



# TEHNICI DE MENTENANTA PREDICTIVA

2010-2011

Mentenanța sistemelor  
industriale - Curs 3

1



**Tehnici  
utilizate**

**Analiza vibrațiilor**

**Analiza fluidului de ungere**

**detectarea zgomotului ultrasonic**

**Termografia**

**Metode specifice  
sistemelor electrice**

**Analiza  
spectrului de  
armonici al  
curentului de  
fază**

**Măsurarea  
impedanței  
complexe**

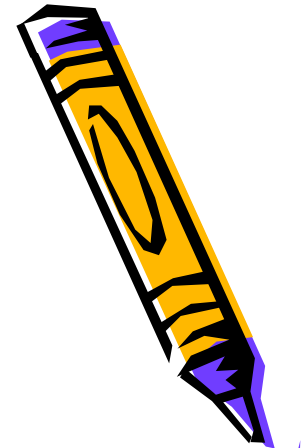
**Măsurarea  
rezistenței  
de izolație**



2010-2011

Mentenanța sistemelor  
industriale - Curs 3

2



# ANALIZA VIBRATIILOR

➤ Orice sistem mecanic aflat în mișcare generează un anumit profil de vibrații care reflectă modul său de operare.

detectarea unor defecte de fabricație

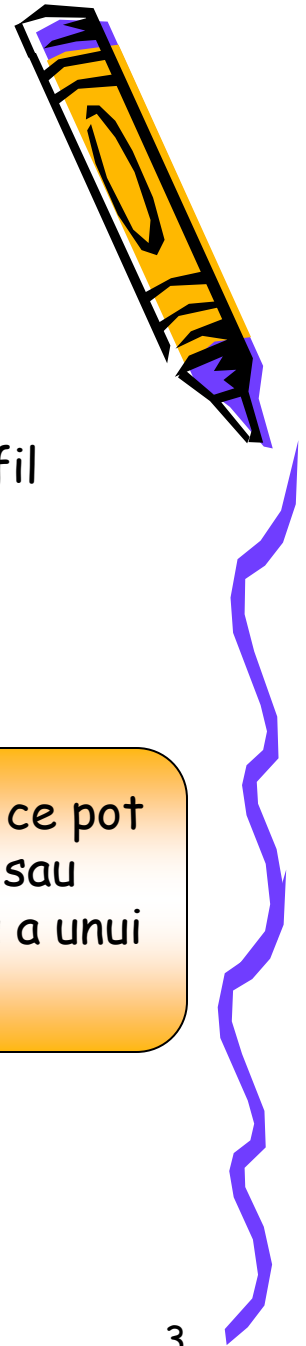
evitarea defectelor în funcționare ce pot duce la pierderea, recuperabilă sau irecuperabilă a capacității de lucru a unui sistem/proces



2010-2011

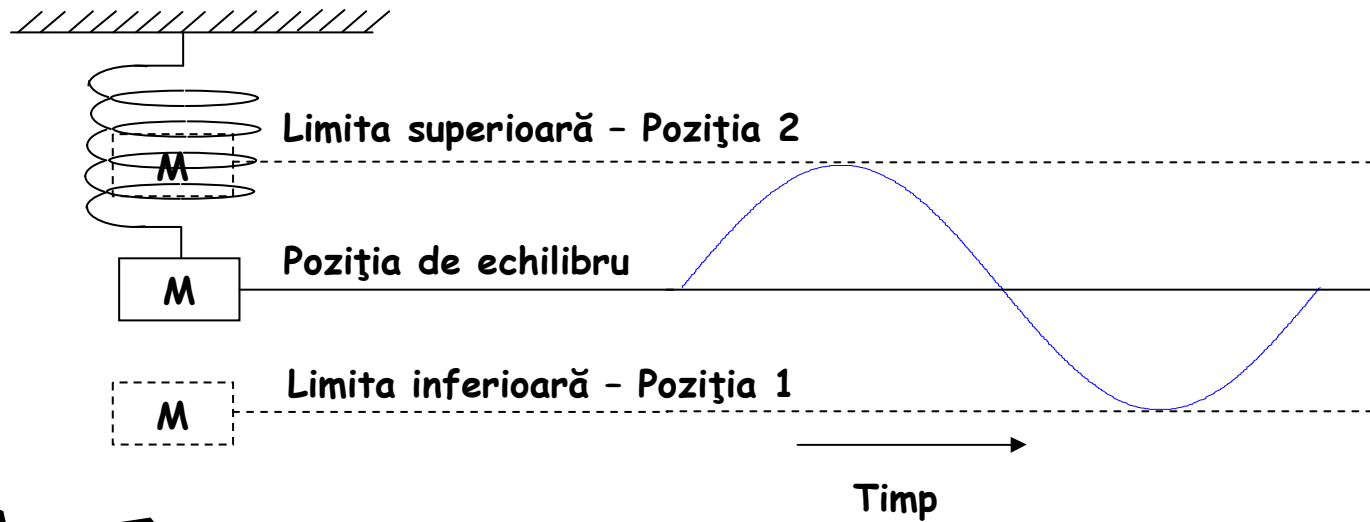
Mentenanța sistemelor industriale - Curs 3

3



# TEORIA VIBRATIILOR

Vibratia - mișcare repetitivă a unui obiect în jurul poziției sale de echilibru



2010-2011

Mentenanța sistemelor  
industriale - Curs 3

## Descrierea vibrațiilor

$$X(t) = A \sin(2\pi ft + \varphi)$$

*Amplitudine*

*Frecvența* - numărul de oscilații complete în unitatea de timp

*Faza* - definește poziția corpului în raport cu un altul la un anumit moment de timp

*Perioada, T*, a mișcării oscilatorii reprezintă timpul necesar executării unei oscilații, și anume: poziția de echilibru - poziția superioară - poziția de echilibru - poziția inferioară - poziția de echilibru ( $1/f$ )

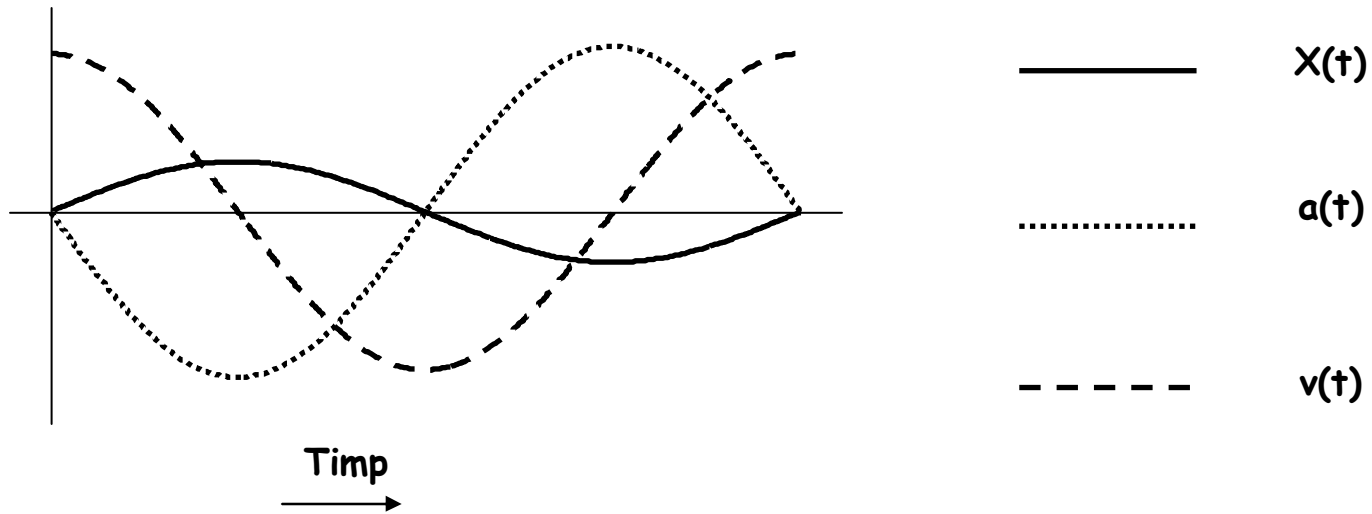


2010-2011

Mentenanța sistemelor  
industriale - Curs 3

5





**Viteza**

$$v(t) = \frac{dX(t)}{dt} = 2\pi f A \cos(2\pi f t + \varphi) = v_{max} \cos(2\pi f t + \varphi)$$

**Acceleratia**

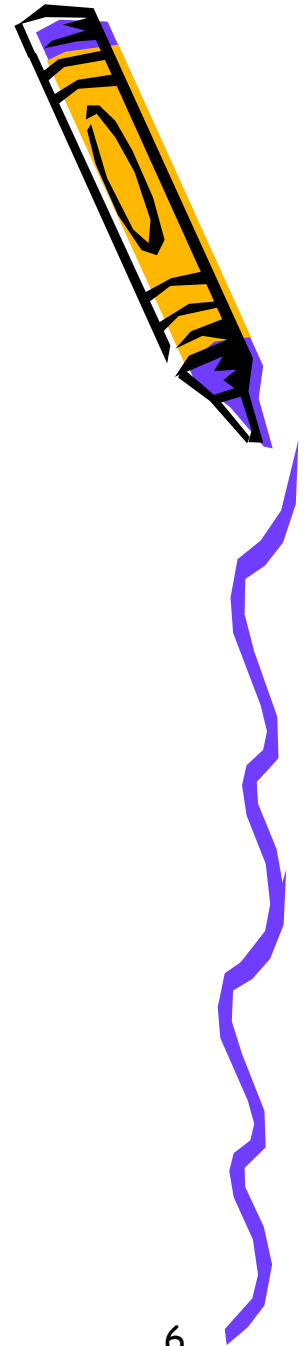
$$a(t) = \frac{dv(t)}{dt} = -2\pi f v_{max} \sin(2\pi f t + \varphi) = -a_{max} \sin(2\pi f t + \varphi)$$



2010-2011

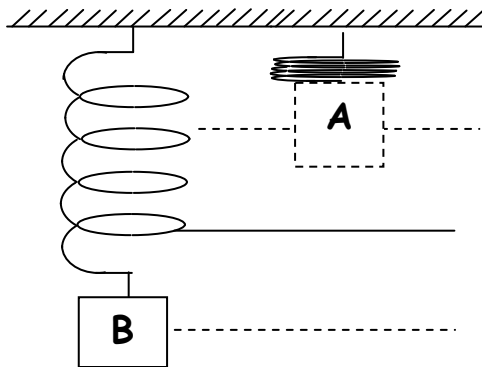
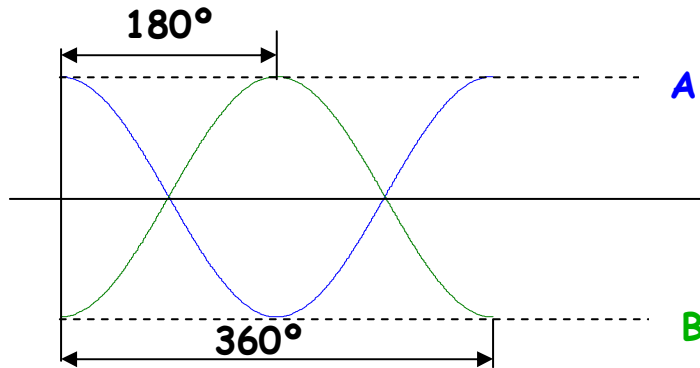
Mentenananta sistemelor  
industriale - Curs 3

6



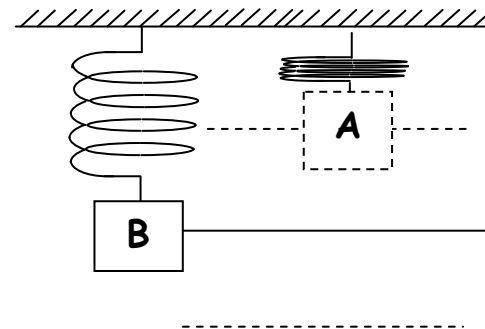
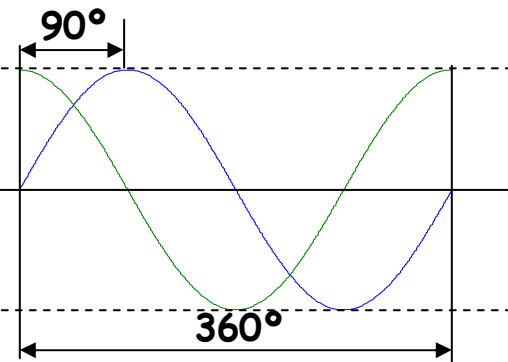
$$X_A = A \sin\left(2\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$X_B = A \sin(2\pi t + \pi)$$

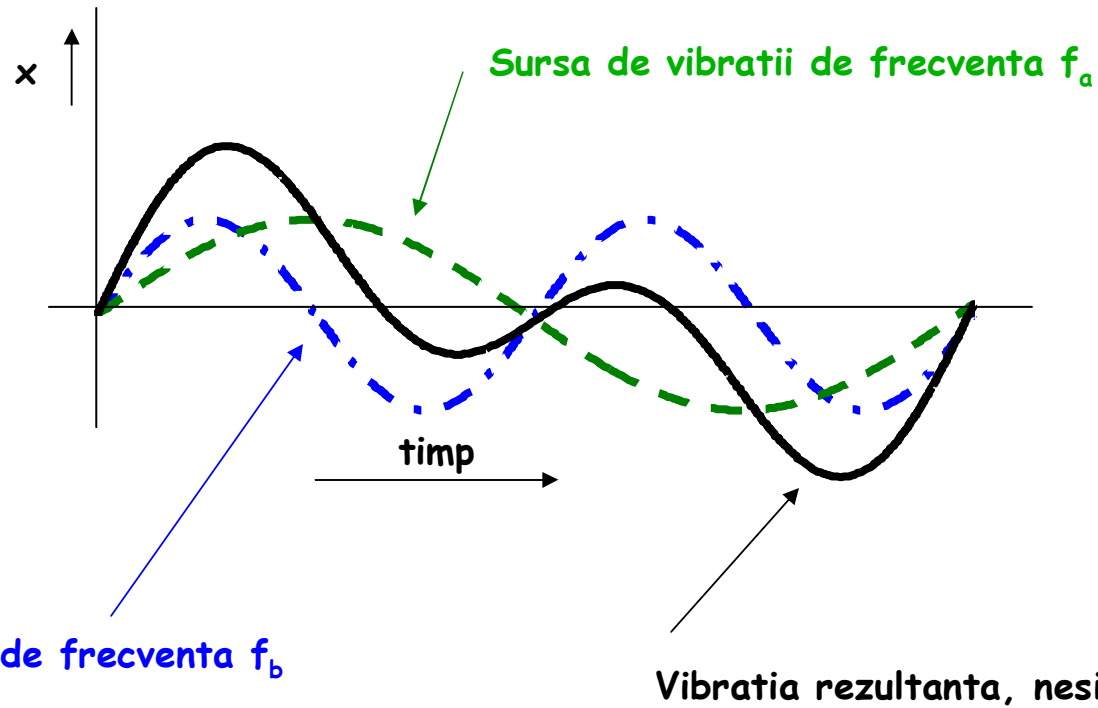


$$X_A = A \sin\left(2\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$X_B = A \sin(2\pi t)$$



## Compunerea vibratiilor

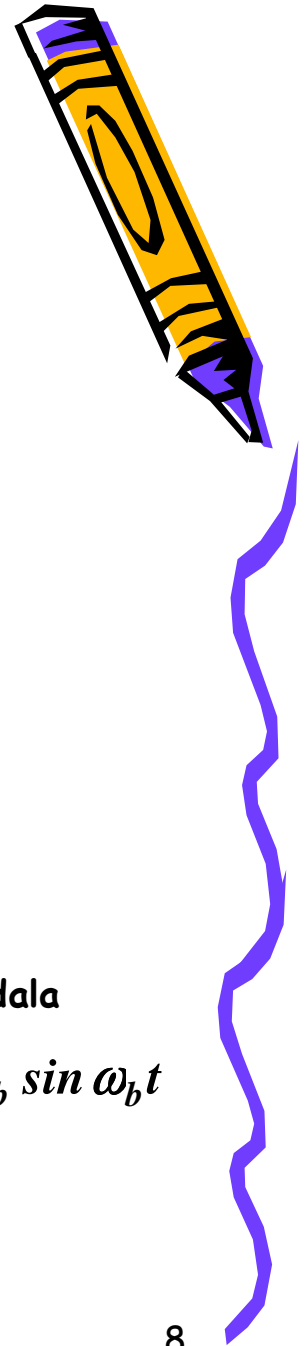


$$x(t) = x_a(t) + x_b(t) = X_a \sin \omega_a t + X_b \sin \omega_b t$$



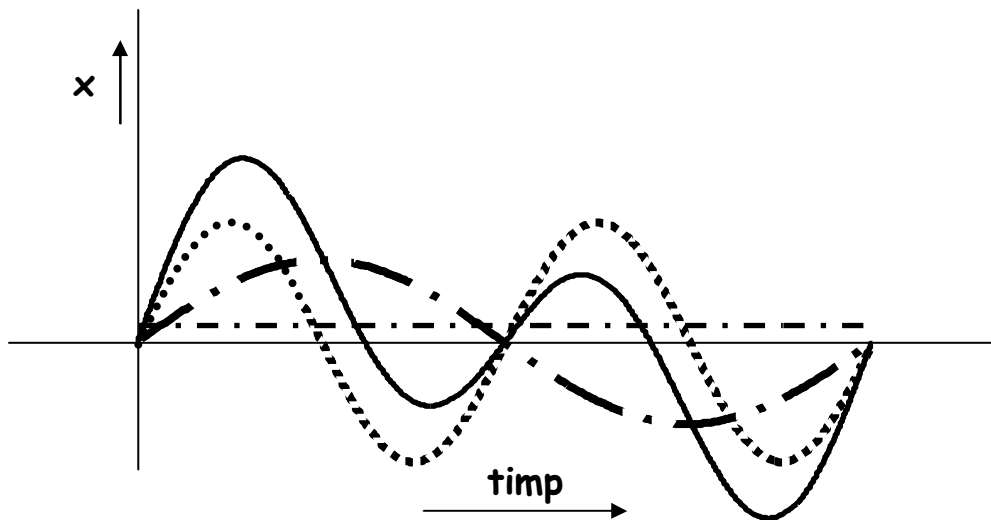
2010-2011

Mentenananta sistemelor  
industriale - Curs 3





## Componente spectrale ale vibratiilor



- $x_0$  - componenta continua
- .....  $x_1$  - armonica de ordin intai
- · - ·  $x_2$  - armonica de ordin 2
- $x$  - semnalul ce reprezinta rezultanta vibratiilor asupra unui corp

Reprezentare in  
domeniul timp

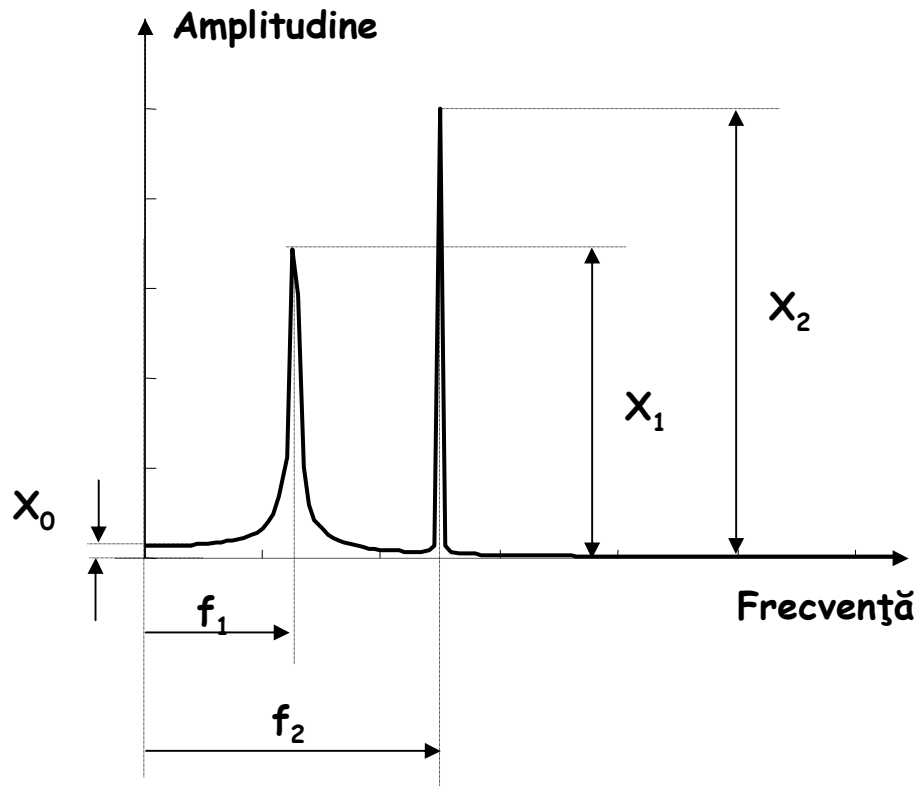
*profil al  
vibrațiilor  
(vibration  
profile)*



2010-2011

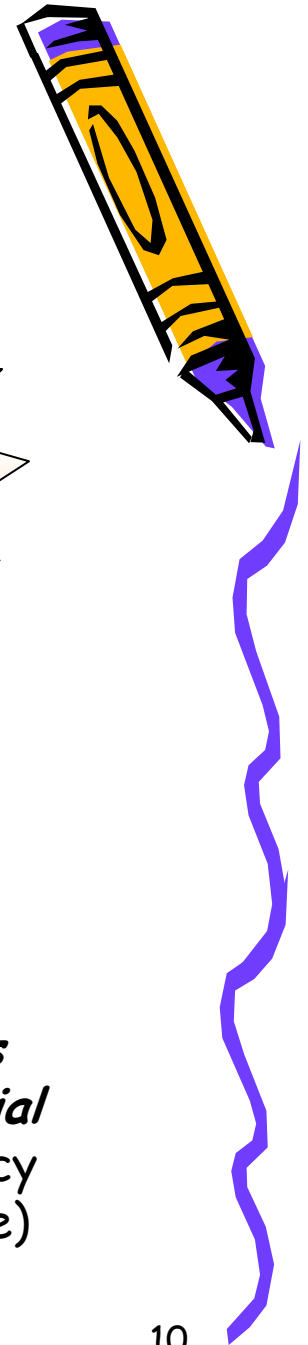
Mentenanța sistemelor  
industriale - Curs 3

9

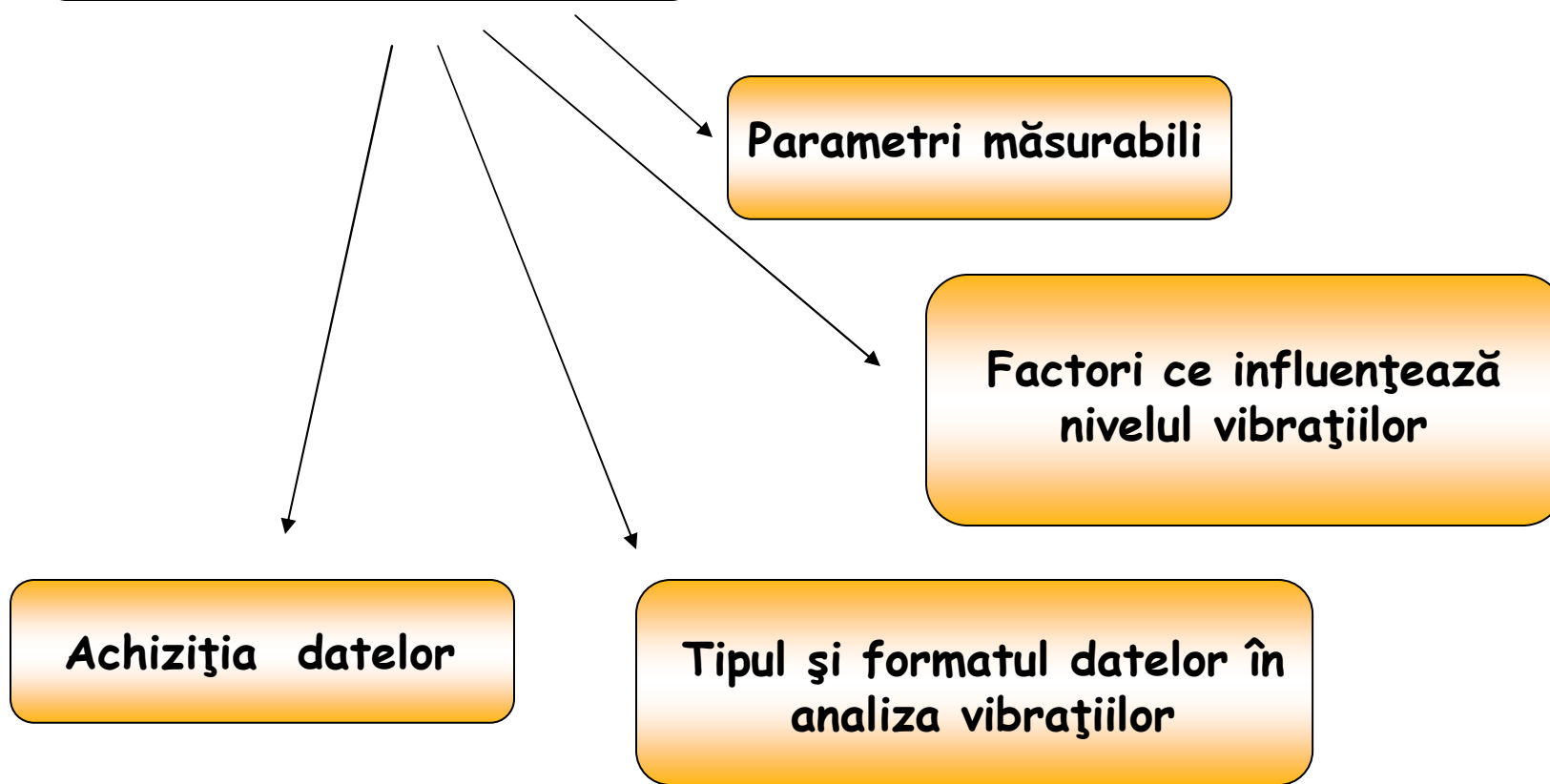


Reprezentare in  
domeniul  
frecventa

*răspuns  
frecvențial  
(frequency  
signature)*



# ANALIZA VIBRATIILOR

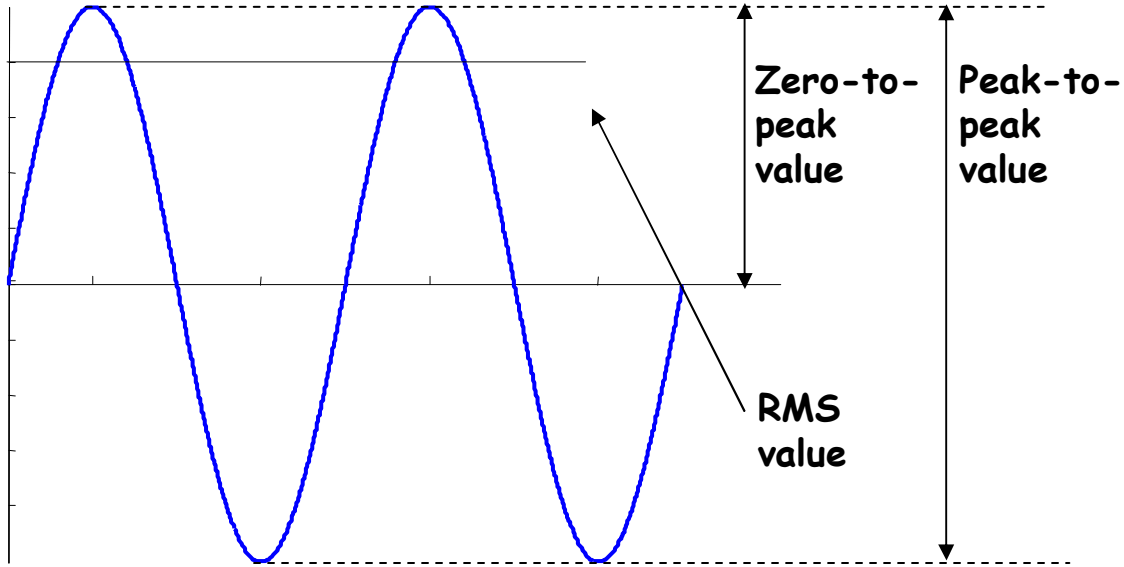


## Parametri măsurabili

**Frecvența** - numărul de apariții ale unei funcții/vibrații pe unitatea de timp.

**Amplitudinea** - valoarea maximă a mișcării sau vibrației. Această valoare poate fi reprezentată ca deplasare, viteză sau accelerație.





Peak-to-peak value

Zero-to-peak value

RMS value

**Moduri de  
exprimare a  
amplitudinii**



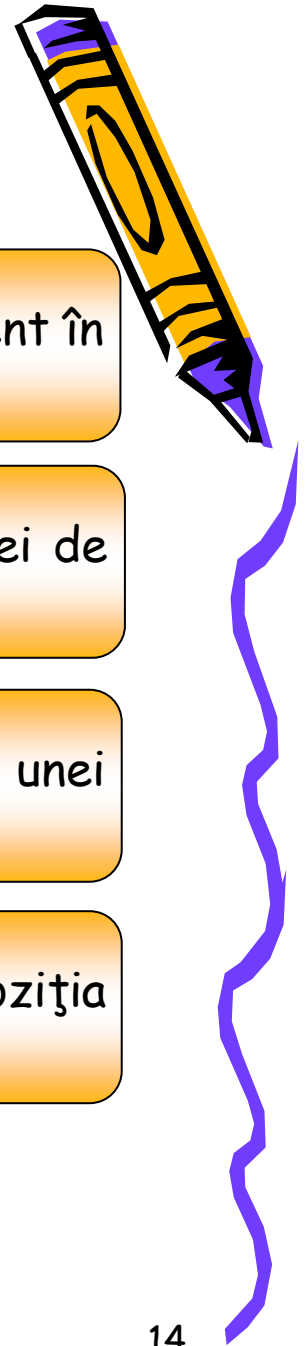
## Factori ce influențează nivelul vibrațiilor

**Masa** este proprietatea care descrie cât de mult material este prezent în mașină/echipament.

**Rigiditatea** este o proprietate a unui corp care descrie nivelul forței de rezistență la modificarea lungimii acestuia.

**Amortizarea** reprezintă un mod de a reduce viteza prin aplicarea unei forțe de rezistență.

**Gradele de libertate** indică numărul de coordonate care definesc poziția geometrică la fiecare moment de timp.



## *Rigiditatea*

*Rigiditatea arborilor - influentata de diametrul arborelui, de materialul din care este realizat, respectiv de lungimea deschiderii dintre suporturile arborelui*

### *Rigiditatea lagarelor*

*In plan vertical - mai mare*

*In plan orizontal - este mai mica, ceea ce determina un nivel mai mare de vibratii in plan orizontal*



2010-2011

Mentenananta sistemelor  
industriale - Curs 3

15



## *Amortizarea*

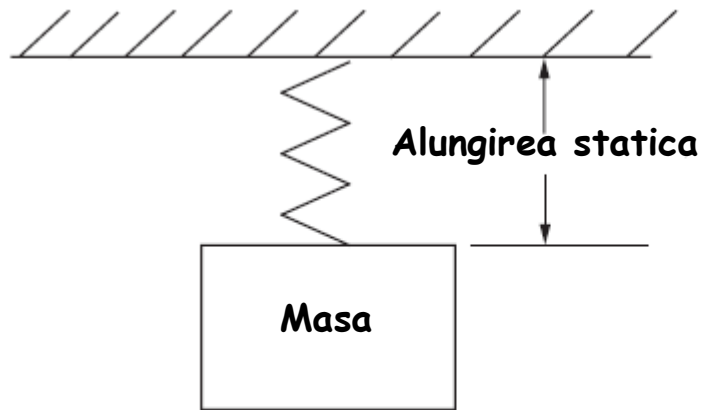


*Vibratii libere - vibratiile unui sistem pentru care miscarile maselor sunt influentate in intregime de energia lor potentiala*

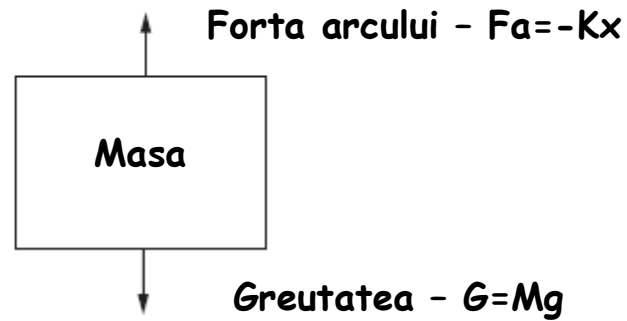
*Vibratii fortate - vibratiile unui sistem a carui miscare este determinata sau intretinuta de o forta exterioara*







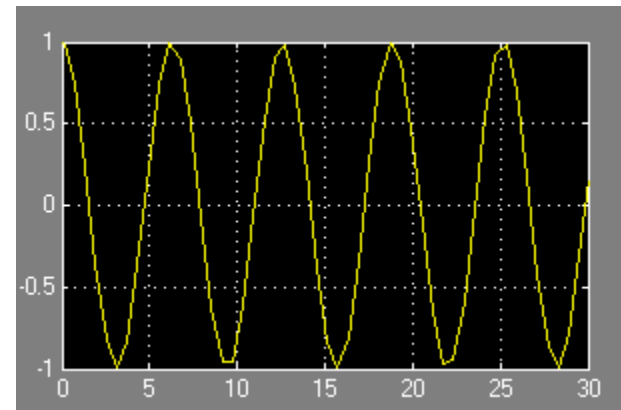
## Vibratii libere neamortizate



$$M \frac{d^2 x}{dt^2} + Kx = 0$$

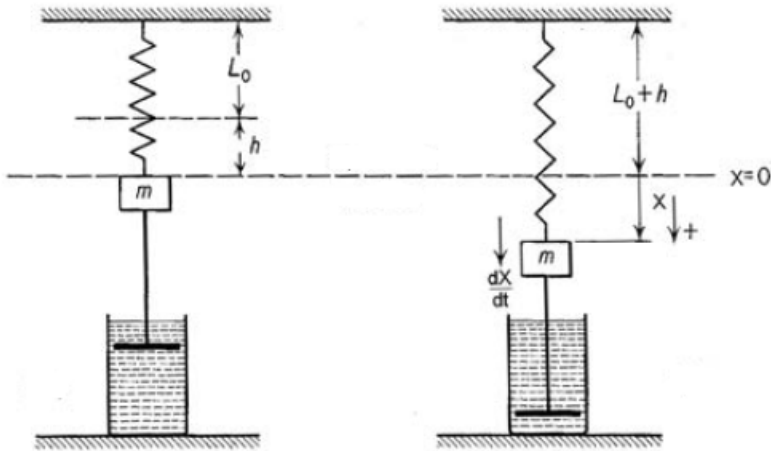
Miscarea va fi una periodica:

$$x = X_0 \cos(\omega t), \quad \omega = \sqrt{\frac{K}{M}}$$

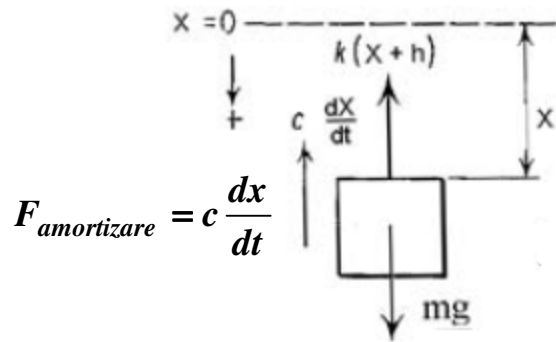


2010-2011

# Vibratii libere amortizate



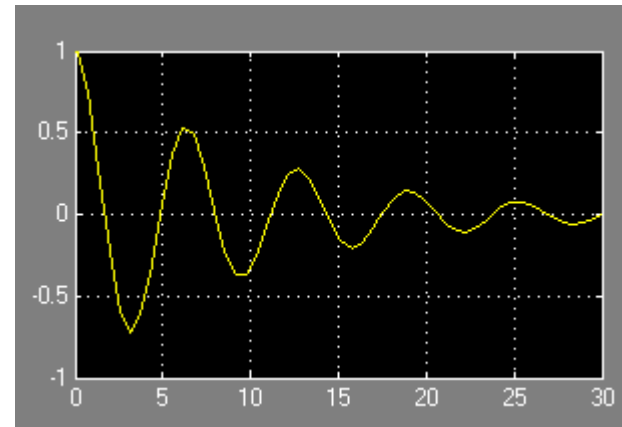
$$F_a = -K(x+h)$$



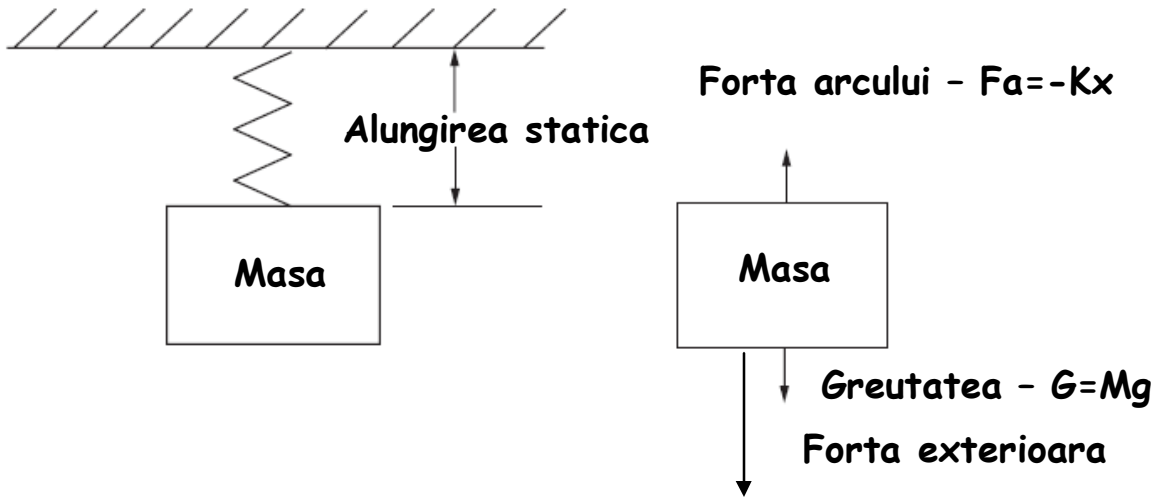
$$F_{amortizare} = c \frac{dx}{dt}$$

$$\sum F = Ma$$

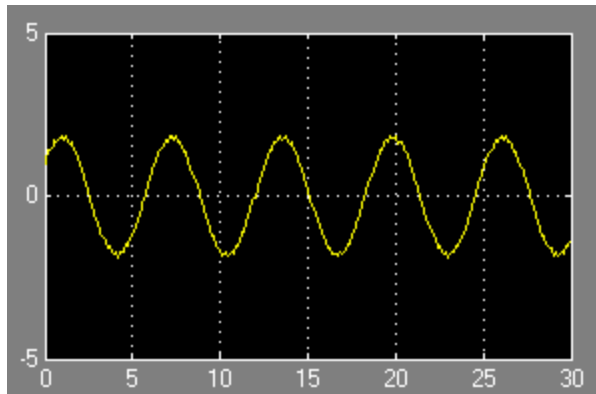
$$M \frac{d^2 x}{dt^2} + c \frac{dx}{dt} + kx = 0$$



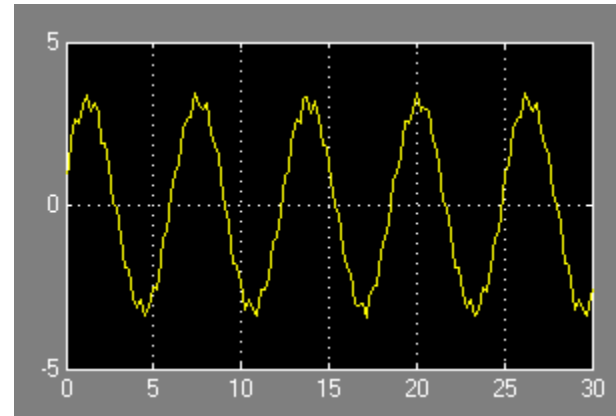
# Vibratii fortate neamortizate



$$M \frac{d^2 x}{dt^2} + Kx = F_{max} \sin(\omega_{ext} t)$$



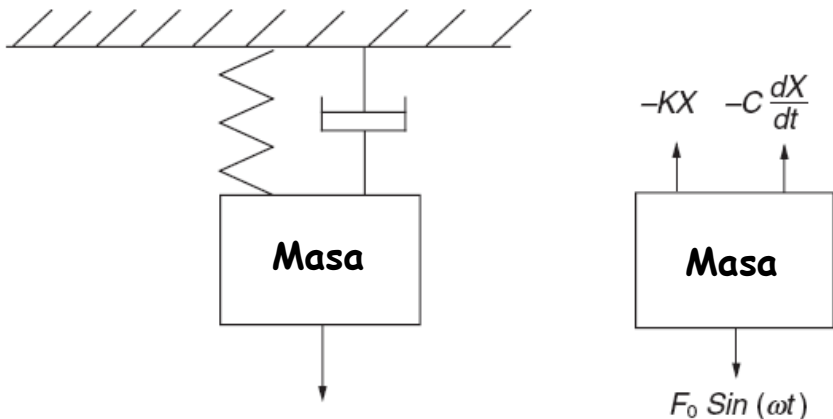
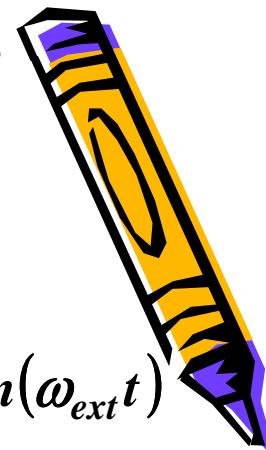
Forța exterioara cu pulsatie diferita (dubla) fata de cea a sistemului



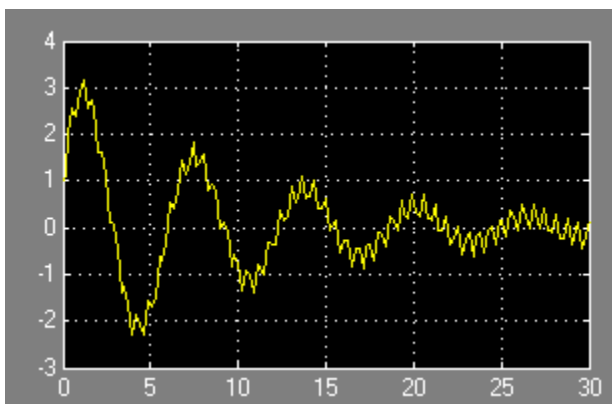
Forța exterioara cu aceeasi pulsatie ca a sistemului



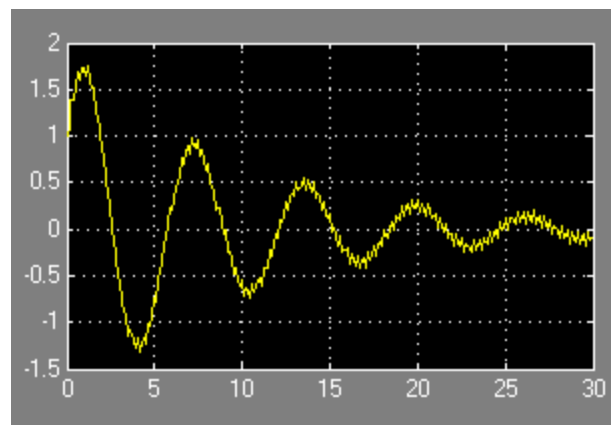
# Vibratii fortate amortizate



$$M \frac{d^2 x}{dt^2} + c \frac{dx}{dt} + Kx = F_{max} \sin(\omega_{ext} t)$$



Fora exterioara cu aceeasi pulsatie ca a sistemului



Fora exterioara cu pulsatie diferita (dubla) fata de cea a sistemului



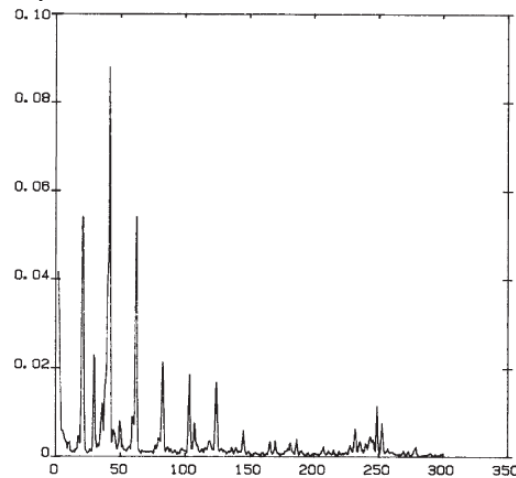
# Tipul și formatul datelor în analiza vibrațiilor

## Tipuri de date

digitale

analogice

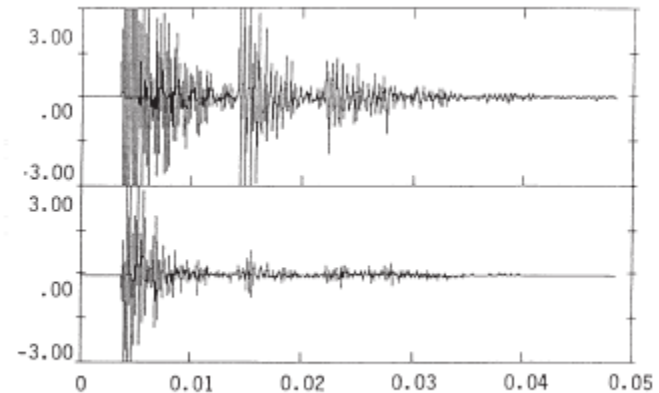
Amplitudine



Frecvența

Răspunsul frecvențial al unui sistem.

Amplitudine



Timp

Reprezentarea în domeniul timp a vibrațiilor unui echipament după direcție verticală (sus), respectiv după direcție orizontală (jos).



2010-2011

Mentenanța sistemelor industriale - Curs 3

21

## Tipul și formatul datelor în analiza vibrațiilor

### Formatul datelor

De regim permanent- au la bază achiziția datelor când mașina/procesul operează la o viteză constantă și la parametri specifici.



In procesul achiziției și analizei sunt ignorate orice procese tranzitorii ce ar putea să apară în timpul funcționării, procese datorate fie modificării vitezei, fie modificării altor parametri, astfel încât pot fi pierdute din vedere orice fenomene ce ar putea afecta într-o manieră negativă mașina/procesul.

De regim dinamic



2010-2011

Mentenanța sistemelor  
industriale - Curs 3

22



## Tipul și formatul datelor în analiza vibrațiilor

### Formatul datelor

#### Monocanal

datele sunt achiziționate  
serial sau pe un singur canal  
la un moment dat

#### Multicanal

Datele sunt achiziționate  
simultan din toate punctele  
de măsurare, permițându-se  
stabilirea relației între  
dinamica mașinii și profilul  
vibrațiilor.



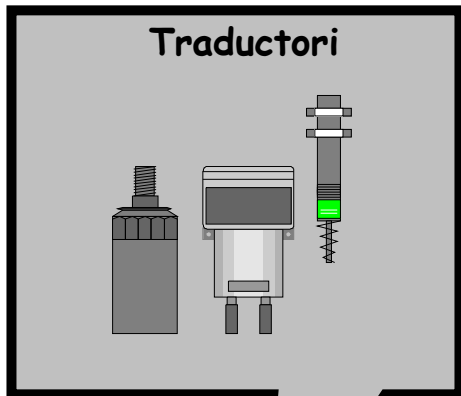
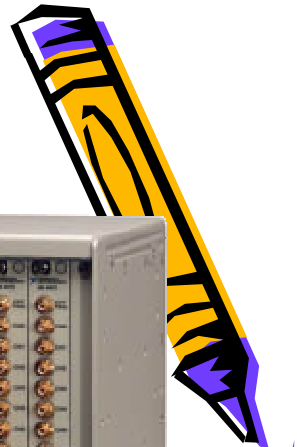
2010-2011

Mentenanța sistemelor  
industriale - Curs 3

23

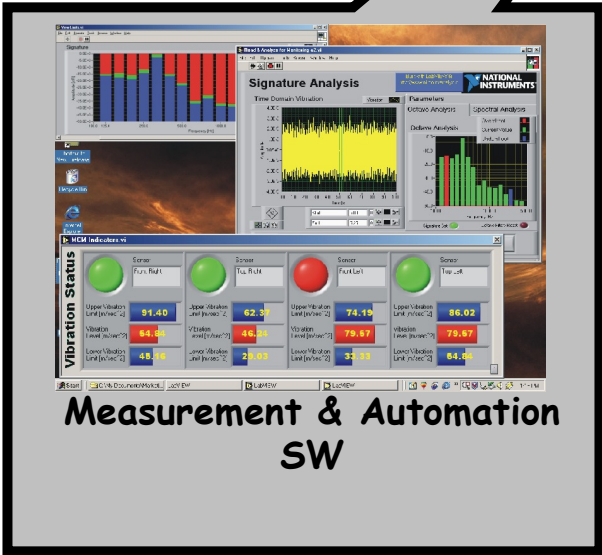
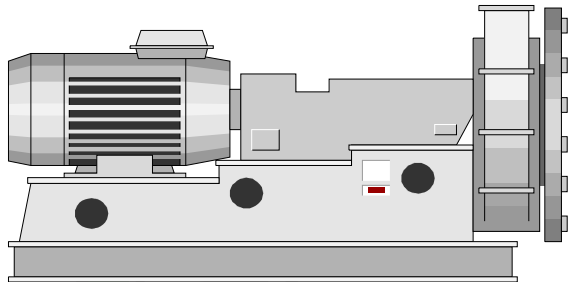


# Achiziția datelor



PCI/PXI/CompactPCI PC

Masina



Measurement & Automation SW



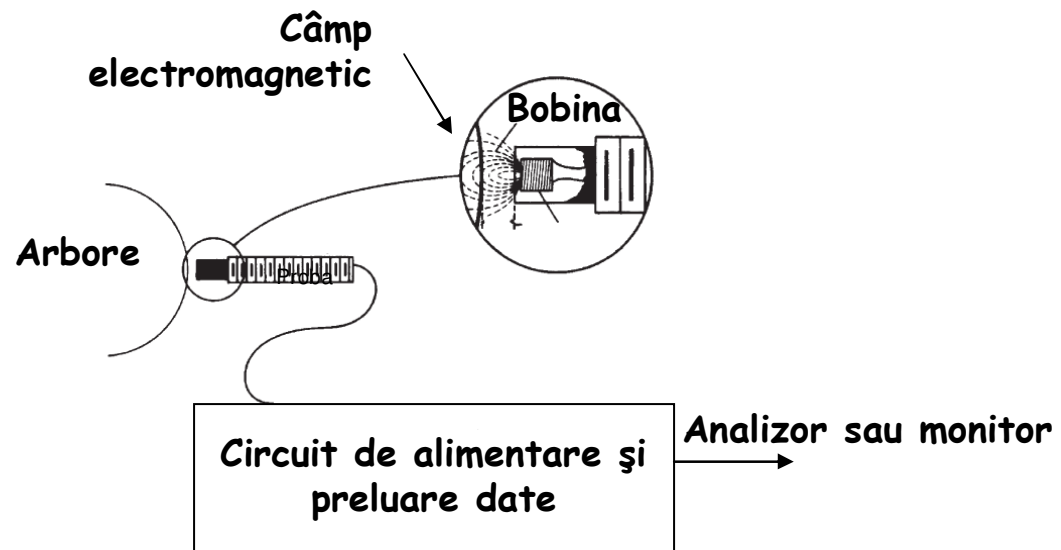
2010-2011

Mentenanța sistemelor industriale - Curs 3

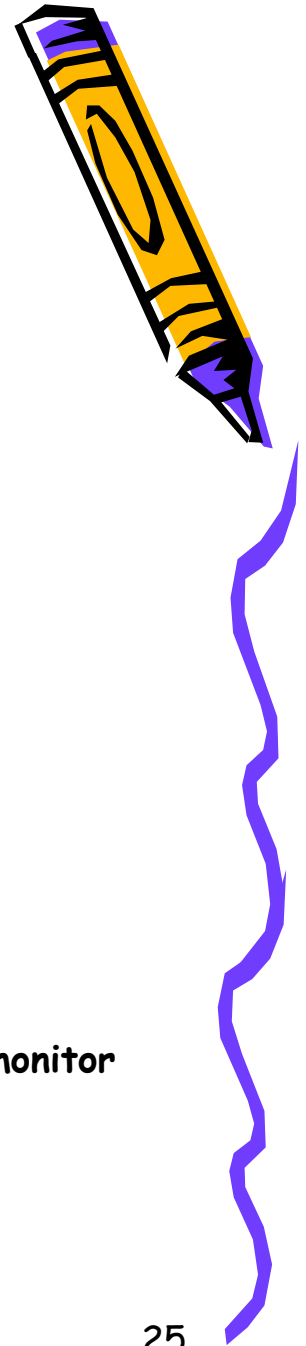


## Traductoare de pozitie

- 10 - 1000 Hz
- 600 - 60000 rot/min
- Date de tip peak-to-peak
- Reprezinta deplasarea maxima fata de axa arborelui

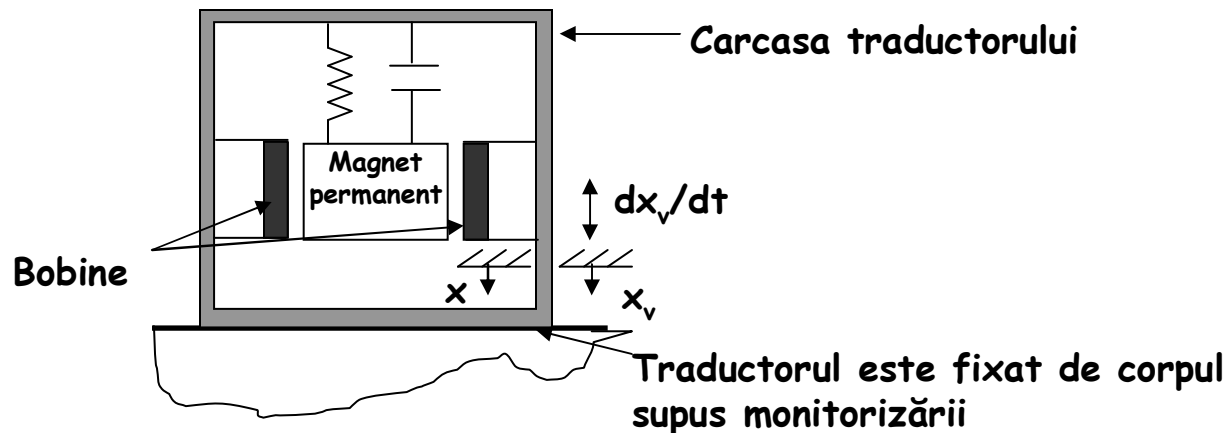


2010-2011



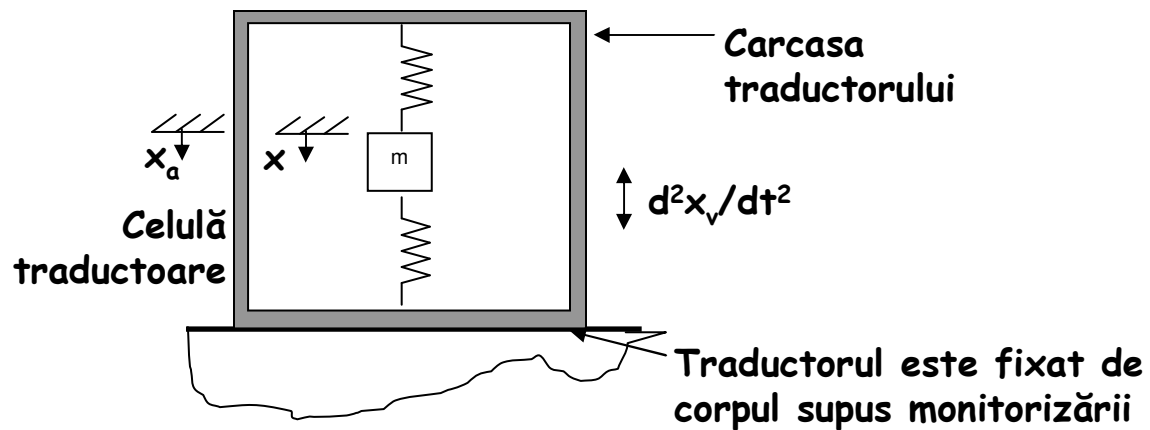
## Traductoare de viteza

- >10 kHz
- semnalul electric produs va fi proporțional cu viteza de deplasare a carcusei, respectiv a corpului supus monitorizării.



## Accelerometre

•frecvența naturală internă a acestuia să fie de cel puțin 5 ori mai mare decât maximul frecvenței ce trebuie măsurate.

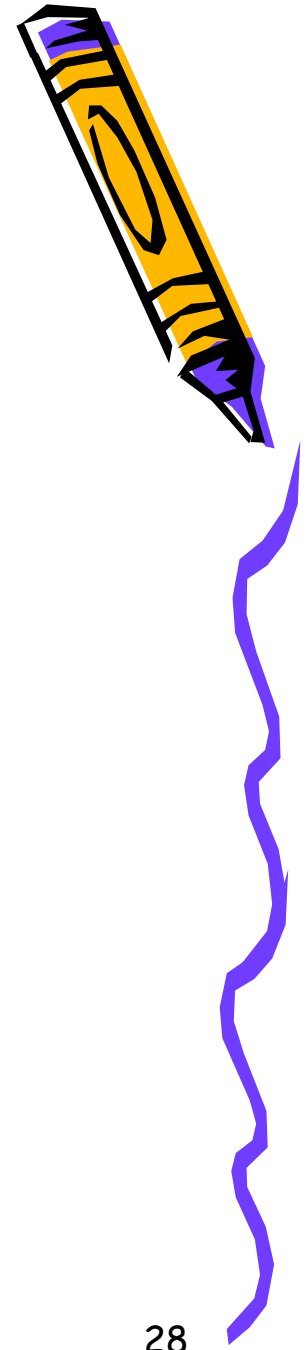


2010-2011

Mentenanța sistemelor  
industriale - Curs 3

27

## Direcții de măsurare

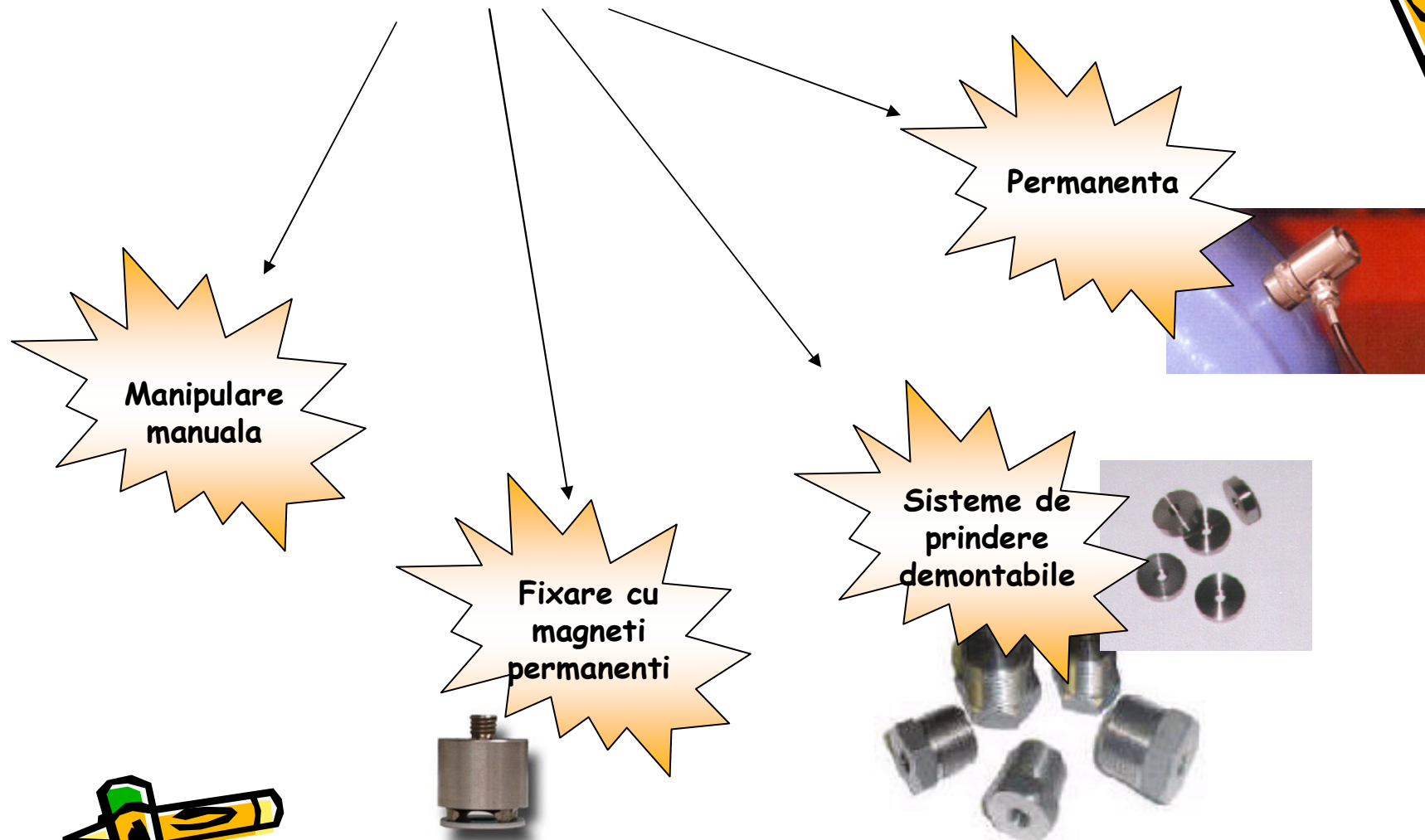


2010-2011

Mentenanța sistemelor  
industriale - Curs 3

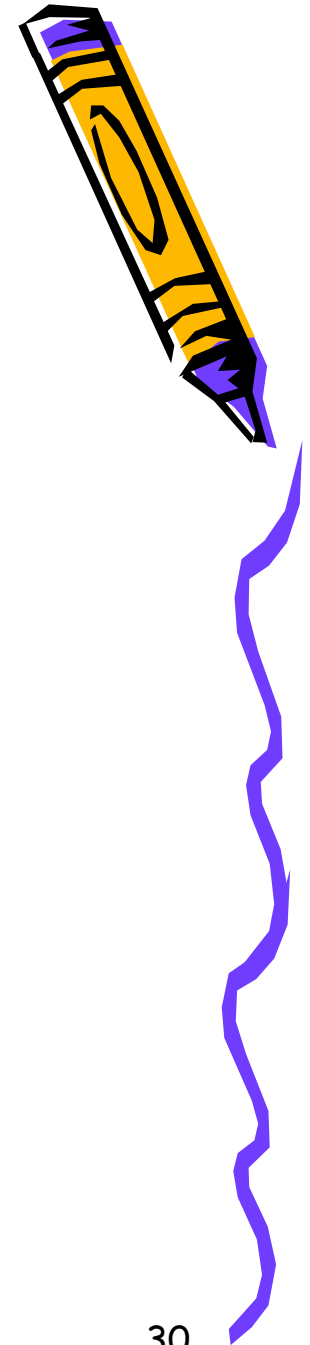
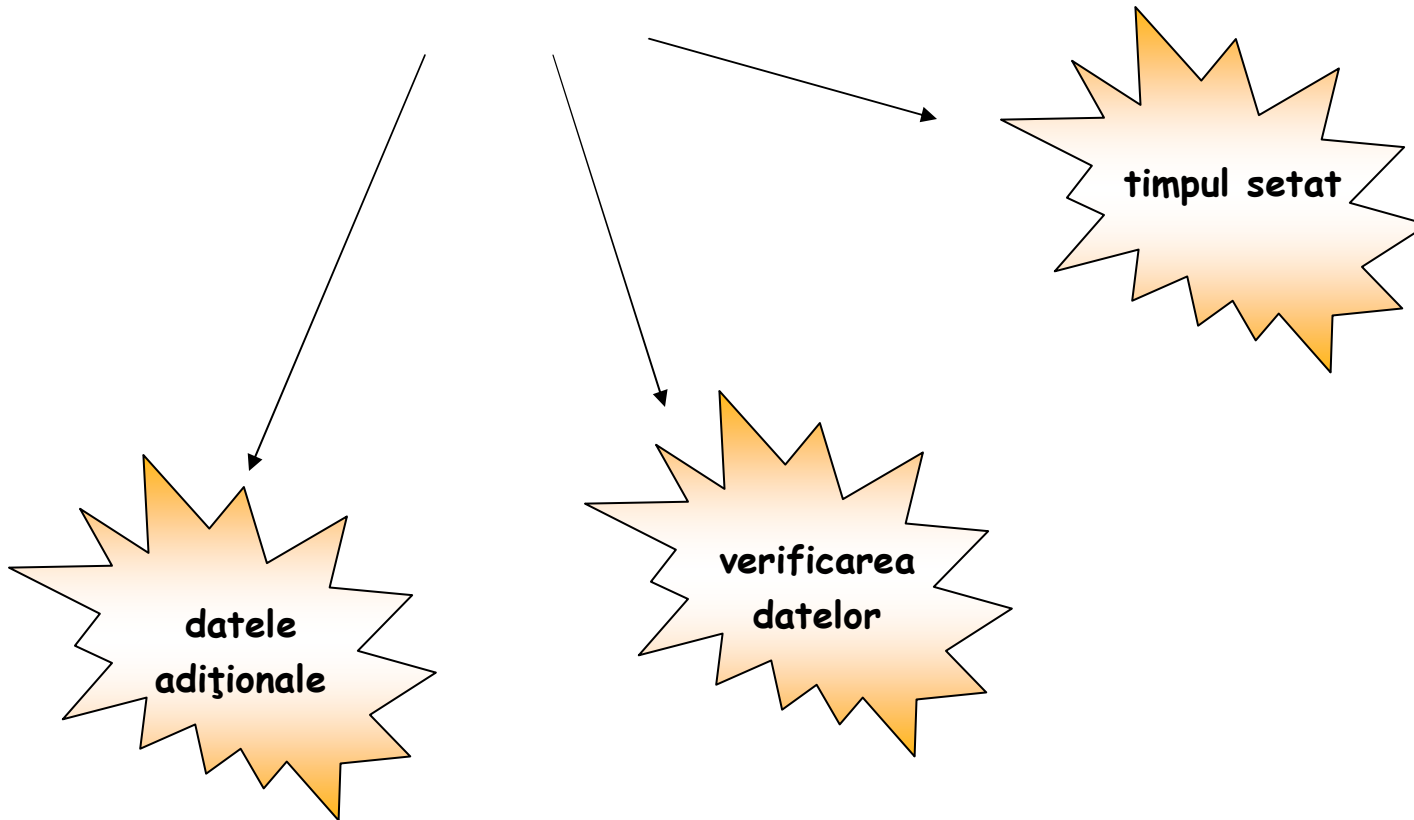
28

# Tehnici de montare a traductoarelor



2010-2011

Pachet de factori care influențează foarte mult achiziția cu acuratețe



2010-2011

Mentenanța sistemelor  
industriale - Curs 3

30