

T.C.
SULEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ



MAKİNE TEORİSİ VE DİNAMIĞI LABORATUVARI
DENEY FÖYÜ

DENEY ADI
MEKANİK TİTRESİM DENEYİ

DERSİN ÖĞRETİM ÜYESİ
Doç. Dr. Özgür BAŞER

DENEY SORUMLUSU ÖĞRETİM ELEMANI
Doç. Dr. Özgür BAŞER

Deney Grubu :

Deney Tarihi :

Teslim Tarihi :



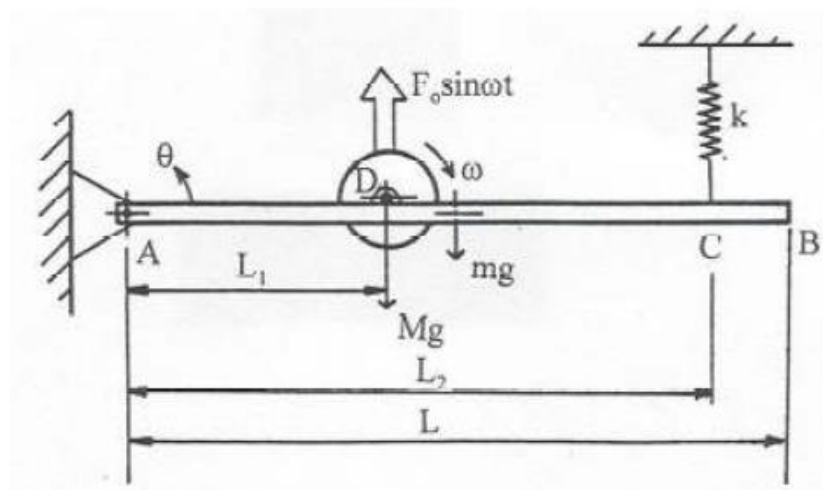
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BOLÜMÜ
MEKANİK TİTREŞİM DENEY FÖYÜ



DENEYİN ADI: Mekanik Titreşim Deneyi

DENEYİN AMACI: Bir ucundan döner mafsalla ve bir noktasından düşey bir yay ile gövdeye bağlanmış bir yatay rijit kirişin serbest ve balanssız kütleyle sahip bir motorla harmonik zorlanmış titreşimlerinin deneysel olarak incelenmesi.

TEORİK BİLGİ: Serbest titreşim, bir başlangıç hareketi verilen ve daha sonra serbestçe salınmaya bırakılan sistemlerde meydana gelen titreşim türüdür. Bir çocuğu salıncakta çekmek ve daha sonra serbest bırakmak serbest titreşim türünün bir örneğidir. Bir sistemin dış kuvvet etkisi altındaki titreşimine ise zorlanmış titreşim denir. Bir sistemde balanssız dönen bir motor ile harmonik bir kuvvete maruz bırakılması zorlanmış titreşime bir örnektir. Titreşim yapan her fiziksel sistemde sürtünmelerden kaynaklanan az da olsa bir sönümlenme etkisi vardır. Bu nedenle sistemin başlangıç koşullarına ve kendi doğal frekansına bağlı hareketi zamanla sönerken bir süre sonra sistem sadece zorlayıcı kuvvetin etkisi ile zorlayıcı kuvvet frekansında titreşimini devam ettirir. Bu deneyde, bir rijit kiriş, yay ve balanssız motorla oluşturulmuş sistemin sürtünmelerden kaynaklı küçük bir sönüme sahip serbest ve harmonik kuvvetle zorlanmış titreşimi deneysel ve analitik olarak incelenecektir.



Şekil 1. Mekanik titreşim deney düzeneği şematik gösterimi

MEKANİK TİTREŞİM DENEY FÖYÜ

Şekil 1'de gösterilen deney sistemi, A noktasında döner mafsalla ve C noktasında dikey bir yay ile gövdeye bağlanmış rijit AB kirişi ve kirişe D noktasında bağlı balanssız kütleyle sahip bir motordan oluşmaktadır.

Kirişin A etrafında yaptığı dönme hareketinin denklemi aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$I_A \frac{d^2\theta}{dt^2} + k L_2^2 \theta = L_1 F_0 \sin \omega t$$

Burada, θ kirişin A etrafında açısal yer değiştirmesi, k yay katsayısı, F_0 balanssız kütleden doğan sinüzoidal kuvvetin genliği ve I_A kirişin A ya göre eşdeğer kütle atalet momentidir ve kütle atalet momenti aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$I_A = \frac{m L^2}{3} + M L_1^2$$

Burada m kirişin kütlesi, M ise motor ve ona bağlı yük askısı ve askıya asılan disklerin toplam kütesidir.

Sistemin doğal açısal doğal frekansı (ω_n) ve doğal frekansı (f_n) sırası ile aşağıdaki formüller ile hesaplanabilir.

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k L_2^2}{I_A}} \quad \left(\frac{rad}{s}\right) \quad f_n = \frac{\omega_n}{2\pi} \quad \left(\frac{1}{s} \equiv Hertz(Hz)\right)$$

Rezonans: Bir sönümsüz sistem doğal frekansına eşit frekansta bir harmonik kuvvetle zorlandığında sistemin hareketinin genliği sonsuza gider. Bu duruma rezonans denir. Yukarıda verilen kiriş hareket denkleminin $t \rightarrow \infty$ iken özel çözümü aşağıdaki gibi bulunur.

$$\theta = \frac{L_1 F_0}{I_A (\omega_n^2 - \omega^2)} \sin \omega t$$

MEKANİK TİTREŞİM DENEY FÖYÜ

Bu denklemde ω_n sistemin doğal frekansı ve ω ise harmonik zorlayıcı kuvvetin açısal frekansıdır. Bu ifadeden $\omega_n^2 = \omega^2$ olduğunda θ nın genliğinin sonsuz olacağı ve dolayısı ile sistemin rezonansa gireceği görülmektedir. Ancak, her sistem az da olsa sürtünmelerden dolayı bir sönüme sahip olacaktır. Sönümlü sistemde rezonans halinde titreşim genliği sonsuz olmaz, ancak büyük bir değere sahip olur.

Sönümsüz titreşim deney sonuçlarında, salınım grafiklerinden belirli zaman aralığında sayılan salınım sayıları (tepe sayıları) kullanılarak sistemin doğal frekansı doğrudan hesaplanabilir. Örneğin 6 saniyelik bir salınım grafiğinden tepeler sayılır daha sonra tepe sayısı (TS) bu 6 saniye değerine bölünerek Hertz cinsinden f_n doğal frekansı hesaplanabilir ($f_n = TS / 6 \text{ sn}$). Hertz birimi cinsinden hesaplanan bu f_n doğal frekansından rad/sn birimi cinsinden olan açısal doğal frekansı hesaplamak için ise Hertz birimi cinsinden bulunan bu f_n doğal frekans ile bir tam tur değeri olan 2π rad. değeri çarpılır ($\omega_n = 2\pi * f_n$). Daha sonrada bu doğal frekans değerini rpm (devir/dk) birimi cinsinden bulmak için ise $30/\pi$ değeri ile çarpılır. Saniye birimi cinsinden periyodu (T) bulmak için de Hertz cinsinden ifade edilen f_n doğal frekansının tersi alınır ($T=1/ f_n$)

Sönüm de dahil titreşim deneyi sonuçlarından açısal doğal frekansı hesaplamak için ise logaritmik düşüş (δ) ve sönüm oranı (ξ) terimlerinin kullanılması gerekmektedir. Logaritmik düşüş, sönüm oranı ve sönümlü sistem açısal doğal frekans değerleri sırası ile aşağıdaki formüller ile hesaplanabilir.

Logaritmik düşüş (δ):

$$\delta = \frac{1}{n} \ln \frac{x_1}{x_n}$$

Burada, n salınım sayısı, x_1 1. genlik ve x_n ise n.inci genlik değerlerine karşılık gelmektedir.

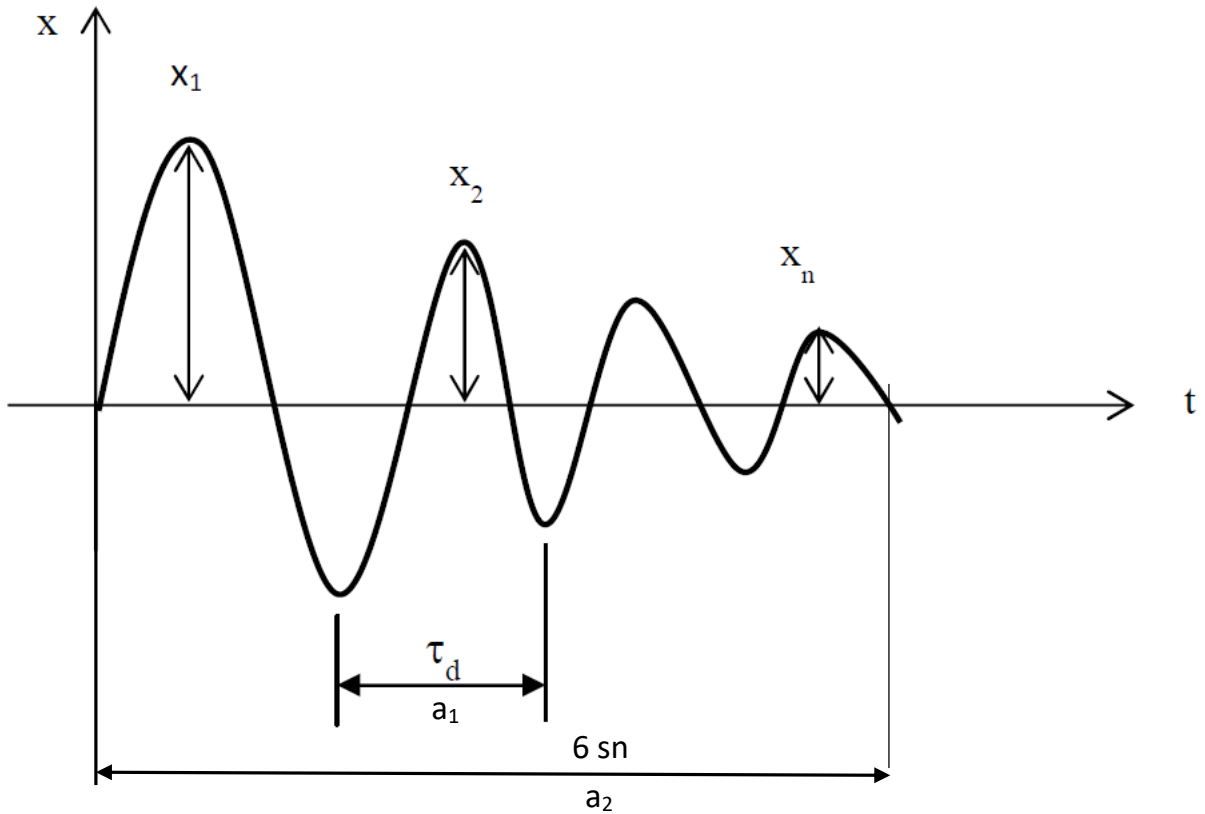
Sönüm oranı (ξ) ise aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$\xi = \frac{\delta}{\sqrt{4\pi^2 + \delta^2}}$$

Sönümlü bir sistemin doğal açısal frekansı (ω_n) ise aşağıdaki formül ile hesaplanır.

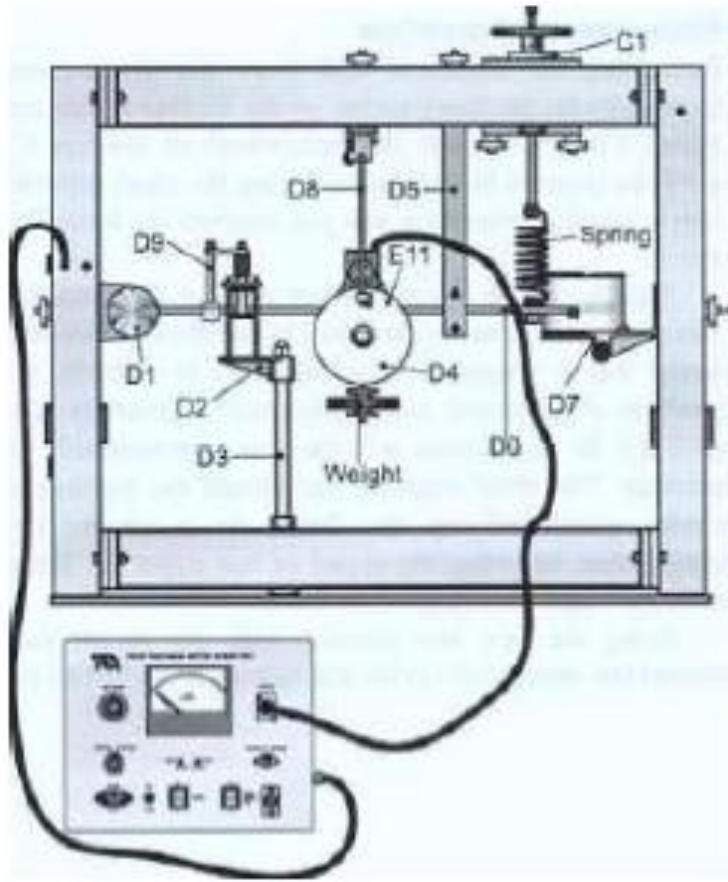
$$\omega_n = \frac{2\pi}{\tau_d \sqrt{1 - \xi^2}}$$

Burada, τ_d sönümlü bir sistemin deney sonuçlarından ölçülen saniye birimi cinsinden sönümlü periyod değeridir. Sönümlü serbest titreşim deney sonuçlarından bu değeri hassas bir şekilde hesaplamak için cetvel ile ölçümler yapılarak oran orantı yöntemi kullanılabilir. Örneğin aşağıda verilen 6 saniyelik bir sönümlü serbest titreşim deney sonucundan $\tau_d = (a_1/a_2) * 6 \text{ sn}$ şeklinde hesaplanabilir (Burada a_1 ve a_2 grafikten cetvelle ölçülen uzunluklardır).



Şekil 2. Örnek bir sönümlü serbest titreşim salınım grafiği (X:genlik, t=zaman)

KULLANILAN DÜZENEK:



Şekil 3. Titreşim deney düzeneği

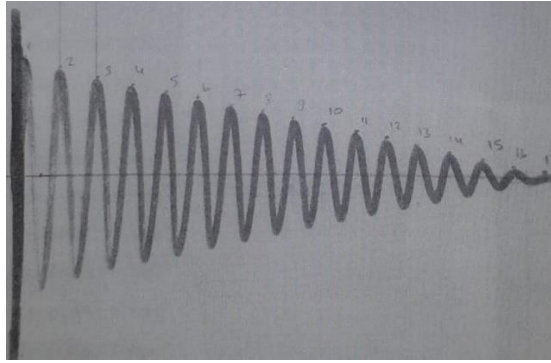
Deney düzeneği (Şekil 3) aşağıdaki kısımlardan oluşmaktadır:

Rijit kiriş (D6): Bir ucu dönen bir yatağa (D1), dıştaki ucuna yakın noktada 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. Motorun altına takılmış olan askı ek kütleler için kullanılmaktadır. Harmonik zorlayıcı kuvvet, motor miline bağlanmış olan balanssız 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.

DENEYDE YAPILAN İŞLEMLER:

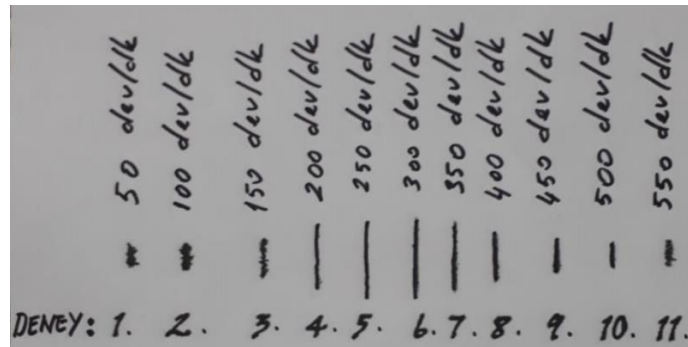
1. L_1 , L_2 ve L uzunlukları ölçülür, motor askısına eklenecek disk sayısı belirlenip kaydedilir (Askıya eklenen disk sayısı her grup için verilecektir).
2. C1 braketinin el tekeri ayarlanarak kiriş yatay pozisyona getirilir.
3. Motor elektrik kablosu kontrol ünitesi üzerindeki yardımcı prizden çekilir.
4. Yay katsayısının bulunması için yayın altındaki askıya diskler asıp yayda meydana gelen uzama miktarları ölçülür.
5. Çizicinin kalemı kâğıda hafifçe değecek şekilde ayarlanır.
6. Kirişin B ucu el ile bir miktar aşağı çekilip bırakılarak serbest titreşim hareketi çizici ile kâğıda 6 saniye boyunca Şekil 4 teki gibi kaydedilir.



Şekil 4. Örnek bir serbest titreşim deney grafiği (Her grup için öğrenciye verilecek)

7. Elde edilen grafik üzerindeki tepe sayısı (TS) belirlenir. Bu sayının 6 sn ye bölümü sistemin yaklaşık doğal frekansını verir ($f_n = TS/6sn$ Hertz ve $\omega_n = 2\pi * f_n$).
8. Açısal doğal frekans değerini daha hassas hesaplamak için logaritmik düşüş ve sönüm oranı formülleri kullanılır.
9. Zorlanmış titreşim deneyleri için motor elektrik kablosu kontrol ünitesi üzerindeki yardımcı prize takılır.
10. Motor devri kontrol ünitesi üzerinden farklı devir/dk değerlerine ayarlayarak Şekil 5 teki gibi farklı zorlanmış titreşim frekanslarında genlikler ayrı ayrı çizdirilir.

Önemli Not: Dikey çizgiler iki genlik değerine karşılık gelmektedir.



Şekil 5. Örnek bir farklı frekanslardaki zorlanmış titreşim genliği sonuçları grafiği (Her grup için öğrenciye verilecek)

DENEY RAPORUNUN HAZIRLANMASI

Tablo 1 Deney sistemi ile ilgili bazı parametre değerleri

L1, L2 ve L uzunlukları	L1 = 0,15 m, L2 = 0,64 m, L = 0,73 m
Kiriş kütlesi (m)	1,939 kg
Motor toplam kütlesi (M)	3,027 + 0,4×Asılan disk sayısı (öğrencilere verilecek) kg

1. Verilen kütle değerlerini ve ölçülen **L1**, **L2** ve **L** uzunluklarını kullanarak I_A kütle atalet momentini kgm^2 biriminde hesaplayın.
 2. Yay için ölçülen kütle ve uzama değerlerini kullanarak bir grafik çizin ve yay katsayısını N/m biriminde hesaplayın.
 3. Sistemin doğal frekansını teorik olarak rad/sn ve devir/dk (rpm) birimlerinde hesaplayın (Yani ω_n yi teorik olarak hesaplayınız).
 4. Deneyin 6. Adımında kaydedilen grafikten sistemin sönümsüz olduğunu varsayarak rad/sn ve devir/dk (rpm) birimlerinde yaklaşık bir doğal frekans hesaplayın (Yani deney grafiğinden sistemin doğal frekansı ω_n yi sistemin sönümsüz olduğunu varsayarak hesaplayınız).
 5. Deneyin 6. Adımında kaydedilen grafikten sistemin sönümlü olduğunu düşünerek rad/sn ve devir/dk (rpm) birimlerinde sistemin doğal frekansını tekrar hesaplayın (Logaritmik düşüş ve sönüm oranı kullanılmalıdır). (Yani deney grafiğinden sistemin doğal frekansı ω_n yi sistemin sönümlü olduğunu varsayarak hesaplayınız).
 6. Deneyin 10. Adımında elde edilen farklı frekanslarda zorlanmış titreşim genlikleri sonuçlarını kullanarak rezonans frekansı değerini rpm (devir/dk) ve rad/sn birimi cinsinden karar veriniz.
 7. Deney sonuçlarını yorumlayınız.
- ❖ **Rad/sn biriminde olan doğal frekansı devir/dk (rpm) birimine dönüştürmek için $30/\pi$ ile çarpılması gerekmektedir.**