

Makina Arızası Belirlenmesinde Kullanılan VİBRASYON ANALİZİNDE “Dairesel Titreşim Dalgaformu”

R.Kubilay KÖSE

Makina Mühendisi B.Sc.ODTÜ

topaz@ada.net.tr http://www.topazmakina.com.tr

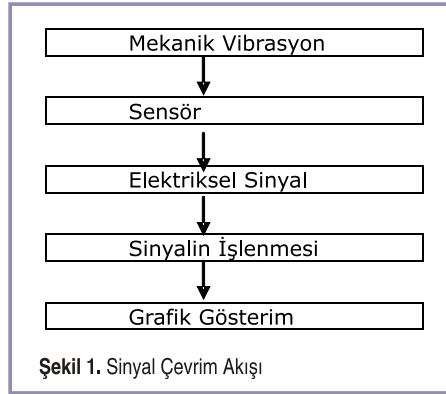
GİRİŞ

Makina sağlığındaki değişimler, beklenti arızaları ifade edecek parametrelerin periyodik ölçümlerle izlenmesi ile belirlenir. Bu parametrelerin başında titreşim analiz grafiklerinden titreşim dalgaformu grafikleri gelir.

TİTREŞİM DALGAFORMU GRAFIGİ NASIL EDİNİLİR?

Titreşimi elektriksel sinyale çeviren bir sensör, bu sinyali algılayacak sinyal işleme özelliğine sahip bir cihaz gereklidir.

Makina sağlığı hakkında bilgi alabilmek ve analiz yapabilmek için dinamik çıkış veren vibrasyon



sensörleri kullanılır. Günümüzün yaygın kullanılan vibrasyon sensörleri ICP* tipi akselerometrelerdir.

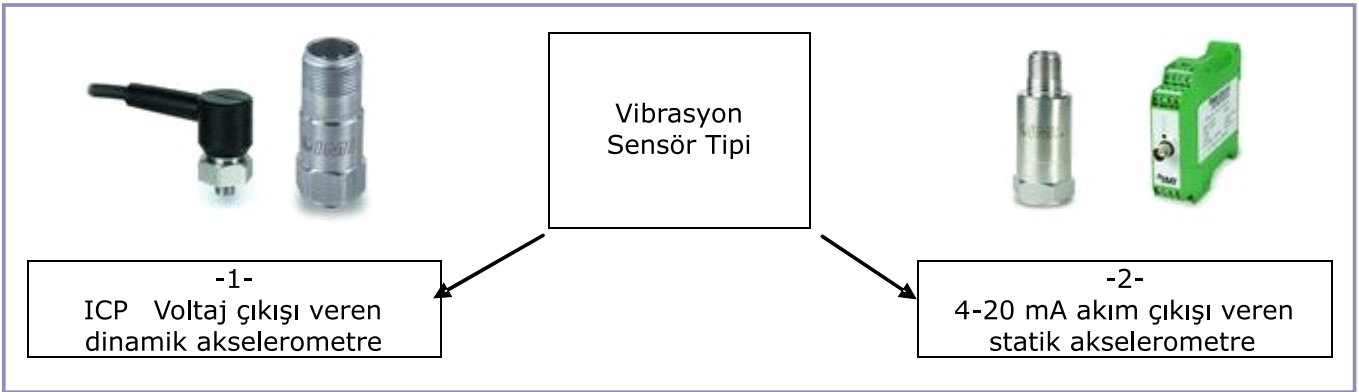
ICP vibrasyon sensörleri içinde hareketli parça yoktur. Titreşimin sensör içinde bulunan kristal üzerine binen kuvvetlerin yarattığı dalgalanma

elektriksel sinyale çevrilir. İçindeki ICP mikro devresi ile dışarıya dokunulan yerdeki vibrasyona senkron ve onu modelleyen voltaj dalgalanması adı verilir.

VİBRASYON SENSÖRLERİ

Mekanik vibrasyonu, titreşimi elektriksel sinyale çeviren vibrasyon sensörleri, verdikleri çıkış ile ikiye ayrılır.

1) ICP voltaj çıkışı veren dinamik akselerometreler, üzerinde ICP besleme devresi olan vibrasyon ölçü analiz cihazları ile kullanılır. Bu tip sensörler tek başına direkt kullanılamaz. PLC - Scada gibi endüstriyel otomatik kontrol cihazlarına direkt bağlanamaz. Çünkü bu sensörler, dinamik sinyaller üretir.



* {ICP - integrated circuit Piezoelectronic - ABD menşeli sensör üreticisi PCB firmasının geliştirdiği bir teknoloji olup PCB firması adına tescillidir}

Bu dinamik sinyaller cihazlar tarafından işlenerek, zaman dalgaformu grafiğine dönüştürülür. Grafikler analiz edilerek titreşime neden arıza kaynağı, titreşim frekansları, harmonikleri ve genlikleri incelenerek belirlenir.

2) 4-20 mA çıkış veren statik akselerometreler, sensör üzerinde set edilmiş frekans aralığındaki toplam titreşimi tek statik değere çevirerek verir. Bu sinyal, skalasına göre 4-20 mA çevrimi ile rakamsal değere karşılık gelecek tek bir değer olacağından işlenemez. Bu nedenle vibrasyon analizine imkân vermez. Bu tip vibrasyon sensörleri sadece genel toplam vibrasyon şiddetinin belirlenmesi için kullanılır. PLC-Scada gibi endüstriyel otomatik kontrol cihazlarına bağlanabilir. Enstrumancılar tarafından sıcaklık-basınç- seviye gibi statik çıkış veren sensörler olarak algılanarak kullanılır. Bu sensörlerden alınacak çıkış, titreşime neden mekanik arızanın ne olabileceği bilgisini vermez.

TİTREŞİM DALGAFORMU GRAFİĞİ NEDİR?

Dalgaformu grafiği, analiz cihazı üzerinde set edilen frekans aralığındaki titreşimin zaman eksenindeki değişimini görüntüler. Yatay eksen zamandır. Birim saniyedir. Dikey eksen genliktir.

Dalgaformu grafiği “Desen Tanıma” şeklinde analiz edilir. Desen, her periyotta sinüs - deve hörgücü-melek balığı-modülasyon şeklinde ya da düzensiz olabilir. Pozitif ve negatif genlik şiddetlerinde farklılıklar olabilir. Her periyotta görülmeyen ara ara gelen vuruntular olabilir.

Titreşime neden arıza kaynağı milin/şaftın her dönüşünde kendini tekrarlar. Bu nedenle her periyoddaki bir dönüş karşı gelen

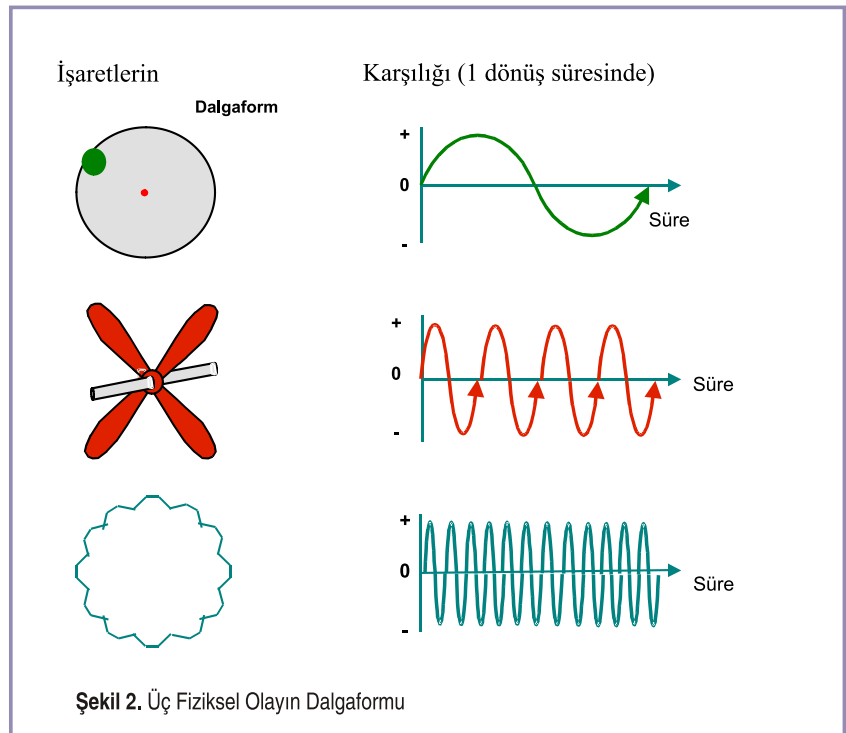
desen birbirini andırmalıdır. Eğer bir tekrarlılık yok ise titreşime neden kaynak makinanın kendi dönüşünden olmayıp, prosesten ya da çevredeki başka makinalardan gelebilir.

Bir mil üzerinde ayrı ayrı üç sorun olduğunu varsayalım. Şekil 2.

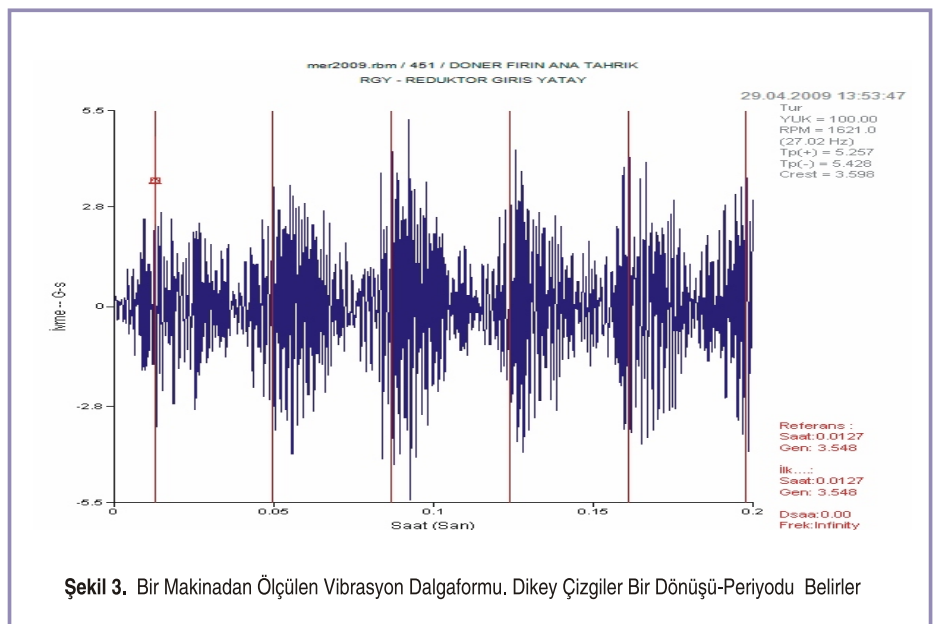
- Diske yapışmış bir parça

- Milde dört kanat
- Aynı mil üzerinde 12 dişi olan bir dişli çark

Her duruma ayrı ayrı bakıldığında; diske yapışan parça balanssızlık üretecektir. Alınan ölçümde milin bir dönüşünde bir vuruntu olacaktır. Kanatlardan gelen sorun ise milin bir



Şekil 2. Üç Fiziksel Olayın Dalgaformu



Şekil 3. Bir Makinadan Ölçülen Vibrasyon Dalgaformu. Dikey Çizgiler Bir Dönüşü-Periyodu Belirler

tur attığında dört vuruntu verecektir. Üzerinde 12 diş bulunan dişli ise bir turda oniki vuruntu üretecektir. Ancak ölçüm alınan noktaya aynı mil üzerindeki sorunlar toplanarak birlikte yansır.

sunulmuştur. Önceki kongre kitaplarından bu bildiriler okunarak bilgiler alınabilir.

Bu bildiriye, zaman dalgaformu grafikleri hakkında ve yeni teknik

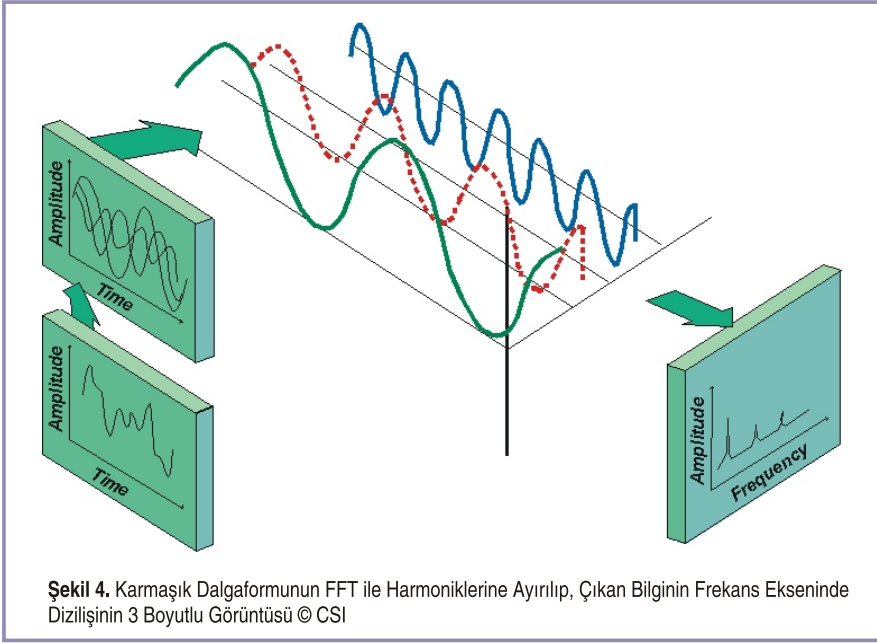
“Dairesel Dalgaformu” bilgisinin verilmesine odaklanılmıştır.

DALGAFORMU GRAFİKLERİNE GELENEKSEL BAKIŞ

Sinyalleri analiz eden teknik kadrolar, teknolojik gelişime paralel olarak kullandıkları osiloskop ve türevi cihazlarda zaman ekseninde gelen sinyallere hep x-y koordinatlarında baktılar. Sonuçta, gelişen vibrasyon analiz cihazlarında da aynı yaklaşım uygulandı. Bu tarz alınan dalgaformuna örnek grafik aşağıda sunulmuştur. Yatay skala zaman, dikey skala genlik şiddetidir.

DALGAFORMU GRAFİKLERİNE “YENİ” BAKIŞ: “DAİRESEL DALGAFORMU”

Dönen elemanlara sahip makinalarda titreşime neden temel zorlama kuvveti, o makinanın dönüş devri frekansında oluşur. Arıza eğer o mile bağlı bir sorundan kaynaklanıyorsa milin her dönüşünde kendini tekrarlar. Önceki



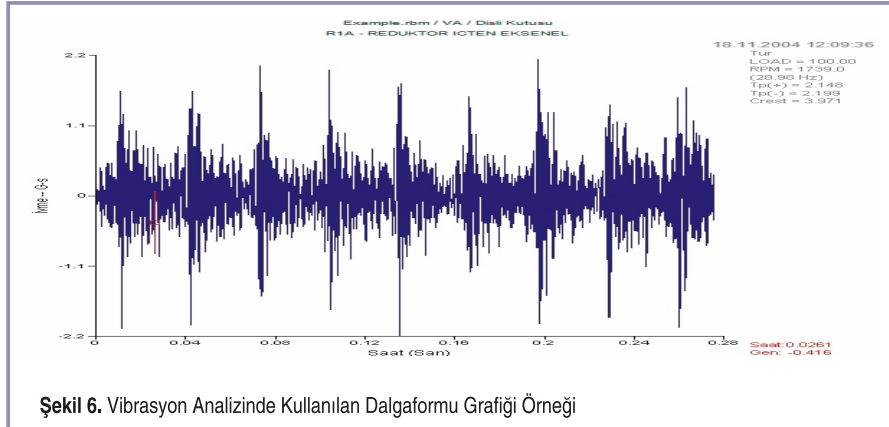
Şekil 4. Karmaşık Dalgaformunun FFT ile Harmoniklerine Ayrılıp, Çıkan Bilginin Frekans Ekseninde Dizilişinin 3 Boyutlu Görüntüsü © CSI



Şekil 5. Vibrasyon Analiz Cihazı, Cihazla Ölçüm Alınması ve PC'de Karşılaştırmalı Analizi Görseli

Zaman dalgaformu grafiklerindeki tekrarlılık, FFT hızlı fourier çevrimi ile frekanslarına ayrıştırılır. FFT fourier serisi; periyodik bir sinyali meydana getiren, basit harmonik sinyallerin oluşturduğu seridir. Bu çevrim sonucu belirlenen harmonik sinyallerin, frekans ekseninde dizildiği grafik FFT spektrum grafiği olarak anılır.

Daha önce yapılan Bakım Kongrelerinde bu yazıyı hazırlayan tarafından çeşitli bildiriler



Şekil 6. Vibrasyon Analizinde Kullanılan Dalgaformu Grafiği Örneği

sayfalarda örneklendiği şekilde 12 diş olan çarkta sorun varsa bir dönüşte 12 vuruntu algılanır. Demek ki milin bir dönüşünde 12 vuruntu noktası olacaktır. Ancak bu fiziksel durum şekil 5'te yer alan dalgaformunda belirgin olarak görülememektedir. Görünen her turda baskın bir vuruntunun oluştuğu ve tranzient efekt ile sönümlenmenin gerçekleştiğidir.

ABD merkezli "Emerson Process Management/CSI" firması AR-GE uzmanları, vibrasyon analizlerine katkı verecek yeni bir teknik geliştirdiler. Bu tekniğin temeli, zaman dalgaformu grafiğinde yatay zaman eksenini

daireesel 360 derece üzerine yerleştirmektir. Zorlama kuvvetinin dönüş devri frekansında olduğu bilgisi ile her dönüş/tur, 360 derece eksenine yerleştirilerek analizcilere yeni bir bakış açısı, görsel algılama imkânı sunuldu.

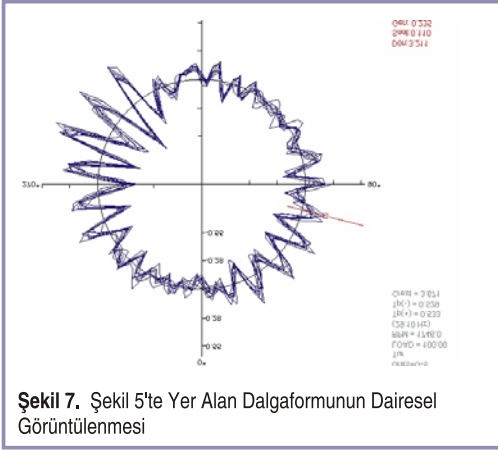
Yatay zaman skalası uygulanan Şekil 5'teki dalgaformunda görülmeyen birçok bilgi, şekil 6'daki daireesel dalgaformunda görsel olarak çok kolay algılanmaktadır. Buradaki sorun diş kırığıdır. Dairesel dalgaformunda çark üzerinde kaç diş olduğu da belirlenebilir.

bir vuruntunun, darbenin oluştuğu belirlenmiştir. Şekil 8 soldaki grafik.

Şekil 8'de, sağda yer alan otokorelete edilmiş 1 kHz HP filtreli PeakVue daireesel dalgaformunda kam profili alınmıştır. Fabrikada bulunan diğer aynı tip makinalardan alınan ölçümlerle karşılaştırma yapıldığında, vibrasyon kaynağını gösteren farkın kam profiline benzer alınan görüntüdeki memenin yüksekliği olduğu anlaşılmıştır. Kam profilinde normalin dışında bir bozulma mevcuttur.

Örnek-2: Arızalı kardan mil sorununun daireesel dalgaformuna yansımaları

Düşük devirde, 72 RPM devirde (1.2 Hz) dönen kâğıt makinası tahrik hattında, vals yatağından ekseyel yönde daireesel dalgaformları alınmıştır. Otokorelete edilmiş daireesel dalgaformları, arızalı ve onarım sonrası iyi durumun kolayca ayrıştırıldığını görsel olarak göstermektedir. Diğer tip vibrasyon analiz grafikleri, bu arızanın belirlenmesinde kullanılan daireesel dalgaformu kadar anlaşılır bilgiyi verememektedir.

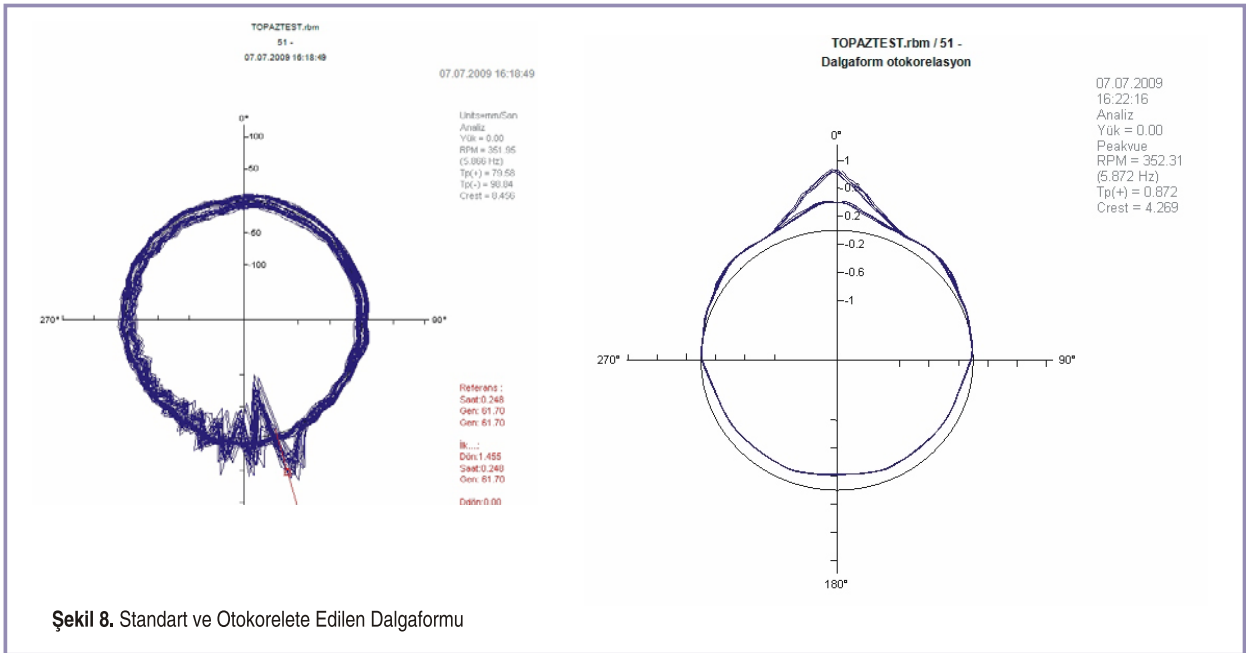


Şekil 7. Şekil 5'te Yer Alan Dalgaformunun Dairesel Görüntülenmesi

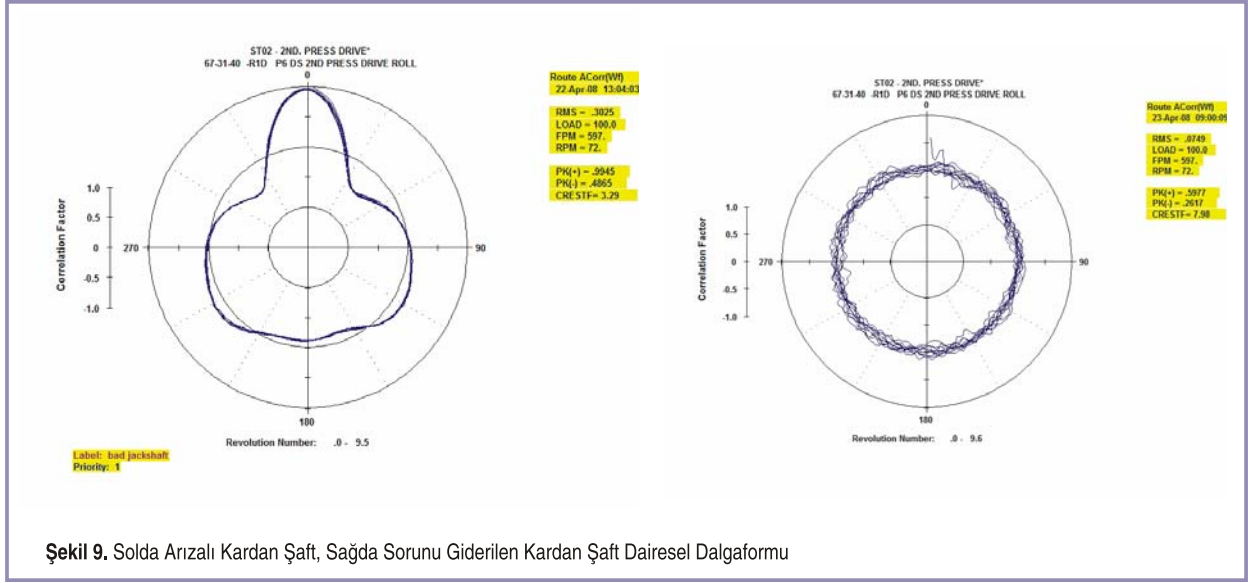
DAİRESEL DALGAFORMLARINA ÖRNEKLER

Örnek-1 : Tekstil sektöründen bir örnek, Denim Sultzer makinası

Makinada oluşan yüksek vibrasyon ürün kalitesini bozmaktadır. Çevre makinalardan gelen vibrasyonlar nedeniyle arıza kaynağı analiz edilememektedir. Çözüm için uygulanan yeni teknik standart daireesel dalgaformu, makinada her turda



Şekil 8. Standart ve Otokorelete Edilen Dalgaformu



Şekil 9. Solda Arızalı Kardan Şaft, Sağda Sorunu Giderilen Kardan Şaft Dairesel Dalgaformu

Şekil 9'daki iki grafik karşılaştırıldığında soldaki arızalı durumun dairesel dalgaformuna bakılarak büyük bir uzmanlık istemeden ayırt edilebileceği görülmektedir.

Örnek-3 : 6 kutuplu motorda kutup arızası

Motor dıştan yatay konumda alınan 2 kHz HP filtreli peakvue vibrasyon ölçümü dairesel dalgaformu, 6 kutuplu elektrik motorunda elektriksel arıza olduğunu göstermektedir. Kutuplardan birinde elektriksel sorun bulunmaktadır.

Örnek-4 AC motor içinde sürtünme

Bu örnekte düzgün çalışmayan elektrik motoru görülmektedir. Motor içinde bir bölgede rotor ile stator arasında dokunma gerçekleştiği görülmektedir. Motor bu şekilde çalışmaya devam ederse yakın zamanda arıza çıkaracaktır.

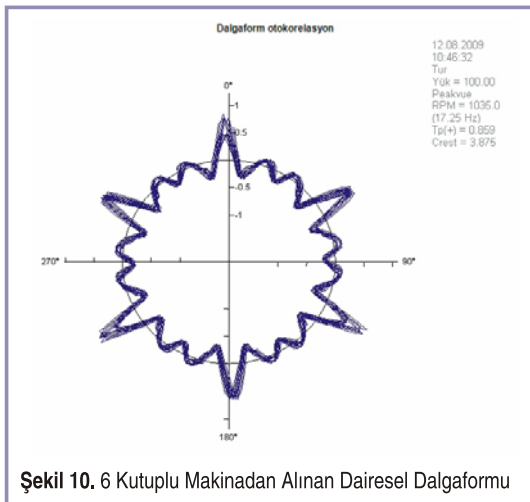
SONUÇ

Teknolojinin gelişimi, vibrasyon analizinde kullanılacak grafiklere dairesel dalgaformunu katarak, bakımçılara arıza kaynağını teşhiste çok özel şekilsel algılamaya yönelik bir araç sunmuştur. Vibrasyon analizi teknolojisini temel olarak kullanan kestirimci bakım sistemlerinde dairesel

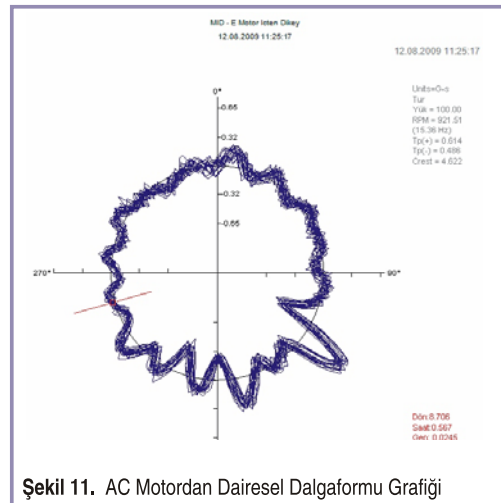
dalgaformu ve otokorelasyon özelliği olması gereken bir teknolojidir.

KAYNAKÇA

1. "CSI" ABD Firması Dökümanları
2. Emerson Process Management/Machinery Health Management, ABD Firması Dökümanları
3. PCB-IMI, ABD firması Dökümanları
4. Topaz Mak.Müh.Müş.Müm ve Tic. Ltd. Şti. Dökümanları
5. Önceki Bakım Kongrelerinde R.Kubilay KÖSE Tarafından Sunulan Bildiriler.



Şekil 10. 6 Kutuplu Makinadan Alınan Dairesel Dalgaformu



Şekil 11. AC Motordan Dairesel Dalgaformu Grafiği