek hayatına başlamıştır. 2020 yılında Karabük Üniversitesinde Lisansüstü eğitim Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitime başlamıştır. Halen Kardemir A.Ş'de meslek hayatına devam etmektedir.