

**SOĞUTMA FANININ KESTİRİMCİ BAKIM YÖNTEMİ UYGULAMASI İLE TİTREŞİM ANALİZİ
VE YAPISAL ESNEKLİK ARIZASININ GİDERİLMESİ****ELIMINATION OF STRUCTURAL FLEXIBILITY FAILURE AND VIBRATION ANALYSIS BY
APPLICATION OF PREDICTIVE MAINTENANCE METHOD OF COOLING FAN****Zafer Ömer Günindi¹**¹Eti Soda AŞ., Ankara, Türkiye.¹ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8109-3197>**Ali Osman Kurban²**² Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Türkiye²ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0537-3896>**Merdin Danışmaz³**³ Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Türkiye³ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2077-9237>**ÖZET**

Hava fanları endüstride kullanılan gaz fazındaki akışkana yön veren, havayı bir yerden belli bir hacimde alıp başka bir yere ileten ekipmanlardır. Prosesteki rolü, akışkan yataklı kurutucuda akış oluşturarak zorlanmış taşınım ile ısı transferi prosesi ile ürünün hızla kurumasını sağlamaktır. Hava fanı, bu proses için birinci derecede önemli bir ekipmandır. Bu ekipmanda gerçekleşebilecek bir arıza, üretimin durmasına ve ürün kalitesi konusunda problemler yaşanmasına neden olmaktadır. Titreşim ölçüm cihazıyla ve diğer ekipmanlar ile yapılan ölçümlerde, titreşim frekanslarının ve şiddetinin değerlendirilmesi neticesinde makinada meydana gelmiş veya gelebilecek arızalar belirlenmektedir. Bunun sonucu olarak, döner ekipmanlarda (fan, pompa, kompresör vb.) meydana gelen hasarların erken teşhisi durum izleme odaklı bakım programlarının en önemli görevlerinden bir tanesidir. Her döner ekipmanda, farklı birçok arıza (rulman ve dişli arızası, balans arızası vb.) meydana gelebilir. Bu arızalardan yapısal esneklik durumu da makine arızası olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak yapısal esneklik arızası, ekipman üzerine tek noktadan sabitlenmiş sensor titreşim trendi izleme yöntemleri ile tespit edilmesi oldukça zordur. Yapısal esneklik arızasının titreşim analizi ile tespiti için yataklardan 3 eksen de ölçüm alınarak hız spektrumu, ivme spektrumu ve zarf spektrumu grafikleri incelenmeli ve izin verilen değer aralıklarında olması sağlanmalıdır. Zaman dalga formu grafikleri ile analizleri yapısal esneklik arızası karşısında beklenen cevabı vermemektedir. Bu çalışmada, bir maden tesisinde bulunan hava fanında meydana gelmiş yapısal esneklik arızasının kestirimci bakım aracı titreşim analizörü ölçümleri sayesinde spektrum analizi ile erken teşhisi ele alınmıştır. Esnekliğin hangi kısımdan ve hangi yatak bölgesinde olduğunun belirlenmesi için gerçekleştirilen spektrum analizi detayları ile açıklanmıştır. Arıza giderilerek sistem uygun çalışma koşulları yeniden sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kestirimci bakım, Yapısal esneklik, Titreşim analizi.**ABSTRACT**

Air fans are equipment that directs the gas phase fluid used in the industry, takes the air from one place in a certain volume and transmits it to another place. Its role in the process is to provide rapid drying of the product by the forced convection heat transfer process by creating flow in the fluid bed dryer. The air fan is a primary equipment for this process. A malfunction that may occur in this equipment causes production to stop and problems in product quality. In the measurements made with a vibration measuring device and other equipment, malfunctions that have occurred or may occur in the machine are determined as a result of the evaluation of vibration frequencies and severity. As a result, early diagnosis of damage to rotating equipment (fan, pump, compressor, etc.) is one of the most important tasks of condition monitoring-oriented maintenance programs. In each rotating equipment, many different faults (bearing and gear failure, unbalance, etc.) may occur. Structural flexibility is one of these failures, which is also seen as a machine failure. However, structural flexibility failure is very difficult to detect with sensor vibration trend monitoring methods fixed on the equipment from a single point. In order to detect the structural flexibility failure by vibration analysis, the velocity spectrum, acceleration

spectrum and envelope spectrum graphs should be examined by taking measurements from all 3 axes of the bearings, and it should be ensured that they are within the permissible value ranges. Analysis with time waveform graphs does not give the expected response to structural flexibility failure. In this study, the early diagnosis of structural flexibility failure in an air fan in a mining facility is handled by spectrum analysis, by means of predictive maintenance tool vibration analyzer measurements. Spectrum analysis carried out to determine from which part and which bed region the flexibility is, is explained in detail. The fault was eliminated and the system was restored to suitable working conditions.

Keywords: Predictive maintenance, Structural flexibility, Vibration Analysis.

1. GİRİŞ

Yapısal esneklik genellikle makine ile bağlı olduğu zemin arasındaki, temel betonunda, taban plaka sacında ya da makine ayaklarında meydana gelen gevşekliklerden kaynaklanır. Makine ayaklarından dikey pozisyonda radyal faz ölçümlerinde 180° faz farkı oluşturur. Şekil 1’de verilen FFT spektrumunda olduğu gibi baskın titreşim frekansı (arıza frekansı) dönme devrinin birinci katı (1x CPM) baskındır [11].



Şekil 1. Yapısal Gevşeklik Durumunda Oluşan Genlik Değeri

Fan yataklarında beklenmeyen bir arızanın olması ekonomik kayıplara neden olabilir. Bu nedenle yataklardaki arıza teşhisi yoğun araştırmalara konu olmakla beraber önem teşkil etmektedir. Rulman yataklarından oluşabilecek arızalar birden fazladır ve bu arızaların kendilerine ait titreşim karakteristikleri vardır. Fan yatağından alınan titreşim ölçümlerinde spektrum analizi oldukça önemlidir. Analiz esnasında radyan yönde oluşan devrin 1 katında baskın titreşim sinyallerinin yaratmış olduğu büyük titreşimlerin hız spektrumunda net bir şekilde görülmesi spektrumların ne kadar önemli olduğunu desteklemektedir.

Rulmanlar, yüksek hızlarda ağır yüklerin taşınmasını sağlayan ve çok düşük yuvarlanma kayıplarına sahip olan döner ekipmanların bir parçası olarak sanayide çok yaygın olarak kullanılır. Bu nedenle rulman arızalarının erken teşhisi, ekipmanın sağlam bir şekilde çalışmasını sağlama açısından çok önemlidir [1]. Rulmanlı yataklar, yuvarlanma elemanları (rulmanlar) sayesinde en az sürtünmeyle millerin veya aksların istenen yöndeki hareketlerine olanak sağlayan, istenmeyen yölerdeki hareketlerini de engelleyen bir güç aktarım elemanıdır.

Rulmanlı yatakları;

- İç bilezik,
- Dış bilezikten
- Kafes,
- Yuvarlanma elemanı (bilyalı, makaralı, masuralı veya iğneli olabilir) oluşur.

Ekipmanda sabit bilyalı rulmanlar ve makaralı rulmanlar kullanılmıştır. Motor ve fan ekipman dizisi şaseye rijit bağlantılı ve şase ise, betona esnek bağlantılı olacak şekilde konumlandırılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bakım, makinaların arızalarından en sorunsuz şekilde belirtilen yaşam döngüsü içinde arızasız bir şekilde verimli çalışmasının sağlanması şeklinde tanımlanır. Bir bakım işlemi izleme, planlı/plansız bakım, durum izleme, rutin bakım, revizyon bir dizi bakım faaliyetini içerebilir. Avrupa standardına göre ise bakım, bir ürünün yaşam döngüsü boyunca tutması veya gerekli işlevi gerçekleştirebileceği bir durumda geri getirmesi veya eski haline getirmesi amaçlanan tüm teknik, idari ve yönetsel eylemlerin birleşimi olarak tanımlanır [9].

Makinelerin plansız arızaları sebebiyle durması üretim kayıplarına ve yüksek bakım giderlerine neden olmaktadır. Üretimin sürekliliğini sağlamak ve verimi artırmak için atılması gereken en önemli aşama; bakım stratejilerinin gözden geçirilmesi ve en doğru yöntemlerin uygulanması olmalıdır. Bu durumda bakım stratejileri içerisinde uygulanabilecek en doğru yöntemlerden biri “Kestirimci Bakım” dır[10].

Kestirimci bakım stratejisi; makinenin ve parçalarının arıza çıkarmadan önce durumlarının takip edilmesi ve toplanan dataların çözümsel yollarla analiziyle çalışma ömürlerinin önceden anlama ile arıza çıkarma olasılıklarını değerlendirerek zamanında tedbir almaktır. Böylelikle ekipmanın belirli değişkenleri ve hangi arızaları çıkarma ihtimali sergiliyor takip edilir. Kestirimci bakımın iki amacından birisi ekipmanda oluşan veya oluşabilecek arızayı belirlemek, ikincisi ise bu arızaya öncesinden planlama yapılarak büyümeden önceden müdahale etmektir. Kestirimci bakımı periyodik bakımdan ayıran özellik, bakımın zaman ve performans bazlı değil de durum izleme bazlı olmasıdır.

2.1 Arızanın Titreşim Analizi ile Tespit Edilmesi

Titreşim ölçümleri, makinenin durumunu öğrenmeye yardımcı olabilecek kullanışlı bilgiler verir. Örnek olarak; güvenli makine işletimi için bilgi sağlar, makinenin durumundaki değişim tespit edilebilir, değişimin sebebi için teşhis koyulabilir, makinenin durumunu sınıflandırmak için kullanılabilir. Titreşim ölçümü için makinenin durdurulmasına gerek yoktur. Normal çalışma şartları altında gerçekleştirilir.

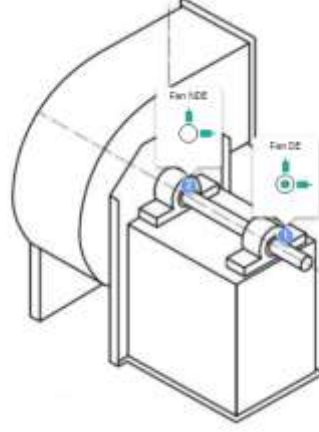
Titreşim, makinenin mevcut durumunun yarattığı bir etkidir ve en basit anlamıyla, referans bir noktaya göre gerçekleşen salınım hareketidir (Örnek olarak; shaft, makinenin gövdesine kıyasla, rulman ise rulman yatağına bağlı olarak titreşmektedir). Bir sistem içeriden veya dışarıdan gelen bir etkiye göre cevap olarak titreşim oluşturur ve 3 temel çeşide ayrılabilir. Bunlar; serbest cisim, geçiş ve sürtünme titreşimidir.



Şekil 2. Hava Fanı

Titreşimin seviyesi, sistemden gelen tahrikin kuvvet miktarı ve kütesine ve buna ek olarak sistemin sönümüne ve rijitliğine bağlıdır. Titreşim, mükemmel bir makine tasarlanamamasından veya yanlış montajdan kaynaklanmaktadır. Örnek olarak, eğer mükemmel bir makine tasarlayabilseydik, döner elemanın kütle merkezi tam olarak ağırlık merkezine denk gelebilirdi. Böylece rotor üzerinde homojen bir ağırlık dağılımı gerçekleşir ve balanssızlık oluşmazdı. Bu balanssızlık sonucu oluşan titreşimin seviyesi, fazlalık olan ağırlığın miktarıyla doğru orantılıdır. Titreşim seviyesini etkileyen diğer etmenler; makine toleransları, makine yapısı, rulman tasarımı, yük ve yağlama miktarı, makine montaj yapısıdır.

Titreşim analizi yapabilmek için, titreşimin temel bileşenlerini ve terminolojisini ortaya konmuştur.



Şekil 3. *Rulman yatağı titreşim ölçüm yönleri*

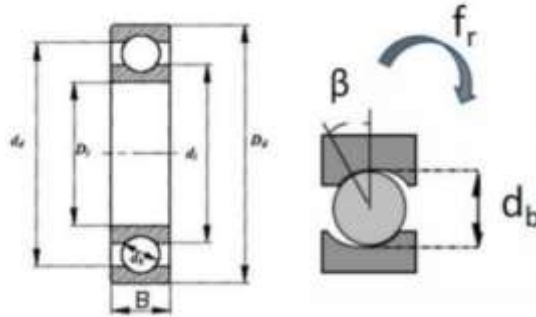
Şaft dönüş hızı(1x) aşağıdaki (1) numaralı formül ile hesaplanmaktadır. Yani ekipman dönüş devrinin 60'a bölünmesiyle bulunur.

$$\text{Şaft Dönüş Hızı}(1x) = \left(\frac{RPM}{60} \right) \quad (1)$$

Kanat geçiş frekansı (BPF) ise makinenin devri ile kanat sayısının çarpımıdır. Aşağıda (2) numaralı formül ile gösterilmiştir.

$$\text{Kanat Geçiş Frekansı}(BPF) = \text{Makinenin Devri} \times \text{Pervane Sayısı} \quad (2)$$

Rulmandan gelen bu arıza belirtilerini tanımlamak için, bunların temel arıza frekansları (dış bilezik, iç bilezik, bilya, kafes) aşağıdaki denklemler ile belirlenmektedir.



Şekil 3. *Rulman Geometrisi*

$$PD = \frac{D_d + D_i}{2} \quad BD = \frac{D_d - D_i}{2}$$

$$f_{BPFO} = \frac{n}{2} f_r \left[1 - \frac{PD}{BD} \cos \beta \right] \quad (3)$$

$$f_{BPF1} = \frac{n}{2} f_r \left[1 + \frac{PD}{BD} \cos \beta \right] \quad (4)$$

$$f_{BSF} = \frac{1}{2} f_r \frac{PD}{BD} \left[1 - \left(\frac{BD}{PD} \cos \beta \right)^2 \right] \quad (5)$$

$$f_{FTF} = \frac{1}{2} f_r \left[1 - \frac{BD}{PD} \cos \beta \right] \quad (6)$$

Burada;

f_{BPFO} : Rulman dış bilezik arıza frekansını,

f_{BPF1} : Rulman iç bilezik arıza frekansını,

f_{BSF} : Bilya arıza frekansını,

f_{FTF} : Kafes frekansını,

f_r : Mil dönme frekansını,

n : Yuvarlanma elemanı sayısını,

BD: Döner eleman çapını,

PD: Bilyalar arası çapı,

β : Temas açısını temsil etmektedir.

Ekipmanın rulman yatağı sarkık rotorludur. Üretici tarafından önerilen titreşim limitleri tabloda gösterildiği şekildedir. Bu durumda şaft dönüş frekansı (1x), kanat geçiş frekansı (BPF) ve 3 farklı rulman vardır. Bunlar da ilgili tabloda sunulduğu gibidir.

Tablo 1. Fan devri ve şaft dönüş frekansı

Şaft	Şaft Hızı (RPM)	Şaft Hızı (Hz)
1	2985	49,75

Motor dönüş devri 2985 RPM'dir. Fan devride arada herhangi bir ara ekipman olmadığı için direk kaplin ile bağlantılı olduğu için motor dönüş devri ile aynıdır.

Tablo 2. Fan-motor rulman ve kanat geçiş frekansları

Fan Ön Rulman	6316 C3	BPFI, İç Bilezik Frekansı (Hz)= 244,47 BPFO, Dış Bilezik Frekansı (Hz)= 153,53 BSF, Bilya Frekansı (Hz)= 206,26 FTF, Kafes Frekansı (Hz)= 19,2
Fan Arka Rulman	NU 316 ECP C3	BPFI, İç Bilezik Frekansı (Hz)= 380,09 BPFO, Dış Bilezik Frekansı (Hz)= 266,66 BSF, Bilya Frekansı (Hz)= 273,62 FTF, Kafes Frekansı (Hz)= 20,4
Motor Ön-Arka Rulman	6317 C3	BPFI, İç Bilezik Frekansı (Hz)= 244,27 BPFO, Dış Bilezik Frekansı (Hz)= 153,73 BSF, Bilya Frekansı (Hz)= 207,26 FTF, Kafes Frekansı (Hz)= 19,2
Kanat Sayısı	12	BPF, Kafes Frekansı (Hz)= 600

Tablo 3. Üreticinin Önerdiği Titreşim Limitleri

MSR-Position	Unit	Lower Limit			Upper Limit			Remarks
		Normal	Pre-alarm	Main-alarm	Normal	Pre-alarm	Main-Alarm) ^{*1}	
vibration-	mm/s				2,8	4,0	5,0)*1 Stop measuring range 10 mm/s = 100%

Yukarıdaki bilgilerle rulman yataklarından alınan titreşim verileri incelendiğinde, şiddeti yüksek darbeler gözlemlenmiştir. Spektrumlar analiz edildiğinde fan tarafı yatakta dikey yönde devrin 1 katı frekanslarında titreşim artışı görülmesine rağmen, zaman dalga formu detaylı analizinde periyodik ve şiddeti yüksek darbeler görülmemiştir. Bu vaka yapısal esneklik arızasının olabileceğini göstermektedir. İki tip gevşeklik veya esneklik arızası mevcuttur; bunlardan birincisi yapısal gevşeklik (çözülme, temel yapı, parçalı muhafaza, rulman yuvası, rulman destekleri...), ikincisi ise yuvarlanma elemanındaki gevşeklik (pompa kanatları, fanlar, rulmanlar, kaplinler...)[3]. Problemin hangi sebepten kaynaklandığını bulmak için, alınan hız spektrum ölçümlerinin detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir.

Method of Vibration Detection	Readings				
	Observation No.	Speed of Engine rpm	Conditions	Position	Velocity (mm/s)
Measurement (Velocity) at Bearing Housing by FFT Analyzer	1	1500	Before the tightening of bolts	X-axis-Radial	0.71 1.18 1.8
				Y-axis-Radial	0.71 1.40 1.8
	2	1500	After the tightening of bolts	X-axis-Radial	0.71 0.73 1.8
				Y-axis-Radial	0.71 0.82 1.8

Şekil 4. Bir makalede FFT analizörü ile yatay ve dikey yönlerde yatak civatalarının sıkılmadan önce ve sonra alınan ölçümler [4]

Yukarıdaki şekilde, bu konu üzerine yapılan bir çalışmada (Ahirrao N.S. ve diğerleri) dizel motor destek yapısındaki titreşim ölçümü için yeni bir yaklaşım sunulmuştur. Doğrudan temel civatalarının gevşemesinden kaynaklanan klasik bir gevşeklik örneğini gördük. Montajların rijitliği, yapılaraya geçen titreşimlerin azaltılmasında kilit unsurdur. Her türlü yanlış hizalamalara dikkat edersek, o zaman bile gevşeklikten dolayı yapısal titreşim olasılığı her zaman vardır. Temel civatalarının uygun şekilde sabitlenmesi ile titreşimler ortadan kaldırılacak ve titreşimleri ortadan kaldırmak için sistemi etkin ve destekleyici hale getirecektir. İvmeölçer ve FFT analizörü ile titreşim ölçümü, motor titreşimlerinin doğru nedenini belirlemede önemli bir unsurdur [4].

Yapısal esneklik arızası makinenin bir yöndeki titreşiminin diğer yönler göre daha rahat bir şekilde titreşmesi durumu ile açıklanır. Bir makine dizisinden alınan ölçümlere göre devrin 1 katındaki titreşim seviyesi, rijitliği daha düşük olan yönde, diğer yönler göre çok daha yüksektir. Yukarıda bahsi geçen çalışma, bu bildiriye aşağıda belirtilen fanda yapılan titreşim analizi ile yapısal esneklik arızasının tespitini destekler niteliktedir.



Şekil 5. Omnitrend Center analiz programı



Şekil 6. Vibxpert II titreşim analiz cihazı

Titreşim analizörü ve transdüser makinelerden titreşim verilerini toplamak için, analiz yazılımı ve bilgisayar ise makinelerden toplanan titreşim verilerinin analiz edilerek arızanın hangi nedenden kaynaklandığını tespit etmek için kullanılır.

Fandaki titreşim ölçümleri Vibxpert II model titreşim analizörü ile (Şekil 6) alınmıştır. Daha önceden titreşim analizörü ile entegre yazılım olan Omnitrend Center'te (Şekil 5) hazırlanan fabrikanın tüm ekipmanlarını içeren rota hazırlanmıştır. Beypazarı'nda bulunan ve titreşim analiz yöntemi ile analiz yaptığımız maden fabrikasının bir motor – fan ikilisinin durumu titreşim analizörü cihazı ile ölçülen titreşim verileri üzerinden aylık periyotlarla takip edilmektedir.

Titreşim ölçüm programlarının ana amacı, makinelerin arızalanıp durmadan önce arıza tespitinin yapılmasıdır.

Titreşim izleme sisteminin ana amacı, görünmeyen veya henüz başladığından şüphelenilen bir arızanın teşhisini koymaya yöneliktir. Arıza teşhisini öngörebilmek için kullanılan metodolojiler, mevcut titreşim verilerinin o makine için tanımlanmış referans verilerle veya aynı şartlarda çalışan benzer bir makine ile karşılaştırılmasını içerir. Bu karşılaştırma iki metot ile yapılır:

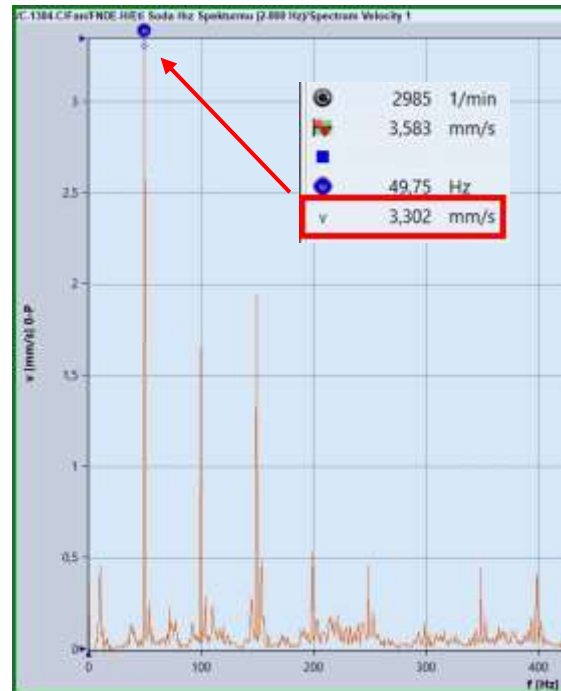
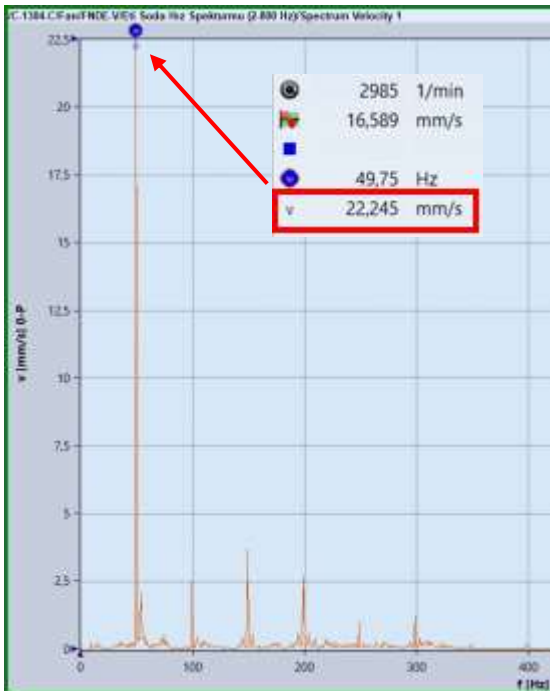
- Endüstriyel standartlar ile karşılaştırma – ISO 10816-3-7
- Önceki bir ölçümle karşılaştırma

								v r.m.s	v r.m.s	HIZ DEĞERİ (2-1000 Hz n > 600 1/min (2-1000 Hz n > 120 1/min))
								11	0.433	
								7,1	0.280	
								4,5	0.177	
								3,5	0.138	
								2,8	0.110	
								2,3	0.091	
								1,4	0.055	
								0,7	0.028	
								mm/s	inch/s	
Rijit	Esnek	Rijit	Esnek	Rijit	Esnek	Rijit	Esnek	KAİDE		
Pompalar > 15 kW				Orta Boy Makineler		Büyük Makineler		MAKİNE TİPİ		
Radyal Eksenel Diyagonal				300kW>P>15kW		500MW>P>300kW				
Direkt Sürücülü (Kayış,Kasnak vb.)		Diştan Tahrikli (Kaçın Bağlantısı vb.)		Motorlar 160mm >H>315 mm		Motorlar 315 mm>H				
Grup 4		Grup 3		Grup 2		Grup 1				
								GRUP		
								<ul style="list-style-type: none"> A Yeni Devreye Alınmış B Uzun Süre Çalışabilir C Arıza Bağlı D Arzaya Bağlı Titreşim 		

630 kW, Esnek

Tablo 4. ISO 10816 - Titreşim Genlik Limitleri

Ölçüm görevi titreşim analiz cihazı ve titreşim analiz programının yazılımında yer alan hız spektrumu (2-800Hz, Çizgi sayısı: 3200), ivme spektrumu (2-12800Hz, Çizgi sayısı: 51200), zarf spektrumu (2-800Hz) gibi ölçüm görevleri kullanılmış ve alınmış olan spektrumların zaman dalga formları da kayıt altına alınmıştır.



Şekil 7. Fan arka dikey ve yatay yönlerdeki hız spektrumu

Fan arka dikey yöndeki hız spektrumundaki 1x frekansındaki genlik 22,245 mm/s iken (Şekil 7), fan arka yatay yöndeki hız spektrumundaki 1x frekansındaki genlik 3,302 mm/s'dir. Yatay ve dikey titreşim genliklerinde yaklaşık ~7 kat fark olduğu görülmekte olup üreticinin önerdiği titreşim limitlerinde (Tablo 3) olmadığı görülmektedir.

Titreşim analizine göre, fanda dikey doğrultuda alınan ölçümde 1x (şaft dönüş hızı) titreşim seviyesi, yatay doğrultuda alınan ölçümdeki 1x (şaft dönüş hızı) titreşim seviyesinden yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum ekipmanda yapısal esneklik durumu olduğunu göstermektedir.

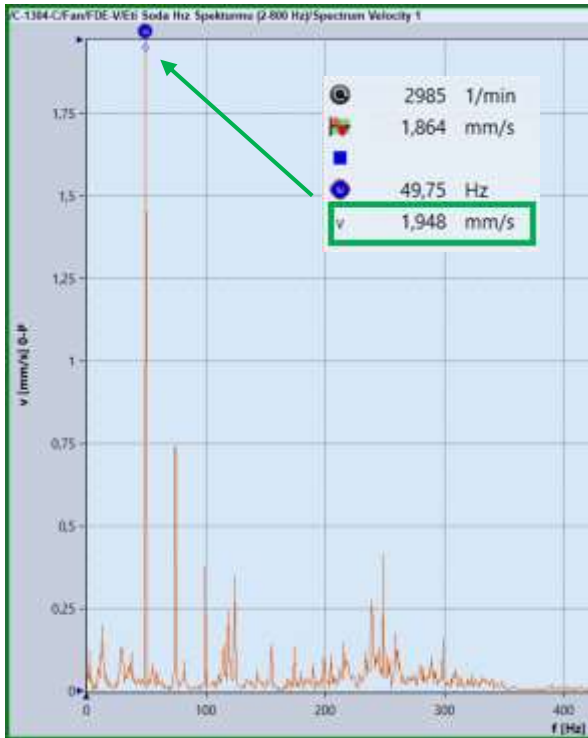
Titreşim detaylı analizlerinden sonrasında planlı olarak gerçekleştirilen bakım çalışmalarında, dikey yönde titreşim görülen yatağın bağlı olduğu bölgede çatlak olduğu (Şekil 9) ve arıza tespitinin doğru olduğu görülmektedir.

Şasenin altında görülen kılcal çatlaklar ve titreşim seviyesini düşürmek için yapılan kaynak ile güçlendirme fotoğraflarda (Şekil 8 ve Şekil 9) gösterilmiştir.



Şekil 8. Fan rulman yatağının kaynak ile güçlendirilmesi

Şekil 9. Fan rulman yatağının altında çatlak bölgenin şaseye kaynak ile güçlendirilmesi



Şekil 10. Fan arka dikey ve yatay yöndeki hız spektrumu

Şasede gerekli kaynak işlemleri yapıldıktan sonra yapılan ölçümlerde (Şekil 8) de görüldüğü gibi fan arka dikey yöndeki hız spektrumundaki 1x frekansındaki genlik 1,948 mm/s iken, fan arka yatay yöndeki hız spektrumundaki 1x frekansındaki genlik 1,704 mm/s'dir.

Yatağın bağlı olduğu şasede yapılan kaynak işlemlerinden sonra alınan ölçümlerde, dikey yönde yüksek görülen 1x titreşimi ile yatay yöndeki 1x titreşimi birbirine yakın seviyede olduğu (Şekil 8) de görülmektedir.

3. TARTIŞMA VE SONUÇ

Döner ekipmanların yataklarında yaygın olarak kullanılan makine elemanlarından birisi de rulmanlardır. Makinelerin arızasız bir şekilde çalışmaları rulmanların sağlıklı bir şekilde çalışmaları ile doğrudan orantılıdır. Rulmanlarda meydana gelen herhangi bir hasar üretimin durmasına neden olabilir ve bunun sonucunda da seri üretim yapan yerlerde üretim, zaman ve maliyet kayıpları meydana gelebilmektedir. Periyodik bakım ekipmanların çalışma ömrünün uzatılması ve fabrikadaki plansız duruşların azaltılmasını hedefleyen bir planlı bakım türüdür. Bu bakım stratejisinde arıza çıkmadan, daha önce planlanan zaman veya performans bazlı periyotlarda yapılan bakımlarla arızaların önüne geçilmektedir. Fakat bu durumda arıza gerçekleşmemiş, daha uzun sürede çalışabilecek parçaların değişimi ve üretimin gereksiz yere durdurulması, daha fazla bakım personeline ihtiyaç duyulması, stokta birçok parçanın hazır bulundurulması durumunu ortaya çıkartır. Bu durumda yedek parça maliyetinin artmasının yanı sıra stoklama problemini de getirir. Bu yüzden bir makinenin maksimum verimde çalışmasını sağlamak ve üretimin kayıplarını minimum düzeyde tutabilmek için kestirimci bakım ile arıza tahminleri yapılırken titreşim analizi temel metotlardan birisi olarak kullanılmaktadır. Bakım stratejileri içerisinde kestirimci bakım etkili bir yöntem olarak ekipmanlara uygulanırken, bakım gerektiğinde makinelere uygulanır. Kestirimci bakım makinede sorun oluşmadan önce durum izleme ile toplanan analitik veriler ışığında gerçekleştirilir. Titreşim analizi ile rulmanlarda; birçok arızanın yanı sıra yapısal esneklik arızalarını da teşhis edebiliriz.

Sonuç olarak, gerçekleştirilen bu çalışmada fan yataklarında gerçekleştirilen titreşim ölçümlerinde spektrum analizlerinin çok önemli olduğu ve gerçekleştirilen titreşim analizi ile arızaların teşhis edilebildiği vurgulanmıştır. Bu analizler ile ekipman titreşim limitleri kabul edilebilir aralıkta getirilmiştir. Arızaların teşhis edilebilmesi, durum izleme odaklı bakım stratejilerinin daha güçlü hale gelmesine ve tesisin güvenilirlik oranının artmasına ciddi oranda katkıda bulunmaktadır.

4. KAYNAKLAR

1. Gürsoy Demir, H. & Müştak, O. (2021). Rulman Hasarlarının Titreşim ve Gürültü Analizi ile Tespiti. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (25), 571-581
2. Gürsoy Mehmet Ümit, Çolak Umut Can, Gökçe Mahmut Hilmi, Akkulak Cem, Ötleş Semih, (2019). Endüstri İçin Kestirimci Bakım. *International Journal Of 3d Printing Technologies And Digital Industry 3:1* (2019) 56-66 Araştırma Makalesi/Research Articles
3. Engür Ali İhsan, Kestirimci Bakımda Titreşim Analizi, *Mühendis ve Makine*, Cilt : 48 Sayı: 570
4. Ahirrao N.S., Dr. Bhosle S.P., Dr. Nehete D.V., *Dynamics and Vibration Measurements in Engines*, 2nd International Conference on Metarials Manufacturing and Desing Engineering, *Procedia Manufacturing* 20 (2018) 434-439
5. Köse R. Kubilay, (2009) Topaz Makine-“Vibrasyon Analizi Eğitim Notları-1,2”
6. Köse R. Kubilay, Kestirimci Bakım, 1. Bakım Teknolojileri Kongresi Bildiri Kitabı, Yayın No: E/2003/334 TMMOB Makina Mühendisleri Odası 2003
7. Köse R. Kubilay, Kestirimci Bakım-2 2. Bakım Teknolojileri Kongresi Bildiri Kitabı, Yayın No: E/2005/370 TMMOB Makina Mühendisleri Odası 2005
8. Özgün Yakar, Pruftechnik Türkiye-Eğitim Notları “Titreşim Ölçüm ve Analizi Eğitimi”
9. Standard E. Maintenance terminology. In: European Committee for Standardization 13306, ed. Brussels, 2001.
10. İnce M, Bekiroğlu N, Ayçiçek E. Kestirimci Bakım Teknolojilerinin Araştırılması ve Endüstriyel Bir Motorun Amt Sistemi ile Arıza Analizlerinin Çıkarılması. Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü Elektrik Makinaları Anabilim Dalı, 2017.
11. Ayan Özcan Armağan, Döner Ekipmanların Titreşim Analizi ile Kestirimci Bakımı, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019.