

Şekerpancarı Hasat Makinalarındaki Başkesme Bıçağı Titreşimlerinin Belirlenmesi*

Yelten YILDIZ¹

Ahmet ÇOLAK²

Geliş Tarihi : 31.01.2001

Özet: Yapılan bu çalışmada şekerpancarı hasat makinası başkesme bıçağına gelen titreşimler belirlenmeye çalışılmıştır. Tarla koşullarında yapılan ölçümlere göre; başkesme bıçağında oluşan doğal frekans 17,59 rad/s olarak ölçülmüştür. Ölçülen bu değer laboratuvar koşullarında ölçülen 452,38 rad/s ve analitik olarak hesaplanan 450,78 rad/s'lik doğal frekans değerlerinin oldukça altında kalmaktadır. Yine denemelerde kullanılan bıçağın normal çalışma koşullarındaki ortalama yer değiştirmesi 0,325 mm olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler : Piezoelektrik, ivme, titreşim, doğal frekans, rezonans, harmonik hareket

Determination of Topping Knife Vibration in Sugar Beet Harvesters

Abstract : The subject of the study is to determine the vibration of topping knife on a sugarbeet harvesters. The results of the measurements under the field conditions indicated that the natural frequency of the topping knife was 17.59 rad/s. This level of frequency is lower than natural frequency was determined in laboratory as 452.38 rad/s and calculated analitically as 450.78 rad/s. Also the vertically displacement of topping knife was found as 0.325 mm.

Key Words: Piezoelectric, accelerometer, vibration analyzer, resonance, natural frequency, harmonic movement

Giriş

Şekerpancarı hasadı el aletleri ya da makine ile yapılabilmektedir. Makine ile hasatta şu dört aşama gerçekleşmektedir;

- Yaprakların ve baş kısmının kesilmesi, kesilmiş olan baş ve yaprakların bir kenara atılması,
- Pancar gövdelerinin topraktan sökülmesi,
- Sökülmüş olan kök-gövdelerin toprak parçalarından temizlenmesi,
- Temizlenen pancarların depolanması

Başkesme sırasında şeker pancarının baş kısmı ve yaprak gözlerinin kökten ayrılması istenmektedir. Çünkü baş kısmının pancar üzerinde kalması ve içerdiği yeşil kısımların gelişmeye devam etmesi, silolama sırasında kök içerisindeki şeker varlığının tüketilmesi anlamına gelmektedir. Yine fabrikadaki işleme sırasında şekerin kristalleşmesine engel olan potasyum, sodyum ve azot bileşikleri gibi şeker dışı maddeler baş kısmında gövdeden daha yüksek oranda bulunmaktadır.

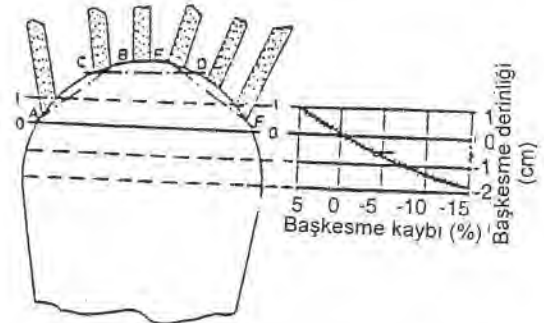
İyi bir başkesme işleminin yapılabilmesi, hasat kalitesi yönünden önemlidir. Tolerans bölgesinin üzerinde yapılan bir başkesme işleminde fabrikasyon için kalitesiz şekerpancarı; tolerans bölgesinin altında yapılan kesimde ise pancar kaybı meydana gelmektedir (Şekil 1).

Şekil 1'de görüldüğü gibi başkesme işleminin normalden 3mm derin yapılması durumunda yaklaşık %2 oranında kayıp meydana gelmektedir. Bir hektarda ortalama 90.000 adet şekerpancarının olduğu ve her birinin ortalama ağırlığı 800 g kabul edildiğinde 1 ha'lık

alanda yaklaşık 1,5 tonluk bir kayıp söz konusu olabilmektedir.

Hasat makinalarının en önemli organlarından biri olan başkesme düzenleri genel olarak üç temel elemandan oluşmaktadır. Bunlar;

- Ayar düzeni,
 - Başkesme bıçağı,
 - Bağlantı kollarıdır.
- başkesme bıçakları ise;
- Açılı bağlanmış düz bıçaklar,
 - Yarımay şekilli bıçaklar,
 - Dönü hareketli disk bıçaklar



Şekil 1. Başkesme yerinin optimum noktadan uzaklaşması durumunda şekerpancarındaki kayıp yüzdesi (Sara, 1965)

*Yüksek Lisans Tez'inden hazırlanmıştır.

¹SES İşitme Cihazları Merkezi.

²Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarım Makinaları Bölümü-Ankara.

olmak üzere başlıca üç tiptir. Uygulamada basit yapıları ve ucuz olmaları nedeniyle açılı bağlanmış düz bıçaklar tercih edilmektedir. Başkesme bıçakları ayar düzenlerine sabit ya da hareketli bağlantılı olarak bağlanabilmektedirler.

Başkesme bıçağında oluşan titreşimler

Hasat işlemleri sırasında başkesme bıçağına etki eden dengelenmemiş kuvvetler nedeniyle bıçakta titreşimler oluşmaktadır.

Titreşim, denge konumu etrafında ortaya çıkan mekanik salınım hareketidir. Hareketli parçalara sahip makinaların ve bu makinalara bağlı yapıların içindeki dinamik kuvvetlerin etkisiyle titreşim oluşmaktadır.

Harmonik bir dış kuvvetin etkimesi durumunda sistem kuvvetin hareketini izlemekte ve dış kuvvetle aynı frekans ile hareket etmektedir. Doğal frekansın altındaki devitim frekanslarında titreşim sisteminin genlikleri frekans arttıkça artmakta ve doğal frekansta maksimum değere ulaşmaktadır. Sistemde sönüm elemanı olmaması durumunda, genlikler teorik olarak sonsuza yaklaşmakta ve 'rezonans' oluşmaktadır.

Makinalar belli bir işi görmek üzere dizayn edilmektedirler. Tasarlandığı işi görmesi için harcaması gereken enerjinin bir kısmını titreşerek kaybetmesi performans kaybına neden olmaktadır. Makinalarda farklı parçalar farklı genlik ve frekanslarda titreşmekte bu da metal yorulması ya da aşınmalara neden olmaktadır.

Toprak ve Belek (1993), çalışmalarında makine performansının belirlenmesinde kullanılabilecek titreşim ölçme yöntemlerini ortaya koymuşlardır.

Titreşim ölçümlerinde temel ilke mekanik enerji şeklinde olan titreşim enerjisini, işlemesi kolay elektriksiz büyüklüklere dönüştürmektir. Yer değiştirme, hız ya da ivmenin zamana bağlı değişimleri ölçülebilmektedir. Bu değerleri analiz edebilmek için zamanın fonksiyonu olan genliği, frekansın fonksiyonu şekline dönüştürmek gerekmektedir. Bu frekans dağılımlarını elde etmek titreşim analizörü tarafından gerçekleştirilebilmektedir. Ölçüm parametresi olarak ivmenin alınması durumunda da ivmenin integrasyonu yöntemiyle yer değiştirme ve hız değerleri bulunabilmektedir. İvmenin birinci integrasyonunda hız, ikinci integrasyonunda ise yer değiştirme elde edilmektedir.

Bu çalışmada şekerpancarı hasadında önemli kayıplara neden olabilecek bıçak düşey titreşimlerinin ölçülmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Başkesme bıçağına gelen titreşimleri algılamak ve dönüştürmek için piezoelektrik tip bir ivme dönüştürücü kullanılmıştır. Verileri toplamak, toplanan verileri kaydetmek ve değerlendirmek için ise Brüel&Kjaer marka ve 2515 tip no'lu titreşim analizörü kullanılmıştır.

Analizörün belleği 100 adet farklı sinyali kaydedebilecek kapasiteye sahiptir.

Şematik görünüşü Şekil 2'de verilmiş olan analizör, 0,3 Hz-20 kHz frekans aralığında ve 8 ayrı kademede ölçüm yapabilmektedir. Titreşim analizörünün bazı teknik özellikleri aşağıda verilmiştir;

- Yatay ve/veya düşey eksenin ölçeği lineer veya logaritmik seçilebilmektedir.
- Düşey eksenin birimi mm, mm/s, mm/s², inch, inch/s, inch/s² veya dB(decibel) olarak seçilebilmektedir.
- Yatay eksenin birimi zaman düzlemi içinde s, frekans düzleminde Hz veya rpm (devir/dakika) olarak seçilebilmektedir.
- Ekranda görülen spektrum üzerinde yatay doğrultuda hareket eden izgi (cursor) ile herhangi bir konumun frekansı ve genliği dijital olarak ekranda okunabilmektedir.
- Analizörün algıladığı sinyalde zamanla küçük değişiklikler söz konusu ise çok sayıda dağılımın ortalamasını alabilmekte ve ekranda ortalaması alınmış olan sinyal dağılımını göstermektedir. Aynı zamanda kaç adet dağılımın ortalamasının alındığı da ekranda dijital olarak izlenebilmektedir.
- Bulunan dağılımın incelenmesi istenilen herhangi bir bölgesi çok karmaşık ise bu bölgenin frekans ekseninde zoom yapılması da olanaklıdır.
- Alınan sinyaller istenildiğinde bilgisayara veya kaydediciye aktarılabilir.

Şekerpancarı hasat makinası

Ölçümler şekerpancarının başkesme, sökme, temizleme, depolama ve yükleme işlemlerini birarada yapabilen hareketini traktör kuyruk milinden alan çekilir tip AKBEL marka PHM 42 model bir hasat makinası ile yapılmıştır.

Hasat makinası ön kısımda bulunan çeki demiri ile traktörün alt hidrolik kollarına yine hasat makinasının üzerinde bulunan hidrolik hortumun ucundaki kaplin ile de traktörün damper hidrolik çıkışına bağlanmaktadır. Traktör hidrolik kollarının yan gergileri hasat makinasının sağa ve sola hareketini önleyecek ve istenilen noktadan aşağı düşmesine olanak vermeyecek şekilde sıkılmıştır.

Başkesme bıçağı ve başkesme düzeni

Denemede uygulamada yaygın olarak kullanılan açılı bağlanmış düz bıçaklar kullanılmıştır. Açılı bağlanmış düz bıçaklar yalnızca bir ucundan başkesme düzenine bağlandıkları için yük altında esneyebilmektedirler. Bu da titreşimleri oluşturan diğer bir neden olarak karşımıza çıkmaktadır. Başkesme düzeni ve açılı bağlanmış düz bıçağın görünüşleri Şekil 3'de verilmiştir.

Ölçüm düzeneğinin oluşturulması

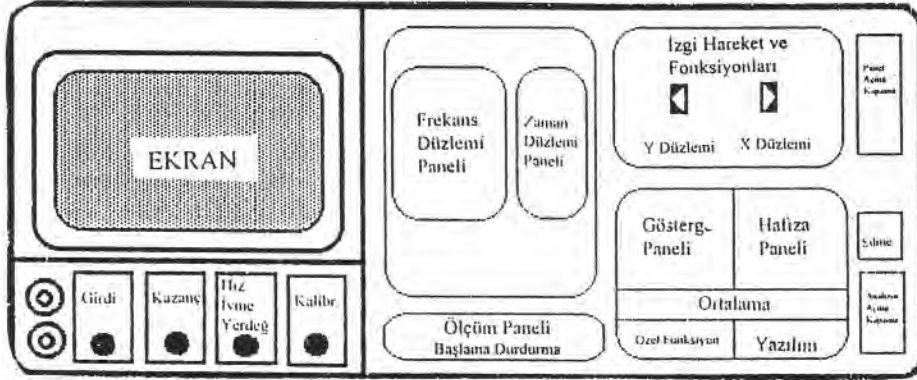
Başkesme bıçağı titreşimlerinin ölçüm sistemi Şekil 4'de şematik olarak verilmiştir.

Şekilde görülen traktörün(1) üç nokta askı sistemine ve hidrolik çıkışına hasat makinası bağlanmaktadır. Bu hasat makinasının başkesme düzenindeki bıçak (2) üzerine konumlandırılan ivme dönüştürücüden(3) alınan sinyaller doğrudan titreşim analizörüne(4) iletilmektedir. Titreşim analizöründe zaman ve frekans dizlemlerinde analiz edilen veriler IEEE kartı ve AO 0265 ara kablosu

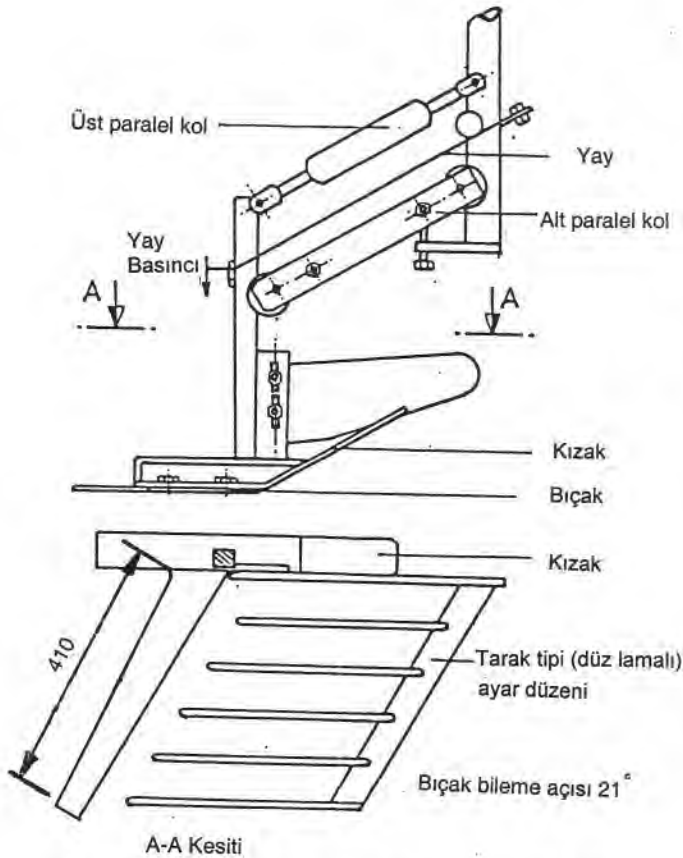
yardımıyla dijital veri formuna dönüştürülmekte ve bilgisayara(5) aktarılmaktadır.

Bıçağın doğal frekansları ve eğilme titreşimlerinin bulunması

Bıçağın eğilme titreşimleri ve doğal frekansları ankastre olarak mesnetlenmiş bir kiriş (Şekil 5) için tanımlanan diferansiyel denklemler ve makinanın bıçak ölçülerine göre yapılan çözümler sonucu analitik olarak belirlenmiştir. Analitik olarak ilk 5 kesişme noktası için belirlenen frekans ve doğal frekans değerleri aşağıdaki gibidir;



Şekil 2. Titreşim analizörünün şematik görünüşü



Şekil 3. Başkesme düzeni ve açılı bağlanmış düz bıçak

$$\omega_1 = 450,78 \text{ rad/s}$$

$$F_1 = 71,744 \text{ Hz}$$

$$\omega_2 = 2825,2 \text{ rad/s}$$

$$F_2 = 449,65 \text{ Hz}$$

$$\omega_3 = 7911,438 \text{ rad/s}$$

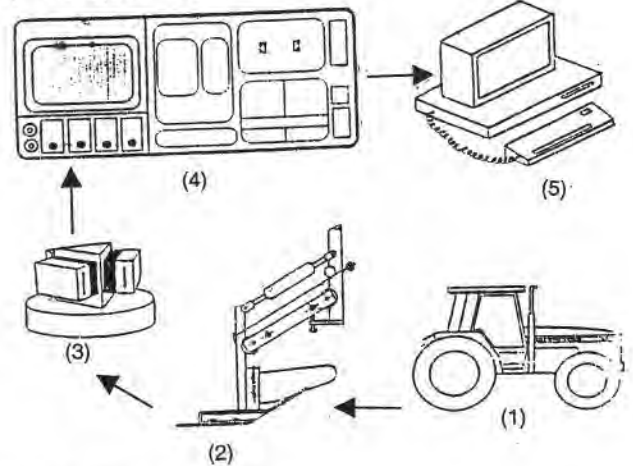
$$F_3 = 1259,15 \text{ Hz}$$

$$\omega_4 = 15503,43 \text{ rad/s}$$

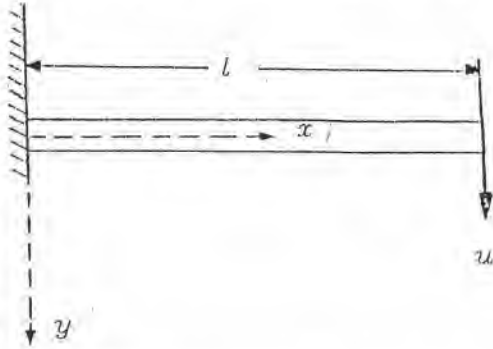
$$F_4 = 2467,47 \text{ Hz}$$

$$\omega_5 = 25625,8 \text{ rad/s}$$

$$F_5 = 4078,51 \text{ Hz}$$



Şekil 4. Titreşim ölçme sistemi



Şekil 5. Bir ucundan ankastre olarak mesnetlenmiş başkesme bıçağı

Başkesme bıçağı doğal frekanslarının deneysel yolla bulunması için bıçak laboratuvarında bir ucundan ankastre olarak mesnetlenmiştir. İvme dönüştürücü bıçak üzerindeki herhangi bir yere konumlandırılarak, bıçağa bir çekiç ile verilen darbe sonucunda oluşan serbest titreşimler analizörde kaydedilmiştir.

Bıçağın doğrudan analizörden alınan doğal frekansları Şekil 6' da verilmiştir. Şekil 6'da görüldüğü gibi sistem 72 Hz frekansta bir tepe noktası oluşturmaktadır. Ölçülen bu tepe noktasında ivme $16,6 \text{ mm/s}^2$ olarak bulunmuştur. Bu konumdaki doğal frekans ise;

$$72 \times 2\pi = 452,38 \text{ rad/s}$$

olarak hesaplanabilmektedir. Analitik yöntemle hesaplanan doğal frekans $450,78 \text{ rad/s}$ ile deneysel olarak ölçülen $452,38 \text{ rad/s}$ arasında çok küçük bir fark bulunmaktadır. Bu fark hesaplamaların başkesme bıçağının kesit boyutlarının eksen boyunca sabit olduğu kabul edilerek yapılmasından ileri gelmektedir. Oysa başkesme bıçağının iki ucu arasındaki genişlik lineer olarak değişim göstermektedir.

Bulgular ve Tartışma

Piezoelektrik ivme dönüştürücü başkesme bıçağı üzerine değişik konumlarda yerleştirilerek yer değiştirme ve hız sinyalleri ile frekans dağılımları ölçülmüştür. Böylece hasat makinası çalışırken alınan titreşim sinyalleri ile sistemin rezonansa gelip gelmeyeceği araştırılmıştır.

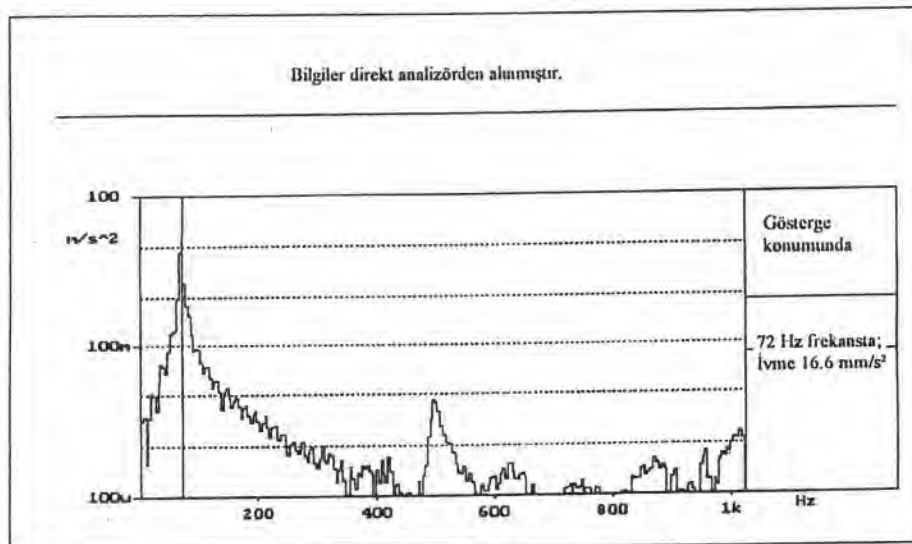
Bu amaçla gerek rölantide gerekse tarladaki normal (3 km/h) çalışma hızında hem başkesme bıçağı üzerinden hem de ana bağlantı aksı üzerinden titreşim sinyalleri alınmıştır.

Traktörün normal çalışma koşullarında başkesme bıçağı üzerinden analizörle alınan yer değiştirme sinyalleri şekil 7'de görülmektedir. Şekil 7'den de anlaşıldığı gibi ortalama yer değiştirme $325 \mu\text{m}$ olarak bulunmuştur. Aynı şekilde traktör rölantide çalışırken frekans düzleminde bıçak üzerinden alınan yer değiştirme sinyali ise şekil 8'de görülmektedir. Grafikten de anlaşıldığı gibi $2,8 \text{ Hz}$ frekans noktasında yer değiştirme $1,19 \text{ mm}$ olarak elde edilmiştir. Ortalama yer değiştirme ise $1,33 \text{ mm}$ dir.

Traktör rölantide çalışırken frekans düzleminde, ana bağlantı aksı üzerinden alınan yer değiştirme sinyalleri de şekil 9'da verilmiştir. Şekil 9'dan da anlaşıldığı gibi ortalama yer değiştirme $490,2 \mu\text{m}$ olarak bulunmuştur. $2,8 \text{ Hz}$ frekansta oluşan yer değiştirme ise $395 \mu\text{m}$ olarak bulunmuştur.

Sonuç

Başkesme bıçağı ve bağlı olduğu mekanizmayı tahrik eden dış kuvvet, makinanın çalışma frekansındadır. Bıçak ve sistemin rezonansa gelmemesi için sistemin doğal frekanslarının makinanın çalışma hızına karşılık gelen doğal frekansla çakışmaması gerekmektedir.



Şekil 6. Başkesme bıçağı doğal frekansları

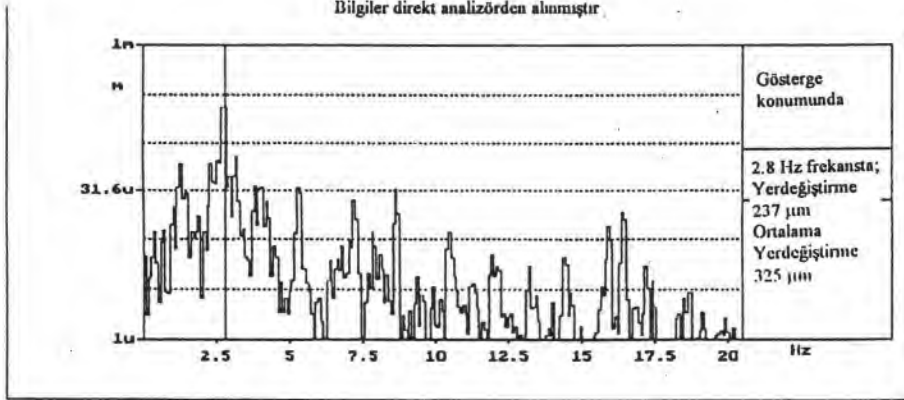
Çakışması halinde rezonans nedeniyle büyük genlikli titreşimler meydana gelmektedir.

Böyle bir durumun oluşmaması için sistemin çalışma hızına karşılık gelen doğal frekans veya sistemin doğal frekansı değişmelidir. Bu da boyut ve geometrideki değişiklikler ile mümkündür.

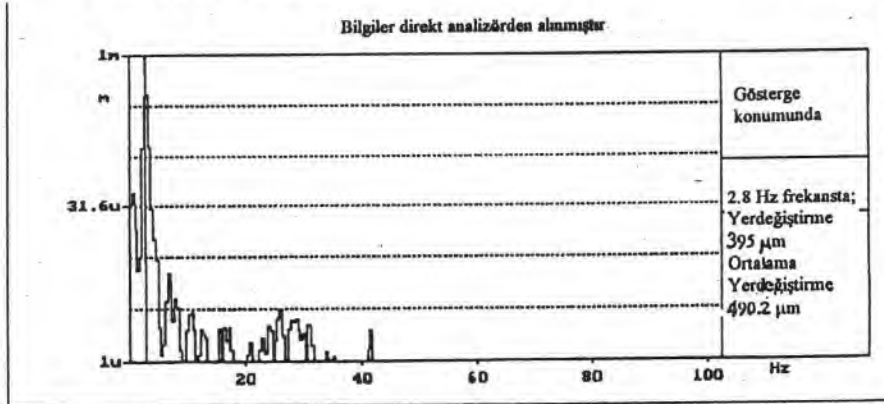
Şekerpancarı hasat makinasının tarlada çalışması sırasında başkesme bıçağı ve çevresinden alınan sinyallere göre 2,8 Hz'de bir tepe noktası oluşmaktadır.

Bu frekans başkesme bıçağının normal çalışma hızındaki doğal frekansı olmaktadır. Bu doğal frekans değeri ($2,8 \text{ Hz} \times 2 \pi = 17,59 \text{ rad/s}$); laboratuvarında ölçülen ($72 \text{ Hz} \times 2 \pi = 452,38 \text{ rad/s}$) ve analitik olarak hesaplanan ($450,78 \text{ rad/s}$) doğal frekans değerlerinden çok küçük olduğundan rezonansa gelme olasılığı bulunmamaktadır.

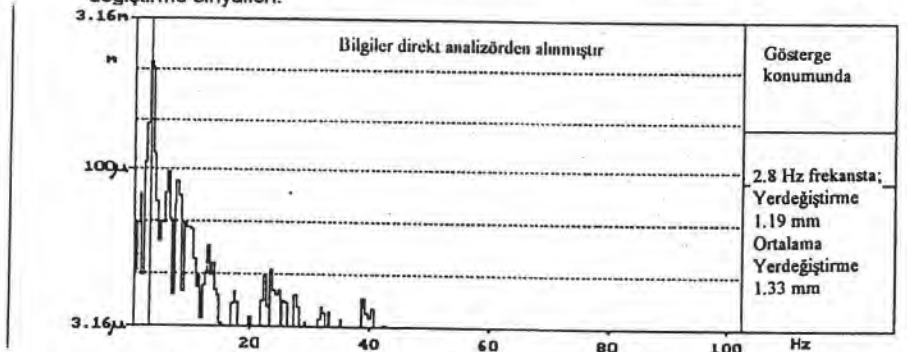
Denemelerde, bıçağın optimum başkesme noktasından 0,325 mm uzaklaştığı tespit edilmiştir. Bu uzaklaşma az miktarlarda olmakla birlikte hem yüzeysel hem de derinden kesilmelere neden olabilecektir.



Şekil 7. Traktörün normal çalışma koşullarında frekans düzleminde başkesme bıçağı üzerinden alınan yer değiştirme sinyalleri.



Şekil 8. Traktör rölantide çalışırken frekans düzleminde başkesme bıçağı üzerinden alınan yer değiştirme sinyalleri.



Şekil 9. Traktör rölantide çalışırken frekans düzleminde ana bağlantı aksı üzerinden alınan yer değiştirme sinyali

Kaynaklar

- Broch, J, T. 1972. Mechanical Vibration and Shock Measurements.Brüel and Kjaer, Denmark.
- Çolak, A. 1990. Şekerpancarı Başkesme Bıçakları Çalışma Koşullarını Etkileyen Temel Karakteristiklerin Tarla Koşullarında Saptanmasına İlişkin Yöntem Geliştirilmesi. Doktora Tezi, Tarımsal Mekanizasyon Anabilim Dalı, Ankara.
- Dokumacı , E. 1981. Vibrasyon, Dizayna Etkileri ve Tarım Traktörlerinde Uygulanması. Sınai Eğitim ve Geliştirme Merkezi Genel Müdürlüğü, Yayın No: 84, Ankara.
- Kanafojski, C. Z. and T. Karwowski, 1976 Agricultural Machines Theory and Construction. Department of Agriculture Warsaw, Poland.
- Saral, A. 1985. Şekerpancarı hasadının mekanizasyonunda görülen tıkanmaları gidermek için bazı öneriler. Tarımsal Mekanizasyon 9.Ulusal Kongresi, Bildiri Kitabı, Adana.
- Steidel, Jr.F. R. 1980. An Introduction to Mechanical Vibrations, University of Oxford, England.
- Toprak, T., ve T. Belek, 1993. Endüstriyel Tesislerde Makine Performansının İzlenmesi ve Bilgisayar Destekli Bakım Planlaması, İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Tse, S.F., E.I. Morse and T.R., Hinkle, 1978. Mechanical Vibrations Theory and Applications, Germany.
- Yıldız,Y. 1996. Şekerpancarı Hasat Makinelerinde Başkesme Bıçağı Titreşimlerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Ankara.