

0502309-0506309
ÖLÇME YÖNTEMLERİ

Ders Öğretim Üyeleri

Prof. Dr. Hüsamettin BULUT

Yrd. Doç. Dr. M. Azmi AKTACİR

Kaynak Ders Kitabı:

ÖLÇME TEKNİĞİ (Boyut, Basınç, Akış ve Sıcaklık Ölçmeleri),
Prof. Dr. Osman GENCELİ, Birsen yayınevi.

Ölçme Nedir?

ÖLÇME, Bilinmeyen bir niceliği, bilinen bir nicelikle karşılaştırarak değerlendirme işlemidir.

Ölçme tekniği, karşılaştırma yöntemlerine dayanır, fiziksel büyüklükleri temel alır. Fiziksel büyüklüklerin matematik ile tanımlanıp, kontrol edilmelerine imkân verir.

Ölçme işlemlerinin bütün mühendislik dalları ile yakından ilişkisi vardır. Özellikle laboratuvar çalışmalarında sıkça kullanılır. Mühendislikte ölçme fiziksel bir büyüklüğün niceliğinin, miktarının, sayısal değerlerle belirlenmesinin sağlar.

Ölçme yapılırken; sistem seçimi, ölçme sonuçlarının çeşitli istatistiki yöntemler ile değerlendirilmesi ve ölçmedeki hassasiyetlerin belirlenmesi, ölçme tekniğinin temel konularıdır.

Ölçme tekniklerinde son yıllarda büyük gelişim göstermiştir. 1950'li yıllarda elektronik devrelerdeki, 1960'li yıllarda laser ve optik cihazlardaki, 1970'li yıllarda fiber optik elemanlardaki yenilikler ve bilgisayar ve haberleşmedeki gelişmeler ölçme tekniğinin gelişmeleri olumlu olarak etkilemektedir.

Mühendislikte Ölçme (Measurement):

- • Temel araştırmalarda, uygulamalı bilimde ve mühendislikte deneysel çalışmaların önemi büyüktür.
- • Mühendislikte ölçme, fiziksel bir büyüklüğün niceliğinin, miktarının, sayısal değerlerle belirlenmesini sağlar.
- • Deneyi yapan bir mühendis: ölçme aletlerini, ölçme yöntemlerini, ve deneysel sonuçların değerlendirilmesini iyi bilmelidir.

Neden ölçme

Makine parçalarının veya yapılan herhangi işin görevini yapabilmesi için istenen ölçülerde olması gerekir. Bu amacın gerçekleşmesi içinde imalat sırasında ve sonrasında parçaların ölçülmesi gerekir. Bir anlaşma ve ortak dil olarak kullanılan ölçme işlemine aşağıdaki sebeplerden dolayı ihtiyaç duyulur:

- Üretilen ölçü sınırlarını belirlemek,
- Geliştirilen diğer üretim yöntemlerini kontrol etmek,
- Üretimi yapılan parçanın büyüklüğünü bilimsel olarak ifade etmek için.

Ölçme sistemleri ve araçları geliştirilmeden önce bir cismin varlığı, buyrukluğu ve benzeri özellikleri görme ya da dokunma yoluyla belirlenmekteydi. Ancak bu ölçüm yöntemi, gören ve dokunan kişilerin değerlendirme kabiliyetine göre değişmekte ve bu değişkenlerin belli bir sınırı bulunmaktaydı. Bu farklı değerlendirmeleri ortadan kaldırmak amacıyla ölçü sistemleri ve cihazları geliştirilmiştir.

TEMEL KAVRAM ve TERİMLER

- **Okunabilirlik (Readability) :** Ölçme cihazının okuma skalasının genişliğidir. Aynı alt ve üst okuma sınırları olan ölçüm aletlerinden okunabilirliği büyük olanları tercih edilmelidir.

Bir aletin kadranındaki ölçeğin küçük veya büyük olma özelliği.

Örnek: Aynı karakteristiklere sahip 10 cm uzunluğunda kadranı olan aletin okunabilirliği, kadranı 5 cm olan aletin iki katıdır.

- **En küçük sayı (least count):** Bir aletin en küçük gösterebildiği değer, ölçek birimi. (Ölçeğin iki çizgisi arasındaki en küçük fark)
- **Çalışma aralığı (Range span)**

Aletin çalışabileceği min. ve max. giriş değerleri arasındaki fark.

- **İşlenmemiş veriler (Raw data):** Ölçü aletlerinden doğrudan alınan değerler.
- **Düzeltilmiş veya işlenmiş veriler (Processed data)**

Matematiksel işlemler sonucu gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra elde edilen değerler. İşlenmiş veriler grafiği, çizilmiş bir eğri, bağımlı ve bağımsız değişkenler arası fonksiyonel bağıntı.

Metroloji : ölçüm bilimidir. Ölçümle ilgili her şey **metroloji** alanının için de yer alır. *TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) bulunmaktadır.*

TEMEL KAVRAM ve TERİMLER

- **Duyarlık (Sensitivity) :** Ölçü cihazının ibresinin doğrusal hareket ettiği düşünülürse, duyarlık, ibrenin hareket miktarının ölçülen fiziksel büyüklüğe oranı olarak tanımlanır.
- **Histerizis veya Seyirme (Hysteresis) :** Bir ölçme cihazında herhangi bir değere artarak veya azalarak yaklaşılmaması durumunda ortaya çıkan değer farkıdır. Sürtünme, manyetik etkiler, elastik deformasyon, termal etkiler gibi sebepler ile aletin ölçülen değerinin altında veya üzerinde değerler göstermesi.
- **Kesinlik veya Hassasiyet (Precision) :** Bir ölçme aletinin aynı bir fiziksel büyüklüğe ait tekrarlanan çeşitli ölçümler esnasında aynı değeri verebilme özelliğidir.
- **Doğruluk (Accuracy):** Bir fiziksel özelliğin ölçümünde gerçek değer ile cihazın gösterdiği değer arasındaki farktır. Bir aletin kaç kere ölçme yapılırsa yapılsın gerçek veya tahmin edilmiş büyüklükten belirli bir miktar sapmasına o aletin doğruluğu denir. Diğer bir deyişle aletin doğruluğu , bilinen bir giriş değerinden bir miktar sapmayı gösterir.
- Doğruluk hatası sabit bir hatadır. Belirli bir sayıda ölçmenin ortalaması ile gerçek değer arasındaki fark olarak ifade edilir.

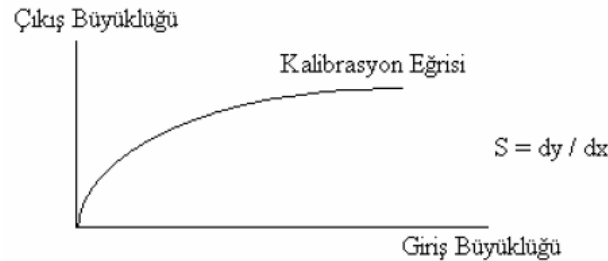
Kalibrasyon (Calibration) :

Bir ölçme aletinin doğruluğunun bilinen değerler ile karşılaştırılarak hataların azaltılması işlemidir. Cihazın ayarlanmasıdır.

□ Bir cihazın üç şekilde kalibrasyonu yapılabilir:

- Temel standartlara göre,
- Daha yüksek doğruluktaki bir cihaz ile,
- Bilinen bir giriş değerine göre, kontrolü, ayarlanması, tamiri ile yapılır.

Kalibrasyon özellikle bilimsel çalışmalarda hata değerlerinin minimum tutulması, deney güvenilirliği ve ölçümlerin doğruluğu açısından çok önemlidir.



Grafik 2. Kalibrasyon eğrisi

Bir ölçme aleti şunlar için kullanılabilir:

- - Bir değişimi gözlemleme : (gaz ve elektrik sayaçları, hava durumu gözlemleme)
- - Bir değişimi kontrol etme (kazan basıncının veya sıcaklığının ölçümü)
- - Deneysel mühendislik işleri (Yeni geliştirilen bir makinanın güç tüketiminin ölçülmesi)

Boyut ve Birimler

Fiziksel büyükler boyutlarla ve boyutlara keyfi atanan değerlerde birimlerle ifade edilir.

En çok kullanılan boyutlar : Uzunluk, Kütle, Sıcaklık, Zaman, ve Akım (temel boyutlar, birincil boyutlar)

Temel boyutlar kullanılarak oluşturulan Türetilmiş Boyutlar (İkincil Boyutlar):
alan=uzunluk*uzunluk, Hız=uzunluk/zaman, ivme=hız/zaman,
Kuvvet=kütle*ivme, basınç=kuvvet/alan

- 1- Uluslar arası Birim Sistemi- Metrik-SI Sistem
- 2- İngiliz Birim Sistemi

Boyut ve Birimler

| BOYUTLAR | | BİRİMLER | |
|-----------------------------------|-------|----------|-----------------|
| | | SI | İngiliz sistemi |
| kütle (mass) | m | kg | lbm |
| uzunluk (length) | L | m | ft |
| zaman (time) | t | s | s |
| sıcaklık (temperature) | T | K | R |
| | | | |
| elektrik akımı (electric current) | I | A | |
| ışık şiddeti (luminous intensity) | I_v | cd | |
| madde miktarı (amount of matter) | | mol | |

Birincil (ana) boyutlar

primary (fundamental) dimensions

SI: Le Systeme International d'Unites (International System of Units)

Başlıca SI Türetilmiş Büyüklükleri ve Birimleri

BÜYÜKLÜK

ALAN
HACİM
HIZ
İVME
YOĞUNLUK
AKIM YOĞUNLUĞU
AYDINLATMA
FREKANS
KUVVET
BASINÇ GERİLME
ENERJİ İŞ
GÜÇ
ELEKTRİK YÜKÜ
POTANS FARKI
ELEKTRİK DİRENCİ
KAPASİTANS
MAGNETİK AKI
MAG.AKI YOĞ.
İNDÜKTANS
IŞIK AKISI
DİN. VİSKOSİTE
MOMENT
ISIL İLETKENLİK
PERMİTİVE

SI BİRİM ADI

METREKARE
METREKÜP
METRE/SANİYE
METRE/SANİYE KARE
KİLOGRAM/METRE³
AMPER/METRE²
KANDELA/METRE²
HERTZ
NEWTON
PASCAL
JOULE
WATT
COULOMB
VOLT
OHM
FARAD
WEBER
TESLA
HENRY
LÜMEN
PASCAL.SANİYE
NEWTON.METRE
WATT/M²K
FARAD/METRE

SEMBOL

M²
M³
M/S
M/S²
KG/M³
A/M²
CD/M²
HZ
N
PA
J
W
Q
V
Ω
F
WB
T
H
LM
PA.s
N.m
W/(m.K)
F/m

Boyut ve Birimler

ÖLÇME SİSTEMLERİ VE TASAKIMI

SI Temel Birimleri

METRE

- Metre (m), uzunluğa ait temel ölçü birimidir.
- Bir metre, ışığın boşlukta saniyenin $1/299,792,458$ 'i kadar sürede aldığı yolun uzunluğudur.
- ÜME ve bir çok metroloji enstitüsünde metre standardını oluşturmak için he-ne lazer kullanılır.

KİLOGRAM

- Kilogram (kg), kütleyle ait temel ölçü birimidir.
- Bir kilogram, uluslararası kilogram prototipinin kütlesidir. Kilogram prototipi Paris'te bulunan Ölçü ve Ağırlıklar Bürosu'nda (BIPM) muhafaza edilmektedir.
- Türkiye'ye ait kilogram prototipinin numarası 54'dür ve ÜME'de muhafaza edilmektedir.
- 1990-1993 arasında yapılan ölçümlerde bu prototipin ağırlığı $1.000\ 000\ 234\ \text{kg}$ bulunmuştur. (Belirsizlik: $0.000\ 000\ 024\ \text{kg}$)

SANIYE

- Saniye (s), zamana ait temel ölçü birimidir.
- Bir saniye, sezyum 133 cs atomunun, temel enerji durumunda iki süper ince düzeyi arasındaki geçişe karşılık gelen ışımının $9.192.631.770$ periyodluk süresidir.

AMPER

- Amper (A), elektriksel akım şiddetine ait temel ölçüm birimidir
- Bir amper, boşlukta birbirlerinden bir metre uzaklıkta bulunan, kesitleri ihmal edilebilecek kadar küçük silindirik iki paralel iletkenin geçirdiğinde, bu iletkenler arasında metre başına 2×10^{-7} newton'luk bir kuvvet oluşturan, zamana bağlı olarak değişmeyen elektrik akım şiddetidir.

KELVİN

- Kelvin ($^{\circ}\text{K}$), termodinamik sıcaklığa ait temel ölçü birimidir.
- Bir kelvin, suyun üçlü noktasının termodinamik sıcaklığının 273.16 'da biridir.

KANDELA

- Kandela (cd), ışık şiddetine ait temel ölçü birimidir.
- Bir kandela 540×10^{-12} hertz'lik bir titreşime sahip monokromatik bir ışık kaynağının 1 steradyanlık katı açıda sağladığı aydınlatma şiddetinin $1/683$ 'üdür

MOL

- Mol madde miktarına ait temel birimdir.
- Bir mol, 0.012 gram karbon-12 içerisindeki atom sayısıdır.

Boyut ve Birimler

| SI Birimlerinde Standart Önekler | | | |
|----------------------------------|---------|-------|------------|
| tera | (tera) | T | 10^{12} |
| giga | (giga) | G | 10^9 |
| mega | (mega) | M | 10^6 |
| kilo | (kilo) | k | 10^3 |
| santi | (centi) | c | 10^{-2} |
| mili | (milli) | m | 10^{-3} |
| mikro | (micro) | μ | 10^{-6} |
| nano | (nano) | n | 10^{-9} |
| piko | (pico) | p | 10^{-12} |

1kJ = 1000 J
1 kPa = 10^3 Pa
1 bar = 10^5 Pa = 100 kPa

2555000 kW=2555 MW=2.555 GW

0.0000025 m=0.00025 cm=0.0025 mm= 2.5 μ m

ÖLÇME SİSTEMLERİNİN GENELLEŞTİRİLMESİ

Genel bir ölçme sistemi:

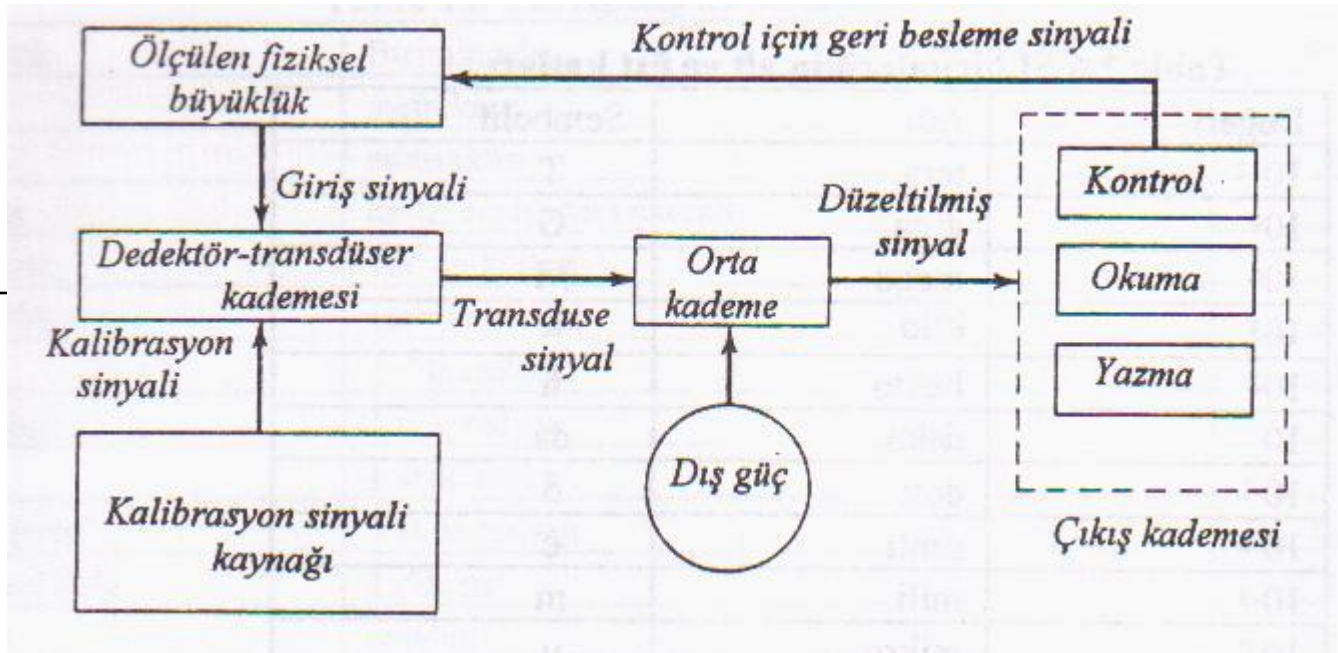
1. Duyarlı ölçü elemanı (Detector): Fiziksel değişkeni algılayarak kullanışlı bir sinyal haline dönüştürür.

-Sinyal çevirici (Transducer)

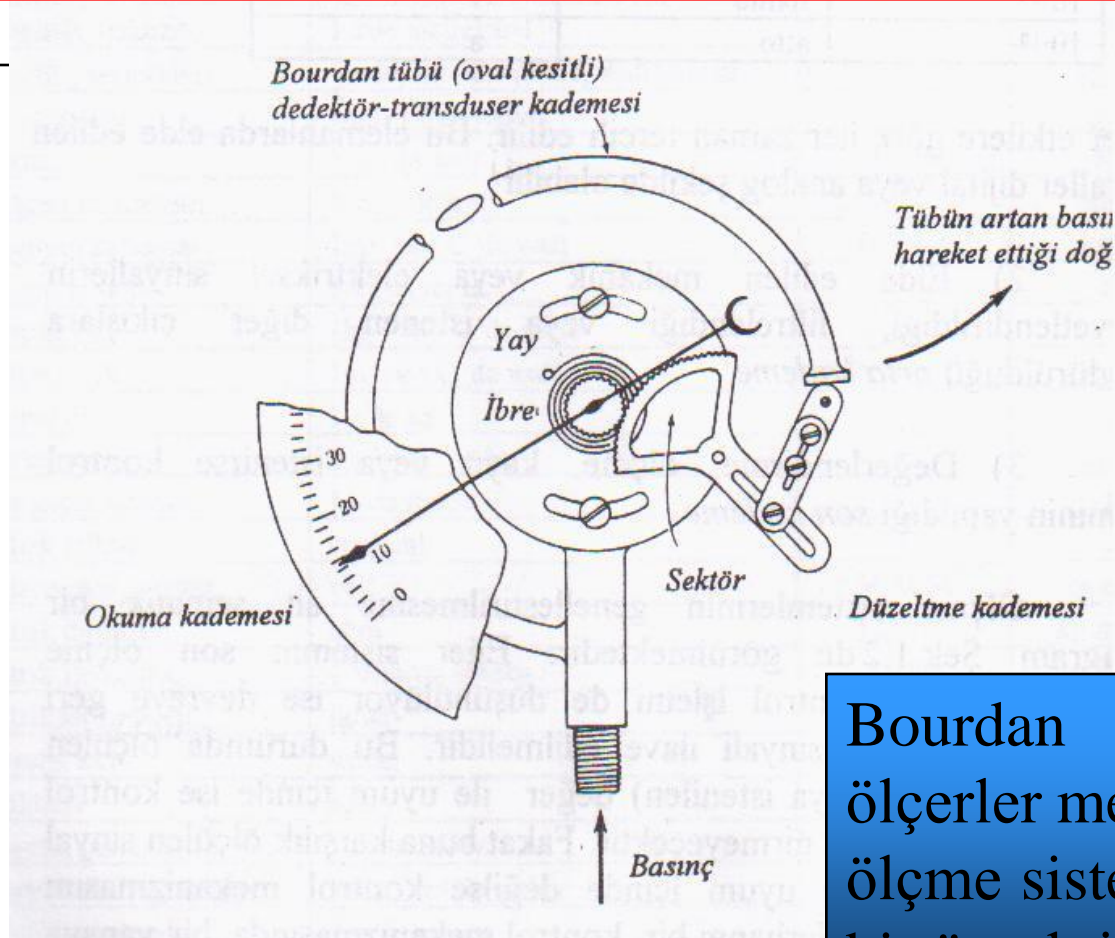
2. Düzenleyici kısım: Alınan sinyali amplifikasyon, filtrelemegibi değişiklikler ile daha kullanışlı hale getirir.

3. Değerlendirme kısmı: Ölçülen değer kaydedilmesi, kontrol cihazına verilmesi, göstergeden okunması için gerekli teçhizatı ihtiva eder.

ÖLÇME SİSTEMLERİNİN GENELLEŞTİRİLMESİ



ÖLÇME SİSTEMLERİNİN GENELLEŞTİRİLMESİ



Bourdan tipi basınç ölçerler mekanik ölçme sistemlerine ait bir örnektir.

ÖLÇME SİSTEMLERİNİN GENELLEŞTİRİLMESİ

Sinyal (Güç) Çevirici (Transducer):

Fiziksel değişken değerlerini, eşdeğer elektrik sinyallerine dönüştüren cihazlardır.

- Analog sinyal (Analog signal):
sürekli (continuous): $f(t)$

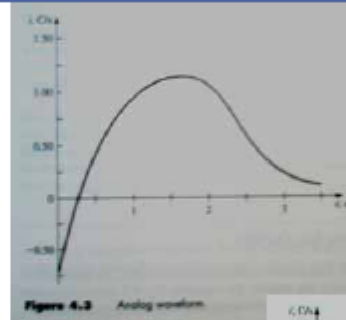


Figure 4.3 Analog waveform.

- Dijital sinyal (Digital signal):
sürekli olmayan (discrete): Δt

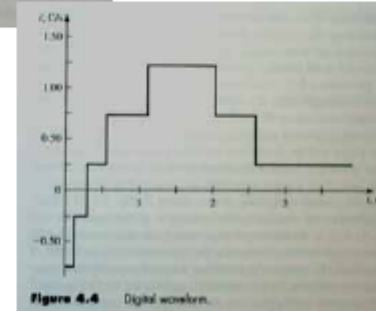


Figure 4.4 Dijital waveform.

ÖLÇME SİSTEMLERİNİN GENELLEŞTİRİLMESİ

Elektriksel bir gerilimin ölçülmesi voltmetre

- Dedektör kademesi: İki tel ve iki uygun terminal
- Orta kademe: yükseltici (amplifikatör)
- Son kademe: voltajın ölçüldüğü bir voltmetre

Günümüzde elektronik voltmetreler yükseltici ve ölçme kısımları tek bir parça halinde yapılmaktadır.

STATİK ve DİNAMİK ÖLÇME

- • Statik ölçme: zamanla çok yavaş değişen veya değişmeyen fiziksel büyüklüklerin ölçülmesi
-

Örnek: Sabit yük altında bir kirişin deformasyonunun ölçülmesi

- Bir ölçme cihazının ölçme süresi, fiziksel büyüklüğün değişme süresinden daha kısa ise ölçme statiktir.

- • Dinamik ölçme: ölçme esnasında ölçülen fiziksel büyüklüğün değişimi söz konusu iken yapılan ölçüm

Örnek: Bir borudan akan akışkanın hızı; titreşen bir kirişin deformasyonunun ölçülmesi

- Dinamik ölçüm sistemleri, 0., 1. ve 2. mertebeden diferansiyel denklemlerle ifade edilebilecek şekilde davranış gösterir.

Fiziksel büyüklüğün değeri zamanla değişmiyorsa bu sistem statik olarak adlandırılır.

Fiziksel büyük zamanla değişiyorsa Dinamik sistem olarak adlandırılır.

ζ → sönümlenme katsayısı (damping ratio)

Örnek:

Harmonik giriş fonksiyonuna (**harmonic function input**) göre, 2. dereceden sistemlerin cevapları:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + c \frac{dx}{dt} + kx = F_0 \cos(\omega_1 t)$$

$$F = F_0 \cos(\omega_1 t) \quad \rightarrow \text{giriş (input)}$$

$$x(t) = \frac{(F_0 / k) \cos(\omega_1 t - \phi)}{\{[1 - (\omega_1 / \omega_n)^2]^2 + [2\zeta(\omega_1 / \omega_n)]^2\}^{1/2}} \quad \rightarrow \text{çıkış, cevap (output)}$$

$$x(t) = x_0 \cos(\omega_1 t - \phi) \quad \rightarrow \text{çıkış, cevap (output)}$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{2\zeta(\omega_1 / \omega_n)}{1 - (\omega_1 / \omega_n)^2} \quad \rightarrow \text{faz açısı (phase angle)}$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \rightarrow \text{doğal (tabii) frekans (natural frequency)}$$

$$\zeta = c / 2\sqrt{mk} \quad \rightarrow \text{sönümlenme katsayısı (damping ratio)}$$

$$\frac{x_0}{F_0 / k} = \frac{1}{\{[1 - (\omega_1 / \omega_n)^2]^2 + [2\zeta(\omega_1 / \omega_n)]^2\}^{1/2}}$$

→ çıkış genliğinin giriş genliğine oranı (Ratio of output to input amplitude)

$$\omega_r = \omega_n [1 - \zeta^2]^{1/2} \quad \rightarrow \text{gerçek osilasyon frekansı (ringing frequency)}$$

