

## **DÖNEN MAKİNELERDE OLUŞAN ARIZALAR VE TİTREŞİM İLİŞKİSİ**

**Sadettin ORHAN**

Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü 71450 Kırıkkale

### **ÖZET**

Bu çalışmada dönen makinelerde oluşan dengesizlik, eksen kaçıklığı, gevşeklik ve rulman arızalarının genel özellikleri ve bu arızaların sebep oldukları titreşimler ele alınmıştır. Bir fabrikada, çalışan makinelerde meydana gelen arızaların oluşturdukları titreşim davranışları da örnek durum olarak sunulmuştur. Dönen makinelerde oluşan arızaların titreşim analizi ile kolayca belirlenebileceği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Titreşim, Arıza

### **FAULTS ARISED ROTATING MACHINERIES AND VIBRATION RELATION**

#### **ABSTRACT**

In this study, general characteristics of imbalance, misalignment, looseness, and rolling element bearing defects and vibrations due to these faults are investigated. The vibration behaviours of the faults arised on the running machineries in a factory are also introduced as a sample case. It is shown that faults arised on the running machineries can able to detect easily through vibration analysis.

**Key Words:** Vibration, Fault

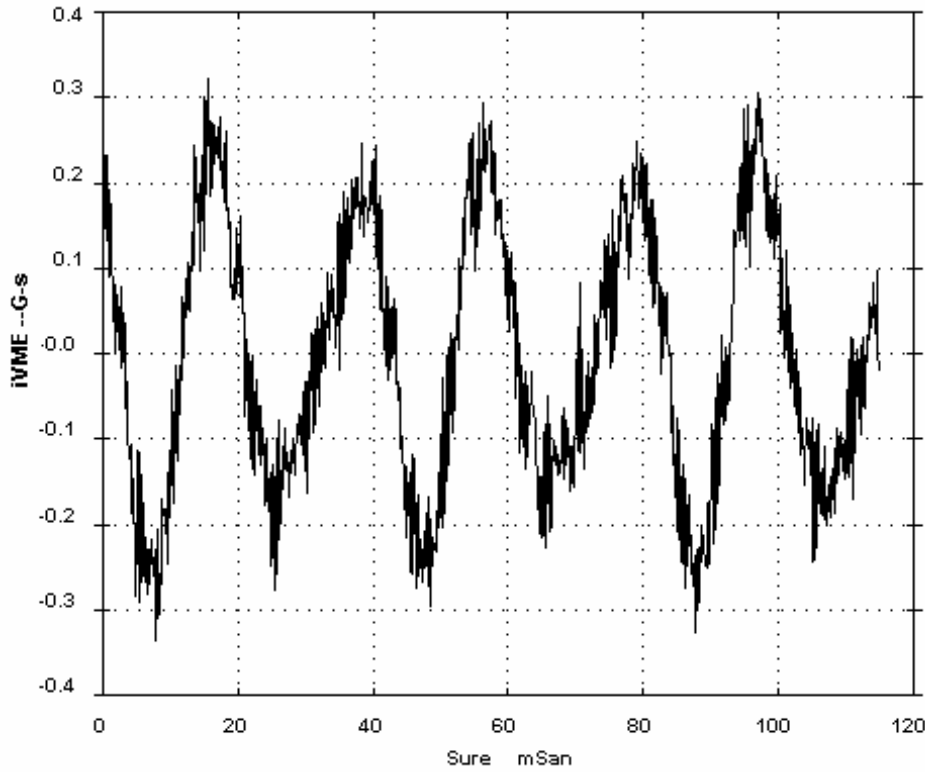
### **1. GİRİŞ**

Günümüzde sanayide kullanılan makinelerin büyük çoğunluğu dönme hareketi ile iş yapmaktadırlar. Bu makinelerin, görevini aksatmadan yapabilmesi için oluşacak arızaların başlangıç aşamasında iken belirlenmesi ve bakımı yapılarak arızanın giderilmesi gerekmektedir. Bu iş için titreşim analizi en uygun metottur. Dönen makinelerde oluşan arızaların sebep olduğu titreşimler iyi anlaşılırsa arızaları belirlemek kolay olmaktadır. Makinelerde çalışan parçalar arasındaki boşluğun artması, parçalardaki aşınma, çatlak oluşması ve benzeri nedenler titreşime neden olurlar. Bunlara sebep olan en önemli faktör ise makineye etki eden iç ve dış kuvvetlerdir. Bu yüzden makineler tasarlanırken bu kuvvetlerin mümkün olduğu kadar küçük olması istenir. Düzgün bir şekilde üretilmiş bir makine bile çalışma esnasında belli seviyede titreşim oluşturur. Bu, pratikte önlenemeyen bir durumdur. Önemli olan bu titreşim seviyesinin kabul edilebilir bir seviyede kalacak şekilde kontrol altında tutulmasıdır.

Tıpkı insan vücudunda herhangi bir yer rahatsızlandığı zaman bir ağrının oluşması gibi, makinede de bir arıza oluştuğunda titreşim seviyesinde bir artış olmaktadır. Bu özellikten faydalanılarak dönen makinelerde oluşan arızalar ile titreşim arasındaki ilişki belirlenmiştir.

Dönen makinelerde bir çok arıza meydana gelmesine rağmen sık karşılaşılan en önemli arızalar dengesizlik, eksen kaçıklığı, gevşeklik ve rulman arızalarıdır. Bu arızaların neden olduğu titreşimlerin etkisi dönen elemanlar vasıtası ile yataklara aktarılır. Yataklardan titreşim ölçülmesi ile makinenin iç yapısında meydana gelen gelişmeler kolayca belirlenebilir. Bir algılayıcı ile ölçülen titreşim değerleri zaman ve frekans ortamına ayrıştırılır. Makinenin zaman ve frekans ortamındaki davranışı bu yolla belirlenir. Farklı arızaların oluşturduğu titreşimin frekansları da farklı olduğu için titreşim değerlerinin analizi ile, makinede oluşan bir arıza belirlenebilir. Elde edilen titreşim değerleri ISO 2372 v.b. standartlarda belirtilen veya imalatçı

firmanın önerdiği değerlerle karşılaştırılarak arızanın şiddeti belirlenebilir. Bu şekilde arıza ile ilgili bir bakım takvimi de belirlenir.



Şekil 1 Dengesizlik dalga form grafiği

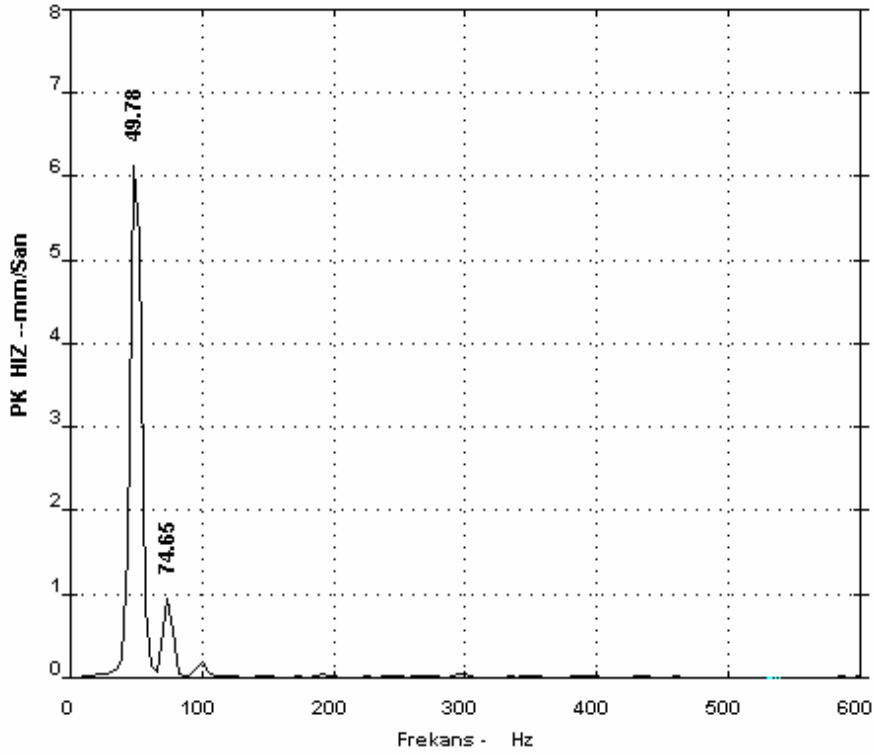
## 2. DÖNEN MAKİNELERDE OLUŞAN ARIZALAR

Yukarıda da bahsedildiği gibi dönen makinelerde en çok karşılaşılan arızalar dengesizlik, eksen kaçıklığı, gevşeklik ve rulman arızalarıdır.

### Dengesizlik

Makinelerde dönen elemanlar tarafından oluşturulan tüm kuvvetlerin denge halinde oluşuna denge (balans) denir. Bu denge halindeki herhangi bir değişme balanssızlığı oluşturur. Dengesizlik makinelerde görülen en yaygın titreşim şeklidir [1]. Teorik olarak, mükemmel dengelenmiş bir makinede hiç titreşim oluşmaz. Pratikte mükemmel olarak dengelenmiş makine yoktur. Tüm makineler az seviyede de olsa dengesizdirler. Bu dengesizlik spektrum grafiğinde mil dönme hızında (1x) bir tepe oluşturur (Şekil 1). Dalga formu periyodik, basit, vuruntusuz ve sinüs deseni şeklinde (Şekil 2) oluşur [1, 2, 4, 5]. Eksenel titreşim varsa oldukça küçük olur. 2985 d/d (49.78 Hz) devirle çalışmakta olan bir pompadan elde edilen titreşim değerleri incelendiğinde spektrum grafiğinde mil dönme hızının 1 katında tepe oluşması (Şekil 2), yine dalga form grafiğinin sinüs deseni şeklinde ve vuruntusuz olması (Şekil 1) dengesizliğin açık belirtisidir. Dengesizlik tek ve çok düzlem dengesizliği olarak ikiye ayrılır.

Tek düzlem dengesizliğinin sebep olduğu titreşimin spektrum grafiğinde baskın olan 1x titreşim frekansı oluşur. Yalnızca bir nokta dengesiz olduğu için, rotorun her dönüşünde yalnızca bir işaret oluşur [1].

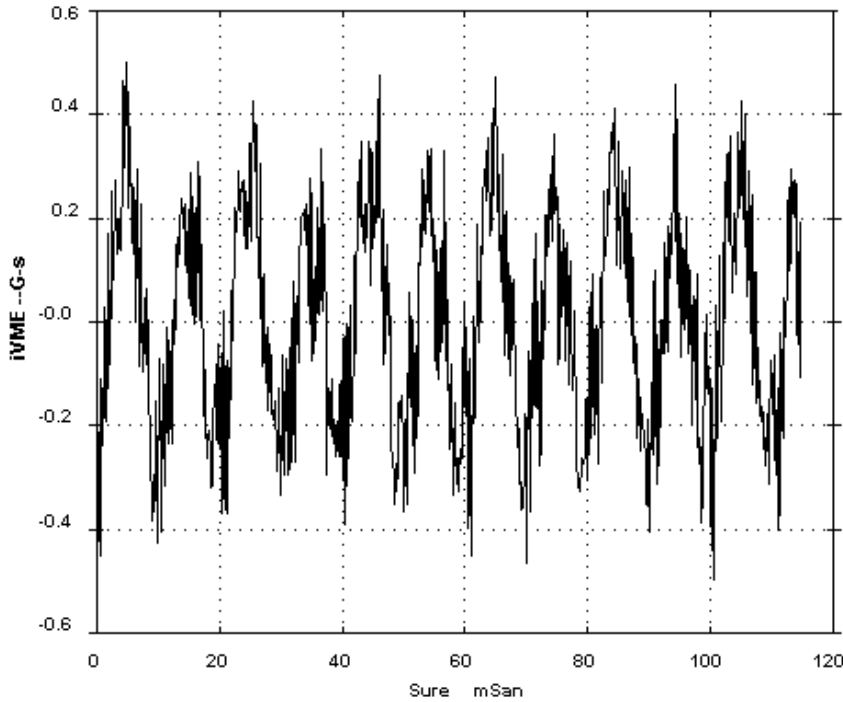


Şekil 2 Dengesizlik spektrum grafiği

Çok düzlem dengesizliği mil dönme hızının çoklu katlarında titreşim frekansları oluşturur. Katların gerçek sayısı dengesiz noktaların sayısına, dengesizliğin şiddetine ve dengesiz noktalar arasındaki faz açısına bağlıdır. Örneğin dört noktadan dengesiz bir makinede ölçülen titreşimin spektrum grafiğinde mil dönme hızının 1(1x), 2(2x), 3(3x), 4(4x) katında frekanslar olacaktır. Bu frekansların her birinin gerçek genliği, dört noktadaki dengesizliğin miktarına bağlıdır. 1x frekansı daima diğerlerinden büyüktür. Dengesizlik en iyi dikey ve yatay yönlerden ölçülen titreşimle belirlenebilir.

### Eksen Kaçıklığı

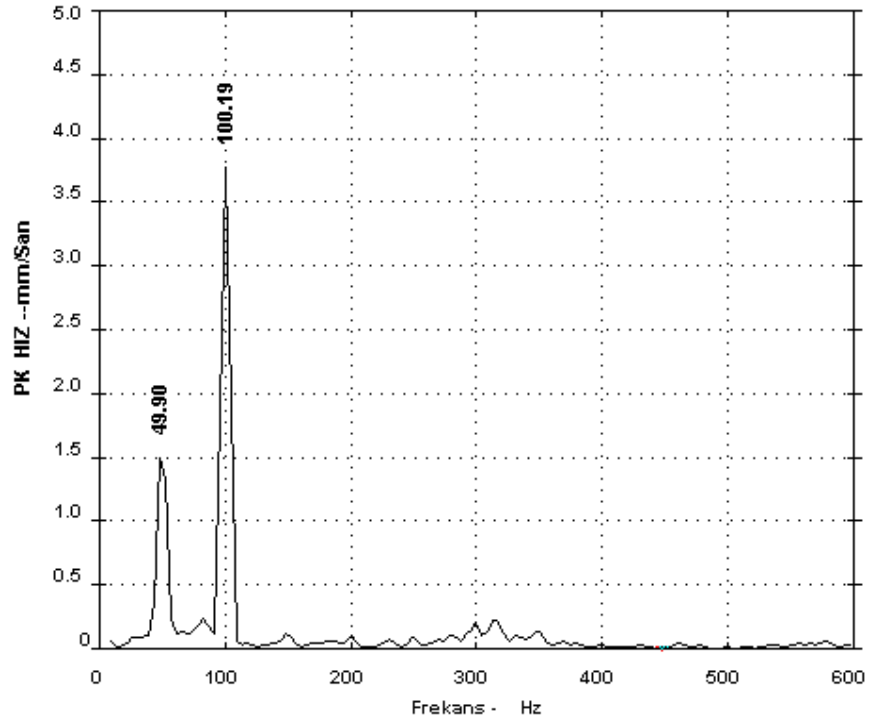
Eksen kaçıklığı, döndüren ve döndürülen makinelerin millerinin aynı merkezde olmaması durumudur [3]. Eksen kaçıklığı, makinelerin yanlış montajı ve anormal ön yüke sebep olan rulman yatağının ısıl genişmesi sonucu oluşmaktadır [6]. Gerçek olarak makinelerde daima vardır. Genel olarak eksen kaçıklığının miller ve onları bağlayan kaplinler, V-kayışları, ara bağlayıcılar arasında olduğu düşünülür. Ancak milin yataklarında ve makinenin diğer noktalarında da olabilir. Eksen kaçıklığının neden olduğu titreşimin spektrum grafiğinde mil dönme hızının 1 ve 2 katında tepe oluşur. Mil dönme hızının 2 katında oluşan tepe baskındır. Dalga formu grafiğinde ise düzenli titreşim deseni oluşur [2, 4, 5, 6]. Eksen kaçıklığı en iyi eksenel yöndeki ölçümden belirlenebilir. Örneğin 2900 d/d ile dönmekte olan bir pompada kaplin ile mil arasında oluşan eksen kaçıklığının neden olduğu titreşimin dalga formu grafiğinde düzenli tekrarlı sinyallerin oluşması (Şekil 3), spektrum grafiğinde ise mil dönme devrinin 2 katında baskın frekansın oluşması (Şekil 4) ile eksen kaçıklığı kendini belli etmektedir.



Şekil 3 Eksen kaçıklığı dalga form grafiği

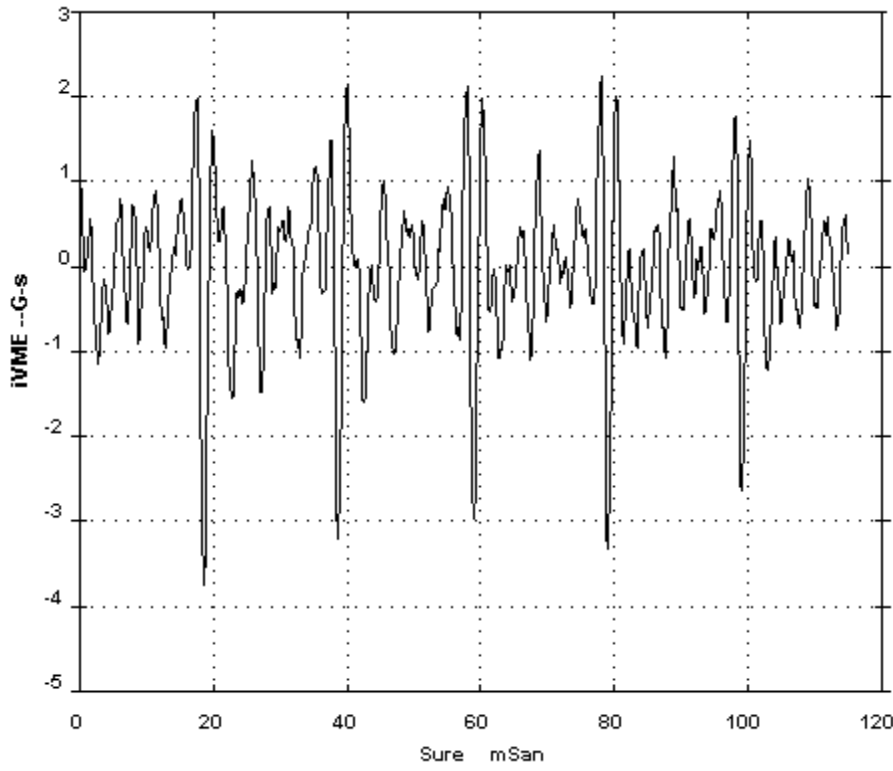
Ölçüm sonucunda oluşan arızanın dengesizlik mi eksen kaçıklığı mı olduğu hakkında kesin olarak bir karara varılamıyorsa, makineyi değişik hızlarda çalıştırıp dönme devri frekansının genliğini izlemek kolaylık sağlar. Eğer dengesizlik varsa makinenin hızı artırılınca titreşimin genliği de artacaktır [2]. Tüm arızalarda olduğu gibi dengesizlik ve eksen kaçıklığı problemleri zamanında giderilmediği takdirde makinede başka arızaların oluşmasına neden olabilir.

## Gevşeklik Arızası

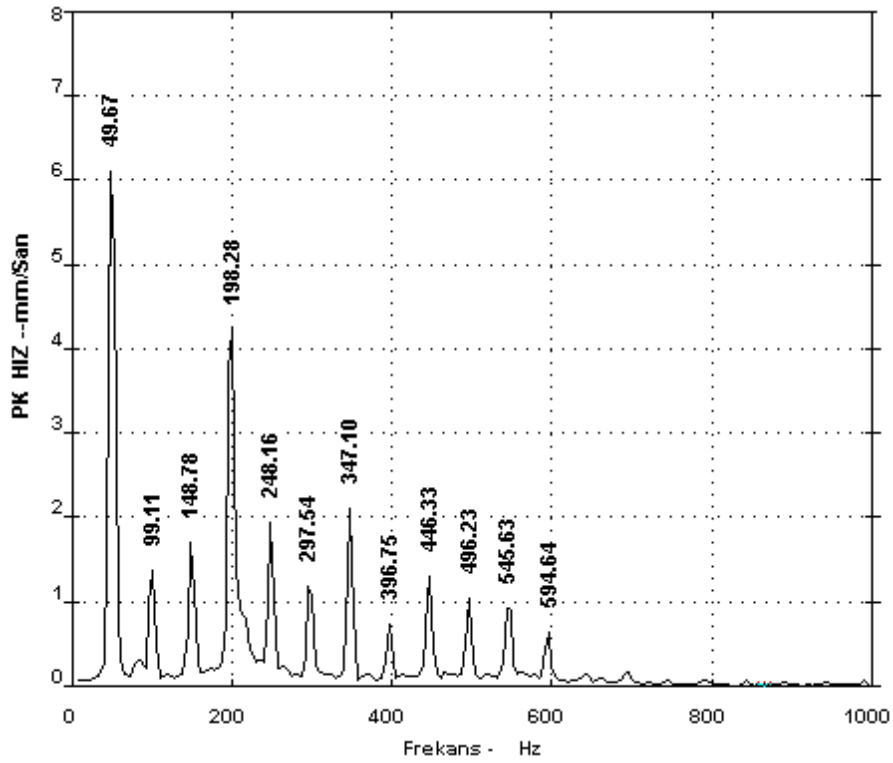


Şekil 4 Eksen kaçıklığı spektrum grafiği

Çalışan makine parçalarının bağlantılarında zamanla gevşemeler olmaktadır. Bu durumun neden olduğu titreşimin spektrum grafiğinde mil dönme devrinin çoklu katlarında (1, 2, 3, 4, 5,...) frekanslar oluşmaktadır (Şekil 6). Bazı durumlarda mil dönme devrinin yarım katlarında da (0.5, 1.5, 2.5,...) frekanslar oluşmaktadır. Hemen hemen tüm durumlarda yarım ve tam kat frekansları beraber bulunmaktadır. Dalga formu grafiğinde ise düzensiz darbe sinyalleri oluşmaktadır [1, 2, 4, 5], (Şekil 5). Örneğin 2975 d/d (49.58 Hz) ile dönmekte olan 9 kademeli bir santrifüj pompada oluşan gevşeklik probleminin neden olduğu titreşim, spektrum grafiğinde mil dönme devrinin 12 katına kadar frekanslar ve dalga formu grafiğinde düzensiz darbeler ile gevşeklik belirtilerini net olarak göstermiştir (Şekil 5, 6).

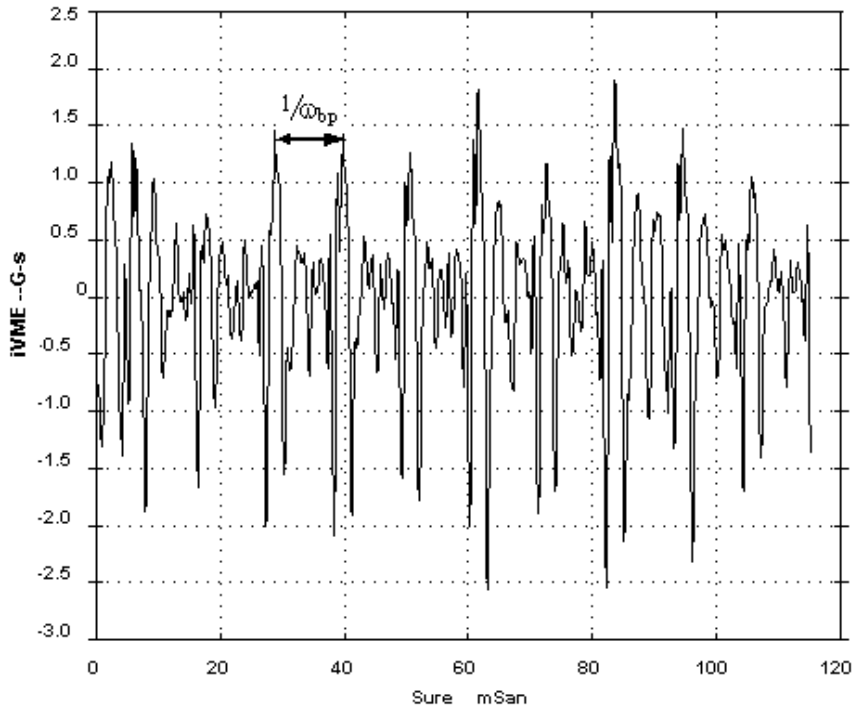


Şekil 5. Gevşeklik dalga form grafiği



Şekil 6 Gevşeklik spektrum grafiği

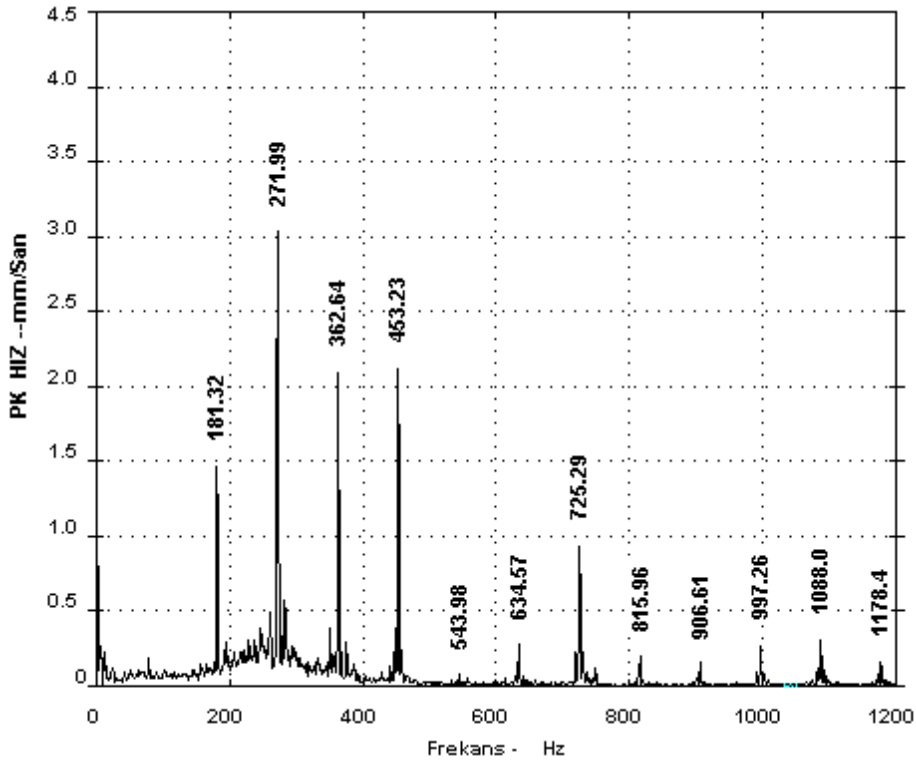
Bazı durumlarda eksen kaçıklığını mekanik gevşeklikten ayırmak zordur. Bu gibi durumlarda dalga formu tekrarlı bir şekle sahipse eksen kaçıklığına işaret eder [4]. Eksen kaçıklığının en kolay belirtilerinden birisinin dalgaformunun “M” ve “W” şeklinde bir desene olduğu pratik çalışmalar sonucu görülmüştür [5].



Şekil 7 Arızalı rulman dalga form grafiği [7]

#### Rulman Arızaları

Rulmanların dönen makinelerin yataklanmasında çok kullanılmaları sebebiyle arızasız çalışmaları, makinelerin düzenli çalışması ve ömürleri açısından büyük önem taşımaktadır. Rulman arızaları iç bilezikte, bilyede, kafeste ve dış bilezikte oluşabilmektedir. Arızalı bir rulman kısa süreli darbe sinyalleri üretir. Rulman arızaları, rulmanın geometrisi ve mil dönme devrine bağlı olan formüllerle hesaplanan arıza frekansları ile ölçüm sonucu elde edilen titreşim frekanslarının karşılaştırılması ile belirlenir. Hangi elemanda bir arıza oluşmuşsa titreşim frekanslarında bu elemanın arıza frekansları, bunun katları, bazı durumlarda mil dönme devri ile oluşturduğu yan bant frekansları bulunur. Sağlam bir rulmandan elde edilen titreşim frekanslarında da rulman arıza frekanslarına rastlanıldığı görülmüştür. Dolayısı ile rulman arıza frekansının oluşmuş olması her zaman rulmanın arızalı olduğu anlamına gelmez. Bu yüzden analiz çok dikkat ve bilgi gerektirir. Titreşim analizi ile rulman arızalarının belirlenmesi hakkında önemli bilgiler [7] numaralı kaynaktan elde edilebilir. 741 d/d (12.35 Hz) ile dönen büyük bir fanda gerçekleştirilen titreşim ölçümleri sırasında fan motoru iç yatak rulmanının dış bileziğinde bir hasar tespit edilmiştir [7]. Söz konusu rulman SKF NU 224 tür. Formülle hesaplanan dış bilezik arıza frekansı 91.55 Hz'dir. Titreşim analizinden elde edilen frekansların, dış bilezik arıza frekansının 2, 3, 4, 5, .....,13 katlarından oluştuğu görülmüştür (Şekil 7). Yine dalga form grafiğinde kısa süreli darbe sinyallerinin frekansının dış bilezik arıza frekansına eşit olduğu görülmüştür (Şekil 8). Bu iki durum birlikte değerlendirildiğinde bu arızanın dış bilezik arızası olduğu çok açıktır.



Şekil 8 Arızalı rulman spektrum grafiği [7]

### 3. SONUÇLAR

Dönen makinelerde arızalar ve titreşim ilişkisi tespit edildiğinden beri fabrikalarda bakım faaliyetleri planlanırken titreşim analizinden yararlanılmaktadır. Titreşim analizinden sağlıklı ve doğru sonuçlar elde edebilmek bu alanda kazanılan bilgi birikimi ve tecrübe ile mümkündür. Bu çalışmada titreşim analizi için gerekli olan, analizciye bir alt yapı oluşturacak olan, dönen makinelerde arızalar ve titreşim ilişkisi ele alınıp irdelenmiştir. Dengesizlik, eksen kaçıklığı, gevşeklik ve rulman arızaları ile bunların neden olduğu titreşim arasındaki ilişki açıklanmıştır. Her bir arızanın oluşturduğu titreşimler gerçek çalışma şartlarında çalışan makinelerden elde edilen titreşim değerleri ile de gösterilmiştir. Bu çalışma titreşim analizi ile uğraşan kişilerin bilgi birikimine önemli katkı sağlayacaktır.

### KAYNAKLAR

1. R. Keith Mobley, **Vibration Fundamentals**, Newnes Yayınevi, USA, 1999
2. B. Overton **Basic Vibration Primer**, DoctorKnow®Application Paper, Computational Systems Incorporated, Knoxville, TN, USA.
3. V. Wowk, **Machinery Vibration: Measurement and Analysis**, McGraw-Hill, Inc., 1991
4. "Introduction Time Waveform Analysis", **Computational System Inc.**, Knoxville, USA, aynı zamanda <http://www.compusys.com> adresinden elde edilebilir.
5. T. A. Dunton "An Introduction to Time Waveform Analysis", Universal Technologies Inc., aynı zamanda <http://www.unitechinc.com/pdf/IntroductiontoTimeWaveformAnalysis.pdf> adresinden elde edilebilir.
6. Y.-S. Lee ve C.-W. Lee "Modelling and Vibration Analysis of Misaligned Rotor-Ball Bearing Systems"; Journal of Sound and Vibration, **224**(1), 17-32, (1999)
7. S. Orhan, H. Arslan ve N. Aktürk "Titreşim Analiziyle Rulman Arızalarının Belirlenmesi", Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt 19, No.1, sayfa 11-20, 200