

DENEY 5

HARMONİK KUVVETLE ZORLANMIŞ SÖNÜMSÜZ SİSTEMİN TİTREŞİMİ

1. GİRİŞ

Bir sistemin titreşimi sırasında sistem üzerine dış kuvvet uygulanırsa, sistemin titreşimi zorlanmış titreşim olarak isimlendirilir.

Titreşen bütün fiziksel sistemlerde sürtünme ve sönümlenme etkisi az da olsa vardır. Bu yüzden sistem hareketinin, homojen çözümden gelen kısmı zamanla yok olur. Kısa bir süre sonra, sistem zorlama kuvvetinin frekansında titreşir.

Bu deneyde harmonik kuvvetle zorlanmış, dikdörtgen kesitli bir kirişin zorlanmış titreşimi incelenecek ve analitik sonuçlarla karşılaştırılacaktır.

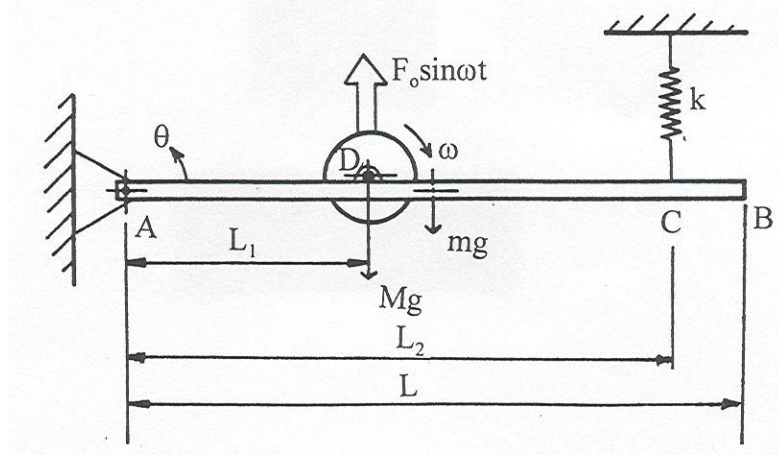
2. TEORİ

Şekil 2.1 de verilen sistem aşağıdaki kısımlardan oluşmaktadır.

- i. Rijit, kütlesi m , uzunluğu L olan ve sol ucundan R mafsall ile bağlanmış AB kirişi.
- ii. Kirişe C noktasında bağlanmış, sabiti k olan yay.
- iii. D noktasında kirişe takılmış, balanssız kütleye sahip diskleri döndüren motor.
(Motorun disklerle birlikte toplam kütlesi = M)

Sistemin hareket denklemi aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\left(\frac{1}{3}mL^2 + ML_1^2 \right) \ddot{\theta} + kL_2^2 \theta = m_u \omega^2 aL_1 \sin \omega t$$



Şekil 2.1 Deney Düzeneğinin Modeli

Buradaki terimler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

θ = Açısal yer değiştirme,

ω = Diskin dönme açısal hızı,

a = Balanssız kütlenin dönme merkezine uzaklığı,

m_u = Balanssız kütle.

Yukarıdaki denklemin terimleri düzenlenirse,

$$\ddot{\theta} + \frac{kL_2^2}{\left(\frac{1}{3}mL^2 + ML_1^2\right)}\theta = \frac{m_u\omega^2 aL_1}{\left(\frac{1}{3}mL^2 + ML_1^2\right)}\sin \omega t$$

ya da,

$$\ddot{\theta} + D\theta = A\sin \omega t \quad (2.1)$$

yazılabilir.

Burada,

$$D = \frac{kL_2^2}{\left(\frac{1}{3}mL^2 + ML_1^2\right)}$$

$$A = \frac{m_u \omega^2 a L_1}{\left(\frac{1}{3} m L^2 + M L_1^2 \right)}$$

olarak tanımlanmıştır.

$t \rightarrow \infty$ ken sistem denkleminin homojen çözümü ortadan kalkar ve sadece özel çözüm kalır. Yukarıdaki denklemin özel çözümü ise aşağıdaki gibidir:

$$\theta = \frac{A}{D - \omega^2} \sin \omega t$$

Burada θ 'nın genliği aşağıdaki gibidir:

$$\theta_{\max} = \left| \frac{A}{D - \omega^2} \right|$$

Hareketin genliği sonsuza giderken rezonans durumu oluşur. Dolayısıyla $D - \omega^2 = 0$ olduğunda rezonans oluşur. Bunun sonucu olarak motorun kritik açısal hızının $\omega = \sqrt{D}$ olduğu görülür. Fakat, pratikte küçük miktarda da olsa sistemin kendisinden gelen sönümleme olduğu için sonsuz genlik elde edilemez.

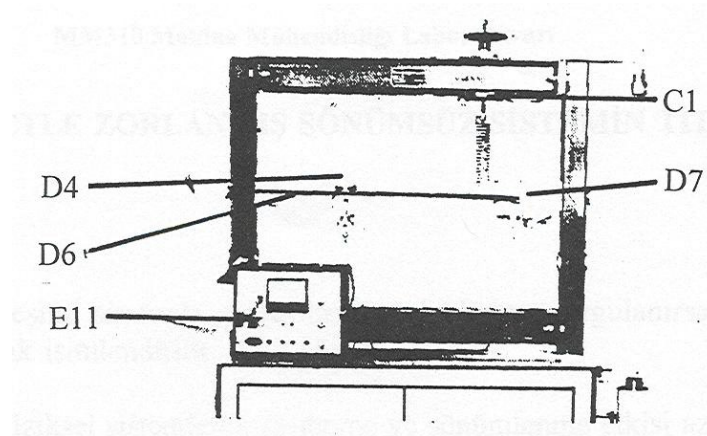
3. DENEY DÜZENEGİ

Şekil 3.1 de görülen deney düzeneği aşağıdaki kısımlardan oluşmaktadır.

Dikdörtgen kiriş (D6): Bir ucu dönen bir yatağa, dıştaki ucu ise yaya bağlanmıştır. Yayın diğer ucu ise, çerçevenin en üstteki elemanına sabitlenmiş olan C1 kelepçesine civatayla bağlanmıştır. Bu kelepçe sayesinde, yayın kirişin ucuna göre olan pozisyonu ayarlanabilir.

Motor ünitesi (D4): Kirişe rijit olarak civatalanmıştır. Ayrıca motorun altına takılmış olan platform üzerinde fazladan kütleler vardır. Zorlayıcı kuvvet, kayışlı sürücü ünitesinin çıkış şaftının üzerindeki balanssız iki diskin döndürülmesiyle sağlanır. Zorlama frekansı ise hız kontrol ünitesi yardımıyla dönme hızını değiştirerek ayarlanır.

Çerçevenin sağ tarafındaki düşey elemanına sabitlenmiş çizici (D7) ile titreşimin grafiği elde edilir.



Şekil 3.1 Deney Düzenekinin Görünümü

4. DENEYİN YAPILIŞI

Eş zamanlı motor üzerindeki elektrik kablosu E11, kontrol ünitesi üzerindeki yardımcı prize takılır. Sonra, C1 braketinin el tekeri ayarlanarak giriş yatay pozisyona getirilir. Çizicinin kalemi kağıda hafifçe değecek şekilde ayarlanır.

Deneyde kullanılan sistem için bazı parametre değerleri aşağıdaki gibidir:

$$M = 4.930 + 0.4n \text{ kg}$$

n = Platform üzerindeki disk sayısı

$$m = 1.922 \text{ kg}$$

$$m_u = 33.051 \text{ g} \quad (2 \text{ adet})$$

$$a = 41.75 \text{ mm}$$

Deneye başlamadan önce, $L_1(m)$, $L_2(m)$ ve $L(m)$, değerlerini ölçünüz. $k(N/m)$ yay sabitini de basit bir deneyle kendiniz bulunuz.

Deney sırasında zorlama frekansının değişik değerleri için aşağıdaki fiziksel büyüklükleri ölçün

- a) Frekans değeri
(Düşük hızlarda motorun devrini sayarak, yüksek hızlarda ise optik takometre)
- b) Hareket genliği
(Çizici kağıdındaki grafikten)

Rezonans durumunu yakalayabiliyor musunuz?

5. RAPOR

Raporunuzda aşağıdaki sonuçlar yer almalıdır:

- Deneyssel olarak ölçülen değerlerden, Boyutsuz Genliğe karşı Frekans eğrisini çizin. Rezonans frekansını bulun ve sönümsüz sistemin hesaplanan tabii frekansıyla karşılaştırın.
- Rezonans tepesinin yüksekliğinden sistemin sönüm oranını bulun. (Not: Sürtünmeler tamamen ortadan kaldırılamadığından az da olsa bir sönüm görülecektir.)
- Rezonans tepesinin sınırlı olmasına sebep olan başka etkenler var mı? Tartışın.

REFERANSLAR

1. Ercan, Y., 'Mühendislik Sistemlerinin Modellenmesi ve Dinamiği', Genişletilmiş İkinci Basım, Literatür Kitabevi, 2003.
2. Meirovitch, 'Elements of Vibration Analysis', Second Edition, McGraw-Hill, Inc., 1986.