

a) Tek Serbestlik Dereceli Titreşim Sisteminin Serbest ve Zorlanmış Titreşim Cevapları Deneyi

Deney düzeneği bir ucundan taşıyıcı kafese dönel bir mafsal ile bağlı bulunan ve diğer ucundan ise bir yay ile kafese asılı olan bir kirişten oluşmuştur. Kiriş üzerinde daha önce sınır şartlarına göre belirlenmiş motor sistemi bulunmaktadır. Motor mili triger dişlisine bağlı olup, triger kayışı ile dönme hareketi, zorlayıcı kuvveti sağlamak amacıyla dengesizliğe sahip diske aktarılmaktadır. Yine buradan daha önce hesaplamaları yapılmış olan ve rulmanlar ile diğer dengesizliğe sahip diske aktarılmaktadır. Ayrıca motorun bağlı bulunduğu nokta üzerine ilave kütleler bağlanabilmesi için gerekli olan aparatta bulunmaktadır. Motor devri, sürücü yardımıyla ayarlanabilmektedir. Sistemde ayrıca bir damper ünitesi mevcuttur. Kirişin titreşim halindeki genlik değerlerini kaydedebilmek maksadı ile kirişin en uç noktasına üç eksenli bir ivmeölçer yerleştirilmiştir. Ayrıca yine kirişin en ucundaki titreşim genliğini ölçmek için lazer deplasman ölçer kullanılmaktadır.



Tek Serbestlik Dereceli Titreşim Sisteminin Serbest ve Zorlanmış Titreşim Cevapları Deneyi Seti

YÖNTEM:

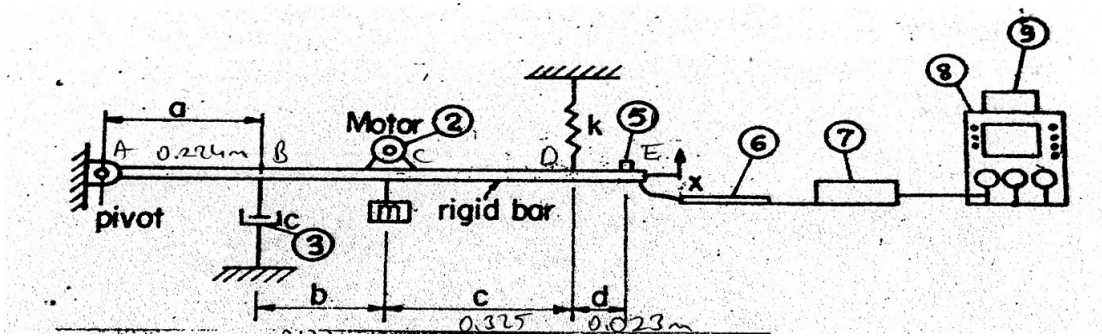
- Deney düzeneğinde kullanılacak olan kütle miktarı, yay ve damper çeşidi belirlenir.
- Deneyde kullanılacak olan yayın yay katsayısı "k" hesaplanır. (0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2 kg yük kullanılacaktır.)
- Sistemin sönüm oranı damperli ve dampersiz şekilde Logaritmik Dekreman (Logarithmic Decrement) yöntemi kullanılarak hesaplanır.
- Motor çalıştırılır ve yavaş yavaş hız artırılarak deneysel olarak sistemin doğal frekansı tahmin edilerek belirlenir.
- Verilen hız bandında Gerekli hesaplamalar yapılarak Tablo.2 ve Tablo.3 doldurulur.
- Deneyde teorik ve deneysel hesaplamalar yapılacaktır.

İSTENİLEN VERİLER:

Ölçülen veriler ve ilgili hesaplamalar kullanılarak;

- Yay katsayısını hesap ediniz. Daha sonra F-x (Kuvvet-Uzama) grafiği çizdirilecektir.
- Sistemin ζ damperli ve ζ dampersiz sönüm değerleri Logaritmik Dekreman (Logarithmic Decrement) yöntemine göre hesaplanacaktır.
- Tablolarda doldurulması için yapılacak tüm hesaplamaları diğer veriler kısmında bulunan formüller ve bağıntılar ile yapınız.
- İki farklı yoldan elde edilen doğal frekansları karşılaştırınız.
- Ekteki örnek grafiklerden faydalanılarak ve elde ettiğiniz değerleri kullanarak r-r²R ve r-R grafiklerini çizdiriniz.
- Sonuç ve Değerlendirme

DİĞER VERİLENLER:



Sistemdeki kütlelerin ağırlık ölçüleri aşağıda verilmiştir:

- Motor disk sistemi kütlesi (mm) = 7,55 kg
- Çubuk kütlesi (mç) = 2,2 kg
- İlave kütle (bir ağırlık için) (mi) = 0,4 kg
- Damper bağlantı parçası kütlesi (md) = 0,3 kg
- Yay bağlantı parçası kütlesi (mk) = 0,3 kg

Buna göre:

Toplam kütle (M= mm+ mi) = kg (ilave ağırlığa göre hesaplanacak)

Kütlesel atalet momenti:

$$J_A = ML_1^2 + \frac{1}{3}m_\zeta L^2 + m_d L_2^2 + m_k L_3^2$$

a + b mesafesi = L₁ = 0,401 metre

a mesafesi = L₂ = 0,224 metre

a + b + c mesafesi = $L_3 = 0,711$ metre

Kirişin toplam boyu = $L = 0,745$ metre

olarak kabul edersek ve A noktasına göre moment alırsak;

$$J_A \ddot{\theta} = \sum (\text{momentler})_A$$

$$J_A \ddot{\theta} = -(k L_3 \theta) L_3 - (c L_2 \dot{\theta}) L_2 + (F_{eq} \sin \omega t) L_1$$

$$J_A \ddot{\theta} + c L_2^2 \dot{\theta} + k L_3^2 \theta = F_{eq} L_1 \sin \omega t$$

(1)

Burada;

J_A Sistemin A'ya göre olan kütlelesel atalet momenti (kgm^2)

$kL_3\theta$ Yay kuvveti (N)

$cL_2\dot{\theta}$ Sönüm kuvveti (N)

$F_{eq}\sin\omega t$ Zorlayıcı kuvvet (N)

$\dot{\theta} = d\theta / dt$ Açısal hız (rad/s)

$\ddot{\theta} = d^2\theta / dt^2$ Açısal ivme (rad/s^2)

Deneyde E noktasının yer değiştirmesi ölçülecektir. Bu yüzden aşağıdaki dönüşüm uygulanır;

$$x(t) = L \theta(t)$$

(1) Numaralı denklem yeniden düzenlenirse;

$$J_A \frac{\ddot{x}}{L} + \frac{c L_2^2}{L} \dot{x} + k \frac{L_3^2}{L} x = F_{eq} L_1 \sin \omega t$$

$$\frac{J_A}{L L_1} \ddot{x} + \frac{c L_2^2}{L L_1} \dot{x} + \frac{k L_3^2}{L L_1} x = F_{eq} \sin \omega t$$

(2)

(2) numaralı denklemdeki terimler eşdeğer elemanlar cinsinden aşağıdaki şekilde yazılabilir;

$$m_{eq} = \frac{J_A}{L L_1} \quad \text{Çubuk+Motor ünitesi + disk sisteminin kütlesi (kg)}$$

$$c_{eq} = \frac{c L_2^2}{L L_1} \quad \text{Eşdeğer sönüm katsayısı (Ns/m)}$$

$$k_{eq} = \frac{k L_3^2}{L L_1} \quad \text{Eşdeğer yay katsayısı (N/m)}$$

$$F_{eq} = m_u e \omega^2 \quad \text{Eşdeğer kuvvet genliği (N)}$$

$$m_u e \quad \text{Disklerin dengesizliği (kgm)}$$

$$\omega \quad \text{Disklerin açısal hızı (rad/s)}$$

DeneySEL sistemde $m_{ue} = 0,005237$ olarak bilinmektedir.

Ayrıca Sistemin genel hareket denklemi aşağıda verilmiştir;

$$m_{eq} \ddot{x} + c_{eq} \dot{x} + k_{eq} x = F_{eq} \sin \omega t \quad (3)$$

Tablo için gereken hesaplamalar:

$$\frac{X}{F_{eq} / k_{eq}} = \frac{X}{X_{st}} = \frac{1}{\sqrt{(1-r^2)^2 + (2\xi r)^2}} = R \quad (4)$$

Burada deney prosedüründe belirtilen $\Omega = r$ olmak üzere;

$$X_{st} = \frac{F_{eq}}{k_{eq}} \quad \text{Statik yer deęiřtirme}$$

$$r = \frac{\omega}{\omega_n} \quad \text{Frekans oranı}$$

$$\omega \quad \text{Zorlayıcı kuvvetin frekansı (rad/s)}$$

$$\omega_n = \sqrt{k_{eq} / m_{eq}} \quad \text{Sistemin doğal frekansı (rad/s)}$$

$$\xi = c_{eq} / 2m_{eq} \omega_n \quad \text{Sistemin sönüm faktörü}$$

$$R \quad \text{Dinamik büyütme faktörü}$$

(4) numaralı eşitlik yeniden şu şekilde yazılabilir;

$$\frac{m_{eq} X}{m_u e} = r^2 R$$

Sistemde iki yolla doğal frekansı belirlenebilir. Bunlardan birincisi k_{eq} ve m_{eq} değerlerini kullanarak yapılan doğal frekans hesabıdır.

$$\omega_n = \sqrt{\frac{keq}{meq}} = \dots$$

Doğal frekansı bulmak için sistem üzerinde uygulanan diğer bir yol ise zorlanmış kuvvet devir sayısı değeri yavaşça artırılarak rezonansa girmeye başladığı değeri gözlemlemektir. Böylece;

$$\omega_n = \frac{\pi \cdot N}{30} \times 0.33$$

Burada;

Devir Sayısı (N) :devir/dakika

Kayış Çevrim Oranı : 0,33

Doğal Frekans (ω_n) : radyan/saniye = Hertz

olarak belirlenir. Yapılan testlerde rezonanstan elde edilen doğal frekans (radyan/saniye) değeri kullanılacaktır.

Not: Diğer deneylerde benzeri formüller ve tablolara ihtiyaç olursa ilgili referanslardan alınacaktır.

Deneyde Kullanılan Ekipmanlar:

- Tek serbestlik dereceli titreşim sistemi deney düzeneği
- Farklı yaylar
- Farklı damperler
- Farklı kütleler
- İvme ölçer
- Lazer deplasman sensörü
- Veri toplama sistemi