

TİTREŞİM: ÖLÇÜMÜ VE ÇÖZÜMLENMESİ

Pertev CİNALIOĞLU

Makinelerin, motorların endüstride kullanımıyla birlikte "TİTREŞİM AZALTMA ve YALITMA" mühendislerin üzerinde çalıştığı bir konu olmuştur. Gelişen teknoloji, titreşim azaltma ve yalıtma yöntemlerini makine tasarımının bütünleyici bir parçası yapmış, sonuçta titreşimlerin doğru ölçümü ve çözülmesi gereği doğmuştur. Yıllar önce, bu gereksinim deneyimli mühendisin dinleme ve dokunma duyuları ve yer değiştirmeyi ölçen basit optik aletlerle karşılanabilmiştir. Ancak, günümüzde çok hızlı ve titreşim sonucu oluşan kuvvetlerin çok büyük olduğu makineler için, titreşim ölçme yöntemleri ve araçları geliştirilmiş ve kullanılmaktadır.

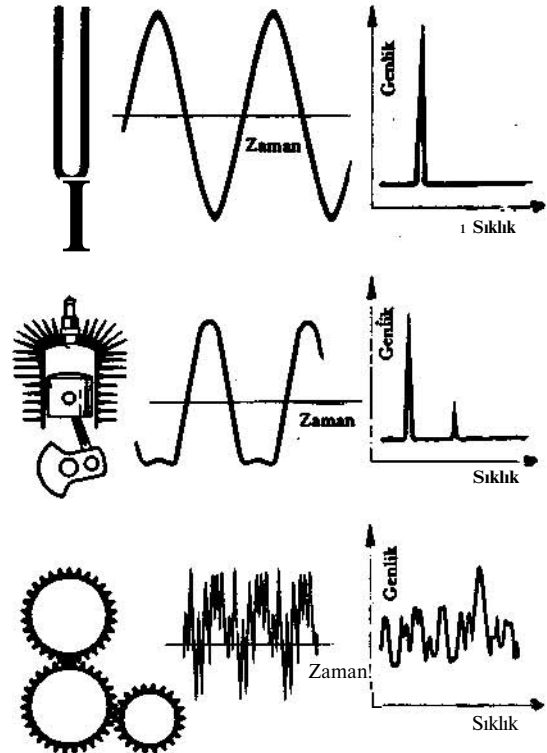
TİTREŞİM

Pratikte titreşimlerin önlenmesi çok zordur. Titreşim genellikle; üretim toleransı, açıklığı, makine parçaları arasındaki dönme, dokunma, sürtünme veya döner parçaların dengesiz olmasından doğan kuvvetlerin dinamik etkilerinden oluşur. Küçük titreşimler, makina yapısındaki diğer parçaların rezonans sıklıklarını uyarak yükseltilirler ve temel titreşim ve gürültü kaynağına dönüşürler. Tüm enerjinin işe dönüştürüldüğü ideal makinede titreşim yoktur. Ancak, pratikte makine parçalarının tepkimeleri sonucu, enerjinin bir kısmı titreşim enerjisi olarak harcanır. Titreşimlerin insanoğluna hiç faydası yok mudur? Evet, beton sıkıştırıcılar, kaya deliciler, ses üstü parça temizleme banyoları ve üretim sonrası test için kullanılan titreştiriciler, titreşimin yararlı olarak kullanıldığı araçlardır.

Bir kütlenin bir referans konuma göre yaptığı salınma TİTREŞİM denir. Bir saniyedeki çevrim ya da salınım sayısı ise TİTREŞİM SIKLIĞIDIR.

Hareket, tek sıklıkta tek bir bileşen (Diyapazon hareketinde olduğu gibi) veya değişik sıklıklarda çok bileşen-

den (içten yanmalı motorun piston hareketinde olduğu gibi) oluşabilir. Genellikle, karşılaşılan titreşim imleri çeşitli sıklıkta birçok bileşenden oluşur ve titreşimin genlik-sıklık eğrisi çizilir. Bu eğriye, elektriksel imlerde olduğu gibi, titreşimin "GENLİK GÖRÜNGESİ" adı verilir. Şekil 1, anılan örneklere ait titreşim genlik-zaman, genlik-sıklık eğrilerini basitçe göstermektedir.



ŞEKİL 1. Çeşitli mekanik yapıların titreşimlerinin genlik-zaman, genlik-sıklık eğrileri.

Bir makinenin titreşimlerinin sıklık çözümü, belirli periyodik sıklık bileşenleri içerir. Bunlar, makinenin çeşitli parçalarının temel hareketleriyle belirlenir. Her makinenin genlik görünüşüne, makinenin imzası denebilir. Genlik görünüşündeki değişim veya istenmeyen bir sıklık bileşeni, sıklık çözümüyle yardımcıyla kolayca bulunur ve istenmeyen titreşimin kaynağının bulunmasını kolaylaştırır.

TİTREŞİM PARAMETRELERİ

Titreşen diyapazonda, titreşim genliği olarak diyapazon ucunun, ucun durgun durumuna göre yer değiştirme olarak düşünülmüştü. Diyapazon ucunun aynı hareketi, titreşim çözümüyle yer değiştirme, hız ve ivme kullanılarak yapılabilir.

Titreşim parametreleri ISO (International Standards Organisation) 1000 gereklerine uygun olarak metrik birimlerle ölçülür. Ancak, yerçekimi sabiti g (9.81 m/s^2) de ivme ölçümleri için yaygın olarak kullanılır.

TİTREŞİM DEĞİŞTİRGEÇLERİ (TRANSDUCER)

Titreşim çözümlenmesi yapılabilmesi, titreşim parametrelerinin elektriksel imlere dönüştürülmesiyle olanaklıdır. Bu işlevi gören parçalar "VIBRATION TRANSDUCER" (Titreşim değiştirgeci) olarak adlandırılır. Bağlı yer değiştirme değiştirgeçleri bazı özel uygulamalarda kullanılır. Mutlak titreşimi ölçen sismik değiştirgeçler, genel makine titreşimi gözleminde daha yaygın olarak kullanılır. Bağlı yer değiştirme değiştirgeçlerinin sıklık bölgesi 10 kHz 'e kadar çıkmasına rağmen, sınırlı dinamik bölgeleri nedeniyle yüksek sıklıktaki harmonik titreşim bileşenlerini ölçmekte kullanılmazlar.

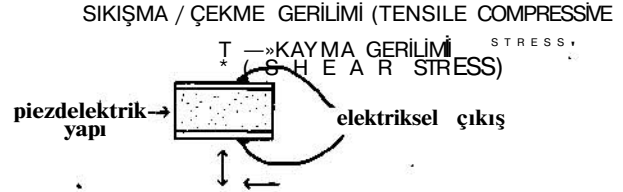
Yaygın kullanılan iki çeşit değiştirgeç vardır : 1- Hız duyarlı sismik değiştirgeç, 2- ivme duyarlı piezoelektrik değiştirgeç (piezoelektrik .accelerometer). Piezoelektrik ivme duyarlı değiştirgecin sıklık ve dinamik bölgesi geniş, boyutları küçük ve uzun dönem güvenilirliği fazladır. Kullanıcı "Piezoelektrik Accelerometer" kullanırken, ölçme parametresi olarak hızı ya da yer değiştirmeyi seçebilir.

PIEZOELECTRIC ACCELEROMETER

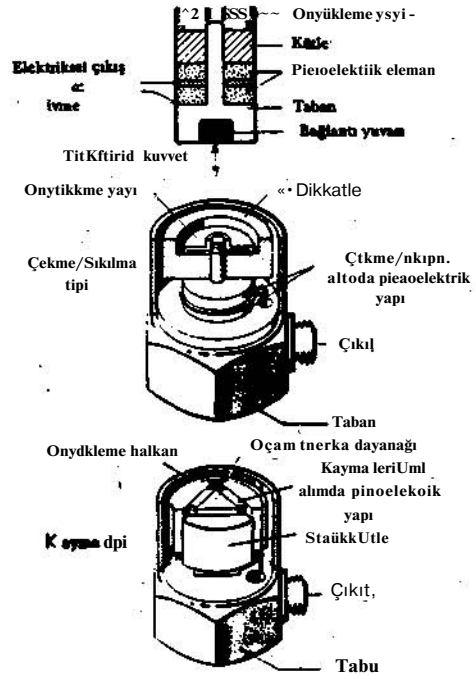
Değiştirgecin kalbi, genellikle yapay olarak polarize edilen ferroelektrik seramik parçadır. Sıkışma/çekme ve kayma gerilimi ile doğru orantılı olarak bağlantı yüzeylerinde yük oluşur. Şekil 2 basitçe bu yapıyı göstermektedir.

Piezoelektrik elemana, içinde bulunduğu yapı titreştirilince, ivme ile doğru orantılı olarak bir kuvvet bir kütle tarafından uygulanır. Yay-kütle sisteminin rezonans sıklığından daha küçük sıklıklar için, kütle ivmesi değiştirgeç tabanının ivmesine eşit olacak, sonuçta oluşan elektriksel im, değiştirgece uygulanan ivme ile doğru orantılı olacaktır. Şekil 3'de iki ayrı çeşit ivme duyarlı değiştirgeç "Accelerometer" iç yapısı görülmektedir.

Şekil 2. Kuvveti elektriksel im'e dönüştüren yapı



ŞEKİL 2. Kuvveti elektriksel im'e dönüştüren yapı

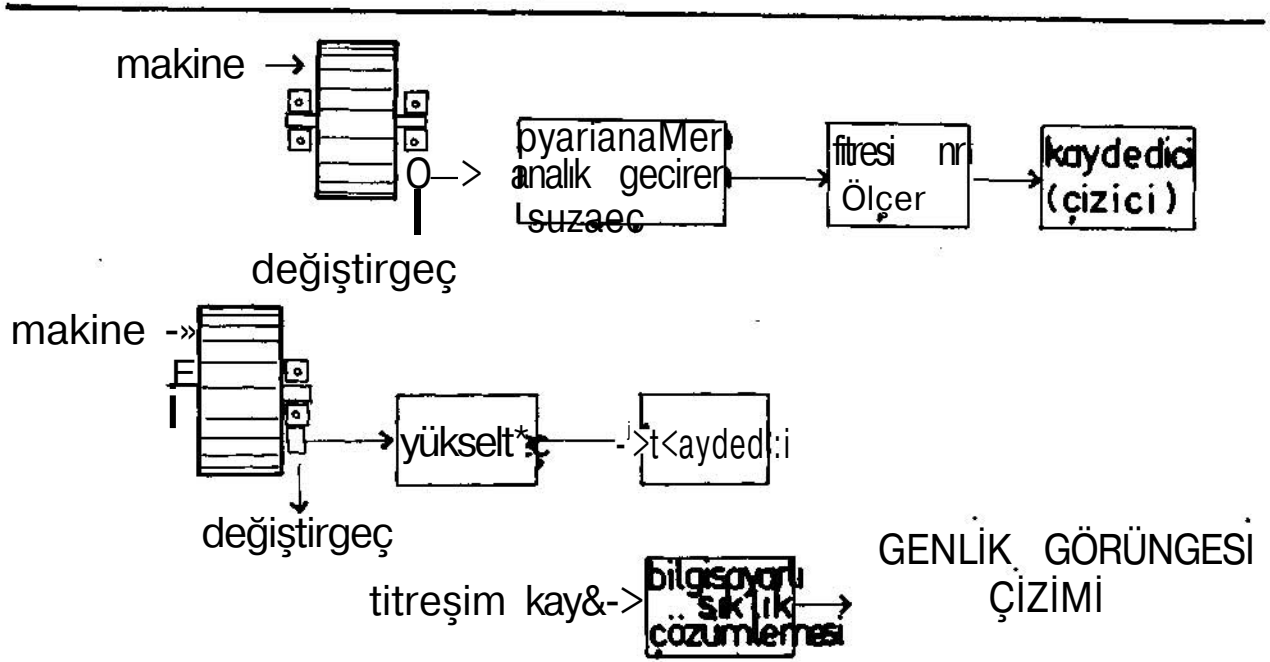


ŞEKİL 3. İvme duyarlı değiştirgecin yapısı

Böylece bir makinenin titreşim çözümü için gereken ön bilgiyi sunmuş olduk. Titreşim çözümü için kurulması gereken sistemin öbek çizimini vermeden önce, sıklık çözümü, fayda ve çeşitlerini inceleyelim.

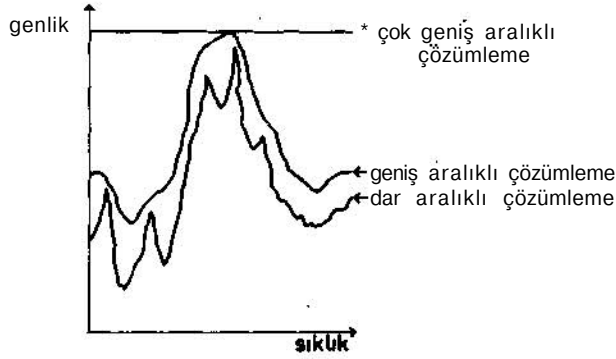
SIKLIK ÇÖZÜMLEMESİ

Geniş bir sıklık aralığında toplam titreşim düzeyi ölçümleri, baskın olan sıklık bileşenlerinin toplam etkisini gösterir. Bu etkinin gözlenmesi önemlidir, ancak sıklık çözümüyle elde edilecek bilgileri sağlamaz. Sıklık çözümü, daha önce belirtildiği gibi, makine titreşiminin genlik görünüşünün hesaplanmasıdır. Genlik görünüşü Şekil 4'de belirtilen yöntemlerle bulunur.



ŞEKİL 4. Genlik görüngenisi bulma yöntemleri

Eğer süzgeç kullanılmıyor ya da hep geçiren süzgeç kullanılıyorsa, çözümleme GENİŞ ARALIKLI ÇÖZÜMLEME adını alır. Kullanılan süzgecin sıklık aralığı küçükse, DAR ARALIKLI SIKLIK ÇÖZÜMLEMESİ gerçekleştirilmiş olur. Şekil 5, çeşitli sıklık aralıklı süzgeçler kullanılarak çizilen genlik görüngenelerini göstermektedir.



ŞEKİL 5. Üç değişik sıklık aralıklı süzgeç kullanılarak elde edilen genlik görüngenesi eğrileri

Çözümleme aralığı daraldıkça, genlik görüngenisi daha ayrıntılı olarak elde edilir ve gelişen arızalar uzun bir süre öncesinden saptanabilir. Daha önceki görüngenesi çizimlerine göre, çeşitli sıklık bileşenleri genliklerinde artışlar ya da önceki çizimlerde görünmeyen sıklık bileşenlerinin ortaya çıkışı, olası bir bozukluğun habercileridir. Genlik görüngenesinde görülen yeni sıklık bileşenleri aynı anda makinenin hangi parçalarında bozulma olduğunu da gös-

terir. Bir ya da birden çok sıklık bileşeninin, düzenli ölçme ve çözümleme sonucunda, genliklerinin zamana karşı çizimi ile ZAMAN - TİTREŞİM DÜZEYİ - EĞİLİM eğrileri elde edilir. Bu eğri yardımıyla, makine tümüyle kullanılmaz olmadan, bakım onarım zamanı saptanır, gerekli planlama yapıp bakım onarım gerçekleştirilir.

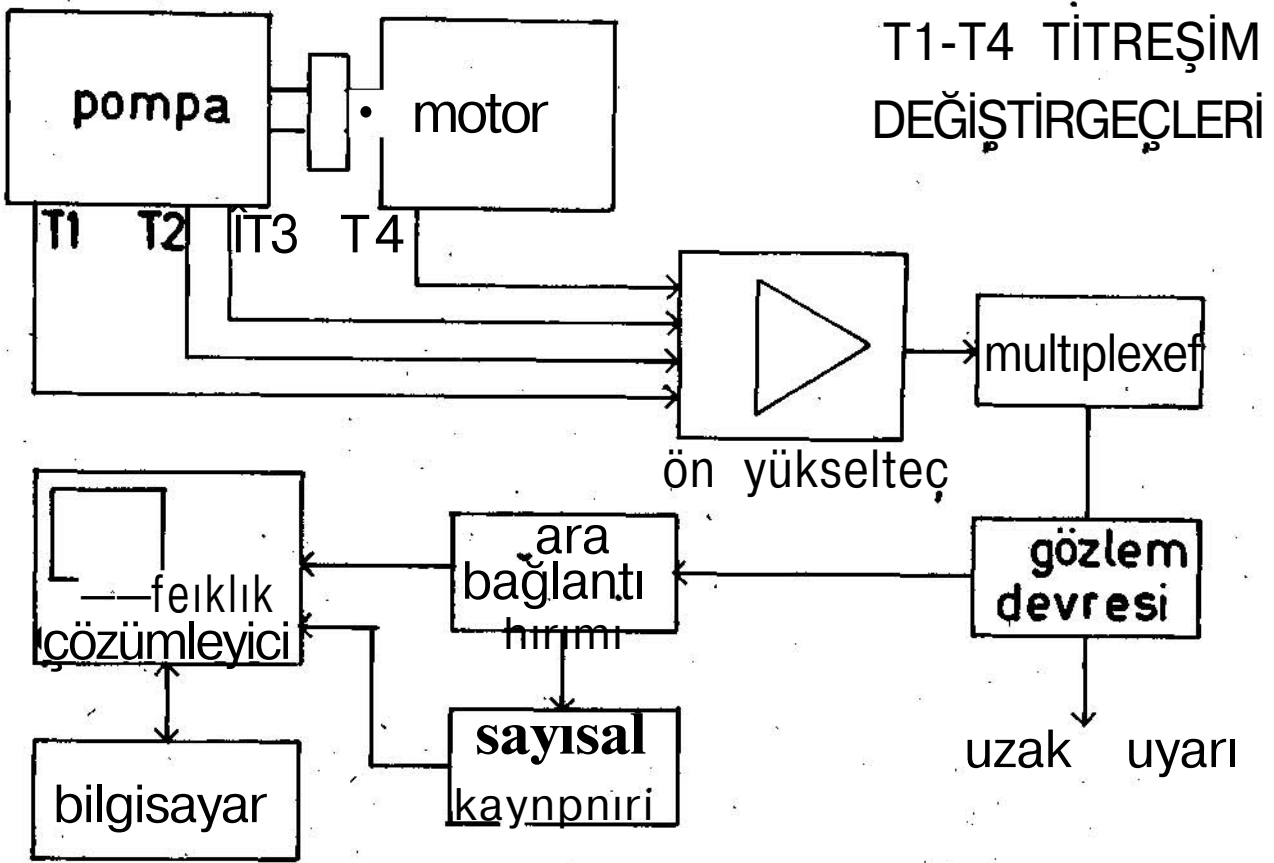
Makinenin ve parçalarının genel eğiliminin saptanıp ona göre bakım onarım yapılması kavramı böylece ortaya çıkar. Bu yöntem "DURUMA GÖRE BAKIM ONARIM" adı verilir. Yöntem, üretim sürecinde makinelerin yedeklenmediği ve düzenli aralıklarda bakımın büyük üretim kayıplarına neden olduğu süreçlerde faydalıdır.

Şekil 6'da örnek bir EĞİLİM - ZAMAN eğrisi görülmektedir.



ŞEKİL 6. Örnek TİTREŞİM BİLEŞENİ DÜZEYİ EĞİLİM eğrisi

Makineler için TİTREŞİM ŞİDDETİ ve BİYALARIN TİTREŞİM ÖLÇMELERİ kriterlerini sunmadan, modern bir titreşim gözleme ve çözümleme sistemini görelim.



ŞEKİL 7. örnek MAKİNE TİTREŞİM ÖLÇME/ ÇÖZÜMLEME SİSTEMİ

ÖRNEK MAKİNE TİTREŞİM ÖLÇME VE ÇÖZÜMLEME SİSTEMİ

Şekil 7 böyle bir sistemi göstermektedir.

Değiştirgeçler, titreşimi elektrik imlerine dönüştürür, ön yükselteçte yükseltile imler, bilgi iletişim yöntemleri kullanılarak çözümleme merkezine ulaştırılır. Ya sıklık çözümleyici kullanılarak, ya da sayısal kaydedilen imleri bilgisayarla işleyerek genlik görüncesi dde edilir. Daha önceki görüncle kayıtlarıyla yeni görüncle karşılaştırılır ve bulgular değerlendirilir. Sıklık çözümlemesi için artık FFT (Hızlı Fourier Dönüşümü)'nin kullanıldığını belirtmeliyiz.

SONUÇ

Titreşim gözlemesi, deyim yerindeyse, makine sağlığı saptamanın temel bir ögesidir. Yöntem, yaygın olarak kullanılmakta, çözümlemeyi kolaylaştıracak araç ve sistemler üzerinde çalışmalar yoğun bir biçimde sürdürül-

mektedir. Yazımızı, endüstride çalışan mühendise uygulamada yardımcı olacak kriterleri vererek bitirelim.

BİLYA TİTREŞİM ÖLÇME KRİTERİ (10 - 10 000 Hz)
KANADA HÜKÜMETİ "BAKIM İÇİN TİTREŞİM LİMİTLERİ" CDA/ms/Nvsh 107 : SPESİFİKASYONUNDAN ALINMIŞTIR.

VdB için referans 10^{-6} mm/s

$$VdB = 20 / 09 \left(\frac{V \text{ mm/s}}{10^{-6} \text{ mm/s}} \right)^2$$

- 1- Bu düzeyde, bakım yapılır.
- 2- Bu düzeyde hemen onarım yapılır.

TİTREŞİM ŞİDDETİ KRİTERİ (10 Hz - 1 kHz)
VDI 2056, 1502372, BS 4675