KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE KULLANILAN KESTİRİMCİ BAKIM YÖNTEMLERİ VE UYGULAMALARI

GÖKAN ACAR

KOCAELİ 2014

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE KULLANILAN KESTİRİMCİ BAKIM YÖNTEMLERİ VE UYGULAMALARI

GÖKAN ACAR

Prof.Dr. Zafer DÜLGER
Danışman, Kocaeli Üniv. .....

Prof.Dr. Sedat KARABAY
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv. .....

Yrd.Doç.Dr. Tarkan SANDALCI
Jüri Üyesi, Yıldız Teknik Üniv. .....

Tezin Savunulduğu Tarih: 24.06.2014

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Müşteri zevk ve ihtiyaçlarının sürekli olarak değiştiği günümüzde, pazarların görünümü ve yapısı tüketiciler tarafından belirlenmekte, minimum maliyet, kalite ve hızlılık günümüz rekabetinin temelini oluşturmaktadır. Çevresel faktörlerdeki değişimlere tepki vermek ve uyum sağlamak organizasyon yapısının dinamik olmasına ve üretim sürecinin esnekliğine bağlıdır. İşletmedeki esnek yapı arttıkça tüketici isteklerine daha hızlı yanıt verebilmek, hedef kitle ve pazarın korunup büyütülmesine sebep olmaktadır. Hızlı yanıt verebilmek için üretimin arızi duruşları en az seviyede yada hiç yaşamaması gerekmektedir. Arızi duruşları yaşamamak ya da minumuma indirebilmek için, kestirimci bakım analizi en riskli ve en fazla duruşa sebebiyet verebilecek ekipmanlardan başlayarak planlanmalıdır.

Metot, makinelerin çalışırken yaydığı ses, titreşim ve ısıdan yola çıkarak, yapılan ölçüm ve gözlemler sonucunda, makinenin durumunun anlık fotoğrafını çeker ve öncekilerle karşılaştırılarak alınması gereken önlemlerin ve yapılacak planlamaların çok geç olmadan yapılabilmesi için zaman sağlar. Bu sayede tezgah ve ekipmanlar daima hazır durumda olur ve yüksek verimle çalışır.

Tezde, bakım onarım teknikleri tanıtılmış, kestirimci bakım metotları anlatılmış ve bazı uygulama örnekleri verilmiştir.

Bu çalışma esnasında değerli fikirleri ve tavsiyeleriyle bana yön veren sevgili hocam Sayın Prof. Dr. Zafer Dülger'e, çalışmakta olduğum firmada yöneticilik yapan Sayın Tolga Kurtel ve Cengiz Deniz'e, desteklerinden ötürü teşekkürlerimi sunuyorum.

Haziran - 2014 Gökan ACAR

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜRLER i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
TABLOLAR DİZİNİ vi
SİMGELER VE KISALTMALAR vii
ÖZET viii
ABSTRACT ix
GİRİŞ 1
1. GENEL BİLGİLER 2
1.1. Üretim ve Üretim Sistemleri 2
1.2. X Fabrikası Üretim Bilgileri 4
1.3. Genel Bakım Çeşitleri 4
1.3.1. Koruyucu bakım 4
1.3.2. Kestirimci bakım 5
1.3.3. Arızi bakım 6
2. KESTİRİMCİ BAKIM HAKKINDA BİLGİLER VE LİTERATÜRDE YER ALAN KESTİRİMCİ BAKIM UYGULAMALARI 7
2.1. Kestirimci Bakım Uygulamaları Hakkında Genel Bilgiler 7
2.1.1. Titreşim analizi 7
2.1.2. Termal kamera analizi 10
2.1.3. Yağ analizi 14
2.1.4. Ses analizi 17
2.1.5. Görsel analiz 20
3. X FABRİKASI' NDA KULLANILAN KESTİRİMCİ BAKIM UYGULAMALARI 21
3.1. Otomotiv Sektörü Hakkında Bilgiler 22
3.2. Shuttle Sistemlerinin Kestirimci Bakımı 23
3.3. Punta Tabancaları Hakkında Bilgiler ve Kestirimci Bakım Yöntemleri 26
3.4. Elektronik Monoray Sistemi Kestirimci Bakımı 29
3.5. Konveyor Sistemleri Kestirimci Bakımı 32
3.6. Otomatik Elektrod Kalemtraş Sistemi Kestirimci Bakımı 35
3.7. Termal Kamera İle Punta Tabancası Şönt Analizi Uygulaması 36
3.8. Pompa Titreşim Analizi Uygulaması 41
3.8.1. Titreşim ölçümünde kullanılan rondela ve ölçüm cihazı 41
3.8.2. Titreşim ölçümlerinin alınması 43
3.8.3. Titreşim ölçüm grafikleri ve yorumlanması 45
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 53
KAYNAKLAR 55
ÖZGEÇMİŞ 56

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Üretim süreci temel elemanları 2
Şekil 1.2. Endüstriyel üretimin sınıflandırılması 3
Şekil 2.1. Temel kestirimci bakım uygulamaları 7
Şekil 2.2. Titreşim analizinin yapıldığı yerler 8
Şekil 2.3. Ölçüm yapılabilecek bir makinenin basitçe parça sınıflandırılması 9
Şekil 2.4. Ölçüm alınan yerlerin titreşim genliği-frekans durumları 9
Şekil 2.5. Elektrik sistemlerden termal kamera örnekleri 11
Şekil 2.6. Mekanik sistemlerden termal kamera örnekleri 12
Şekil 2.7. Freze işlemi esnasında alınan sıcaklık noktaları 13
Şekil 2.8. Yağ içerisine karışan yabancı maddelerin görünümü 16
Şekil 2.9. Yağ görünümüne su yüzdesinin etkisi 17
Şekil 2.10. Hata tespitleri ve rotasyonel hız bağlantısı 19
Şekil 2.11. Ses analiz modülü 19
Şekil 3.1. Hidro-pnömatik dengeleme sistemi 23
Şekil 3.2. Kaldır ve hareket et sisteminde transferi sağlayan motor redüktör sistemi 24
Şekil 3.3. Motor sargısı termal kamera sıcaklığını gösteren alıntı 24
Şekil 3.4. Motor redüktör sistemi 25
Şekil 3.5. Titreşim sensor tipleri 25
Şekil 3.6. Punta kaynağı şematik gösterimi 26
Şekil 3.7. Elektrod soğutma sisteminin yapısı 27
Şekil 3.8. Punta tabancasının kısımları 28
Şekil 3.9. Servo motor kesit resmi 28
Şekil 3.10. Üzerinde bakır teller olan ray sistemi 29
Şekil 3.11. Yan panel taşıyıcısı 29
Şekil 3.12. Taşıyıcı sistemin yan paneli almadan hemen önceki hali 30
Şekil 3.13. Taşıyıcı sistem grup ekipman bakım faliyet planı kontrol çetelesi 31
Şekil 3.14. Makaralı konveyorlerin takometre cihazı ile çevresel hız kontrolü uygulaması 32
Şekil 3.15. Konveyor arızaları 2012 33
Şekil 3.16. Konveyor sürücü arıza nedenleri 33
Şekil 3.17. Kestirimci bakım sonrası iyileşme 34
Şekil 3.18. Zincir konveyor mekanizmaları 34
Şekil 3.19. Kalemtraş mekanizması 35
Şekil 3.20. Tabanca kalemtraş pozisyonu 36
Şekil 3.21. J veya C tipi tabanca 36
Şekil 3.22. X veya makas tipi tabanca 37
Şekil 3.23. C tipi tabanca ile birleştirme örneği 37
Şekil 3.24. Tab 7103 normal sıcaklık değerini gösterir alıntı 39
Şekil 3.25. Tab 7103 arıza başlangıcı sıcaklık değerini gösterir alıntı 39
Şekil 3.26. Tab 7104 normal çalışma sıcaklığını ve arıza öncesi sıcaklığı gösterir alıntı 39

Şekil 3.27. Tab 38016 normal çalışma sıcaklığını ve arıza öncesi sıcaklığı gösterir alıntı 40
Şekil 3.28. Termal kamera analizi uygulamasının Ağustos ayı itibariyle başlamasından sonra duruşlarda izlenen iyileşme..... 40
Şekil 3.29. Ölçüm cihazının genel görünümü..... 41
Şekil 3.30 Ölçüm rondelasının şematik görünümü..... 42
Şekil 3.31. Ölçüm rondelası..... 42
Şekil 3.32. Ekipman tanımlama program görüntüsü..... 43
Şekil 3.33. Ekipman tahrik sisteminin seçildiği program görüntüsü 43
Şekil 3.34. Ekipmanın tanımlasının son ekran alıntısı..... 44
Şekil 3.35. Motor devrinin girildiği ekran alıntısı 44
Şekil 3.36. Motor tarafındaki 1 numaralı rulman ölçümü..... 45
Şekil 3.37. Motor tarafındaki 2 numaralı rulman ölçümü..... 46
Şekil 3.38. Pompa tarafındaki 1 numaralı rulman ölçümü..... 46
Şekil 3.39. Pompa tarafındaki 2 numaralı rulman ölçümü..... 47
Şekil 3.40. Su testi yağmurlama pompaları 50
Şekil 3.41. Roll test line 3 ön motorun hareket verdiği silindir bloğu..... 51
Şekil 3.42. Pompa grubunda titreşim analizi uygulama sonrası görülen iyileşme..... 52

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Yağ analizinde aşınma limitlerinin belirlenmesi ve yorumlar 15
Tablo 3.1. Şönt analizi yapılan tabancaların parametre değerleri 38
Tablo 3.2. Günlük ölçülen sıcaklık değerleri problem görülen örnek tablo 38
Tablo 3.3. Tesiste titreşim analizinin yapıldığı diğer ekipmanlar 49
Tablo 3.4. 3 numaralı pompa test sonuçları ve yorumu 50
Tablo 3.5. Line 3 sol ön motor test sonuçları ve yorumu 51

SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

ABM	:Araç Başı Maliyet
AC	:Alternating Current (Alternatif Akım)
DC	:Direct Current (Doğru Akım)
EEO	:Ekipman Etkinlik Oranı
EMS	:Elektronik Monoray Sistemi
gE	:Gravity Envelope (Zarflanmış İvme)
HOR ENV	:Horizontal Envelope (Yatay Zarflandırılmış Hız)
HOR VEL	:Horizontal Velocity (Yatay Hız)
HVAC	:Heating&Ventilating&Air Conditioning (Isıtma&Havalandırma& İklimlendirme)
KB	:Kestirimci Bakım
NÇS	:Normal Çalışma Sıcaklığı
PdM	:Predictive Maintenance (Kestirimci Bakım)
PLC	:Programmable Logic Control (Programlama Dili)
RPM	:Revolution per Minute (Dakikada Dönüş Hızı)
TAB	:Manuel Punta Tabancası
VER VEL	:Vertical Velocity (Düşey Hız)

OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE KULLANILAN KESTİRİMCİ BAKIM YÖNTEMLERİ VE UYGULAMALARI

ÖZET

Bakımın ne zaman gerekli olabileceğini tahmin etmek yerine, kestirimci bakım tekniklerini kullanmak, bakım zamanının gerekli olup olmadığını belirlemek için yardımcı olur. Kestirimci bakım ile maliyet tasarrufu sağlanması, zamana dayalı önleyici bakımdan veya alışılmış bakımlardan daha yararlıdır çünkü sadece gerektiğinde yapılır. Titreşim analizleri, ses frekans ölçümleri, yağ analizleri, termal kamera analizleri ve ekipmana özgü yapılabilecek tahribatsız analizler, ekipmanın durumunu değerlendirmek için kestirimci bakım ile elde edilebilecek muazzam datalardır.

Bu çalışmada, X fabrikasında uygulanan kestirimci bakım uygulamaları anlatılmıştır. Transfer sistemlerinde, punta tabancalarında, motor-pompa ve motor-redüktör sistemlerinde uygulanan kestirimci bakım uygulamaları gösterilmiştir. Kestirimci bakım uygulamaları sayesinde arıza nedenli duruşlarda yaşanan azalmalar, verimlilik artışları ve maliyet azaltmalarından bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ekipman Ömrünün Uzatılması, Kestirimci Bakım, Maliyet Tasarrufu.

PREDICTIVE MAINTENANCE METHODS AND APPLICATIONS USED IN AUTOMOTIVE INDUSTRY

ABSTRACT

Predictive maintenance techniques help determine the condition of in-service horse-rod in order to predict when maintenance should be performed. This approach offers cost savings over routine or time-based preventive maintenance, because tasks are performed only when warranted. To evaluate equipment condition, predictive maintenance utilizes nondestructive testing technologies such as infrared, acoustic, vibration analysis, sound level measurements, oil analysis, and other specific online tests.

In this study, predictive maintenance applications are introduced in X factory. Transfer systems, manuel weld guns, motor-pump and motor-reducer predictive maintenance applications are shown. With predictive maintenance applications, efficiency, cost reduction and failure-induced breakdown improvements are mentioned.

Keywords: Increased Equipment Lifetime, Predictive Maintenance, Cost Saving.

GİRİŞ

Sürekli değişen ve gelişen dünyamızdaki işletmelerin etkinliklerinin ve verimliliklerinin arttırılmasında, değişimlere uyum sağlamak büyük bir önem taşımaktadır. Pazar yapısının tüketiciler tarafından belirlendiği bu zamanda, klasik üretim sistemlerinin yerini daha esnek, daha hızlı, daha kaliteli modern sistemler almaya başlamıştır. Bu ortamda minimum maliyetlerle müşteri memnuniyetinin sağlanması zorunlu hale gelmiştir. Süreç karmaşık olduğundan, sistemin arıza kaynaklı aksamalara maruz kalmaması için, bakım sistemlerinde en etkili ve en verimli bakım metodu olan kestirimci bakım uygulanmaya başlamıştır. Kestirimci bakım uygulamaları, titreşim analizi, termal kamera kontrolü, ultrases testi, yağ analizi ve görsel kontrol metodlarını kapsamaktadır. Ayrıca proses şartlarına göre de kestirimci metodlar geliştirilebilir. En etkili ve en verimli kontrol metodları işletmenin yapısı ve ekipman çeşitliliğine bağlı olarak değişiklik göstermekle beraber, en çok kullanılan yöntemler titreşim analizi ve termal kamera kontrolleridir.

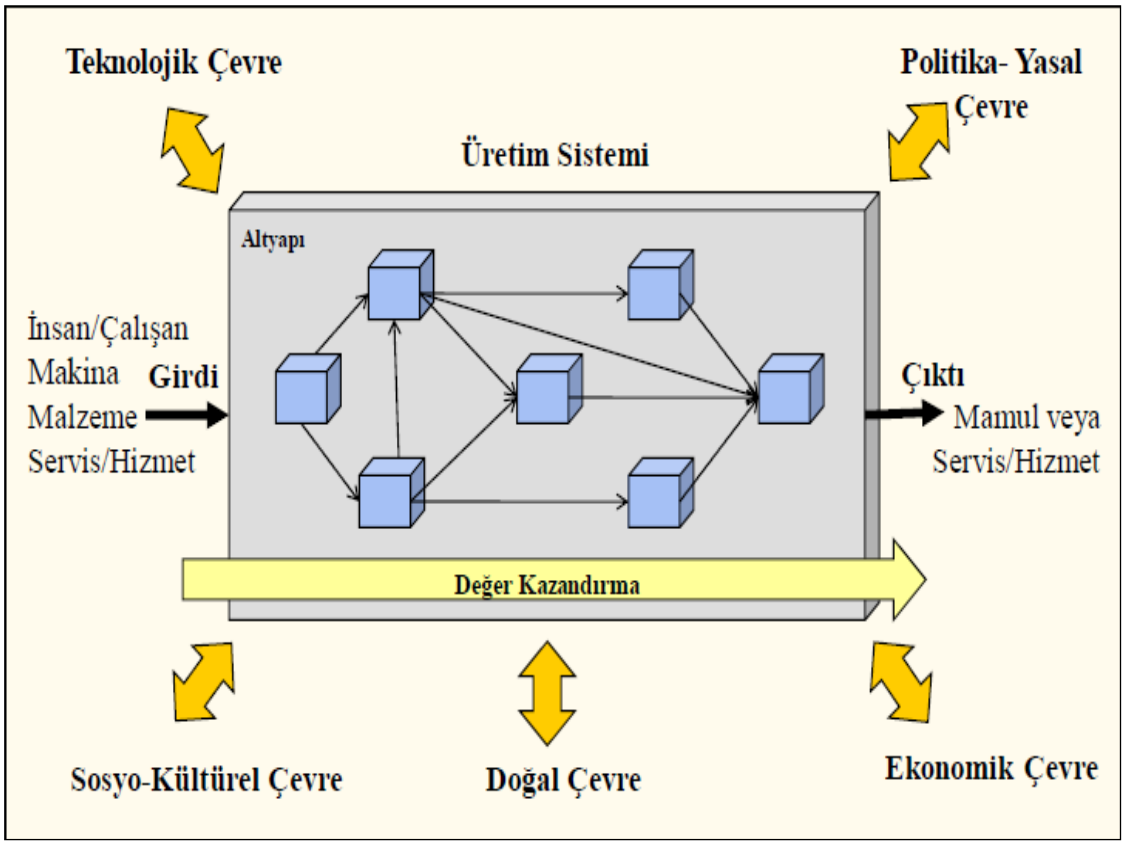
Seri üretim yapan ve toplam kalitede üst limitlerini zorlayan tüm işletmelerde kestirimci bakım zaruridir. Kestirimci bakım yapılmayan işletmelerde arızi bakım kaynaklı duruşları telafi etmeye çalışmak, arızi bakımın büyüklüğü ile doğru orantılı olarak artış gösterir. Bu artış hem toplam kaliteyi düşürür hem de telafi etmek için üretimi hızlandırarak yüklenme kaynaklı ekipman arızalarının artışına sebebiyet verir. Kestirimci bakım çalışmaları ile arızi bakımların önüne geçilerek, kontrol her zaman elde tutulur.

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Üretim ve Üretim Sistemleri

Üretim, yeni bir fiziksel varlık veya hizmet ile sonuçlanan bir fayda yaratmak için girişilen faaliyet şeklinde tanımlanır (Kobu, 2006). Üretimi ekonomistler faydalı mal veya hizmet meydana getirme olarak tanımlarken, mühendisler ise, bir takım girdiler kullanarak değer artırıcı değişikler yapıp mamul veya hizmet oluşturma süreci olarak tanımlamaktadırlar (Engin, 2003).

Üretim süreci malzeme, sermaye, emek (iş gücü), makine ve yönetim bilgisinin ekonomik, sosyal, yasal ve pazar şartları altında mamul ve/veya hizmete dönüşümüdür. Üretim süreci temel elemanları Şekil 1.1' de gösterilmiştir (Günther ve Tempelmeier, 2005).



Şekil 1.1. Üretim süreci temel elemanları (Günther ve Tempelmeier, 2005)

Bir üretim prosesini karakterize eden kavramlardan en önemlileri aşağıda kısaca tanımlanmıştır (Kobu, 2006).

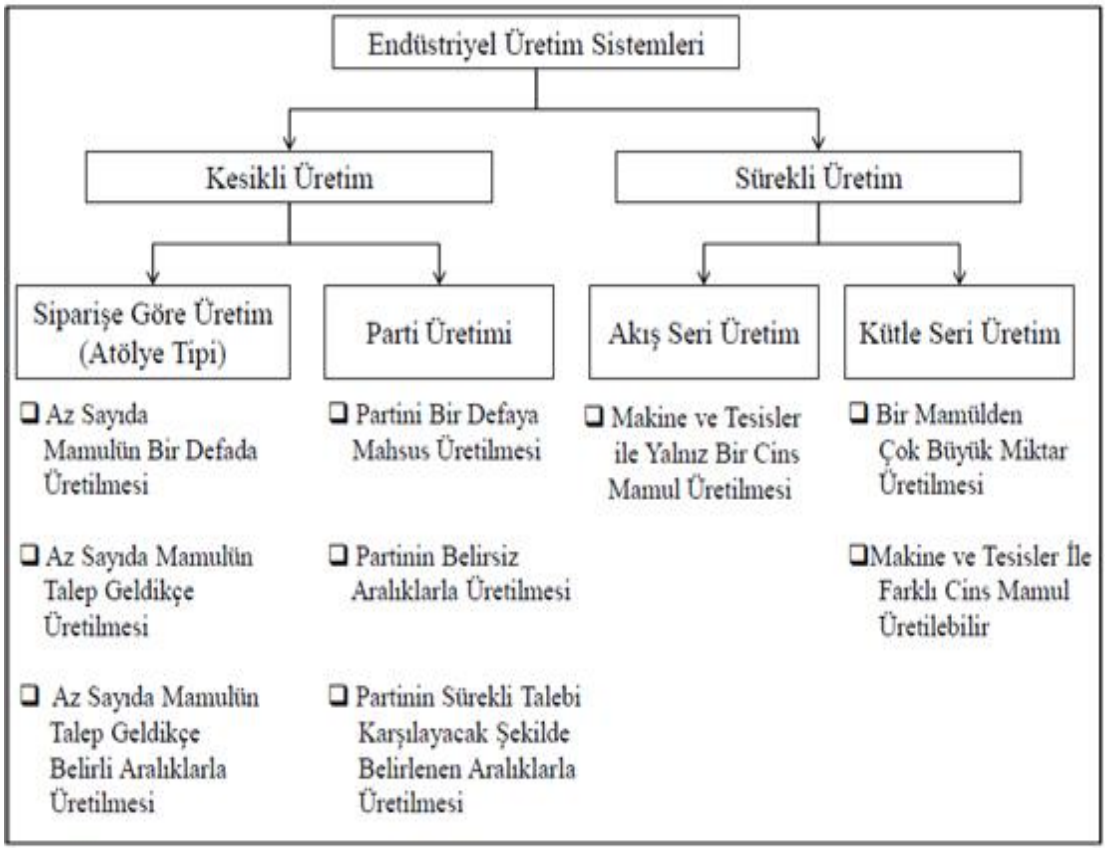
Verimlilik: Kısaca bir üretim sisteminde birim girdi başına üretilen çıktı olarak ölçülür.

Etkinlik: Bir üretim sisteminin amaçlarını gerçekleştirme derecesi olarak tanımlanır ve performans ile eş anlamda kullanılır.

Kapasite: Bir üretim sisteminin gerçekleştirebileceği üretim düzeyini ifade eder.

Esneklik: Bir üretim sisteminin değişken taleplere cevap verebilmesi veya mamul üretimine kolay geçebilmesi şeklinde tanımlanabilir.

Üretim fonksiyonu mamul veya hizmet üretimi şeklinde temel olarak ikiye ayrılır. Burada mamul üretimi kendi içinde enerji, tarım, inşaat ve endüstriyel üretim olarak sınıflandırılabilir. Endüstriyel üretimin sınıflandırılması Şekil 2.1' de detaylı olarak verilmiştir (Engin, 2003).



Şekil 1.2. Endüstriyel üretimin sınıflandırılması (Engin, 2003)

Endüstriyel üretim sistemleri üretim akış tipine göre kesikli ve sürekli olmak üzere iki temel kısma ayrılır. Kesikli üretim, siparişe göre üretim ya da partiler/kafile büyüklükleri şeklinde üretim yapan sistemlerdir. Sürekli üretim ise, belirli tür ürünü arzu edilen ve planlanan bol miktarlarda belirli bir akış hızında seri ya da kütle seri üretimi şeklindedir.

1.2. X Fabrikası Üretim Bilgileri

X firması, 200.000 m2 kapalı çalışma alanı, 4 üretim hattı, 1250 araç/gün üretim kapasitesi, 10.000 çalışanı, yüzlerce robotu, manuel punta kaynak tabancaları, ekipman transfer sistemleri ve binlerce ekipmanıyla otomotiv üretim sektöründe lider bir firmalardan biridir.

Üretim sektöründe lider olabilmek ve devamlılığını sağlayabilmek için bakım sistemlerinin gelişmişliği ve kontrol edilebilirliği X fabrikasının öncelikleri arasındadır ve çok büyük önem arz etmektedir.

1.3. Genel Bakım Çeşitleri

1.3.1. Koruyucu bakım

Cihazların, üretici firmaların ön gördüğü aralıklarla öngörülen şekilde yapılan periyodik bakım faaliyetleridir. Tipik koruyucu bakım faaliyetleri şu şekilde sıralanabilir;

- Yağlama İşlemleri
- Temizleme İşlemleri
- Muayeneler (Ürün Muayenesi)
- Kalibrasyon
- Planlı Onarımlar
- Planlı Revizyonlar
- Planlı Parça Değişimi

İyi tasarlanmış bir koruyucu bakım planı daima maliyetin üstünde bir kazanç sağlar. Üretim araçlarının ve donatımının maliyetleri yüksektir. Üretim duruşlarının maliyeti ise bakım maliyetlerinden daha fazladır.

1.3.2. Kestirimci bakım

Kritik ekipmanların bakımlarının kontrol altında tutulabilmesi ve hayati öneme sahip üretim duruşlarının yaşanmaması açısından, kestirimci bakım çalışan sistemin en önemli ayağıdır. En kolay ifade edilme şekliyle çalışan sistemin sürekli kontrolü yapılıp, yapılan kontrollerin kaydı tutulup ve kayıtlar doğrultusunda analiz sonuçlarına göre hızlı aksiyonların alınmasıdır.

En yüksek verimi almak ve bakımdan kaynaklanan üretim kayıplarını en aza indirmek için kullanılan yöntemdir. Bu uygulamada bakım maliyetlerinde çok önemli azalmalar sağlanmıştır.

Bu bakımdaki amaç sistemdeki araçları durdurmadan durumları hakkında veriler almak ve bu verilerin zaman içerisindeki değişimini incelemektir.

Kestirimci bakımda, işletmelerdeki makinalar belli noktalardan izlemeye alınır. Bunun için, bir takım ölçüm cihazları kullanılır.Belli bir zaman aralığında alınan ölçüm sonuçları değerlendirilir.Bu ölçümler sonucu sistemde oluşabilecek arızalar önceden tespit edilerek gerekli işlemler yapılır. Kestirimci bakımın avantajları;

- Bakım süreleri ve makinaların duruş süreleri azalır.
- Zamanla oluşan küçük arızaların büyüyerek daha büyük sorunlar oluşturmasının önüne geçilir.
- Makinalarda oluşabilecek önemli arızalar, en alt seviyeye iner.
- İyi durumdaki makinalar, gereksiz yere durdurulmamış ve zaman kaybı yaşanmamış olur.
- Üretim kaybı oldukça azalır.

Kestirimci bakım uygulama basamakları;

- Ölçüm: Amaç arıza çıkmadan arızanın önüne geçmektir. Bu sebeple analiz ve ölçme işleminin yapılacağı kritik noktalar belirlenir. Gerekli ölçümler yapılır.
- Analiz: Ölçüm sonuçları analiz edilir. Arızanın nereden kaynaklanmakta olduğu incelenir.
- Onarım: Tespit edilen arıza, işletme programına bağlı olarak değerlendirilir ve onarım programa alınır.

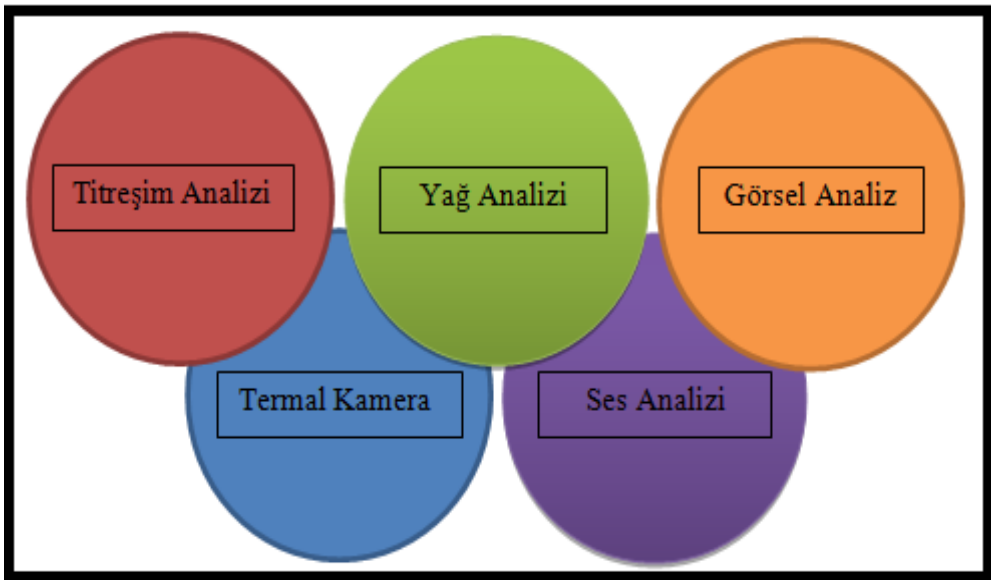
1.3.3. Arızi bakım

Arıza meydana geldikten sonra müdahale edilerek yapılan zaruri bakımlardır. Seri üretim yapan ve siparişe dayalı firmalarda kesinlikle istenmeyen bir durumdur. Vuku bulmaması için kestirimci bakımın öneminin derinden hissedildiği, firmaları büyük kayıplara uğratabilecek bakımlardır. Arızi bakım: "Arıza olursa git tamir et" mantığı ile çalıştığından dolayı şu şekilde de yorumlanabilir: "Arıza yoksa bir şey yapma". Bu yaklaşımın bedeli, yüksek yedek parça stok maliyeti, yüksek işçilik maliyetleri, uzun süreli durmalar ve düşük verimlilikle ödenir. Dolayısıyla en pahalı bakım tekniğidir.

2. KESTİRİMCİ BAKIM HAKKINDA BİLGİLER VE LİTERATÜRDE YER ALAN KESTİRİMCİ BAKIM UYGULAMALARI

2.1. Kestirimci Bakım Uygulamaları Hakkında Genel Bilgiler

Kestirimci bakım planlaması, makinalar üzerinden, periyodik aralıklar ile alınan, fiziksel parametre ölçümlerinin zaman içindeki eğilimlerini izleyerek, makina sağlığı hakkında geleceğe yönelik bir kestirimde bulunma yöntemidir. Kestirimci bakım uygulamaları 5 ana gruba ayrılır.



Şekil 2.1. Temel kestirimci bakım uygulamaları

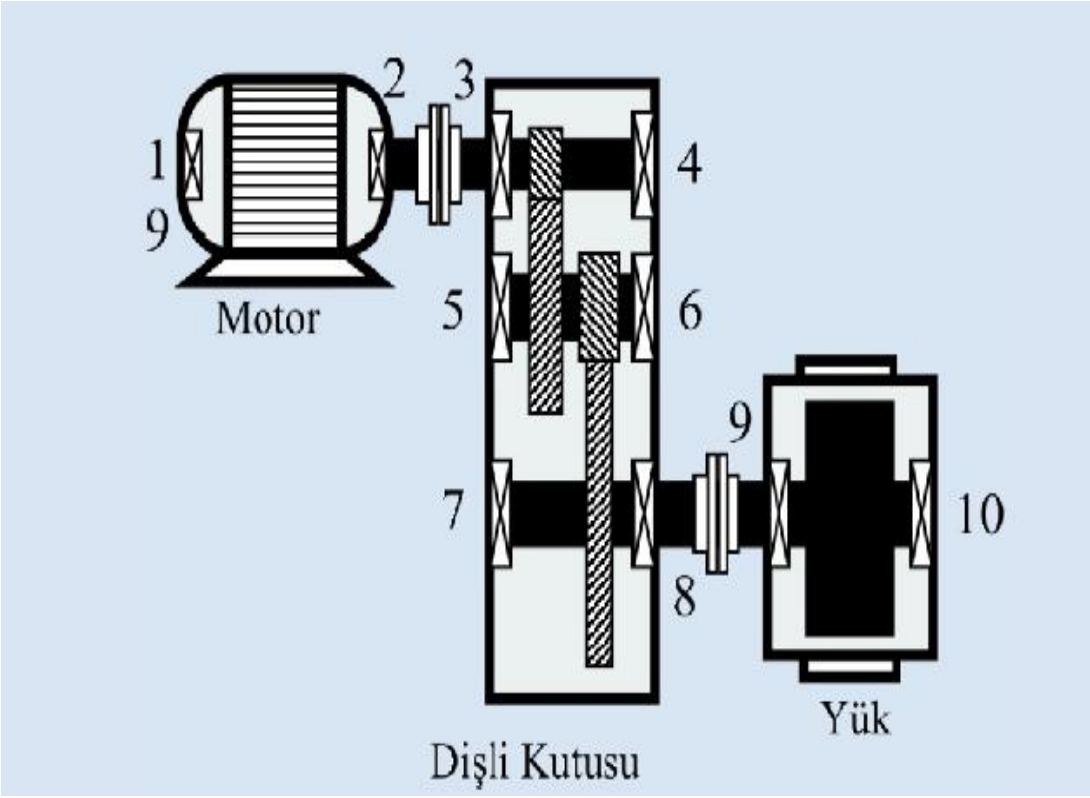
2.1.1. Titreşim analizi

Arıza durumunda olan makinalar titrer. Kestirimci bakım planlaması, içerdiği vibrasyon analizi araçları ile bu titremenin nedeninin belirlenmesini sağlayacak verileri, parametreleri, grafikleri üretir.

Elektrik motorları, fanlar, pompalar, blowerlar, kompresörler, dizel motor-jeneratör grupları, vs. gibi içinde belli bir devirde dönen bir rotor bulunduran sistem ve akuple sistemlerde olacak arızayı önceden tespit edebiliriz. İnsanların nasıl hastalanmadan gözleri kızarır, öksürük baş gösterir, ses tonunda değişmeler olur aynı şekilde

makinelerin de arıza yapmadan önce bize gönderdiği titreşimler de onları ele verir. Ölçüm alınacak noktalar Şekil 2.2' de görüldüğü gibi makine veya sistem üzerinde kendi gövdesinden ve yataklara en yakın yerlerden alınmalıdır.

Titreşim analizi ile makina elemanlarının arızalarının belirlenmesi ile ilgili Kalyoncu tarafından yapılan çalışmada, makinalarda ve makina ekipmanlarında meydana gelen arızaların tespitinde titreşim analizinin kullanımı ve faydaları sunulmuştur. Makina veya teçhizatın sürekli gözlenmesi ve işlem görme şartlarının ve bunların zamanla gelişiminin analiz edilmesini içeren ve esas olarak titreşim ölçümü metodu kullanılan kestirimci bakım irdelenmiştir. Örnek olarak rulmanlarda meydana gelen arızalar incelenmiş ve titreşim analiz sonuçları grafiksel olarak verilmiştir (Kalyoncu, 2005).

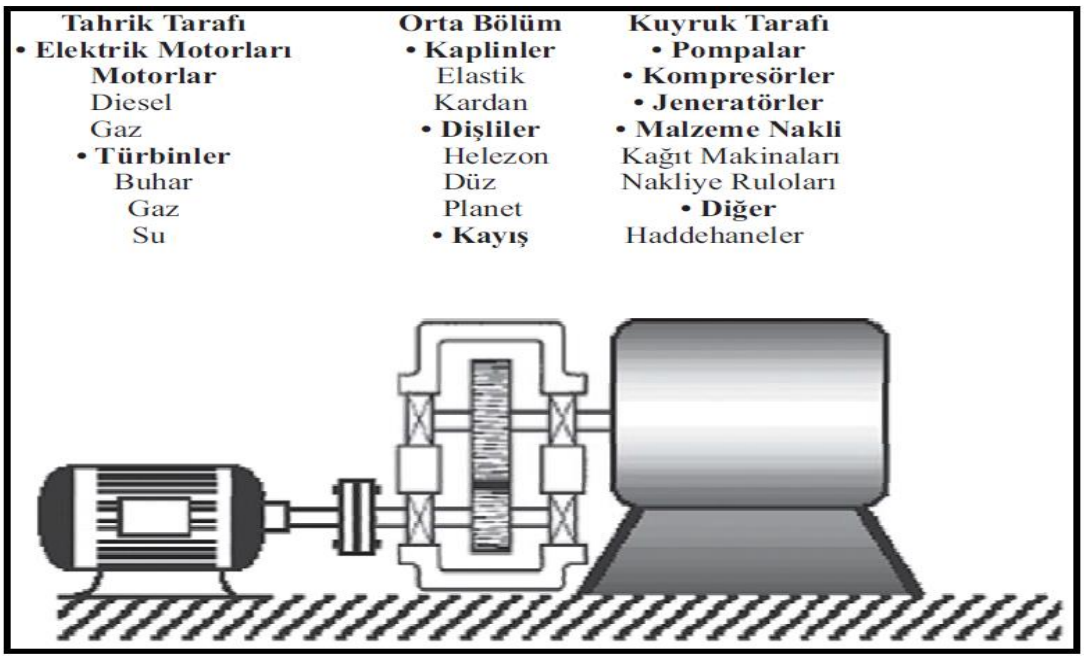


Şekil 2.2. Titreşim analizinin yapıldığı yerler (Kalyoncu, 2005)

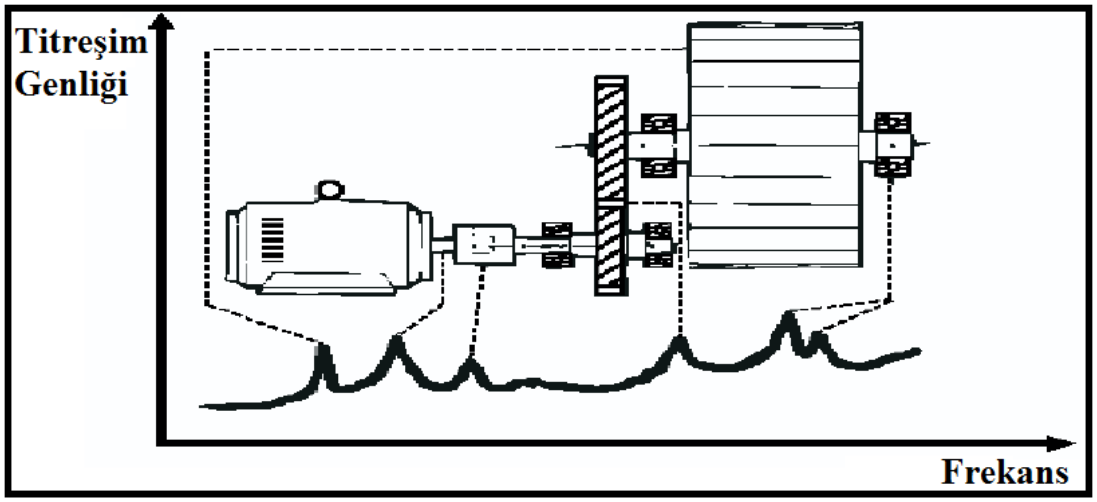
Titreşim analizi yaparken dikkate alınan iki bileşen vardır. Bunlar; frekans (belirli bir zaman periyodunda olayın oluş sayısı) ve genliktir (titreşim sinyalinin boyutu). Titreşimin gerçekleştiği frekans, hasarın ya da hatanın tipini gösterir. Yani belli bazı hatalar, belirli frekanslarda gerçekleşir. Titreşim sinyalinin genliği ise, hatanın ya da arızanın şiddeti hakkında bilgi verir. Genlik ne kadar yüksekse arıza da o denli fazladır (Beta ve diğ., 2006).

Titreşim analizi; elektriksel problemler, dişli hasarları, balanssızlık, eksenel ayarsızlık, mekanik gevşeklik gibi durumların tespitinde kullanılır.

Engür, mobiliteyi dikkate alarak en iyi titreşim verisini alabileceğimiz noktadan ölçüm alınmasını önermiştir. Yataklara ulaşılamayan yerlerde yine gövdeden ölçüm almaya dikkat ederek çalışan parçalara yakın yerler seçilmelidir.



Şekil 2.3. Ölçüm yapılabilecek bir makinenin parça sınıflandırılması (Engür, A)



Şekil 2.4. Ölçüm alınan yerlerin titreşim genliği-frekans durumları (Engür, A)

Döner makinaların sağlığı ile ilgili en ayrıntılı bilgi, yataklar üzerinden alınan titreşim (vibrasyon) ölçümlerinin analizi ile edinilir. Her arıza, fiziksel özelliklerine göre farklı frekanslarda kendini göstermektedir. Titreşim analizi vibrasyonun, rulman

arızasından mı, kaplin ayarsızlığından mı, dişli sorunundan mı yoksa balanssızlıktan mı kaynaklandığının ayırt edilmesini sağlar (Köse, R).

Dönel mekanizmaların titreşim analizleri ile incelenmesi neticesinde iç yapılarındaki anormallikler hakkında çok önemli bilgilere ulaşılabilmektedir. Titreşim analizi ile elde edilen bilgiler neticesinde bakım planı yapılabilmektedir.

Orhan ve arkadaşları tarafından yapılmış çalışmada, bilyalı ve silindirik makaralı yataklarda meydana gelen aşınmaların teşhis teknikleri titreşim analizi yardımlarıyla araştırılmıştır. Bilyalı yatak aşınmaları, bilyalı yatak dış bilezik aşınmaları ve silindirik yatak dış bilezik aşınmaları başarılı bir şekilde teşhis edilmiştir. Açıkça görülmüştür ki, bilyalı ve silindirik makaralı yatak aşınmaları benzer bir şekilde dönel elemanın tipine bağlı kalmaksızın aynı yönde eğilim göstermiştir. Üstelik aşınmalar en yüksek seviyeye ulaştığında, bilyalar kendi yüzeylerini işleyerek yüksek frekans genlik değerleri genellikle azalmaya başlar. Bu evreden sonra yataklar arızaya geçmeden önce çalışma boyunca zaman zaman titreşimler görülür. Yatak aşınmalarının noktasal hata keşifleri gerçek zamanlı çalışma durumlarında çok daha iyi keşfedilir. Eğer titreşim ölçme periyodları alınarak deneyimli personel tarafından değerlendirilirse, hata keşifleri kolayca yapılabilir (Orhan ve diğ., 2005).

2.1.2. Termal kamera analizi

Termal kamera ölçümleri tesislerin elektrik ve mekanik sistemlerinde yapılmakta olup ölçüm esnasında sistemlere herhangi bir müdahale söz konusu olmamakta ve ölçümün tamamı sistemin normal çalışmasına devam ederken yapılmaktadır. Endüstriyel tesislerde termal kameranın bakım amacıyla kullanılması başta düşük maliyetli son derece etkin bir Kestirimci/Koruyucu Bakım sağlamanın yanı sıra söz konusu işletmelerdeki potansiyel tehlikeleri belirleyerek yangın ve diğer riskleri azaltmakta böylece emniyetin artmasını sağlamaktadır.

Tesislerin elektrik ve mekanik sistemlerinde uygulanan termal kamera ölçüm çalışmaları, çıplak gözle görülmesi mümkün olmayan problemli elemanların kolaylıkla ve anında tespit edilmesini sağlayarak beklenmedik duruşları önlemektedir. Bu durum, işletmenin hem bakım planlarının daha iyi yapılmasını hem de üretim kayıplarının azalmasını sağlamaktadır.

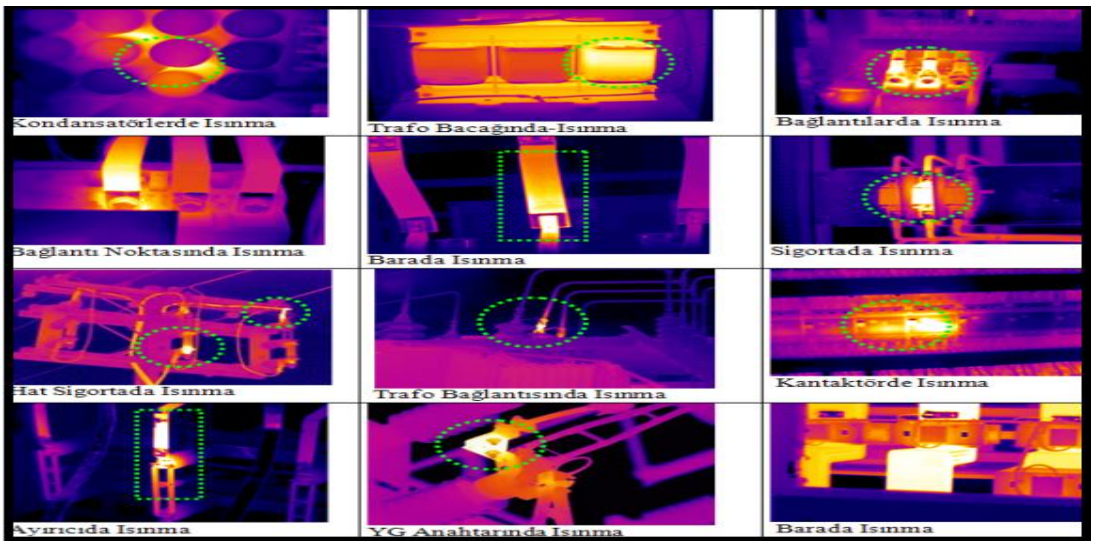
Termal kamera ile denetleme yeni veya modifiye edilmiş sistemlerin kabul testlerinin daha güvenli yapılmasını da sağlamaktadır. Sistemin yeni olması "problemsizdir" anlamına gelmemektedir. Sistemin sorunsuz kabulü için yapılacak ölçümler önceden zayıf bağlantı yerlerin, izolasyon kaçakların, aşınmış noktaların, çatlakların, yağlama sorunların veya daha sonra problem çıkarabilecek yerlerin tespitini sağlamaktadır.

Termal kamera ölçümü ile tesisteki enerji kayıplarının fazla olduğu noktalar da tespit edilerek onarılmakta ve enerji tasarrufu sağlanarak maliyetler azaltılmaktadır.

-40 °C - 2000 °C sıcaklık aralığında ±2 °C hassasiyet ile yapılan termal kamera ölçümü gerek uygulama kolaylığı gerek sağladığı yararlar ile endüstriyel tesisler için vazgeçilmez bir denetim ve kontrol mekanizmasıdır. Şekil 2.5' de ve 2.6' da termal kamera ile alınan örnek resimler gösterilmiştir.

İşletmelerde termal kamera ölçümünün yapıldığı başlıca noktalar;
Elektrik Sistemleri

- Elektrik Panolarında
- Transformatör, Motor ve Pompalarda
- Şalt Sahasında
- Şalter, kontaktör, kesici ve sigortalarda
- Enerji kablolarında

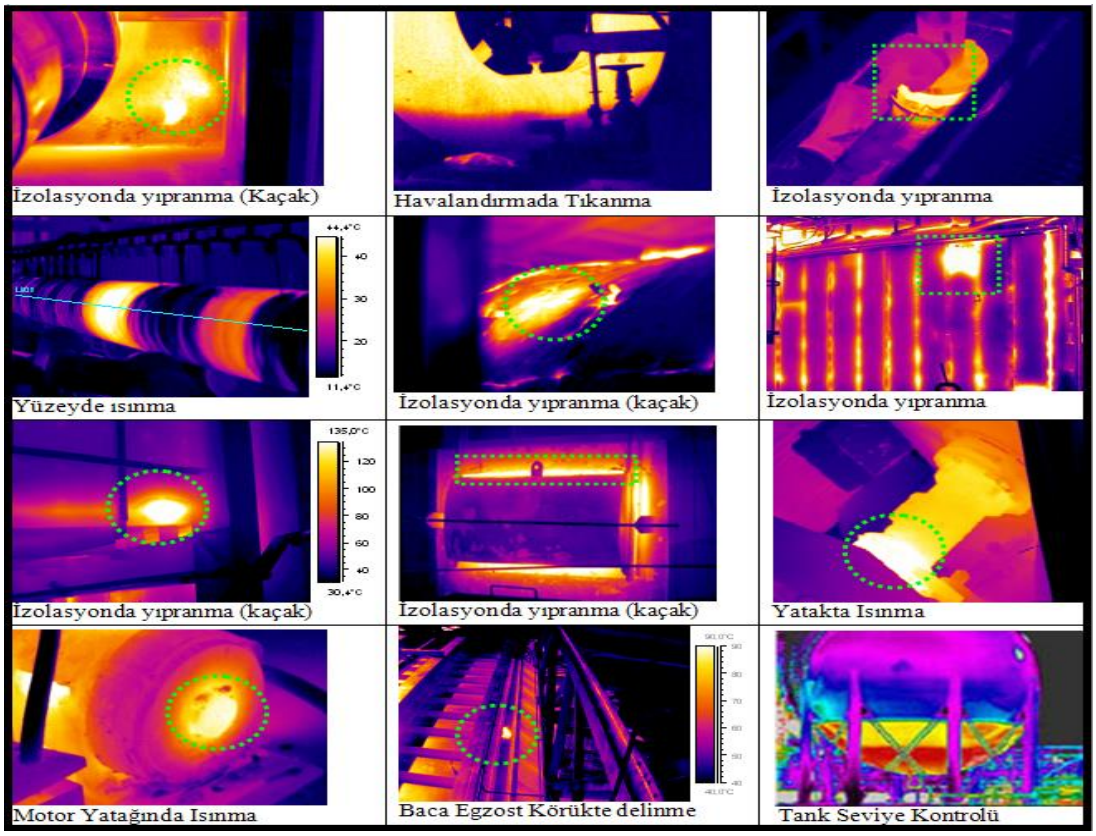


Şekil 2.5. Elektrik sistemlerden termal kamera örnekleri (Jadin ve Taib, 2009)

* Açık renkli noktalar sıcaklığın yüksek olduğu problemli/ısınan bölgeleri göstermektedir. Koyu renkli noktalar düşük sıcaklıktaki problemsiz bölgeleri göstermektedir.

Mekanik Sistemler

- Buhar hatları ve vanalarda
- HVAC sistemlerinde
- Motor yataklarında
- Bina, çatı ve yalıtımı yapılmış sistemlerin izolasyon kontrollerinde
- Fırın yüzeylerindeki aşırı sıcak noktaların tespitinde kullanılmaktadır.

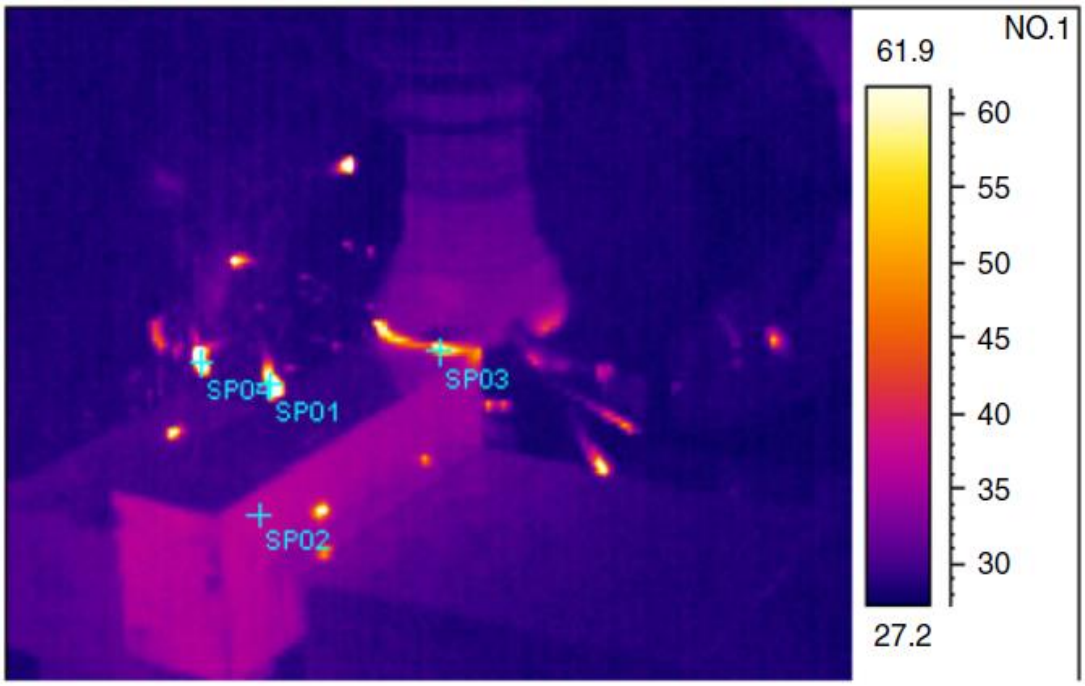


Şekil 2.6. Mekanik sistemlerden termal kamera örnekleri (Jadin ve Taib, 2009)

* Açık renkli noktalar sıcaklığın yüksek olduğu problemli/ısınan bölgeleri göstermektedir. Koyu renkli noktalar düşük sıcaklıktaki problemsiz bölgeleri göstermektedir.

Sistem arızası büyümeden veya sistem kendini kapatmadan önce kestirimci bakım ile keşfedilen kritik arıza başlangıç belirtileri büyük ekonomik getiriler sağlar. Kok Kiong ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, durağan olmayan kapalı sistem makine elemanlarında termal görüntüleme ile izleme çalışmaları yapılmıştır. Kok Kiong tarafından yapolan çalışmada üç ana katkı prosesi görülmüştür. İlki, bir izleme bileşeni hedefi takip edecek şekilde monitör altına yerleştirilmiştir. Görüntü izleme teknikleri ile hedef bölge analizleri yapılmış, böylelikle izlenen sisteme fiziksel entegrasyon yapılmasına gerek kalmadan analiz yapılabilmiştir. İkincisi, kızılötesi

sıcaklık sensörü ile uzaktan lazer takibi yapılarak hareketli ünitenin sıcaklık takibi yapılmıştır. Üçüncüsü ise termal sensöre hareketi vererek, süreç boyunca hareketli sıcaklık bölgeyi takip ederek, sıcaklık ölçümlerini kaydeden ve görünteleyen kontrol sistemi kurulmuştur. Frezeleme işlemi esnasında, freze işleminin optimum hızı ve optimum talaş kaldırılması çalışmasının saptanabilmesi üzerine yapılan çalışmada termal kamera analizi kullanılmıştır (Kok Kiong ve diğ, 2009).



Şekil 2.7. Freze işlemi esnasında alınan sıcaklık noktaları (Kok Kiong ve diğ, 2009)

Frezeleme işlemi başlangıcında ve işlem tamamlanıncaya kadar geçen sürede SPO noktalarının sıcaklık değerleri kayıt altına alınmıştır. Yapılan kayıtlar farklı hızlar ve farklı paso kalınlıklarında karşılaştırılmış ve optimum paso kalınlığı ile optimum freze hızı belirlenmiştir. İşlem sürekli izlenerek ve kayıt altında tutularak olası anormalliklerde uyarı vermiştir. Böylelikle hem takım ömrü arttırılmakta olup hemde zorlanma nedenli oluşabilecek makina arızalarının önüne geçilmiştir (Kok Kiong ve diğ, 2009).

Hemen hemen güç kullanan veya ileten tüm ekipmanlar arızalanmadan önce ısınırlar ve infrared enerji (ısı) yayarlar. Temassız ölçüm cihazları olan termal kameralar nesnelerin yaymış oldukları bu görünmez infrared enerjiyi (ısıyı) algılayarak elektronik sinyale dönüştürdükten sonra, kamera ekranında termal görüntü şeklinde resimlerler (Cao Y. ve diğ, 2008).

Termal kamera yüksek hassasiyet ve hassas görüntüleme karakteristiği açısından, elektrik sistemlerinde büyük öneme sahiptir ve çok önemli rol oynamaktadır. Jadin ve Taib tarafından yapılan çalışmada elektrik sistemlerinde, termal kamera ölçüm metodları ve bu ölçümler sonucunda ekipmanlarda görülen anormallikler ele alınmıştır. Ekipman arızalarının anlaşılması için verilen uğraşlarda en büyük verimlilik termal kamera analizi ile sağlanmıştır. Kompleks yapıdaki ekipmanlarda tüm ekipmanların ayrı ayrı kontrolü ve her ekipmanın tüm karakteristikleri kontrol altında tutulabildiğinden dolayı termal analiz daha da ön plana çıkmıştır.. Besbelli ki, elektrik ekipmanların güvenilirliğini arttırabilmek ve olası hatalardan erken korunabilmenin tek yolu, sistemize hareket eden termal kamera sisteminin uygulanabilirliğidir. Daha gelişmiş sistem kullanılarak daha kompleks ekipmanların daha kaliteli kontrolleri yapılabilmektedir. Daha sistematik bir termal görüntüleme oluşturularak, çok fazla ekipmanın bir arada bulunduğu sistemler tek bir görüntüleme sistemiyle, ekipman ekipman ince detayına kadar kontrol altında tutulabilir (Jadin ve Taib, 2009).

2.1.3. Yağ analizi

Yağ analizleri, iş makinelerinin ömrünü ve verimliliğini arttırmak, bakım masrafları ve zaman kaybını önlemek için kullanılan ve uygulanmakta olan bir kestirimci bakım programıdır. Yağ analizleri ile bütün kullanılmış yağlar; motor, şanzıman, diferansiyel, cer ve hidrolik sistem yağları test edilebilmektedir. Bu testler, sadece yağın durumunu değil, daha çok iş makineleri ve motorların durumunu değerlendirmek üzere geliştirilmiştir. Kestirimci bir bakım programının başarısı, kullanıcıya getirdiği maddi kazançla ölçülebilir. Yağ analizlerinin uygulaması ucuz, çabuk ve kolay olduğu gibi, aynı zamanda çok önemli tasarruf sağlayabilmektedir. Yağ analizi uygulaması, kullanılan orijinal yağ ve filtrelerinin yüksek performans özellikleri ile birleştiğinde makineleri için mümkün olabilecek en iyi bakım programının temellerini oluşturur. Yağ analizi, tıpkı bir kan tahlili gibi, makine ve motorların içinde neler olduğunu görmenin en hızlı, en kesin ve en güvenilir yoludur. Böylece büyük arızalar oluşmadan erken uyarı yapılabilmektedir. Yağ ile çalışan her sistemde (motor, hidrolik, şanzıman v.b.), normal çalışma sonucu aşınma elementleri meydana gelir. Aşınma elementleri analizi ile ünite arızalanmadan önce problem bulunmuş olur. Aşınma elementleri analizi ile yaklaşık 10 μ büyüklüğündeki

parçacıklar tespit edilebilinir. Yağ analizlerinde 8 element değerlendirilmektedir. Bunlar; bakır (Cu), demir (Fe), krom (Cr), kurşun (Pb), alüminyum (Al), molibden (Mo), silikon (Si) ve sodyum (Na). Silikon (toz girişi) ve sodyum (su girişi) dışındaki tüm elementler, motorlarının yapısında bulunmaktadır. Numune içindeki bazı elementler de, sistem içindeki aşınmadan ziyade, yağ katkı maddelerinden de kaynaklanabilir (Ateş, 2010).

Yağ durum analizi; yağdaki bozulmayı izleyerek, parçalarda oluşacak hasarın önüne geçilmesini sağlar. Yeni bir motor yağına geçildiğinde, temiz bir yağ numunesi yani referans yağ gereklidir. Yeni temiz yağ, infrared ışını kullanılan özel bir cihazla incelenir. Bilgiler cihazın hafızasında saklanır. Cihaz matematiksel formüller kullanarak, kullanılmış yağ ile yeni yağ arasındaki farklılık miktarını karşılaştırır (Ateş, 2010).

Tablo 2.1. Yağ analizinde aşınma limitlerinin belirlenmesi ve yorumlar (Ateş, 2010)

Yağ Örneği	Fe	Al	Cr	Cu	Na	Si	Yorum
1	35	8	3	15	12	15	Normal
2	92	29	16	20	16	69	Ciddi oranda pislik girişi var
3	38	9	4	124	243	101	Soğutma suyu iç kaçağı
4	35	8	3	15	12	250	Silikon conta kullanılmış
5	36	19	5	10	19	31	Yüksek köpük önleyici oranı
6	105	134	38	20	21	145	Yakıt sist. arızası, düzensiz yanma

Yağ durum analizi ile, kurum, oksidasyon, nitrasyon ürünleri ve sülfür ürünleri (asitleri) tespit edilmektedir. Bunun yanı sıra su, yakıt ve antifriz karışması da belirlenmektedir. Yağ durum analizi yardımıyla, kullanım sırasında yağın ne kadar bozulduğu ve bu süre içinde spesifikasyonlara uygunluğu saptanabilir ve böylelikle büyük boyuttaki arızalar engellenerek para ve zaman tasarrufu sağlanır (Ateş, 2010).

Yağ analizleri; problemleri erken teşhis eder, böylece bu problemler büyük arızalar haline dönüşmeden onarılabilir, iş yüküne uygun şekilde bakım programının yapılmasına yardımcı olur, bakım programında, periyodik bakım işlemlerinin yapılıp yapılmadığının izlenebilmesine yardımcı olur, onarımlar, arıza süresi ve makine

ömrünü tahmin ederek bütçenin daha iyi düzenlenebilmesini sağlar ve her makine için eksiksiz bir servis geçmişi kaydını belgeler.

Makinedeki muhtemel arızanın önceden belirlenmesi, tamir masraflarının azaltılması ve zaman kaybının en aza indirilmesi için yağ numunelerinin düzenli aralıklarla alınması gerekmektedir. Tek bir yağ numunesi sadece aşırı toz emişi, yağa su veya yakıt karışması gibi çok ciddi ve belirgin problemleri teşhis edebilir. Bütün test sonuçları, yağın kaç saat kullanıldığı göz önünde tutularak değerlendirilir (Ateş, 2010).

Yağlarda kirlilik konusu sanayi genelinde ne yazık ki yanlış anlaşılmaktadır. Rengi koyulaşmış yağlara kirli denilebildiği gibi, yağ elde sıkıştırılarak parmaklar arasına gitmeye zorlanan yağda algılanan parçacıklar kirlilik ölçütü olarak alınmaktadır. Bir parça gerçeklik payı olan bu yaklaşımlar çoğu zaman yanıltıcıdır. Yağ çözümlemesi, bir çok yağ satıcısı kuruluş tarafından yapılabilmektedir. Yağ tüketimleri çok olan işletmeler, kendi çözümleme birimlerini kurabilirler. Bu amaçla değişik çözümleme araçları satılmaktadır.

Yağ analizi, yağın viskozitesine karışabilecek olan, su miktarı, Zn (Çinko), Cr (Krom), Pb (Kurşun), Ni (Nikel), Fe (Demir), Si (Silisyum), Sn (Kalay), Na (Sodyum), Al (Aluminyum) ve Cu (Bakır) gibi sisteme karışabilecek malzeme miktarlarını analiz eder ve raporlar. Şekil 2.8’ de demir-nikel karışımının yağ içerisindeki görünümü gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Yağ içerisine karışan yabancı maddelerin görünümü

Yağımızda sistemden karışabilecek çok farklı yabancı maddeler bulunabilir. Bunların analizi yapılarak sorun giderilmelidir.

Su sistem içerisinde kesinlikle istenmez. Yağa karışmış suyun yağ rengi Şekil 2.9' da gösterilmiştir. Su karışmış yağ kesinlikle değiştirilmeli, yeni yağ konmadan sistem temizlenerek daha sonra yeni yağ ilavesi yapılmalıdır.



Şekil 2.9. Yağ görünümüne su yüzdesinin etkisi

2.1.4. Ses analizi

Ses üstü dalgalar, frekans değeri 20 kHz üstündeki ses dalgaları olarak tanımlanmaktadır. Bu frekans değerindeki ses dalgaları insanlar tarafından çıplak kulakla duyulamamaktadır. Temassız ultrasonik detektörleri havada uçuşan ses dalgalarının ölçümünde kullanılır. Bu havada uçuşan ses dalgalarının spek aralığı 20 ila 100 kHz. arasındadır. Ses üstü dalgalar, meydana geldiği kaynaktan çok uzaklara gidemezler. Kızılötesi transferinde olduğu gibi ses üstü dalgalar da doğrusal olarak yayılırlar fakat katı yüzeylerden geçemezler. Dönel ekipmanların çoğunda ve çoğu akışkan sistemlerde ultrasonik frekans spekleri içinde ses üstü dalgaları mevcuttur. Bu ses dalgalarındaki gözlemlenen farklılık ekipman durumunu ortaya çıkarmaktadır. Ultrasonik detektörler kullanılarak kaçak probleminin büyüklüğü ve yeri tespit edilmektedir. Bazı büyük kaçaklar insan kulağı ile bile duyulamazken, detektörlerle yeri tespit edilebilmektedir.

Vakum sistemlerinde problem olmasada sistem çalışması yönünden ses üstü dalgaların yoğunluğu fazladır. Buna rağmen sistemize bir şekilde oluşturulmuş ses üstü dalga detektörleri ile kaçak kayıpları hemen anlaşılabilir. Valf kaçaklarında meydana gelen ses üstü dalgalarının boru yada bağlantı çeperlerine yaptığı baskı kontakt tipi proplarla belirlenirler.

Ses üstü dalga detektörleri yatak problemlerinin anlaşılmasında da kullanılmaktadır. NASA tarafından yapılan araştırmalara göre yataklarda meydana gelen bozulmalar frekans genlik değerinin 28 kHz' den 32 kHz' e çıkması durumlarında bile erkenden görülebilmektedir.

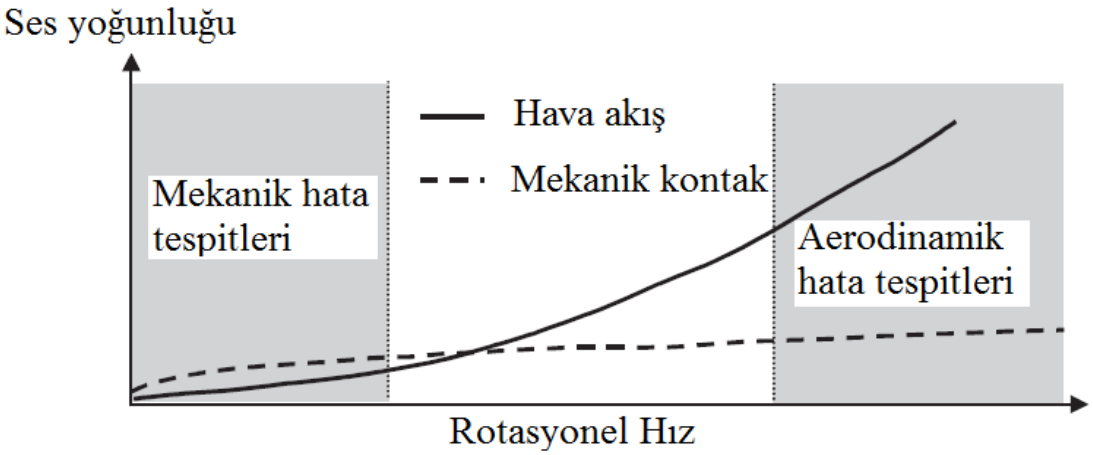
Ses üstü dalga detektörleri elektriksel sistemlerde meydana gelen anormallikleri keşfedebilmek için de kullanılmaktadır. Elektrik deşarjı veya ark atlaması gibi durumlarda ekipman etrafındaki hava molekülleri, radyo frekans dalgaları birleştirme tekniğiyle detektörler tarafından teşhis edilebilmektedir.

Ses üstü dalga detektörleri, dalgaları insan sesinin duyabileceği frekanslara çevirirken ayrıca tüm dalga hareketlerini kayıt eder. Dalga nominal spektrum değerleri aralarındaki değerler dışında arıza sinyali veren dalgalanmalar, sistem arızası hakkında objektif bilgi verir.

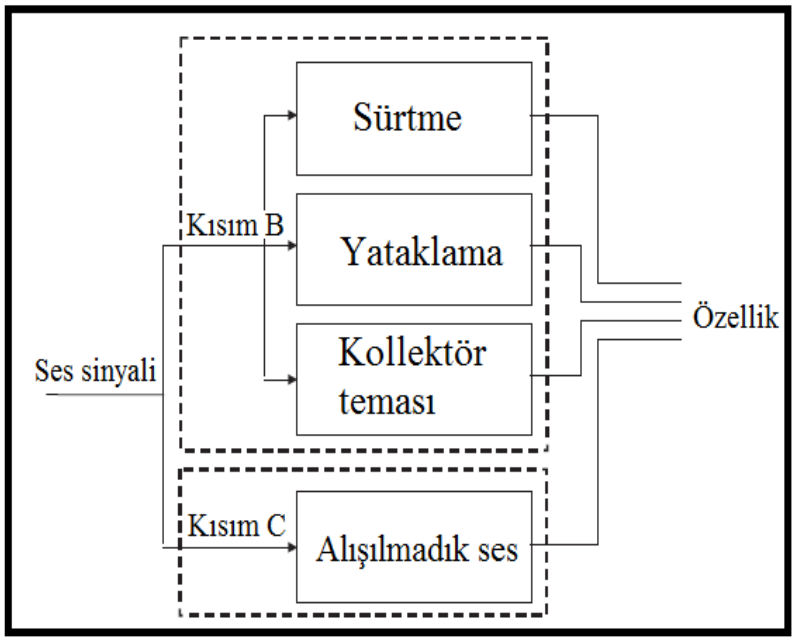
Benko ve arkadaşları tarafından ses analizi, vakum makinalarının üretim sonrası yapılan kalite kontrollerinde çıkan problemlerin azaltılabilmesi için kullanılan uygulamada kullanılmıştır.

Benko ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada üretim safhalarında yapılan kestirimci bakımların analizi ele alınmıştır. Üretim aşaması boyunca yapılan ses analizleri ile üretim sonunda yaşanan problemlerin yaşanmaması amaçlanmaktadır. Üretim boyunca ses analizlerine fokuslanarak iki ana katkı sağlanmaktadır. Birincisi, ses kaynaklarının analiz uygulama çalışması yapılır ve önermeler yapılır. İkincisi, verimli sinyal proses algoritmaları ile ses kaynaklarının yerleri belirlenir (Benko ve diğ., 2003).

Ses analizinde rotasyonel hız arttıkça mekanik kontak kısmi lineer artış gösterirken, hava akışı hızla yükselmektedir. Aralarındaki bağıntı Şekil 2.10' da gösterilmiştir.



Şekil 2.10. Hata tespitleri ve rotasyonel hız bağlantısı (Benko ve diğ., 2003)



Şekil 2.11. Ses analiz modülü (Benko ve diğ., 2003)

Benko, ses analizinin en cazip avantajının motora herhangi bir temas gerekliliğinin bulunmaması olduğunu, ek olarak, motorda olası hata faktör sayısına göre sinyal modüllerinin belirlenebildiğini belirtmiştir. Böylelikle hatanın nerden geldiği bilinerek, direkt olarak hataya yönlenilebilmektedir. Ses analizi temeline dayalı olarak yapılan kestirimler, titreşim analizinden daha faydalıdır. Örnek olarak yataklarda meydana gelen hatalar, bu tür motorlarda titreşim analizi ile bulunamazlar. Rotor ve stator seri bağlandığından dolayı, yüksek endüklemeler küçük yükdeğişimlerine sebebiyet verirler. Titreşim sensörleri ise bu durumu algılayamazlar. Ses analizlerinde ise hata modları bariz olarak ayırt edilebilmektedir. Ses analizi modülü Şekil 2.11' de gösterilmiştir (Benko ve diğ., 2003).

2.1.5. Görsel analiz

Ekipman gidişatları gözlemsel olarak takip edilerek çetele tutulur. Çetelesi tutulan her ekipman için ayrı ayrı periyodik olarak çalışma durumları işlenir. Çalışma durumlarındaki farklılıkların gidişatına göre ve sapmaların nominal çalışma değerlerinden farklılığına bağlı olarak ekipmana müdahale edilir.

3. X FABRİKASI' NDA KULLANILAN KESTİRİMCİ BAKIM UYGULAMALARI

3.1. Otomotiv Sektörü Hakkında Bilgiler

Otomotiv sanayii, tüm sanayileşmiş ülkelerde ekonominin lokomotifi olarak kabul edilmektedir. Sektörün ekonomideki sürükleyici-lokomotif etkisinin nedeni, diğer sanayi dalları ve ekonominin diğer sektörleri ile olan çok yakın ilişkisidir. Otomotiv sanayii demir-çelik, petro-kimya, lastik gibi temel sanayi dallarında başlıca alıcı ve bu sektörlerdeki teknolojik gelişmenin de sürükleyicisidir. Turizm, altyapı ve inşaat ile ulaştırma ve tarım sektörlerinin gerek duyduğu her çeşit motorlu araçlar sektör ürünleri ile sağlanmaktadır. Bu sektördeki değişimler, ekonominin tümünü yakından etkilemektedir. Otomotiv sektörü Motorlu Taşıt Aracı üreten bir sanayidir.

Otomotiv üretimi 4 ana bölümden oluşur. Preste basılan parçalar gövde üretim bölümünde konumlanarak gövde haline getirilir, boyahanede boyanan araçlar montaja inerek arac müşteriye hazır son haline getirilir.

Gövde üretim bölümü, üretilen aracın uzayda olması gereken konuma getirilerek fiksleme işinin yapıldığı bölümdür. Her bir alt parça 4 yönlü ve 2 yönlü konumlama deliklerinden konumlanıp kaynatılarak bir üst komple ile birleştirileceği diğer bir fikstüre gider. Taban, yan paneller ayrı ayrı kısımlardan gelerek gövdede bir araya getirilir ve aracın tavanı burada koyularak kapı hatlarına gönderilir. Kapı hatlarında kaput, ön kapı ve arka kapı monte edilerek, kayar kapı ise aparatlar ile bağlanarak boyahaneye gönderilir.

Boyahane bölümü, gövde üretim bölümünden gelen aracı kir, pas ve yağlardan arındırarak boya işlemini gerçekleştirir ve montaj bölümüne gönderir.

Montaj bölümü boyanmış olarak metal halinde gelen gövdenin tüm tesisatını, parçalarını, motorunu, tekerlerini takarak aracı son halinde final hattından indirir.

Final hattından inen aracın tüm doğruluk ve kalite testleri yapılarak OK alan araçlar müşterilere gönderilir.

Tüm bu akış birbirini takip eden süreçtir. Tüp içerisinde yaşanan arızi duruşlar diğer bölümleri de etkilediğinden büyük kayıplara sebebiyet verebilmektedir. Kayıpları minimize etmek için kestirimci bakım uygulaması önem arz etmektedir.

X fabrikasında kullanılan kestirimci bakım uygulamaları fabrikanın kullandığı ekipmanlar göz önünde bulundurularak yapılmaktadır. Yapılan kestirimci bakım uygulamalarının temeli, üretim duruşlarının hiç yaşanmaması için kritik ekipman sıralamasına göre planlamanın yapılmasıdır. Fabrika üretimi kendi içinde gövde üretim, boyahane ve montaj alanlarınaa bölünmekte ve her alanın belirli adetlerde stok alanı bulunmaktadır. Arızalar meydana geldiğinde sınırlı alanlardaki bu sınırlı sayıdaki adetler tükenmeden arızalar hızlıca giderilmelidir fakat çoğu zaman bu beklenti karşılanamamaktadır. Gövde üretim alanı göz önünde bulundurulunca en kritik ve arızası giderilinceye kadar üretimi durduracak ekipmanlar olarak;

- Hidropnömatik dengelemeye sahip, bir istasyondan diğerine çıktıyı hareket ettiren kaldır ve transfer et (shuttle) sistemleri ve kaldırma sistemleri,
- Ürünün boyutsalına etki edecek puntaların hareketini sağlayan robotlar ve bir punta noktasından diğerine götürdükleri kaynak tabancaları,
- Yan panel çıktılarını asansör ile otomatik alarak, baradan enerji alarak aracın çatıldığı gövde istasyonuna taşıyan elektronik monoray sistemi,
- Skid (Tekerleği takılmamaış aracı taban sacı komplesi tamamlanmasından itibaren, tekerleği takılana kadar taşıyan konstrüksiyon) geri dönüş hattı konveyor sistemi ve skid üzerindeki aracı bir istasyondan diğer istasyona ileten konveyor mekanizmaları,
- Manuel istasyonlarda bir punta tabancası haricinde atılamayacak puntaları atan kaynak tabancaları,
- Elektronik kalemtraş sistemleri,
- Motor-pompa ve motor redüktör sistemleri,

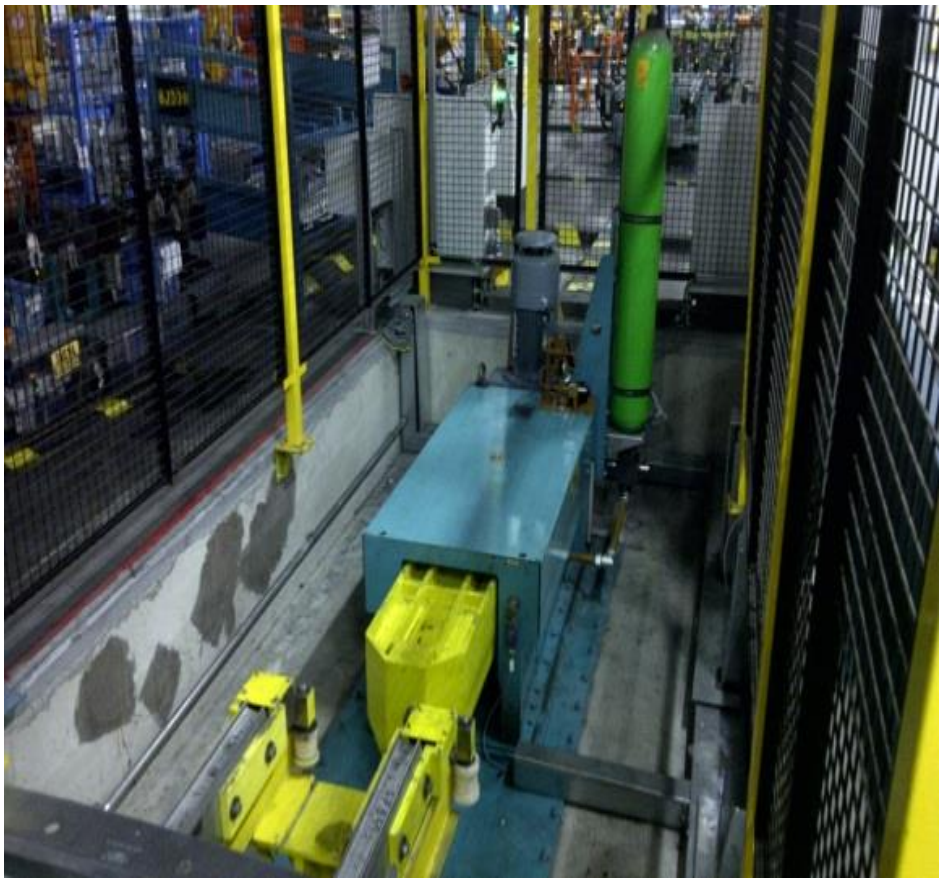
girdileri oluşturan ve duruş yaşanmasına direkt etkisi olan kritik X' lerdir. Kritik X leri oluşturan bu sistemlerin iyi bir kestirimci bakım sistemine alınmasıyla duruşlarun önüne geçilebilir. Arıza nedenli duruşlardaki kayıpları telafi edememekle

beraber telafi etmeye çalışma kalitesizlik ve verimsizlik olarak da yüzünü göstermektedir.

3.2. Kaldır ve Transfer Et Sistemlerinin Kestirimci Bakımı

Kaldır ve transfer et (shuttle) sistemlerinde meydana gelebilecek arızi bakımlar hattın durması ve stok erimesi sonucunda üretim kaybı demektir. Shuttle, sistemin en başında bulunan ve sisteme yukarı-aşağı hareketi veren hidro-pnömatik dengeleme sistemi ile sistemin ortasında bulunarak çıktıyı bir istasyonadan diğer istasyona hareket ettiren motor ve redüktörden oluşmaktadır.

Shuttle sistemi içerisindeki tüm robotların bitti sinyalini göndermesi yada manuel hatlardaki ışık perdelerinin operatörler tarafından resetlenmesi halinde PLC (Programmable logic controller) tarafından shuttle sisteminin yukarı yönlü hareketi başlar. Yukarı yönlü hareketin tamamlanması ile sistemin bir istasyondan diğerine hareketi sensörler vasıtasıyla sağlanarak, sistem aşağı yönlü hareketini tamamlar ve başlangıç konumunu alır.



Şekil 3.1. Hidro-pnömatik dengeleme sistemi



Şekil 3.2. Kaldır ve hareket et sisteminde transferi sağlayan motor redüktör sistemi

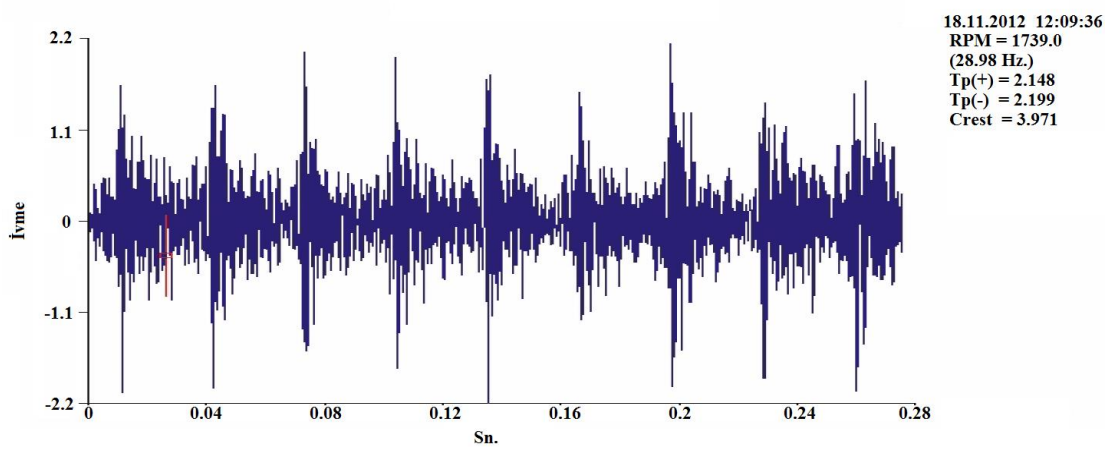
Sistem bir bütün olarak düşünüldüğünde kestirimci bakım analizi her parça için ayrı ayrı tutularak kayıt altına alınmaktadır. Sistemin karakteristik özellikleri düşünüldüğünde;

- Motor termal kamera analizi,
- Redüktör vibrasyon analizi,
- Hidro-pnömatik dengeleme sistemi performans analizi,

nominal değer çalışma aralıkları ve arıza öncesi sapmalar kayıt altında tutularak titizlikle takip edilmektedir. Şekil 3.2' de redüktör vibrasyon analizinin yapıldığı alıntı ve Şekil 3.3' de motor termal kamera analiz alıntısı gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Motor sargısı termal kamera sıcaklığını gösteren alıntı



Şekil 3.4. Redüktör titreşim analizi

Analiz sonucu redüktör de diş kırığı olduğu Şekil 3.4.' deki grafikten açıkça anlaşılmaktadır. Her tur dönüşündeki aynı zaman dilimleri arasında görülen ivmelenmeler, dişlinin bir bölgesinde kırık meydana geldiğinin belirtisidir. Bu dişlinin bir bölgesinde kırık olduğundan emin olma nedenimiz tekrarlı olmasıdır.

Hidro-pnömatik dengeleme mekanizması daha çok yüklü ve yüksüz durumlarda sistem çalışması gözlenerek, gözlemlere dayalı kayıtlarla yapılır. Bunun yanı sıra statik akselerometre sensörü kullanılarak PLC sistemine bağlı olarak sistemin olağandışı tepkileri kaydedilebilmektedir. Şekil 3.5' de gösterilen titreşim sensörleri iki tip olup ICP (integrated circuit piezoelectronic) sensörleri PLC sistemlerine bağlı olarak kullanılamazlar çünkü dinamik sinyaller üretirler. Bu dinamik sinyaller cihazlar tarafından işlenerek, zaman dalgaformu grafiğine dönüştürülür. Grafikler analiz edilerek titreşime neden arıza kaynağı, titreşim frekansları, harmonikleri ve genlikleri incelenerek belirlenir.

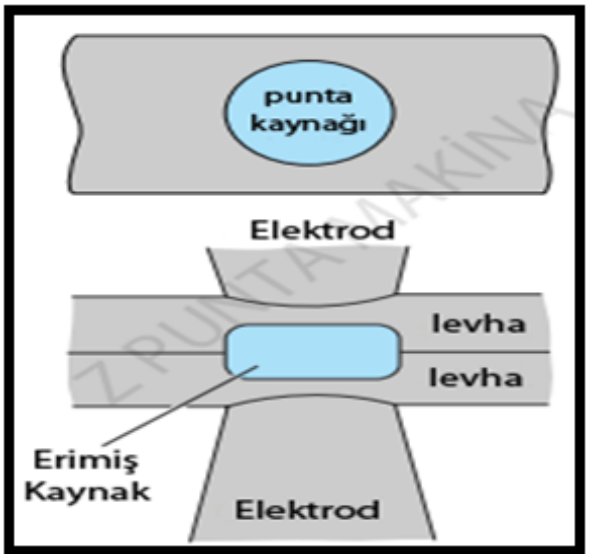


Şekil 3.5. Titreşim sensör tipleri

Sistemin çalışması en az 3 çevrim her gün tekrarlı olarak izlenmekte ve farklılıklar kayıt altına alınmaktadır. Sistemin ilk hareketi yukarı yönlü boşta olup, konumlamalardaki çıktıları almak olacaktır. Yüke binme anı dikkatli gözlenmelidir. Konumlama pimlerinden kurtulma yüksekliğine eriştikten sonra, dengeleme sistemi sabit kalarak, sistem yataydaki hareketini bir istasyondan diğer istasyona tamamlar. Bir sonraki istasyona gelindiğinde, dengeleme sistemi önce hızlı ve son harekette sensörler vasıtasıyla yavaşça çıktıları konumlamalara bırakacağı aşağı yönlü hareketini son stroğa kadar tamamlar. Yataydaki başlangıç noktası ise motor sisteminin devreye girmesi ile gerçekleşerek, bir sonraki çevrim yukarı yönlü hareketi veren hidro-pnömatik dengeleme sistemi ile başlayacak şekilde çevrim sonlanır.

3.3. Punta Tabancaları Hakkında Bilgiler ve Kestirimci Bakım Yöntemleri

Punta kaynağı iki metalin dolgu malzemesi gerektirmeden birbirine bağlanmasını sağlar. Şekil 3.6' da şematik olarak elektrodlar arasında kalan iki levhanın erimiş kaynak noktasında birleştirildiği gösterilmiştir. Ohm Kanunu'na dayalı bir süreçtir. Yani V (voltaj) = I (akım) x R (direnç) veya I (akım) = V (voltaj) / R (direnç) şeklindedir.



Şekil 3.6. Punta kaynağı şematik gösterimi

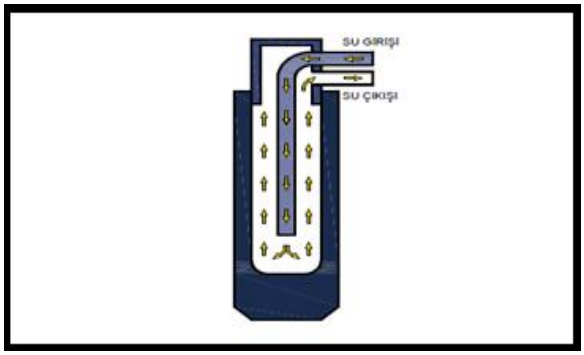
En çok kullanılan temel metaller çok düşük dirence sahiptir (mikro-ohm). Punta kaynak makinası transformatörlerinde düşük voltaj sekonder çıkışı en yüksek 30 volt AC'dir. İki metal üzerinden geçen yüksek akım iki metal arasında sıcaklık yığını

oluşturarak yüksek amper (Kilo amper) üreterek metalle üzerinden geçiren bir transformatördür. Bu yüksek kaynak akımı sayesinde elektrotlar piston baskısı altındaki malzemeleri çok kısa bir sürede kaynaklamaktadır.

Kaynak işlemi bittikten sonra metaller hala baskı altındayken su sirkülasyonu elektrodların içinden geçerek, hem elektrodları hemde kaynatılan malzemeyi soğutur ve kaynak işlemini bitirirek piston baskısı kalkar.

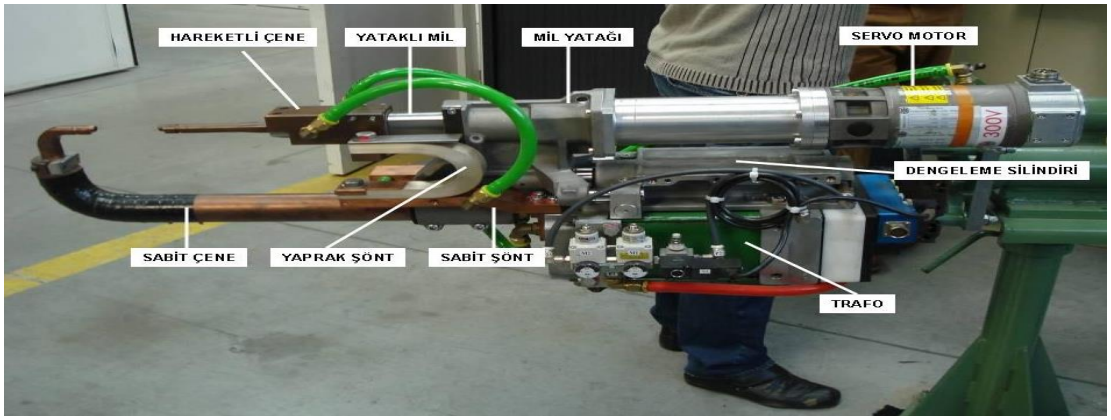
Hareketli ve sabit çenelerin ucundaki elektrotların kaynak bölgesine yapışmaması için soğutma suyu bakır borular içerisinde dolaşmaktadır.

Genellikle nokta kaynağı seri üretimde kullanıldığından, elektrodlardan geçen akımın oluşturduğu dirençten dolayı elektrodlarda ısınma oluşur. Elektrot ısısının artması kaynağı olumsuz yönde etkileyeceğinden soğutulmaları gerekir. Kaynak makinelerinde soğutma sistemi olarak genellikle su kullanılır. Bu sistem, makine içerisinde bir düzenekle sürekli olarak su dolaşımı ile elektrodların soğutulmasını sağlar. Elektrodların basit soğutulma sistemi Şekil 3.7' de şematik olarak gösterilmiştir. Kullanıma bağlı olarak zaman içerisinde kaynak elektrodları aşınır. Aşınma sonucunda elektrodun ucu bozularak akım ve basıncın azalmasına neden olur, bu da yine kaynak kalitesini olumsuz etkileyen unsurlardan biridir. Bu durum, elektrot uçlarının periyodik olarak bakımlarının yapılmasını gerektirir. Bakım işlemi bozulan uca yeniden eski formunun kazandırılması ve akım geçişini engelleyen unsurların ortadan kaldırılması ile gerçekleştirilir.



Şekil 3.7. Elektrot soğutma sisteminin yapısı

Punta kaynak tabancası; hareketli çene, yataklı mil, mil yatağı, servo motor, dengeleme silindiri, trafo, sabit şönt, yaprak şönt ve sabit çeneden oluşmaktadır.

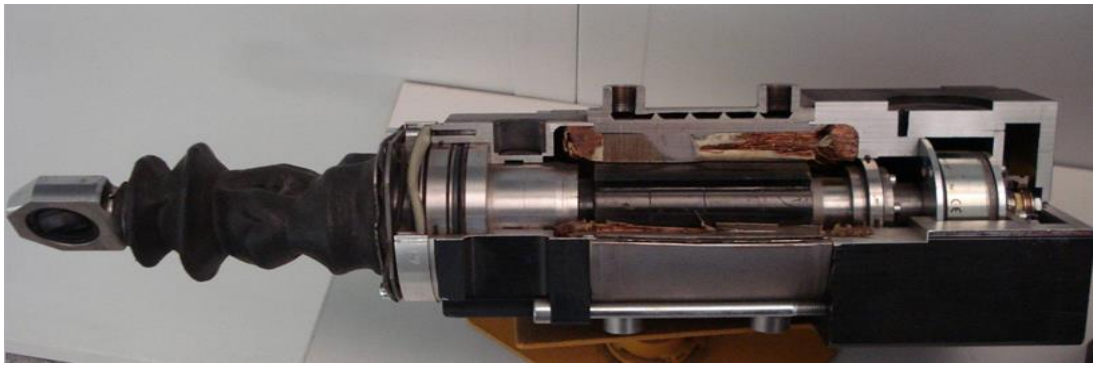


Şekil 3.8. Punta tabancasının kısımları

Servo motor, punta noktasında kaynak esnasında oluşan basıncın yol açtığı deformasyonu ortadan kaldırarak ürün kalitesi üzerinde ayrıca pozitif bir etki sağlamaktadır. Şekil 3.8' de kısımları gösterilen servo tabanca sayesinde parça var yok kontrolü yapılabilmekte, tabancanın ağız açıklığı istenilen değerlerde ayarlanarak çevrim süresinde iyileştirme yapılabilmektedir. Ayrıca her punta noktası için baskı kuvveti, akım şiddeti ve zamanı farklı değerlere ayarlanabilmektedir.

Trafo soket bağlantıları kontrol edilerek herhangi bir gevşeme olup olmadığı kontrol edilmelidir. Gevşeyen soketler zamanla hareket esnasında ark meydana getirerek trafonun yanmasına sebebiyet vermektedir.

Servo motorların termal kamera kontrolü yapılarak olağan dışı sıcaklık artışları gözlemlenmelidir. Eğer sıcaklık değerleri olağan dışında yüksek gösteriyorsa en uygun anda motor açılarak bobin sarımları kontrol edilmelidir.



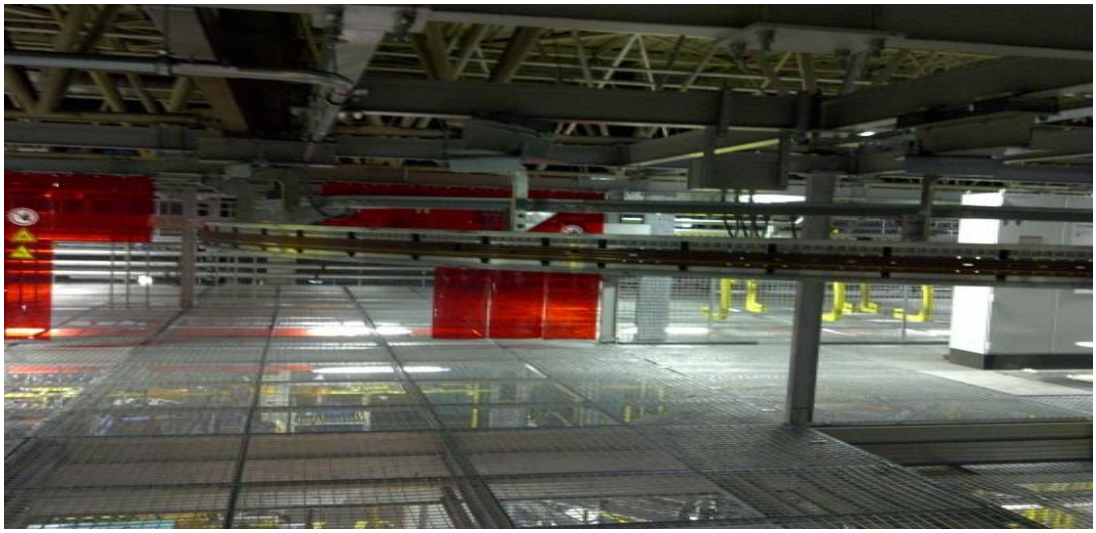
Şekil 3.9. Servo motor kesit resmi

Tabancaların kestirimci bakımı çok önemlidir. Geometri puntası ve kritik punta atan tabancaların sıfır arıza hedefi oldukça meşakkatli bir süreçtir. Geometri puntaları,

konumlayıcı tarafından konumlanmış ürüne başka bir yerde atılamaz. Kesinlikle duruş yaşanarak mevcut tabancanın tamiri yapıldıktan sonra üretime devam edilir.

3.4. Elektronik Monoray Sistemi Kestirimci Bakımı

Elektronik monoray sistemi ürün halindeki çıktıyı gitmesi gereken istasyona taşıyıcılarla götüren sistemdir. Asansör ile bitmiş ürün yukarıya çıkartılır ve raylar üzerinde sabitlenmiş bakır elektrik tellerinin üzerinden geçen akım ile çalışan taşıyıcının motoru haberleşmenin sinyaline göre ürünü gitmesi gereken yere götürür.



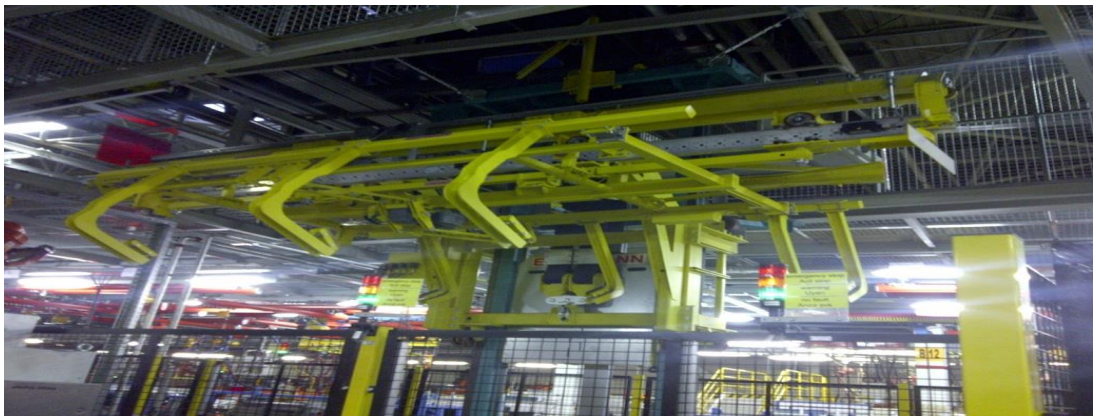
Şekil 3.10. Üzerinde bakır teller olan ray sistemi



Şekil 3.11. Yan panel taşıyıcısı

Taşıyıcı motorların raylar üzerindeki mekaniksel hareketlerinin zorlanmaması, Şekil 3.10' da gösterilen güç veren bakır tellerin eksenlerinin kaymaması ve Şekil 3.11' de

gösterilen taşıyıcılar üzerindeki kolların pistonlarının düzgün çalışmaması, EMS' nin arızaya geçmesine neden olabilecek kritik X' lerdir.



Şekil 3.12. Taşıyıcı sistemin yan paneli almadan hemen önceki pozisyonu

Taşıyıcı üzerindeki kolların açık-kapalı pozisyonları sensörler aracılığıyla motorlara iletilerek, taşıyıcının açık ve kapalı pozisyonları ayarlanmaktadır. Kestirimci bakım yapılırken ilk olarak sensör pozisyonlarının markalı olarak belirlenmiş yerlerinde olduğundan, civatalarında gevşeme olmadığından ve çalışıp çalışmadığından emin olunmalıdır.

Kolların açma kapama hareketlerinde kesilmeler veya ikilemeler olmadığı gözlemlenmelidir. İkilemeler görülüyorsa taşıyıcı, bakım bölgesine gönderilerek problemin kaynağı motor ve sensörler kontrol edilerek bulunmalı ve aksiyon alınmalıdır.

Taşıyıcıların hareketi esnasında, rayların titreşimleri eksenel olarak titreşim ölçücü sensörlerin günlük raporlarında incelenmelidir. Şekil 3.13' de belirtilmiş adımlar tek tek yapılarak kayıt altına alınmalıdır. Genliğin çalışma limitlerine yakın olduğu bölgelerde gezinmesi durumlarında, titreşime sebebiyet veren taşıyıcı tespit edilerek mekaniksel zorlanmalar nedeniyle titreşimi oluşturan kısımların bağlantıları kontrol edilmelidir. Titreşim kaynağı sürekli olarak tüm taşıyıcıların geçtiği anlarda bölgesel olarak oluyorsa, rayların bağlantı civatalarının tork kontrolü yapılmalıdır. Bakım alanına çekilerek bakımı yapılan taşıyıcıların kollarını açma-kapama yapan motorun, termal kamera analizi ile nominal çalışma sıcaklıkları arasında olup olmadığının kontrölü yapılarak kayıt altına alınmalıdır. Kestirimci bakım uygulaması yapılmadığı dönemlerde, taşıyıcılarda meydana gelen arızalar büyük duruşlara sebebiyet verilebilir.

GRUP EKİPMAN BAKIM FAALİYET PLANI				
GRUP EKİPMAN İSMİ : PICK-UP GRUBU BAKIM GRUP NO : E5 PİCK-B/S (PİCK-UP) 1 ALT EKİPMANLAR : PİKAP FİKSTÜRÜ, YÜRÜME, TAMBUR, HALAT, PANO, KABLO RAYI			BAKIM EKİBİ ÜYE İSİM SOYAD VE TARİH GEB SORUMLUSU BAKIM PERSONELİ : GEB SORUMLUSU BAKIM PERSONELİ :	
Kontrol Maddesi	Faaliyet	Önlem	Kritik Nokta (Öğrenilmiş Dersler)	Ekibin Onayı
EEO defterinden geçici önlem alınmış olan maddeler için değişimleri yap				
Ekipmanın tüm cıvatalarının işaretleme boyalarını kontrol et				
Yürüme raylarında aşınma var mı	kontrol et	gerekiyorsa **ayarla** veya **düzelt** veya **değiştir** veya **haber ver.**		
Yürüme tekerleklerinde aşınma var mı	kontrol et			
Pick up halatlarını	temizle			
Halatlarda aşınma var mı	kontrol et			
Halat kılavuzlama tamburunda aşınma var mı	kontrol et			
Halat kılavuzlama tamburunu	temizle ve yağla			
Pick up yavaşlama durdurma ve over run switchlerininin çalışıp çalışmadığını	kontrol et			
Switch ve sensör kablolarında aşınma var mı	kontrol et			
Kablo taşıyıcıları ve monorayında aşınma var mı	kontrol et			
Kablo taşıyıcılarının ve monorayın	hareket serbestliğini kontrol et			
Kablo taşıyıcılarını zincirinde aşınma var mı	kontrol et			
Halat kontrol switchlerininin çalışıp çalışmadığını	kontrol et			
Emniyet zincirlerinde aşınma var mı	kontrol et			
Tahrik motoru zincirinde aşınma var mı	kontrol et			
Tahrik motoru zincirini	temizle yağla			
Motorun arka kapağını aç ve balataları	temizle			
Vakum pedleri	temizle			
Vakum pedlerinde aşınma var mı	kontrol et			
Vakum jeneratörü	Filtresini temizle			
Model değişim pistonlarını	kontrol et			
Model değişim pistonları bağlantılarında aşınma var mı	kontrol et			
Parça taşıyıcı kenetlerinde aşınma var mı	kontrol et			
Parça taşıyıcı kenetleri	sallantı boşluk var mı kontrol et			
Kenet bağlantılarında aşınma var mı	kontrol et			
Pano içi filtrelerini	temizle			
Pano içi fanların çalışıp çalışmadığını	kontrol et			
Yağlama şemasına göre yağlamaları yap				

Şekil 3.13. Taşıyıcı sistem grup ekipman bakım faaliyet planı kontrol çetelesi

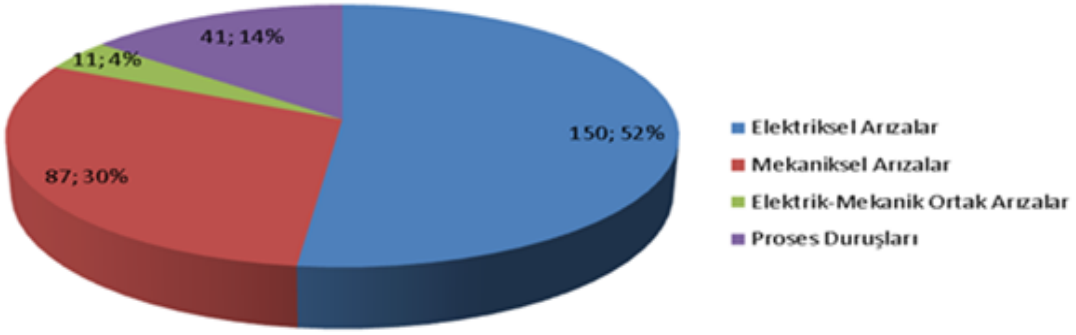
3.5. Konveyor Sistemleri Kestirimci Bakımı

Konveyorler üretici firmalardan farklı uzunluklarda kullanılacakları bölgelere göre üretilmekte olup, genel olarak 8m standartında üretilirler. Toplamda 4 adet, birbirlerine mil ile bağlı ikişer makaralı sistemlerdir. Her konveyor tek motor tahrikli olup, 4 adet mil, tek taraftan dişlilere bağlı kayışlarla bir motora bağımlı hareket etmektedir. Makaralar üstünde araçları taşıyan skidler ilerletilmektedir. Çukur içerisine monte edilmiş konveyorlerin üzerleri metal kapaklarla, operatörlerin rahat hareket edebilmeleri için kapatılmıştır. Skidler hattın kurulumuna göre değişkenlik göstermekle beraber, genelde aracın tabanı tamamlandıktan sonra, çatma öncesi aracın altına verilirler. Makaralar zamanla aşınmakta olup, bu aşınmalar farklı mekanik zorlanmalara sebebiyet vermekte ve zamanla kayışlardaki farklı gerilmelerden dolayı, kayışları koparmaktadır. Sürtünmenin olduğu yerde aşınmayı indirgemek mümkün fakat, yok etmek mümkün olmamaktadır. Aşınmanın farklı şekillerde gerçekleşmesinin sebebi ise, zamanla şekil değişikliğine uğrayan skidlerin farklı makaralarda farklı yükler oluşturmasından kaynaklı olmaktadır. Bu farklı yükler nedeniyle, kayış kopmaları hattın durmasına sebebiyet vererek, arızi bakıma geçen hattın üretim kaybına neden olmaktadır. Kestirimci bakım uygulamasında, konveyorlerde iki türlü kestirimci bakım yapılmaktadır.

1. Konveyor motorları termal kamera kontrolü,
2. Makaraların takometre ile çevresel hız kontrolü.

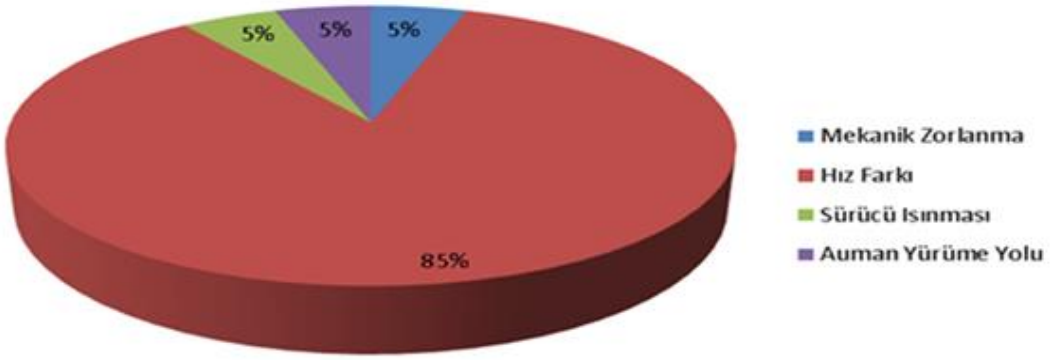


Şekil 3.14. Makaralı konveyorlerin takometre ile çevresel hız kontrolü uygulaması



Şekil 3.15. Konveyor arızaları 2012

Şekil 3.15' den anlaşıldığı gibi 2012 konveyor genel arızaları grafikte olduğu gibidir. Bu arızalar nedeniyle 289 dakika duruş yaşanmıştır. 289 dakika duruş yaşanması sebebiyle ortlama 150 araç kaybı meydana gelmiştir.



Şekil 3.16. Konveyor sürücü arıza nedenleri

Şekil 3.16' dan anlaşıldığı gibi, yapılan testler sonucu, konveyor giriş sürücü arızalarının %85'i hız farkı, %15'i ise mekanik zorlanma, sürücü ısınması ve yürüme yolundan kaynaklı olduğu görülmüştür.

Giriş sürücü arızalarının incelenmesi neticesinde, elde edilen verilere göre en önemli arızanın hız etkisinden kaynaklandığı açık olarak ortadadır. Bu tip olası duruşların yaşanmaması için kestirimci bakım uygulamasına geçilerek aşağıdaki adımlar izlenmiştir.

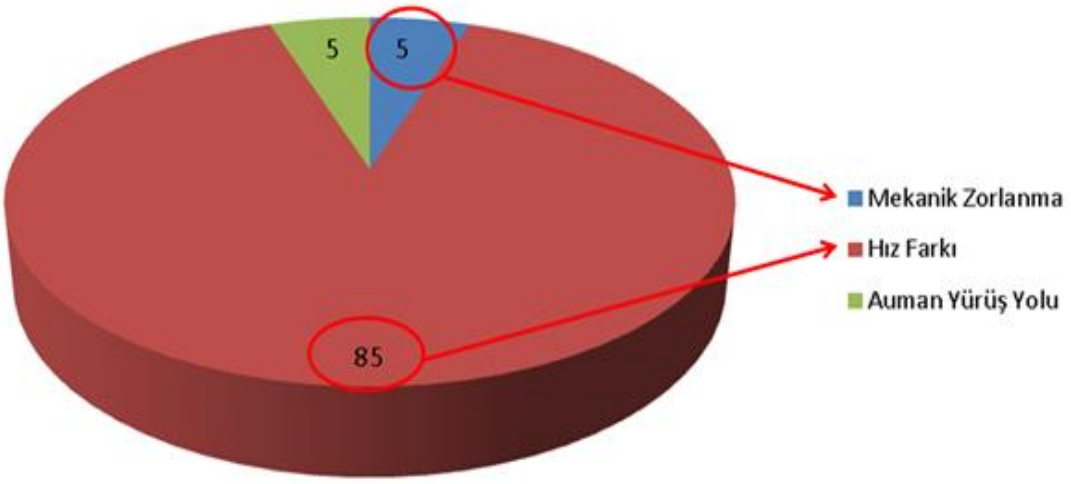
- Mekanik Zorlanma

Konstrüksiyon civata kesmelerinin yaşandığı bölgelere 6 Adet destek ayağı koyularak civata kesmelerinin giderilmesi, rollerların ve skidlerin konveyor plakalarına sürtmesi engellenmiş ve %5 iyileştirme sağlanmıştır.

- Hız Farkı

Takometre cihazı vasıtasıyla 201 numaralı makara devir ölçümü 7,2 m/dk, 202 ve 203 numaralı makaraların devir ölçümü ise 6,02 m/dk olarak saptanmıştır. Hız farkının kök nedeni makara aşınmalarının farklı olmasından kaynaklıdır. 201 > 202 olduğundan sürücünün zorlanması nedenli arızaya geçmesi an meselesidir.

201 numaralı makara değişiminden sonra makara devir ölçümü 5,96 m/dk olarak ölçülerek makara hızları neredeyse eşitlenmiştir. İki istasyon arası hız farkı giderilmiş olup, sürücü zorlanma problemi ortadan kalkmıştır. % 85 iyileştirme sağlanmıştır.



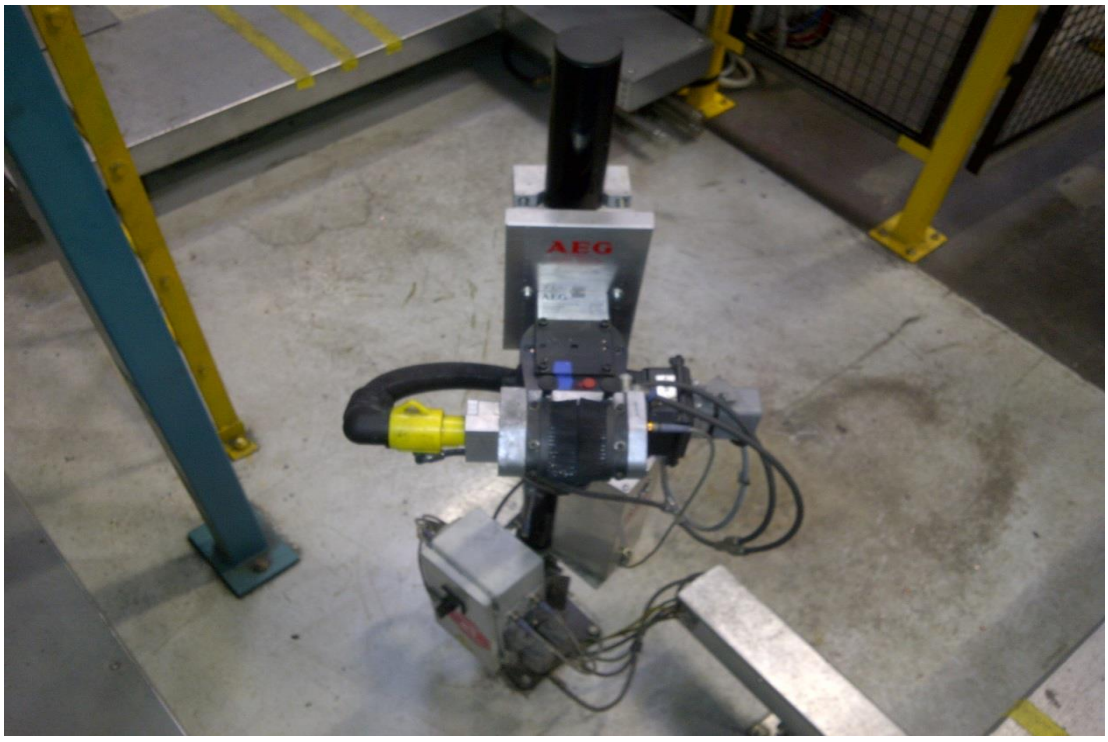
Şekil 3.17. Kestirimci bakım sonrası iyileşme



Şekil 3.18. Zincir konveyor mekanizmaları

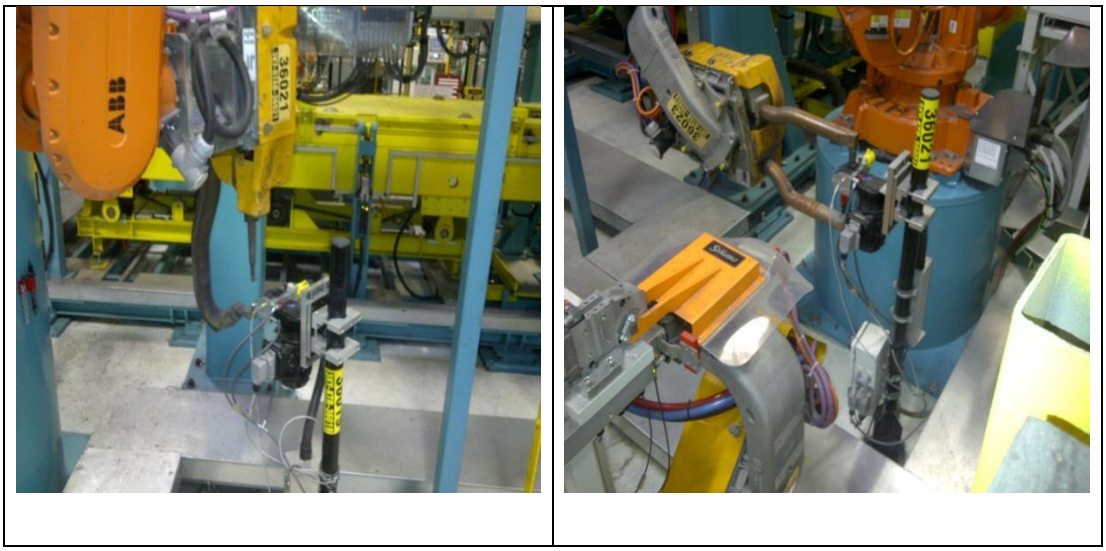
3.6. Otomatik Elektrod Kalemtraş Sistemleri Kestirimci Bakımı

Tüm otomatik hatlarda belirlenmiş zaman aralıklarında, elekrodların kalemtraş olma ihtiyacı otomatik kalemtraşlar ile karşılanmaktadır. %60 otomasyona sahip bir hatta yaklaşık 150 adet robot ve 170 adet tabancayı esas alırsak, kalemtraş verimliliği hem kalite, hem de maliyet kazancı açısından çok önemlidir. Kalemtraş zamanı gelen tabanca, otomatik olarak Şekil 3.19' da gösterilen kalemtraşa gider. Kalemtraş esnasında, elektrodun basma kuvveti, kalemtraş süresi ve çenelerin basma açıları büyük önem arz etmektedir.



Şekil 3.19. Kalemtraş mekanizması

Robotlar kalemtraş pozisyonunu aldığı esnada, tabancanın sabit çenesi elmas uca dayanarak hareketli çenenin kapanmasıyla kalemtraş işlemi başlamış olur. Bu esnada hareketli veya sabit çenenin basma kuvvetleri olması gerekenden farklı veya çenelerin kalemtraş ile 90˚ den farklı açı oluşturarak kalemtraş işleminin yapılması durumunda büyük bakım gereksinimleri meydana gelerek, araçlarda tamir için ekstra iş gücü ve ekstra malzeme kullanılması ile araç başı maliyet (ABM) artışı gerçekleşir. İstenmeyen bu durumların gerçekleşmemesi için proses adımlarına ve PLC'ye ara dizin komutlar girilerek tüm hata mekanizmalarının önüne geçmeye çalışılır.



Şekil 3.20. Tabanca kalemtraş pozisyonu

- İlk adımda kalemtraş öncesi tabanca pozisyon doğruluk kontrolünün yapıldığı sensör sistemi doğrulaması,
- Kalemtraş pozisyonunda alt çenenin dayanması ve hareketli çenenin kapanmasıyla beraber kalemtraş devir sayısının kalemtraş tipine göre ayarlanması,
- Değiştirilen elektrodların açı dereceleri gözlemlenerek, açılı uç açma gözlemlenirse sistem doğruluk faktörleri kontrol edilerek, müdahale yapılmalıdır.

3.7. Termal Kamera İle Punta Tabancası Şönt Analizi Uygulaması

Araç gövdesini oluşturan tüm parçaların birleştirme işleminin %95 lik kısmı punta tabancaları tarafından yapılır. Punta tabancaları X veya makas tipi ve C veya J tipi olmak üzere 2 tiptir. Birleştirilen kesitlere göre farklı kol uzunluklarına ve çene açıklıklarına sahiptirler.

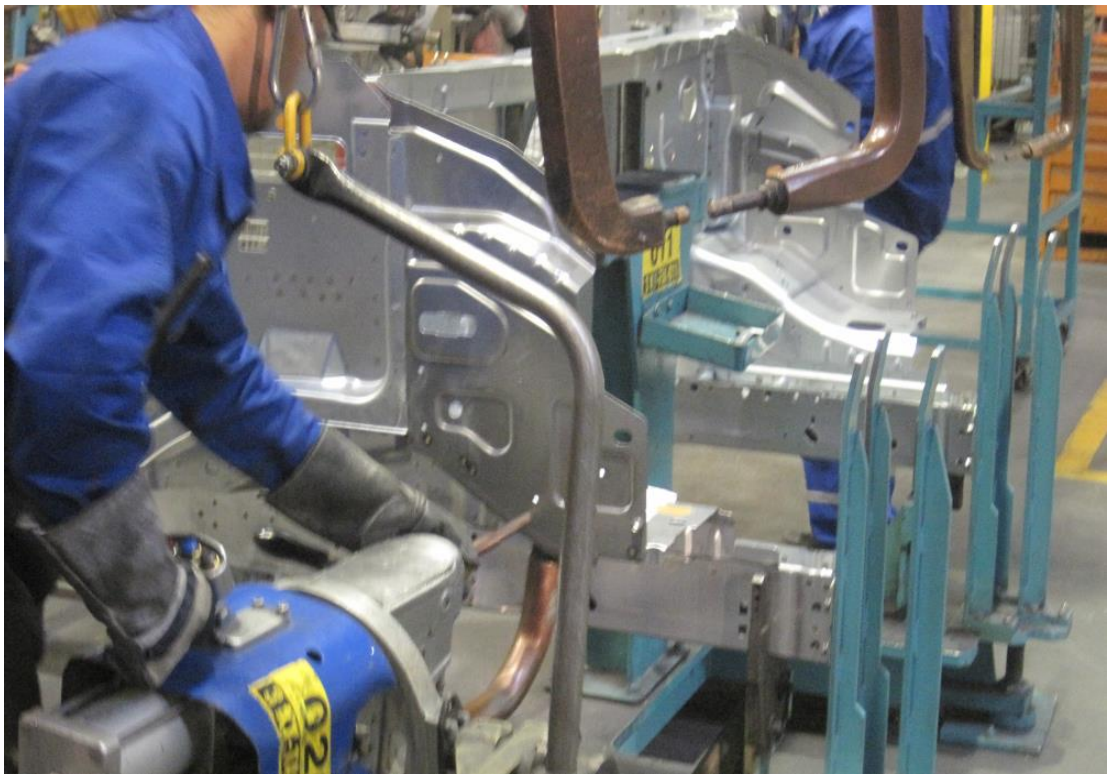


Şekil 3.21. C veya J tipi tabanca



Şekil 3.22. X veya makas tipi tabanca

Sektörde kullanılan punta tabancaları üretimin kalitesi ve yapılabilirliği açısından hayati öneme sahiptir.



Şekil 3.23. C tipi tabanca ile birleştirme örneği

Çalışılabilirlik performansı maksimum düzeyde olması istenen bu ekipmanların arıza analizleri incelendiğinde en sık görülen ve en uzun duruşlara sebebiyet veren şönt arızalarıdır. Şönt arızalarını önleyebilmek için termal kamera analizleri ile her tabancanın analizi oluşturulmalıdır. Oluşturulan analiz raporları ile tabancanın çalışma şartları ve parametre ayarları gözönünde bulundurularak çalışma sıcaklık skalası çıkarılmalıdır. Bu skalanın dışında meydana gelen farklılıklar incelenmelidir.

Tablo 3.1' de farklı parametrelerde ve farklı çalışma şartlarında analizi yapılan punta tabanca dataları verilmiştir.

Tablo 3.1. Şönt analizi yapılan tabancaların parametre değerleri

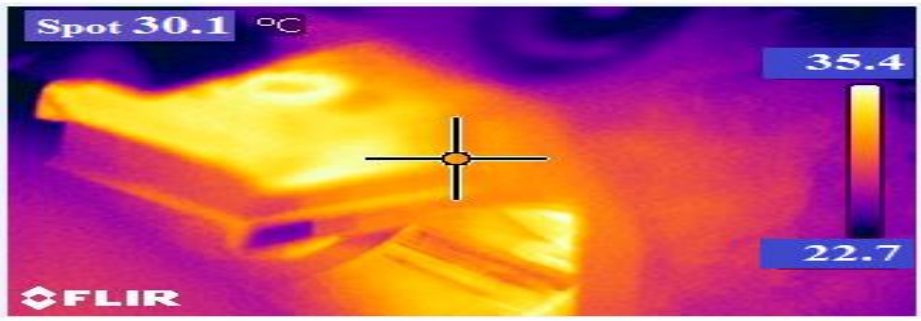
TABANCA	SIKMA (ms)	KAYNAK ZAMANI (ms)	AKIM (kA)	DARBE SAYISI	BEKLEME (ms)	BASINÇ KUVVETİ (daN)
TAB 38009	600	880	9,5	1	300	400
TAB 38047	600	500	9,5	1	300	340
TAB 38016 1.program	20 cycle	13 cycle	8,5	3	7 cycle	320
TAB 38016 2.program	20 cycle	15 cycle	9	3	9 cycle	350
TAB 1.7103	30 cycle	20 cycle	9,8	2	8 cycle	280
TAB 1.7104	40 cycle	10 cycle	9,8	3	7 cycle	280

Tabancaların 3 ay boyunca günlük olarak ölçümleri alınmış ve sıcaklık verileri incelenmiştir. 50 cycle 1000 ms' ye karşılık gelmektedir.

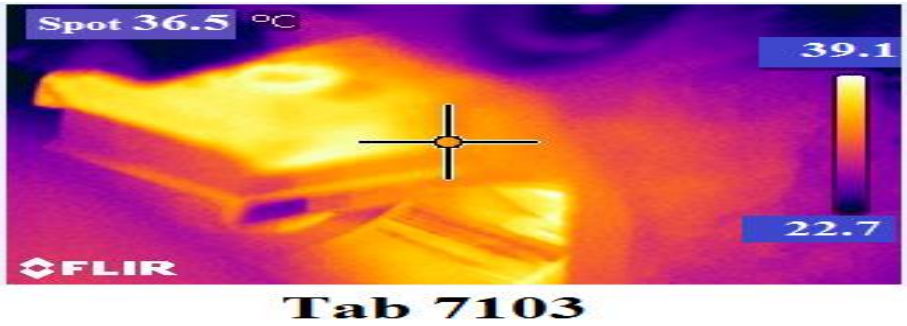
Tablo 3.2. Günlük ölçülen sıcaklık değerleri problem görülen örnek tablo

		GÜNLÜK ÖLÇÜLEN SICAKLIK DEĞERLERİ (^{0}C)													
TABANCA	NÇS (^{o}C)	04.12	06.12	07.12	09.12	10.12	11.12	12.12	13.12	14.12	15.12	17.12	18.12	19.12	20.12
TAB 38009	40	38,3	38,4	38,6	37,8	38,1	38,3	38,1	37,8	38,6	38,3	37,8	38,5	37,8	37,7
TAB 38047	30	27,6	27,7	28,2	28,4	29,0	28,6	28,7	29,3	28,1	28,2	28,4	29,0	28,7	29,3
TAB 38016 1.Program	50	49,1	48,4	48,6	48,9	58,1	58,3	59	48,6	48,4	48,6	47,3	47,5	48,6	49,0
TAB 38016 2.Program	52	51,6	51,3	50,7	50,8	49,7	51,3	52,0	50,7	50,9	51,4	49,7	51,8	51,3	51,6
TAB 1.7103	35	33,6	33,9	33,4	35,8	35,9	36	36,5	33.3	34,0	33,8	34,2	33,9	33,5	34,1
TAB 1.7104	38	34,2	32,5	34,9	35,7	36,5	37,2	37,8	37,4	37,8	39,5	42,0	35,2	35,7	36,5

Yukarıdaki tabloda görüldüğü gibi sıcaklıkları farklı zaman aralıklarında artış gösteren tabancalara rastlanmaktadır. Bu artış normal seyirden farklı olup bir arızanın oluşacağına işarettir. Eğer gerekli tedbirler alınmazsa ark oluşması nedenli şöntler arızaya geçerek duruşa sebebiyet verir. Örnek termal kamera alıntılarında normal seyir sıcaklığı ve arıza başlangıcında meydana gelen sıcaklık artışlarının yaşandığı durumlar görülmektedir.

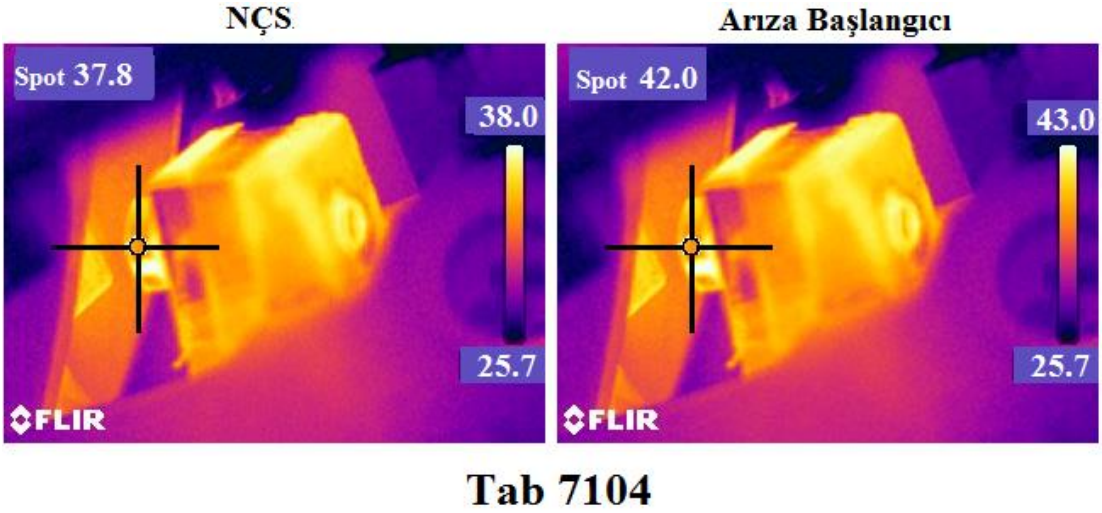


Şekil 3.24. Tab 7103 normal sıcaklık değerini gösterir alıntı

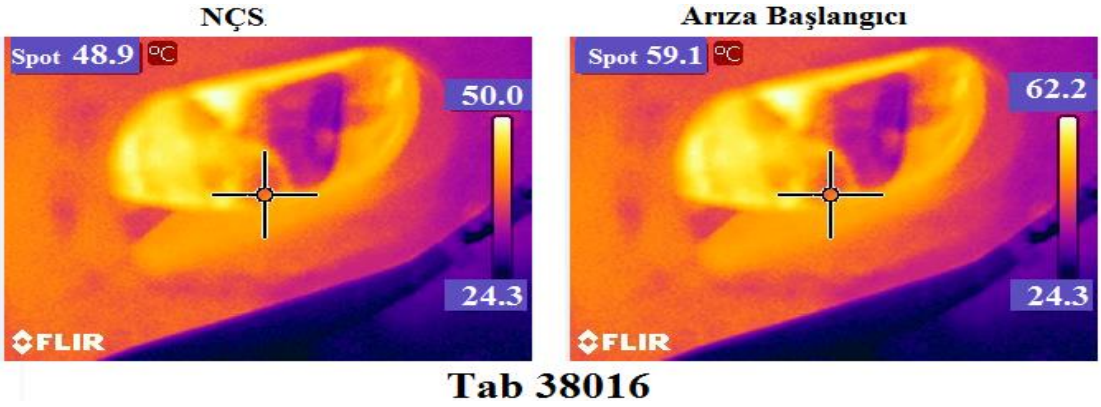


Şekil 3.25. Tab 7103 arıza başlangıcı sıcaklık değerini gösterir alıntı

Termal kamera ile ölçülen sıcaklık değeri Şekil 3.25' de görüldüğü gibi normal çalışma sıcaklığı dışına çıkmıştır. Bu durum arıza başlangıcının habercisidir. Ölçümü yapılan tabanca günde 7000 adet punta atmaktadır. Kestirimci bakım yapılarak önceden bu hata keşfedilmeseydi, günde 7000 adet punta atan tabanca çok kısa bir süre sonra arıza moduna geçecekti.

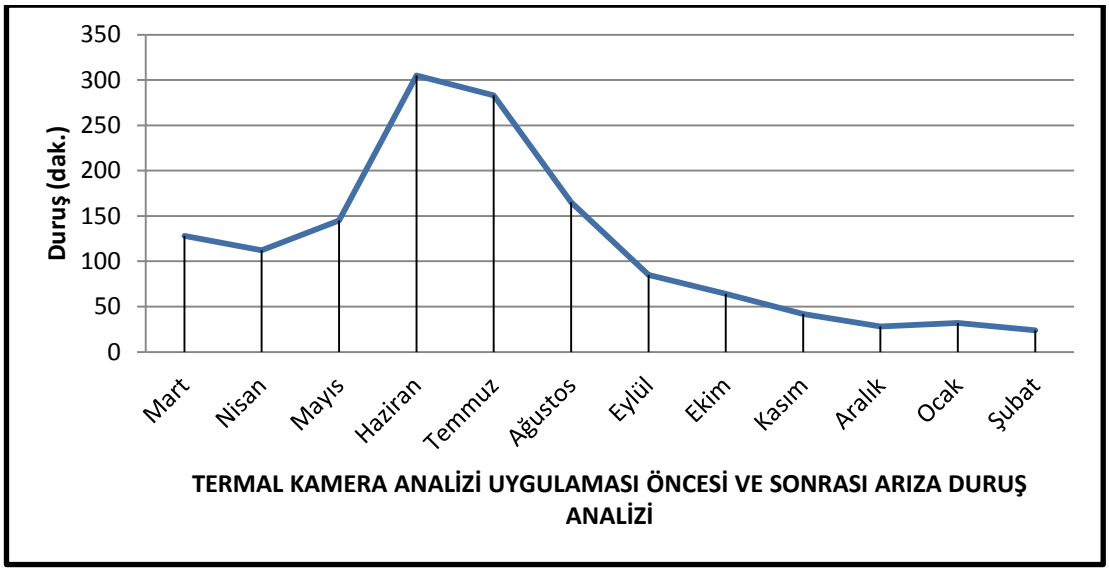


Şekil 3.26. Tab 7104 normal çalışma sıcaklığı ve arıza başlangıcı sıcaklık değerini gösterir alıntı



Şekil 3.27. Tab 38016 normal çalışma sıcaklığı ve arıza başlangıcı sıcaklık değerini gösterir alıntı

Yapılan termal kamera kontrolleri ile şönt arızalarının önüne geçilmiş ve tabancalarda yaşanan arıza nedenli duruşlar minimize edilmiştir.



Şekil 3.28. Termal kamera analizi uygulamasının Ağustos ayı itibariyle başlamasından sonra duruşlarda izlenen iyileşme

Termal kamera analiz uygulamasının başlaması ile hat bazında aylık ortalama 200 dakika duruşlara sebebiyet veren şönt arızaları %82 oranında azaltılarak 36 dakika seviyelerine indirilmiştir. Şekil 3.28' de gösterilen grafikde Ağustos ayı öncesindeki ve sonrasındaki duruşların farkı çok net görülmektedir. Hat bazında sağlanan bu iyileşme ile aylık; 72 araç üretim kaybı ve duruşa sebebiyet veren arızaların hızlıca giderilmeye çalışılması durumlarında yaşanabilen iş kazaları önlenmiştir. Çoğu zaman bir civatanın sıkılmasıyla malzeme değişimine gerek olmadan oluşabilecek arızaların önüne geçilmiştir.

3.8. Pompa Titreşim Analizi Uygulaması

Titreşim analizi uygulamasına örnek olarak araç su testinde suyun sirkülasyonunu sağlayan pompa ele alınmıştır. Sistemde bulunan 4 adet rulman için 4 ayrı yerden radyal, eksenel ve tanjantiyal yönlerde ölçümler alınarak sonuçlar yorumlanmıştır.

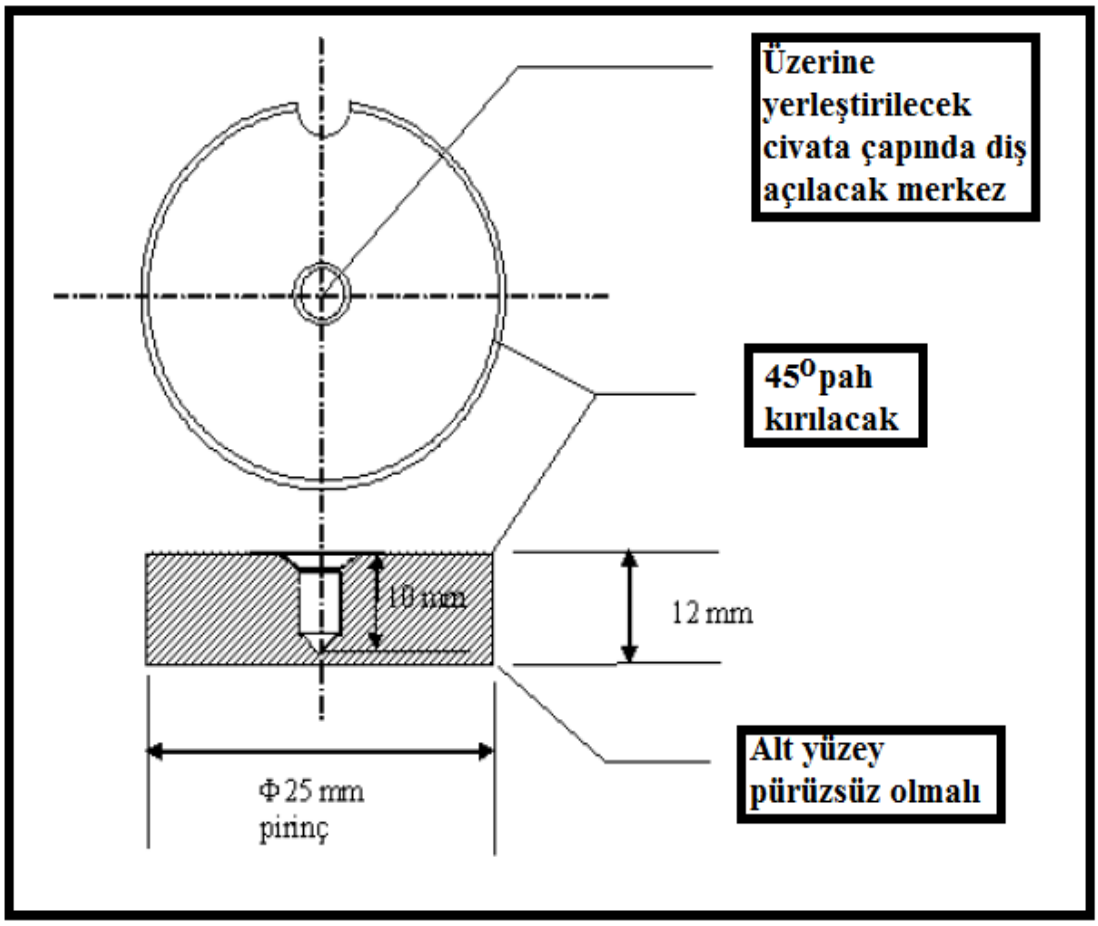
3.8.1. Titreşim ölçümünde kullanılan rondela ve ölçüm cihazı

Titreşim analizi yöntemiyle kestirimci bakımın bir işletmeye uygulanabilmesi için titreşimleri ölçecek ölçüm cihazın temin edinilmesi gerekir. Bunlar makinaların genel titreşimlerini ölçebilen cihazlar olmakla birlikte, makinanın titreşimlerini zaman ve frekans ekseninde ölçen ayrıca faz ölçümlerini de yapabilen cihazlardır. Bu cihazlar son teknolojiler kullanılarak üretilmiş cihazlardır. Ölçülen titreşim değerlerini hafızalarına kaydederler. Kaydedilen değerler bilgisayara aktarılarak bir program vasıtası ile analizinin yapılarak tespit yapılır.

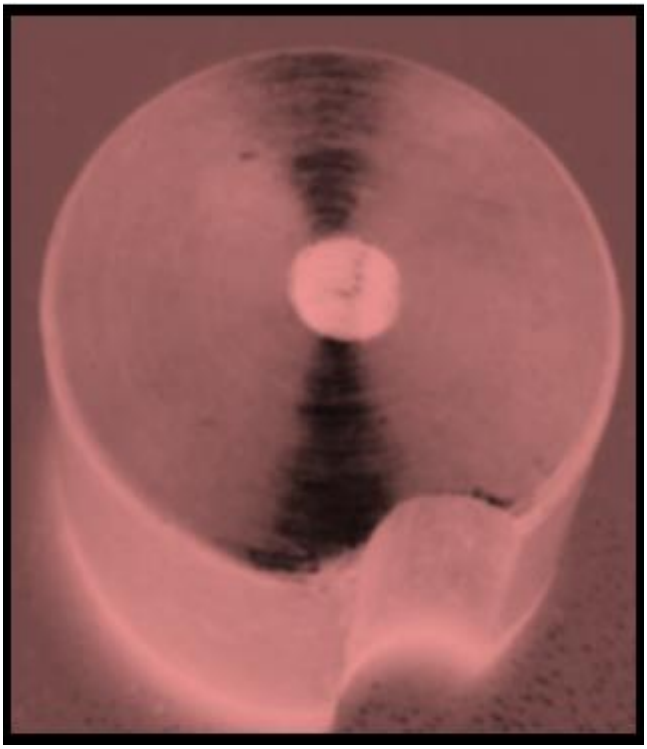


Şekil 3.29. Ölçüm cihazının genel görünümü

Ölçüm rondelası ise pompanın ölçüm alınacak yerlerine yerleştirilmiştir. Ölçüm rondelasının bir diğer adı da montaj yastığıdır. Şekil 3.30 ve Şekil 3.31' de ölçüm rondelasının detaylı resimleri gösterilmektedir.



Şekil 3.30. Ölçüm rondelasının şematik görünümü

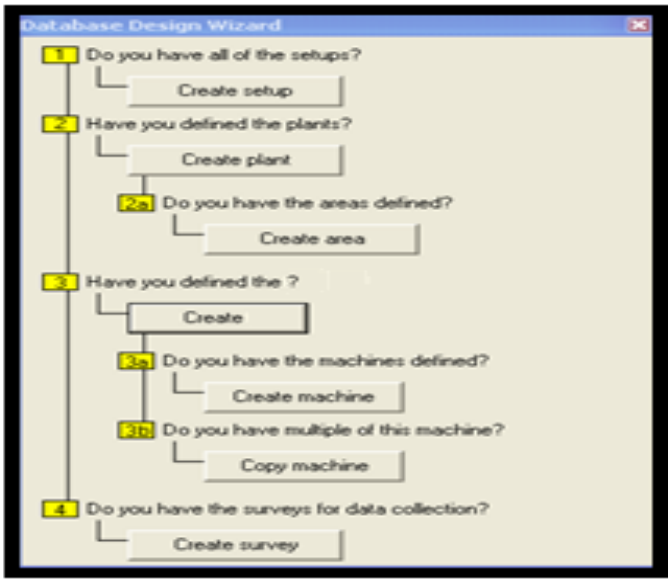


Şekil 3.31. Ölçüm rondelası

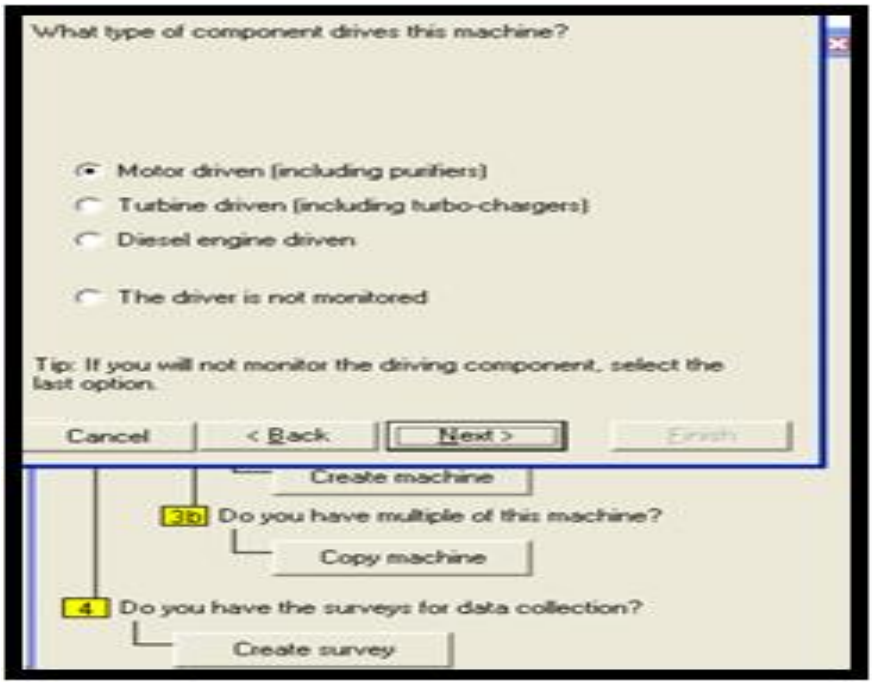
Titreşim analiz cihazları bir algılayıcı sayesinde titreşimi algılayıp elektrik sinyaline dönüştürmekte ve hafızasında anlık ölçümlerin saklamaktadır.

3.8.2. Titreşim ölçümlerinin alınması

Titreşim ölçümleri alınmadan önce cihazların titreşim alınacak sistemlere tanımlı hale getirilmesi gerekmektedir. Böylelikle sen doğru ölçümler yapılabilir.



Şekil 3.32. Ekipman tanımlama program görüntüsü



Şekil 3.33. Ekipman tahrik sisteminin seçildiği program görüntüsü

Şekil 3.32 ve 3.33' de gösterilen örnek program tanıtma alıntılarında görüldüğü gibi tanıtma işlemi tüm sınıflandırılmaların yapılması ile devam eder. Sırasıyla kaplin türü 4 kaplinli olarak, AC veya DC motor tipi AC olarak, dişili sistemi olmayarak, motorun tahriklediği sistemin pompa olduğu seçilerek, pompa tipi santrifüj pompa olarak seçildikten sonra Şekil 3.34' deki ekran görüntüsü oluşur ve finish ikonuna basılmasıyla tanımlama tamamlanır.



Şekil 3.34. Ekipmanın tanımlasının son ekran alıntısı



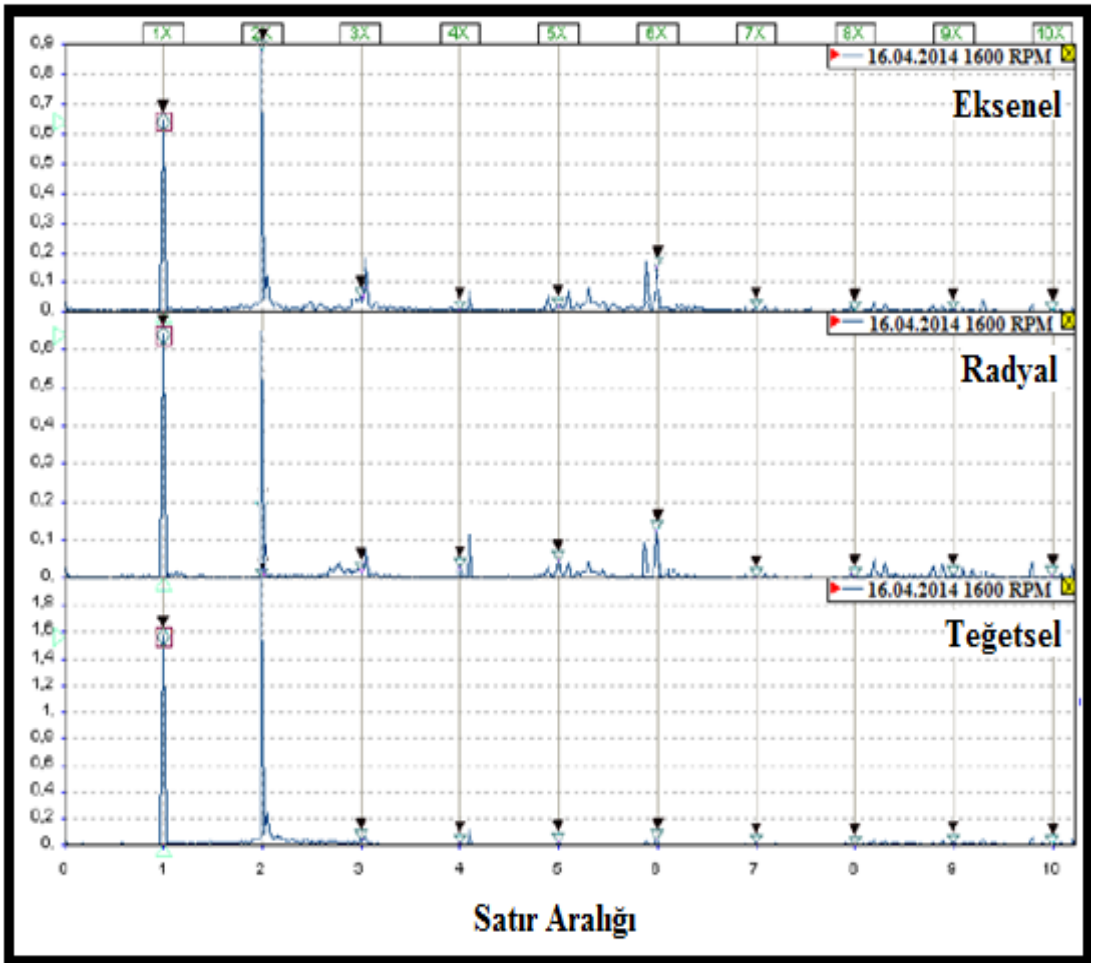
Şekil 3.35. Motor devrinin girildiği ekran alıntısı

Şekil 3.35’ de görüldüğü gibi sistem devri 1600 d/dk olarak girilmiştir. Ayrıca sistem için numara verilmiştir. Bu numara cihazın kayıt numarasıdır. Uygulamaya konu olan ölçüm pompasının kayıt numarası 201’ dir. Ölçüm yapılacak makinayı cihazdan seçerken oldukça kolaylık sağlar. Ölçüm noktasının adı da bu aşamada tanımlanmıştır. Sırasıyla makina ve rulmanların tamamlanması ile tanımlama işlemi bitirilerek ölçüm alınabilir duruma sistem getirlmiştir.

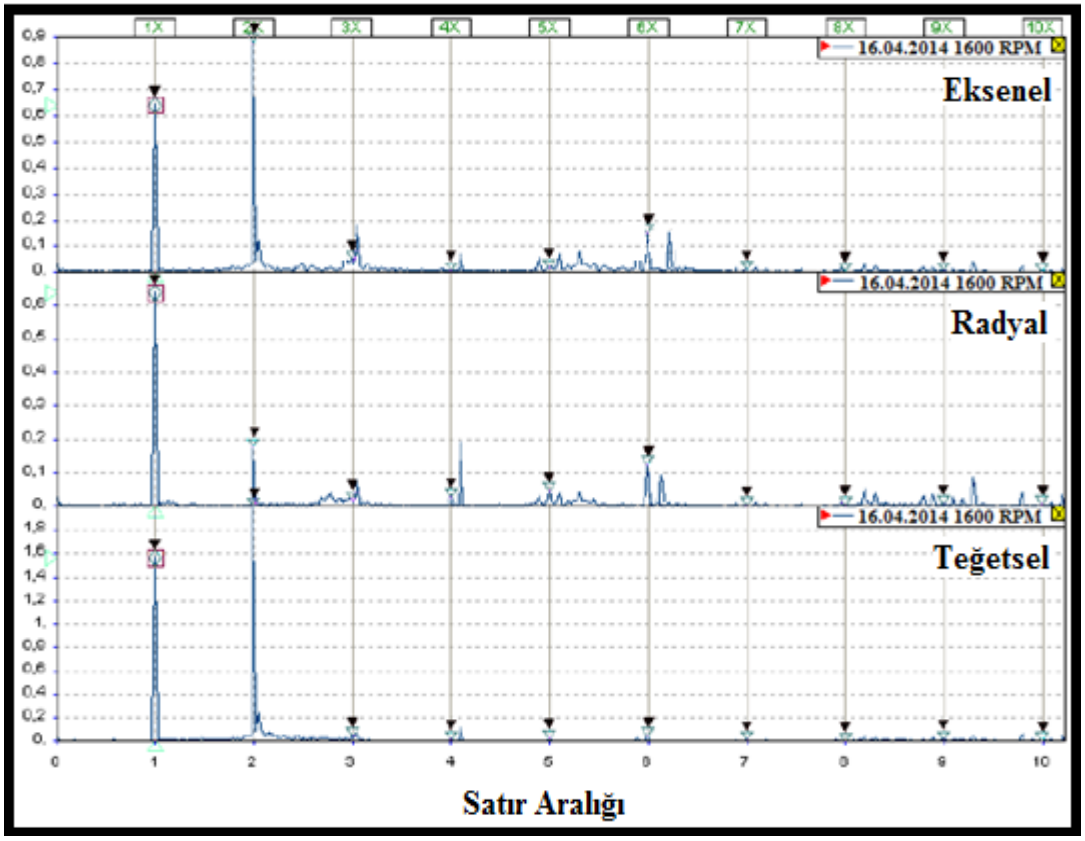
Titreşim uygulamasına konu olan pompa, su pompasıdır. Su testinden geçen araçlara gitmesi gereken suyun sirkülasyonunu sistemde sağlar. 30 kw değerinde elektrik motoru ile çalışmaktadır. Motor tarafında 2, pompa tarafında 2 olmak üzere 4 adet rulman vardır. Bu 4 noktadan ölçümler alınmıştır.

3.8.3. Titreşim ölçüm grafikleri ve yorumlanması

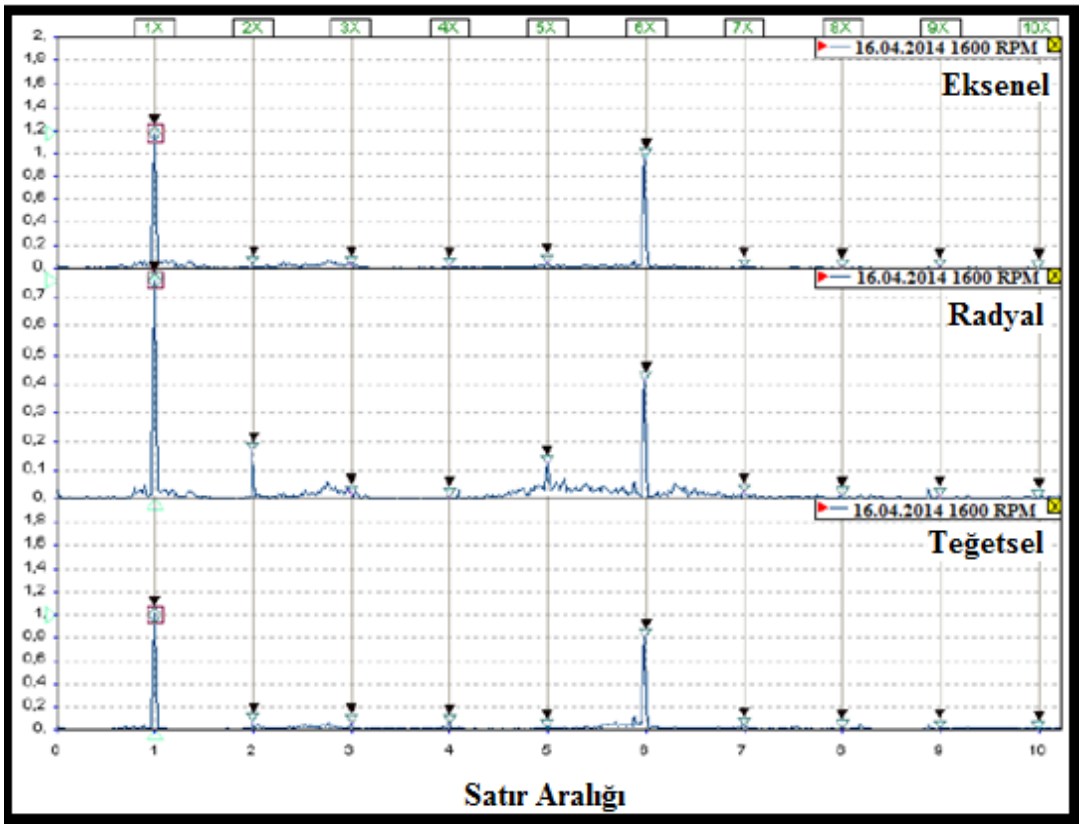
4 farklı noktadan alınan ölçümler tek tek incelenmelidir.



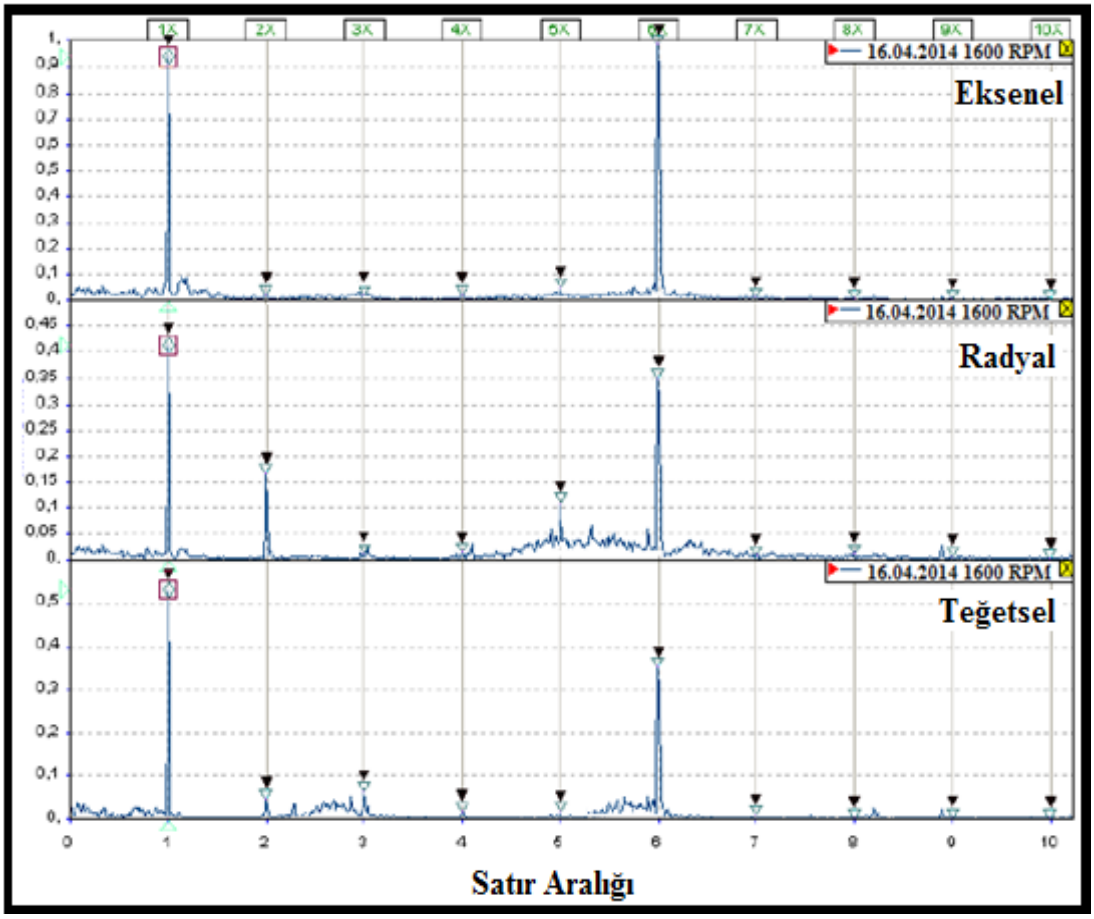
Şekil 3.36. Motor tarafındaki 1 numaralı rulman ölçümü



Şekil 3.37. Motor tarafındaki 2 numaralı rulman ölçümü



Şekil 3.38. Pompa tarafındaki 1 numaralı rulman ölçümü



Şekil 3.39. Pompa tarafındaki 2 numaralı rulman ölçümü

Uygulamada kullandığımız titreşim analiz cihazı 3 yönde (radyal, eksenel, teğetsel) ölçüm yapmaktadır. Yukarıdaki spektrum grafiklerinde de 3 yönde alınan ölçümlerin sonuçları görülmektedir.

Cihazın 1xRPM de yakaladığı ilk tepe sistemin devir sayısına denk gelmektedir. Sistemin 1600 d/dk ile çalıştığı programa da tanımlanmıştır. Ayrı noktalardan ölçümler alınarak grafikler aktarılmıştır ancak sonuçları yorumlarken bu 4 grafiği bir arada düşünmek gerekmektedir.

Şekil 3.36' da 2xRPM ye baktığımızda her yönde yüksek tepe oluşturduğu görülmektedir. Mekanik gevşeklik çalışma hızı harmoniklerinin katları olarak frekans alanında ortaya çıkar. Frekansın harmoniklerinde de tepeler devam ettiğinden sistemde mekanik gevşekliğin olduğu tespit edilmiştir. Rulman arızaları 3xRPM ve 6xRPM aralığında kendini göstermektedir. Yine aynı şekile baktığımızda 3xRPM nin hemen ilerisinde bir tepe görülmüştür. Dış bilezik bilye geçiş frekansına denk gelen

bu değer rulmanın dış bileziğinin yatak üzerinde döndüğünü gösterir. Dış bilezik bilye geçiş frekansı, bütün bilyeler dış bilezik üzerindeki arızalı bölgeden geçiyorken üretilen frekanstır.

Şekil 3.37' ye baktığımızda yine 3xRPM nin hemen önünde bir tepe gözükmektedir. Ancak 2 numaları rulman için arıza frekans değerine denk gelmemektedir. Öyleyse 1 numaralı rulman nedeniyle oluşmuş olan ortak tepedir. 6xRPM nin hemen önünde bir tepe oluşmuştur. İç bilezik bilye geçiş frekansına denk gelen bu değer rulmanın iç bileziğinin arızalanmaya başladığını gösterir. Dikkatli baktığımızda ise yan bantların olmadığını görüyoruz. Bu yüzden arızanın çeşidi konusunda net bir şey söyleyemeyiz. Rulman iç bileziği milin üzerinde dönüyor olabilir, ya da bilyalar iç bileziğin yüzeyinde aşınmaya sebep olmuş olabilir.

Motor tarafında tespit edilen mekanik problemi ile ilgili olarak motor ayak bağlantılarının kontrolünün yapılması gerekmektedir. Gerekli tork değerinde sıkılmalıdır. Kaplin ayarlarının bozulması, balanssızlığın oluşması, kaplinin deforme olması, gürültülü çalışma gibi problemler giderilmediği takdirde mekanik gevşeklik problemini takip edeceklerdir.

Motor tarafında 2 numaralı rulmanda tespit edilen problem ile ilgili olarak motorun arka kapağı sökülerek rulman dış bileziğinin yatağına sabitlenmesi için gerekli torklamanın yapılması gerekmektedir. Rulman dış bileziğinin yatak üzerinde hareket ettiğini tespit ettiğimiz titreşim değeri daha yüksek olsaydı direk olarak ilk fırsatta rulman değişimine gidilmesi gerekecekti. Kestirimci bakım sayesinde rulmana müdahale edilerek rulmanın ömrünün uzamasının yanısıra kapağın değişmesine de engel olunmuştur. Çünkü arka kapak motor dış bileziğinin yatağıdır.

Şekil 3.38 ve 3.39' da pompa tarafından alınan ölçüm sonuçlarında tespit edilen rulman iç bileziği ile ilgili arıza da ise bir tepe görülmüştür ancak yan bantlar oluşmadığından arızanın türü ile ilgili net bir şey söylenememiştir. Bir daha ki sıklaştırılan ölçümlerde yan bantlara rastlanılırsa rulman değiştirilmelidir. Değiştirilmezse kapağa ve motor rotoruna zarar verecektir.

Tesiste ölçüm değerleri alınarak gidişatı izlenen 61 adet motor-redüktör ve motor pompa grubu mevcuttur.

Tablo 3.3. Tesiste titreşim analizinin yapıldığı diğer ekipmanlar

Ekipman Adı	Motor - Redüktör Kodu	Devir (rpm)	Güç (kW)
Su Testi Yağmurlama Pompası 1	WAT QU 180L4BH	1455	22
Su Testi Yağmurlama Pompası 2	WAT QU 180L4BH	1455	22
Su Testi Yağmurlama Pompası 3	WAT QU 180L4BH	1455	22
Su Testi Yağmurlama Pompası Yedek	WAT QU 180L4BH	1455	22
Su Testi Drenaj Pompası	WAT QU 160L4AH	1450	15
Arıtma Sistemi Besleme Pompası	EBARA 3M65-160/9.2	2910	11
Su Testi Modüler Plastik Konveyörü Tahrik Motoru	SEW K167 DRE225S4BE32/TF/V	1477/13	37
Su Testi Modüler Plastik Konveyörü Fren Motoru 1	SEW FH77 DRE90M4BE2/TF/V	1420/7,2	1,1
Su Testi Modüler Plastik Konveyörü Fren Motoru 2	SEW FH77 DRE90M4BE2/TF/V	1420/7,2	1,1
Pre-cal Modüler Plastik Konveyörü Tahrik Motoru	SEW K167R107DRE180M4BE20/TF/V	1470/4,6	15
Pre-cal Modüler Plastik Konveyörü Fren Motoru	SEW K77DRE90L4BE2/TF/V	1430/13	1,5
Cal Konveyörü Tahrik Motoru	SEW R167AR180DV180M4/BM/HR	1465	18,5
Roll Test Line 1 Sol Ön Silindir Motoru	SCHENK SOMAC VRV30/4-75PA	1470	34,5
Roll Test Line 1 Sağ Ön Silindir Motoru	SCHENK SOMAC VRV30/4-75PA	1470	34,5
Roll Test Line 1 Sol Arka Silindir Motoru	SCHENK SOMAC VRV30/4-75PA	1470	34,5
Roll Test Line 1 Sağ Arka Silindir Motoru	SCHENK SOMAC VRV30/4-75PA	1470	34,5
Roll Test Line 2 Sol Ön Silindir Motoru	SCHENK SOMAC VRV30/4-75PA	1470	34,5
Roll Test Line 2 Sağ Ön Silindir Motoru	SCHENK SOMAC VRV30/4-75PA	1470	34,5
Roll Test Line 2 Sol Arka Silindir Motoru	SCHENK SOMAC VRV30/4-75PA	1470	34,5
Roll Test Line 2 Sağ Arka Silindir Motoru	SCHENK SOMAC VRV30/4-75PA	1470	34,5
Roll Test Line 1 Havalandırma Fan Motoru	SIEMENS 0020420-0050-0036	1455	5
Roll Test Line 2 Havalandırma Fan Motoru	SIEMENS 0020420-0050-0036	1455	5
PRB7A ATP2A	SEW K67 DRE100M4BE5	1426/32	2,2
PTR8-PTR5 (Transfer zincirini kaldıran motor)	SEW K77 DRE100LC4BE5	1455/32	3
PTR7 Crabline 2 Çıkış Zincir Konveyörü	SEW KA77 DRE90M4BE2HR/V	1420/11	1,1
PTR4 Trim 1 Crabline 2 Transfer Tahrik Motoru	SEW KA67 DRE90L4BE2HR	1740/23	1,5
Crabline 1 Modüler Plastik Konveyör Tahrik Motoru	SEW K97 R57 DRE80M4BE1HR	1435/2,2	0,75
Crabline 2 Modüler Plastik Konveyör Tahrik Motoru	SEW K97 R57 DRE80M4BE05HR	1435/2,2	0,75
PTR8-PTR5 Zincir Konveyörü Tahrik Motoru	SEW KA77 DRE90M4BE2HR	1420/16	1,1
Trim 1 Konveyörü Tahrik Motoru	SEW K97 R57 DRE80M4BE2HR	1430/5,7	1,5
Final Konveyörü Tahrik Motoru	SEW R167 R97 DRE132M4BE11/HF	1445/3,8	5,5
SL4 Lift Motoru	SEW K87 DRE100M4BE5	1425/11	2,2
Trim 2 Konveyörü Tahrik Motoru	SEW R147 R87 DRE132M4BE11HR	1455/5,9	5,5
Şasi 1 Giriş SL3 Lifti Motoru	SEW K127 R87 DRE160M4BE20	1470/10	9,2
Şasi 1 Giriş CT2 Motoru	SEW KA47 DRS71S4BE05HR	1380/18	0,37
Şasi 1 Giriş DL3 Kilit Motoru	SEW K37 DRS71S4BE05HR	1380/36	0,37
DR4 Sağ Kayar Kapı Ana Zincir Tahrik Motoru	SEW KA87 DRE100M4BE05HR	1425/17	2,2
DR7 Kayar Kapı Hattı Motoru	SEW KA87 DRE100M4BE5HR	1425/17	2,2
DR8 Kayar Kapı Hattı Motoru	SEW KA87 DRE132S4BE5HR	1460/17	4
DDL01 Lift Motoru	SEW R97 DRE132MC4BE11HR	1470/34	7,5
DDL02 Lift Motoru	SEW R97 DRE132MC4BE11HR	1470/34	7,5
DDL03 Lift Motoru	SEW R97 DRE132MC4BE11HR	1470/34	7,5
DDL04 Lift Motoru	SEW R97 DRE132MC4BE11HR	1470/34	7,5
DDL05 Lift Motoru	SEW R97 DRE132MC4BE11HR	1470/34	7,5
DDL06 Lift Motoru	SEW R97 DRE132MC4BE11HR	1470/34	7,5
DDL07 Lift Motoru	SEW R97 DRE132MC4BE11HR	1470/34	7,5
DDL08 Lift Motoru	SEW R97 DRE132M4BE11HR	1455/34	5,5
DDL09 Lift Motoru	SEW R97 DRE132MC4BE11HR	1470/34	7,5
DDL10 Lift Motoru	SEW R97 DRE132MC4BE11HR	1470/34	7,5
DDL11 Lift Motoru	SEW R97 DRE132MC4BE11HR	1470/34	7,5
DDL12 Lift Motoru	SEW R97 DRE132MC4BE11HR	1470/34	7,5
Şasi 1 Giriş DL3 Lift Motoru	SEW R87 DRE100LC4BE6	1455/36	3
SL5 Lift Motoru	SEW K87 DRE100M4BE5	1425/11	2,2
SL6 Lift Motoru	SEW K87 DRE100M4BE5	1425/11	2,2
PBDL Lift Motoru	SEW K87 DRE100M4BE5	1425/11	2,2
DR5 Sol Kayar Kapı Ana Zincir Tahrik Motoru	SEW KA87 DRE100M4BE05HR	1425/17	2,2
PTR2-A Crabline 1 Giriş Zincir Konveyör Motoru	SEW KA67 DRE80M4BE1HR/V	1435/13	0,75
PTR2-B Crabline 1 Giriş Zincir Konveyör Motoru	SEW KA67 DRE80M4BE1HR	1435/16	0,75
PTR 13 Ofis Altı Transfer Zincir Konveyör Motoru	SEW KA77 DRE100M4BE5HR	1425/19	2,2
Selectivity DL1 Lift Motoru	SEW R107 DRE160MC4BE20	1475/37	11
Selectivity DL2 Lift Motoru	SEW R107 DRE160MC4BE20	1475/37	11



Şekil 3.40. Su testi yağmurlama pompaları

Yağmurlama pompalarından 3 numaralı pompaya yapılan tireşim analizi testlerinde 2 adet motor tarafından ve 1 adet pompa tarafından olmak üzere 3 bölgeden titreşim ölçümleri alınmaktadır. Alınan bu ölçümler genel titrşim yöntemi ve zarflanmış ivme grafikleri ile yorumlanmaktadır. Tablo 3.4' de ölçülen değerler ve alınması gereken aksiyon belirtilmiştir.

Tablo 3.4. 3 numaralı pompa test sonuçları ve yorumu

SU TESTI POM3 3MSP12						
Ölçüm Noktası	**Ölçüm Tarihi**	**Son Ölçüm Değeri**	**Önceki Ölçüm Değeri**	**Birim**	**% değişim**	**Yorum**
1 VER VEL	07.03.14	1,773	1,649	mm/s	7,51	Pompa rulman değişimi en yakın duruşta planlanmalıdır.
1 HOR VEL	07.03.14	5,24	2,803	mm/s	86,9	
1 HOR ENV	07.03.14	1,454	0,465	gE	213	
2 VER VEL	07.03.14	2,009	3,32	mm/s	-39,5	
2 HOR VEL	07.03.14	2,986	2,001	mm/s	49,2	
2 HOR ENV	07.03.14	3,64	0,353	gE	931	
3 VER VEL	07.03.14	2,927	0,761	mm/s	285	
3 HOR VEL	07.03.14	5,449	0,862	mm/s	532	
3 HOR ENV	07.03.14	12,775	0,883	gE	1347	

Her noktadan düşey eksende, yatay eksende hız değeri ve yatay eksende zarflanmış ivme değeri alınarak bir önceki değerler ile karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar neticesinde bir önceki ölçümlerde alınan değerlerden 1347% artış gösteren pompa rulman tarafı zarflanmış ivme değerine ve 931% artış gösteren motor pompa tarafı zarflanmış ivme değerine rastlanmıştır. Bu değerler yakın zamanda patlak verecek rulman dağıtma arızasının habercisi olduğundan, hızlıca rulman değişim planlaması yapılmalıdır yorumu belirtilmiştir.

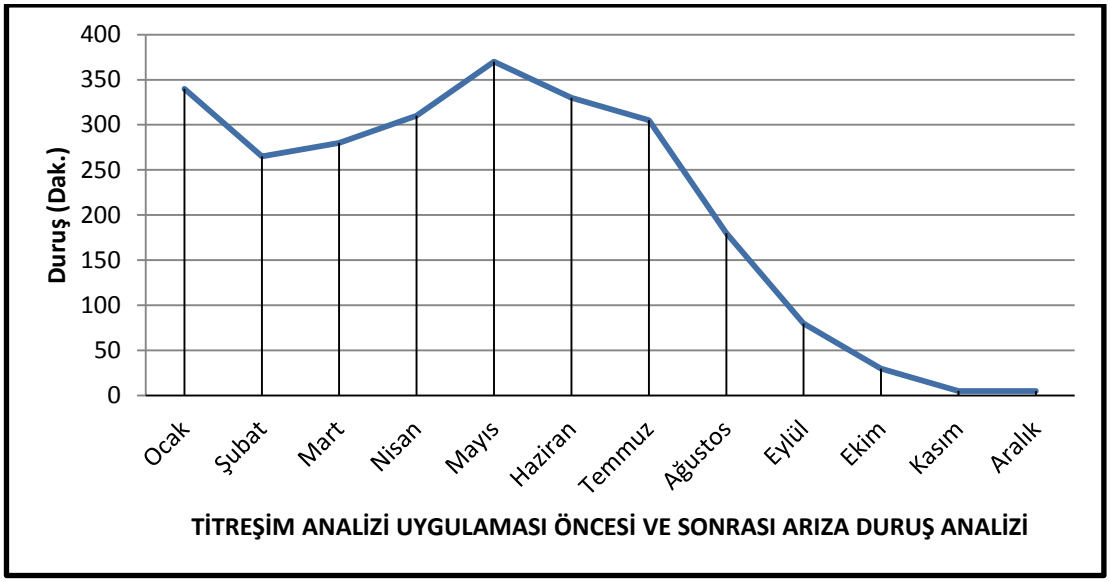


Şekil 3.41. Roll test line 3 ön motorun hareket verdiği silindir bloğu

Tablo 3.5. Line 3 sol ön motor test sonuçları ve yorumu

ROLL TEST LINE 3 SOL ÖN MOTOR						
Ölçüm Noktası	**Ölçüm Tarihi**	**Son Ölçüm Değeri**	**Önceki Ölçüm Değeri**	**Birim**	**% Değişim**	**Yorum**
1 HOR VEL	07/03/14	1,208	0,326	mm/s	270	Rulman değerleri aşırı derece artmış,en yakın duruşta değişimi planlanmalıdır.
1 HOR ENV	07/03/14	3,676	0,133	gE	2670	
2 HOR VEL	07/03/14	1,386	0,493	mm/s	181	
2 HOR ENV	07/03/14	2,488	0,152	gE	1539	

Şekil 3.41' de görülen sol ön motorun 2 noktasından alınan yatay hız ve yatay zarflanmış ivme ölçüm sonuçlarına göre rulman arızaları açıkça anlaşılmaktadır ve hızlıca ilk duruşta değişimleri yapılmalıdır.



Şekil 3.42. Pompa grubunda titreşim analizi uygulama sonrası görülen iyileşme

Aylık ortalama 300 dakikalık duruş yaşanan pompa arızalarında kestirimci bakım uygulamasının başladığı ay olan Temmuz ayı itibariyle Şekil 3.42' de görüldüğü gibi iyileşmeler başlamış ve arıza kaynaklı duruş 0' a indirilmiştir. Hat bazında sağlanan bu iyileşme ile aylık 150 araç üretim kaybı ve duruşa sebebiyet veren arızaların hızlıca giderilmeye çalışılması durumlarında yaşanabilen iş kazaları önlenmiştir. Çoğu zaman bir civatanın sıkılmasıyla malzeme değişimine gerek olmadan oluşabilecek arızaların önüne geçilmiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bakım, şirketlerin kârlılığını yüksek tutabilmek ve sürekliliğini sağlayabilmek adına, makine, ekipman, cihaz ve taşınmaz varlıkların beklenen fonksiyonlarının korunması ve sürdürülebilmesi için, yaşam döngüsü boyunca yürütülen teknik, idari ve yönetsel faaliyetlerin kombinasyonudur.

Düzen altında yapılacak ölçümler ile tüm makinelerin arızalanmadan önce tespiti yapılarak; bu arızaların daha büyük arızalara yol açması önlenir. Örneğin; nükleer santrallerdeki gibi riskli makinaların arıza yapması ile insan hayatının tehlikeye atılması ve düzelmesi uzun yıllar sürecek doğal dengenin bozulması, ilaç sektöründe dezenfektasyonda kullanılacak buhar gibi yüksek ısılı gazların sürkülesinin bir motor rulmanı kadar küçük bir sebepten arızalanıp ihmal edilmesi sonucu tehlikeye atılacak insan hayatları vb. sebeplerden doğacak kayıplar, kestirimci bakım ile oluşmadan önlenebilir. Bakımın arızalanma olaylarından önce yapılması işletmeleri büyük kayıplardan koruyabileceği gibi çeşitli durum ve koşullarda insan hayatı için de kritiktir.

X fabrikasında makaralı konveyörlerin çevresel hız kontrollerinin ölçülmesi uygulamasında görülen çevresel hız farkları ile kayış kopmasına sebebiyet verecek gerilmeler, çevresel hız farklılığı yaratan makaranın ilk duruşta planlanarak değiştirilmesiyle giderilmiştir. Böylelikle üretim esnasında kayış kopmalarının yaşanması engellenmiştir.

Termografi uygulamasında otomotiv sektöründe büyük öneme sahip manuel punta tabancalarının şönt analizi yapılmıştır. Farklı akım değerlerinde, farklı parça kalınlıklarına puntalama işlemi gerçekleştiren farklı güçlerdeki tabancalardan alınan farklı zamanlardaki ölçümlerde meydana gelen değişiklikler, arızanın habercisi olmuş ve büyük bir arızanın oluşumu engellenerek anında müdahale edilmiştir.

Titreşim uygulamasında su testi için sistemdeki suyun beslemesini yapan 4 rulmanlı pompa-motor grubu incelenmiştir. Pompanın motor tarafında tespit edilen mekanik

gevşeklik problemine müdahale edilerek kaplin ayarlarının bozulması, balanssızlığın oluşması ve gürültülü çalışma gibi problemlerin beraberinde gelmesi önlenmiştir. Bu problemlerin önlenmesi sayesinde de işletmeye ve üretime olan zarar minimuma indirilmiştir. Motor tarafındaki 2 numaralı rulmanda tespit edilen problem ile ilgili olarak dış bileziğin yatağa sabitlenmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bunun sayesinde rulmanın çalışma ömrü uzamıştır. Ayrıca motorun arka kapağı dış bileziğin yatağı olduğundan kapak değişimine sebebiyet verecek bir arıza meydana gelmeden problem giderilmiştir.

Yapılan uygulamalarda görülen aylık araç kayıpları minimize edilerek ortlama 200 araç/ay kayıp yaşanması önlenmiştir. Görünen bu kazancın yanında iş güvenliği, moral-motivasyon kazançları da sağlanarak verimlilik elde edilmiştir.

Ekipmanın cinsine göre uygulanan kestirimci bakım yöntemleri ile bakım maliyetleri azalır, plansız arızaların önüne geçilir, çalışan memnuniyeti yüksek olur ve şirketler arıza nedenli gecikme ve üretim öteleme problemleri yaşamazlar.

Kestirimci bakım analizleri yapılmayan bir işletmede yapılan bakım çalışmaları tek ayağı olmayan üç ayaklı sandalyeye benzer. Nasıl ki paslanmayı önleyici tedbirler almak yerine, oluşan paslı yüzeylerin taşlanarak anlık yok edilmesi ile tekrar tekrar pas oluşması engellenemeyecekse, arızaya sebebiyet veren kök analizlerin yapılmaması da sürekli arızaya, sürekli duruşa ve sürekli mali kayıplara sebebiyet verecektir.

KAYNAKLAR

Ateş M. G., Yağ analizi, *İş makineleri mühendisleri birliği dergisi*, 2010, **31**, 40-50.

Benko U., Petrovcic J., Juricic D., An approach to fault diagnosis of vacuum cleaner motors based on sound analysis, Editors: Tavcar J., Rejec J., *Mechanical System and Signal Processing*, 2nd ed., Elseiver, Slovenia, 427-445, 2005.

Betta G., Liguori C., Palillo A., Pietrosanto A., A DSP-based FFT analyzer for the fault diagnosis of rotating machine based on vibration analysis, *IEEE Trans Instrum Measure*, 2002, **56**, 1316-1328.

Cao Y., Gu X., Jin Q., Infrared technology in the fault diagnosis of substation equipment, *Proceedings of the China International Conference on Electricity*, China, 10-11 January 2008.

Engin O., *Üretim Planlama ve Kontrol Yayınlanmamış Ders Notları,* Selçuk Üniversitesi, Konya, 2003.

Engür A., Kestirimci bakımda titreşim analizi, *Mühendis ve Makina,* 2006, **48**, 27- 31.

Günther H. O., Tempelmeier H., *Produktion und Logistik*, Springer-Verlag, 365-370, 2005.

Jadin M. S., Taib S., *Recent progress in diagnosing the reliability of electrical equipment by using infrared thermography*, 4th ed., Elseiver, Malaysia, 2011.

Kalyoncu M., *Titreşim analizi ile makina elemanları arızalarının belirlenmesi,* Mühendis ve Makina, 28-35, 2006.

Kiong T. K., Yi Z., Sunana H., San W. Y., Henga L. T., *Decoupled tracking and thermal monitoring of non-stationary targets*, 4th ed., Engineering Drive, Singapore, 2009.

Kobu B., *Üretim Yönetimi,* 13.Baskı, Beta Yayınevi, İstanbul, 2006.

Köse R., *Makina arızalarının belirlenmesinde titreşim analizi,* Mühendis ve Makina, 24-32, 2005.

Orhan S., Aktürk N., Çelik V., Vibration monitoring for defect diagnosis of rolling element bearings as a predictive maintenance tool, *NDT&E International*, 2005, **39**, 293–298.

ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında İzmit'te doğdu. İlköğrenimini Gölcük Piyale Paşa İlköğretim Okulu'nda, ortaöğrenimini ise Gölcük Y.D.A. İhsaniye Lisesi'nde tamamladı. 2003 yılında girdiği Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünü' nden 2008 yılı Ocak ayında lisans öğrenimini 3.5 yılda tamamlayarak, Makina Mühendisi olarak mezun oldu. ICT Tersanesi'nde 3 yıl çalışarak 2 adet tanker ve 1 adet yelkenli yat üretimlerinde yöneticilik yaptı. 2010-2011 yılları arasında askerliğini yedek subay olarak Tekirdağ' da yaptıktan sonra Ford Otosan' da iş hayatına devam etmektedir. 2009 yılında başladığı Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine devam etmektedir.