

PROGRAME DE CALCUL PENTRU ANALIZA CEPSTRUM

Sorin Pater, Ion Bratu, Tudor Mitran, Andrei Cocaina
Universitatea din ORADEA

Cuvinte cheie: spectru, cepstru, frecventa

Rezumat The paper presents a program for monitoring and control method for any gearbox and equipments.. These sources are of a great interest for the gearing durability. The vibrations generated by these sources and together with them the dynamic forces and the noise become very strong high, especially when the frequency of the perturbation sources which is always in a relation determined by the gearing revolutions superposes on a frequency of it's own – the resonance phenomenon appears.

Metoda de analiza utilizata este cu canal dual si are facilitati de editare, care o fac cel mai potrivita pentru identificarea si separarea familiilor de armonice utilizând analiza cepstrum.

Spectrul semnalului unei cutii de viteze va consta, de obicei, dintr-un numar de familii de armonice. Aceste familii de armonice provin de la diferiti arbori si rulmenti din cutia de viteze si de la frecventele angrenajelor cu roti dintate. Rotile dintate au de obicei un numar prim de dinti. Acesta este un avantaj, deoarece face ca uzura sa fie distribuita mai uniform pe profilul danturii angrenajelor, dar este de asemenea un avantaj din punct de vedere al masuratorilor, deoarece înseamna ca de obicei diferitele familii de armonici nu se suprapun.

Prelucrarea datelor achizitionate cu traductorul piezoelectric s-a realizat cu ajutorul unui program implementat în mediul MatLab 6.0. Programul realizeaza analiza semnalelor de zgomot si vibratie în scopul diagnosticarii defectelor aparute.

În figura 1. este prezentata schema bloc a programului.

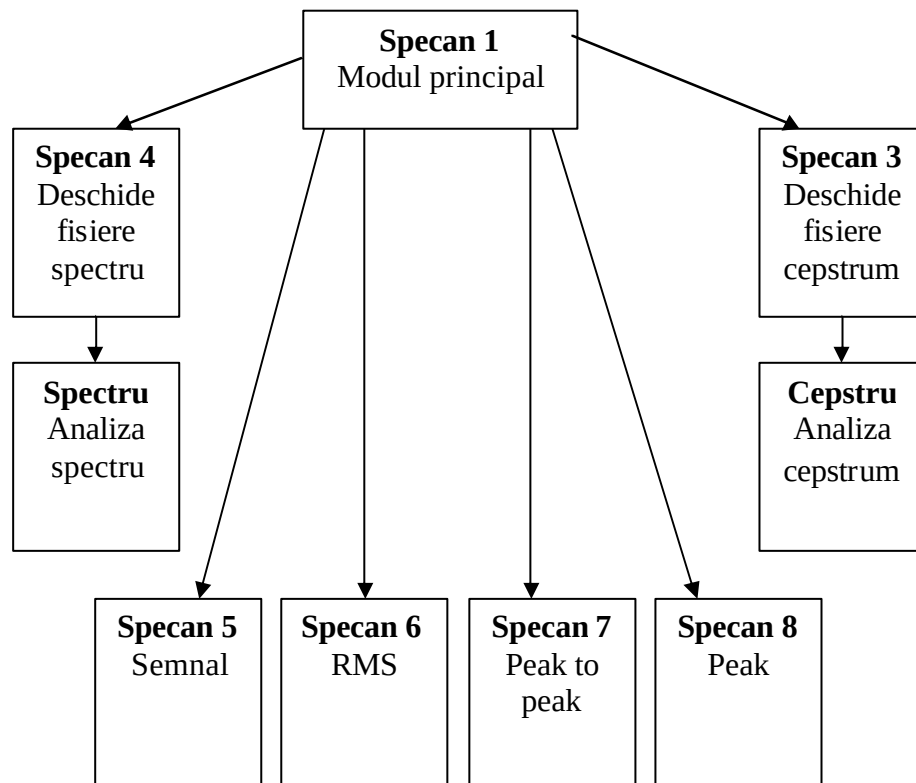


Figura 1 Schema bloc pentru analiza rezultatelor

- 1. PROGRAMUL PRINCIPAL SPECAN 1-

Acest program definește interfata grafică utilizator, creând un meniu din care pot fi selectate subprogramele *specan 3*, *specan 4*, *specan 5*, *specan 6*, *specan 7* și *specan 8*.

```
% Initializare variabile
% Definire interfata grafica utilizator : "specan1"
global contor x1 calibrare;
fre_esant = 20000;
nr_esant = 16384;
contor = 1;
% Calibrare semnal
% Transformare in volti
calib1 = (10/4096);
% Constanta traductorului KD42
kd42 = 0.0415;
kd35 = 0.0;
% Transformare in m/s^2
% calibrare = calib1*9.81/kd42;
f40_1_1 = figure('Name','Analiza spectrala a semnalelor achizitionate',...
    'NumberTitle','off');
%MenuBar','none',
% Butoane
f40_1_4_2 = uicontrol('Style','pushbutton','String','Semnal',...
    'Position',[5 5 70 20],'Callback','specan5');
f40_1_4_3 = uicontrol('Style','pushbutton','String','Spectru',...
    'Position',[80 5 70 20],'Callback','specan4');
f40_1_4_1 = uicontrol('Style','pushbutton','String','Cepstru',...
    'Position',[155 5 70 20],'Callback','specan3');
f40_1_4_4 = uicontrol('Style','pushbutton','String','RMS',...
    'Position',[230 5 70 20],'Callback','specan6');
f40_1_4_5 = uicontrol('Style','pushbutton','String','PEAK to PEAK',...
    'Position',[305 5 100 20],'Callback','specan7');
f40_1_4_6 = uicontrol('Style','pushbutton','String','PEAK',...
    'Position',[410 5 70 20],'Callback','specan8');
% Iesire
f40_1_6 = uicontrol('Style','pushbutton','String','Iesire',...
    'Position',[485 5 70 20],'Callback','delete(f40_1_1)');
```

2. SUBPROGRAMUL SPECAN 4

Acest subprogram are ca date de intrare datele achizitionate care se găsesc în fisierele de date. După selectarea fișierelor de date se apelează subprogramul **spectru**.

```
% Deschidere fisier si lansare spectru
global contor x1;
[filename,pathname] = uigetfile('*.','Selectati fisierul de date',300,100);
if filename ~=0
    fid = fopen(strcat(pathname,filename),'r');
    [x1,count1] = fread(fid,inf,'int16');
```

```

        fclose('all');
        spectru;
elseif filename == 0
    disp('Nu s-a selectat nici un fisier');
end

```

3. SUBPROGRAMUL *SPECTRU*

Subprogramul *spectru* realizeaza analiza spectrului de putere cu ajutorul transformatei Fourier. Dupa definirea constantelor proprii si a constantei traductorului în functie de tipul acestuia, se realizeaza filtrarea semnalului prin apelarea functiei Hanning (*hann*). Aplicând transformata Fourier (*fft*) rezultatul este obtinut în domeniul frecventa [dB].

```

% Calcul si afisare Spectru
% Constante program
global x1;
fre_esant = 20000;
nr_esant = 2^16; % trebuie sa fie o putere a lui 2
pct_med = 128; % trebuie sa fie o putere a lui 2
domeniu_plot_frecv = 3200;
% Calibrare semnal
% Transformare in volti
x1 = x1.*(10/4096);
% Se scade valoarea offset
x1 = x1 - mean(x1);
% Constanta traductorului KD42
kd42 = 0.0415;
kd35 = 0.0439;
% Calibrare
x1 = x1./kd35;
% Transformare in m/s^2
x1 = x1*9.81;
% Generare filtru
H = hann(pct_med)/pct_med;
% Spectru
amp = 20*log10(real(fft(x1,nr_esant)).^2/(10^(-5))));
amp = amp(1:nr_esant/2);
amp = abs(amp);
% Medie
amp = conv(H,amp);
% Grafic spectru
amp = abs(amp(pct_med/2:length(amp)-(pct_med/2)));
frecv = (0:length(amp)-1)*fre_esant/nr_esant;
frecv = frecv(:);
dom_spec = floor(domeniu_plot_frecv*nr_esant/fre_esant);
figure;plot(frecv(10:dom_spec),amp(10:dom_spec),'k');
title(strcat('Spectru semnal'));
xlabel('Frecventa [Hz]');
ylabel('dB (m/s^2)');

```

4. SUBPROGRAMUL SPECAN 3

Acest subprogram primește la intrare datele achiziționate care se găsesc în fișierele de date. După selectarea fișierelor de date se apelează subprogramul **Cepstru**.

% Deschidere fisier si lansare Cepstru

```
global contor x1;
[filename,pathname] = uigetfile('*.','Selectati fisierul de date',300,100);
if filename ~=0
    fid = fopen(strcat(pathname,filename),'r');
    [x1,count1] = fread(fid,inf,'int16');
    fclose('all');
    cepstru;
elseif filename == 0
    disp('Nu s-a selectat nici un fisier');
end
```

5. SUBPROGRAMUL CEPSTRU

Subprogramul **cepstru** realizează analiza cepstrum a semnalului achiziționat. După definirea constantelor se asociază fiecărui tip de traductor constanta proprie. Semnalul analizat este filtrat prin intermediul filtrului Hanning (funcția *hann* - care realizează medierea semnalului) după care se execută analiza cepstrum și se afișează rezultatul.

% Calcul si afisare Cepstru

% Constante program

```
global x1
fre_esant = 20000;
nr_esant = 2^16; % trebuie sa fie o putere a lui 2
durata = 5;
pct_med = 64; % trebuie sa fie o putere a lui 2
domeniu_plot_frecv = 3200;
domeniu_plot_timp = 0.128;
```

%Transformare in volti

```
x1 = x1.*(10/4096);
```

% Se scade valoarea offset

```
x1 = x1 - mean(x1);
```

% Constanta traductorului KD42

```
kd42 = 0.0415;
```

```
kd35 = 0.0439;
```

% Calibrare

```
x1 = x1./kd35;
```

%Transformare in m/s^2

```
x1 = x1*9.81;
```

% Generare filtru

```
H = hann(pct_med)/pct_med;
```

% Spectru

```
amp = real(fft(x1,nr_esant)).^2;
```

```
amp = amp(1:nr_esant/2);
```

```
amp = abs(amp);
```

% Filtrare (mediere cu filtru Hanning)

```

amp = conv(H,amp);
amp = abs(amp(pct_med/2:length(amp)-(pct_med/2)));
frecv = (0:length(amp)-1)*fre_esant/nr_esant;
frecv = frecv(:);
dom_spec = floor(domeniu_plot_frecv*nr_esant/fre_esant);
% Logaritm
amp = 20*log10(amp/(10^(-5)));
% Ifft
amp_ceps = abs(real(ifft(amp)));
% Grafic cepstru
timp_ceps = (0:length(amp_ceps)-1)/fre_esant;
dom_ceps = floor(domeniu_plot_timp*fre_esant);
figure;plot(timp_ceps(10:dom_ceps),amp_ceps(10:dom_ceps),'k');
title(strcat('Cepsrum'));
xlabel('Timp [s]');
ylabel('dB (m/s^2)');

```

6. SUBPROGRAMUL SPECAN 5

Acest subprogram preia semnalul traductorului piezoelectric achizitionat din fisierul de date si îl afiseaza.

% Deschidere fisier si afisare semnal

```

global contor x1;
[filename,pathname] = uigetfile('*.','Selectati fisierul de date',300,100);
if filename ~=0
    fid = fopen(strcat(pathname,filename),'r');
    [x1,count1] = fread(fid,inf,'int16');
    fclose('all');
    count1 = 100000;
    x1 = x1(1:count1);
    timp = [1:count1]/20000;
    % Calibrare semnal
    %Transformare in volti
    x1 = x1.*(10/4096);
    % Se scade valoarea offset
    x1 = x1 - mean(x1);
    % Constanta traductorului KD42
    kd42 = 0.0415;
    kd35 = 0.0439;
    % Calibrare
    x1 = x1./kd35;
    %Transformare in m/s^2
    x1 = x1*9.81;
    %Afisare
    f_1 = figure('Name','Semnal',...
    'NumberTitle','off');
    plot(timp,x1,'k');
    title(strcat('Semnal traductor piezoelectric'));

```

```

xlabel('Timp [s]');
ylabel('Acceleratie [g]');
elseif filename == 0
    disp('Nu s-a selectat nici un fisier');
end

```

7. SUBPROGRAMUL SPECAN 6

Pentru determinarea caracteristicii statistice $RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i)^2}{n}}$ subprogramul

specan 6 calculeaza si afiseaza aceasta valoare pentru fiecare semnal achizitionat.

% Calcul si afisare RMS

```

global contor x1;
[filename,pathname] = uigetfile('*.','Selectati fisierul de date',300,100);
if filename ~=0
    fid = fopen(strcat(pathname,filename),'r');
    [x1,count1] = fread(fid,inf,'int16');
    fclose('all');
    % Calibrare semnal
    % Transformare in volti
    x1 = x1.*(10/4096);
    % Se scade valoarea offset
    x1 = x1 - mean(x1);
    % Constanta traductorului KD42
    kd42 = 0.0415;
    kd35 = 0.0439;
    % Calibrare
    x1 = x1./kd35;
    % Transformare in m/s^2
    x1 = x1*9.81;
    % Calcul RMS
    x1_rms = (sqrt(sum(x1.^2)/size(x1,1)));
    x1_rms_str = num2str(x1_rms);
    % Afisare
    f46_1_4_1 = uicontrol('Style','Text','String',x1_rms_str,...
        'Position',[20 305 70 20]);
    f46_1_4_2 = uicontrol('Style','Text','String','RMS',...
        'Position',[20 330 70 20]);
elseif filename == 0
    disp('Nu s-a selectat nici un fisier');
end

```

8. SUBPROGRAMUL SPECAN 7

Acest subprogram calculeaza si afiseaza valoarea caracteristicii statistice data între valorile maxime si valorile minime a semnalului.

% Calcul si afisare Peak to Peak

```

global contor x1;
[filename,pathname] = uigetfile('*.','Selectati fisierul de date',300,100);
if filename ~=0
    fid = fopen(strcat(pathname,filename),'r');
    [x1,count1] = fread(fid,inf,'int16');
    fclose('all');
    % Calibrare semnal
    % Transformare in volti
    x1 = x1.*(10/4096);
    % Se scade valoarea offset
    x1 = x1 - mean(x1);
    % Constanta traductorului KD42
    kd42 = 0.0415;
    kd35 = 0.0439;

    % Calibrare
    x1 = x1./kd35;
    % Transformare in m/s^2
    x1 = x1*9.81;
    % Calcul Peak to Peak
    x1_peak_to_peak = max(x1)-min(x1);
    x1_peak_to_peak_str = num2str(x1_peak_to_peak);
    % Afisare
    f46_1_4_1 = uicontrol('Style','Text','String',x1_peak_to_peak_str,...
        'Position',[95 305 70 20]);
    f46_1_4_2 = uicontrol('Style','Text','String','PEAK to PEAK',...
        'Position',[95 330 100 20]);
elseif filename == 0
    disp('Nu s-a selectat nici un fisier');
end

```

9. SUBPROGRAMUL SPECAN 8

Acest subprogram calculeaza si afiseaza valorile pozitive ale caracteristicii statice maxime a semnalului.

```

% Calcul si afisare Peak
global contor x1;
[filename,pathname] = uigetfile('*.','Selectati fisierul de date',300,100);
if filename ~=0
    fid = fopen(strcat(pathname,filename),'r');
    [x1,count1] = fread(fid,inf,'int16');
    fclose('all');
    % Calibrare semnal
    % Transformare in volti
    x1 = x1.*(10/4096);
    % Se scade valoarea offset
    x1 = x1 - mean(x1);
    % Constanta traductorului KD42
    kd42 = 0.0415;

```

```

kd35 = 0.0439;
% Calibrare
x1 = x1./kd35;
% Transformare in m/s^2
x1 = x1*9.81;
% Calcul Peak to Peak
x1_peak = (max(x1)-min(x1))/2;
x1_peak_str = num2str(x1_peak);
% Afisare
f46_1_4_1 = uicontrol('Style', 'Text', 'String', x1_peak_str,...
    'Position', [200 305 70 20]);
f46_1_4_2 = uicontrol('Style', 'Text', 'String', 'PEAK',...
    'Position', [200 330 70 20]);
elseif filename == 0
    disp('Nu s-a selectat nici un fisier');
end

```

Bibliografie

1. Max, J. Méthodes et techniques de traitement du signal et applications aux mesures physiques. Paris, Ed. Masson, 1981.
2. Fhay, K., Perez, E., Fast Fourier Transforms and Power Spectra in Lab. VIEW, National Instruments Corporation, Application Note 040.
3. Randall, R.B., Cepstrum Analysis and Gearbox Fault Diagnosis. Bruel & Kjaer, Application Note, 1990, p.(13-15).
4. Zaveri, K. Modal Analysis of Large Structures Multiple Exciter Systems. Bruel & Kjaer, 1985