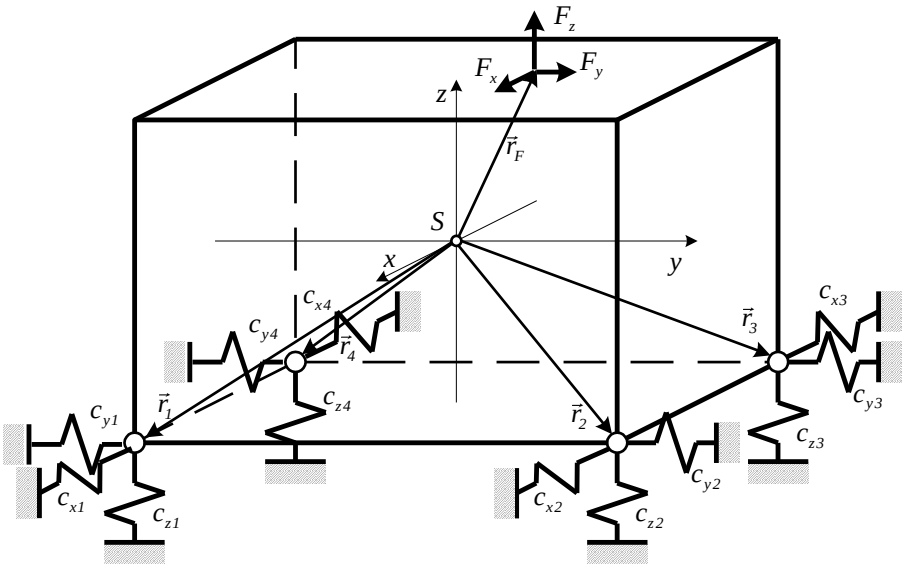
GÉPEK DINAMIKÁJA 10.gyak.hét – 1. Feladat

(kidolgozta: Dr. Nagy Zoltán egyetemi adjunktus)

GÉP ÉS GÉPALAP TÉRBELI MODELLJÉNEK REZGÉSTANI VIZSGÁLATA



Legyen adott a gép és gépalap össztömege $m = 500kg$, tehetetlenségi tenzorának zérustól különböző elemei $J_{Sx} = 1900kgm^2$, $J_{Sy} = 1700kgm^2$, $J_{Sz} = 1500kgm^2$, mind a négy sarokban azonos rugó állandó $c_{xi} = 5 \cdot 10^{-5} m/N$, $c_{yi} = 5 \cdot 10^{-5} m/N$, $c_{zi} = 2 \cdot 10^{-5} m/N$, ($i = 1,2,3,4$).

A sarokpontok koordinátái:

($x_1 = 0,6m$, $y_1 = -0,7m$, $z_1 = -0,4m$), ($x_2 = 0,6m$, $y_2 = 0,8m$, $z_2 = -0,4m$),

($x_3 = -0,5m$, $y_3 = 0,8m$, $z_3 = -0,4m$), ($x_4 = -0,5m$, $y_4 = -0,7m$, $z_4 = -0,4m$).

A gerjesztés körfrekvenciája: $\omega = 62,8\ (rad/s)$.

A gerjesztő erő zérustól különböző koordinátája: $F_z = 500\cos(62,8t)$, és $\vec{r}_F$ támadáspontjának koordinátái ($x_F = -0,3m$, $y_F = 0,2m$, $z_F = 0,4m$).

A gerjesztett rezgés során minden egyes saját körfrekvencián $\xi = 0,1$ Lehr-féle csillapítást alkalmazunk.

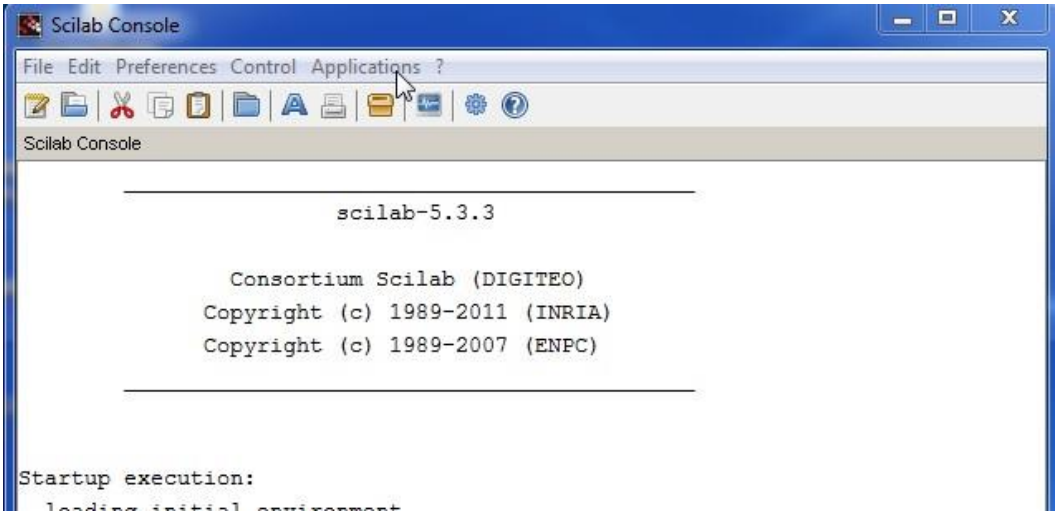
<u>Feladat</u>: A P pont függőleges irányú elmozdulásának meghatározása az idő függvényében.

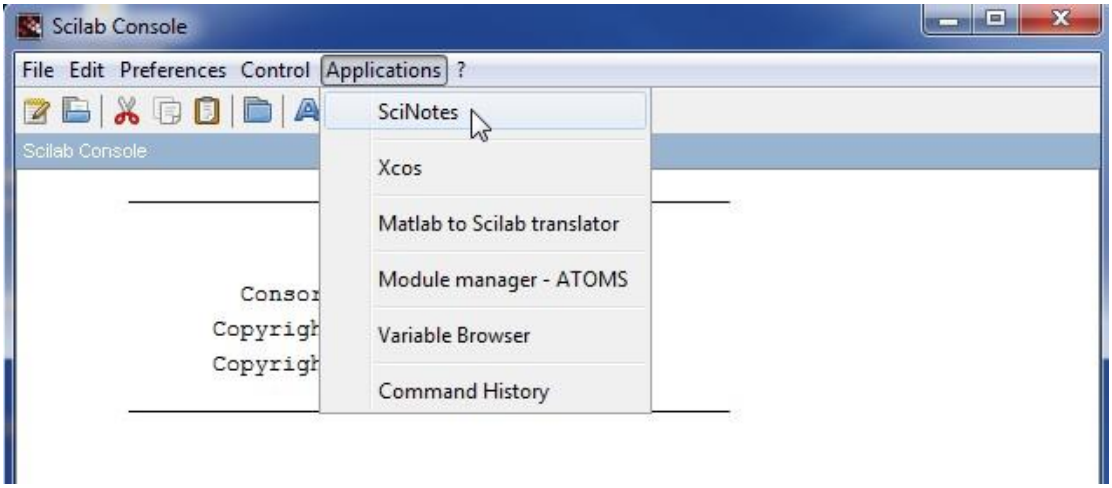
A P pont helyvektora: $\vec{r}_P = (0,5\vec{i} + 0,6\vec{j} + 0,4\vec{k})$ (m).

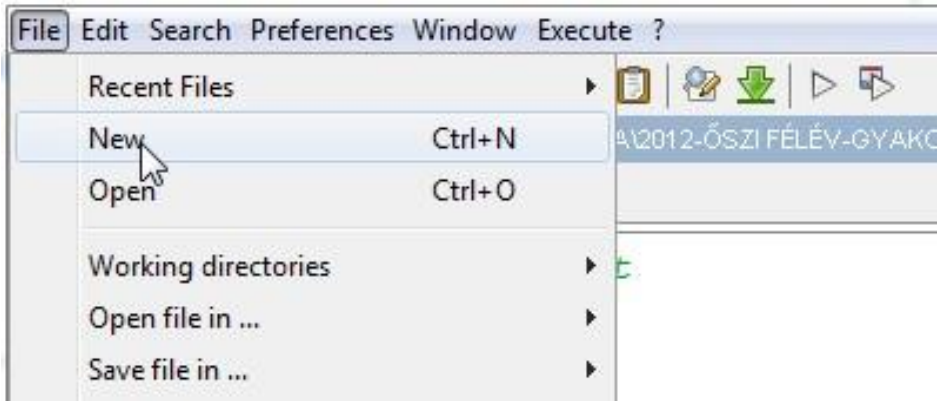
A vizsgált időtartam $t_{max} = 15\ (s)$. A gép $t_{start} = 3(s)$ alatt veszi fel az üzemi fordulatszámot. A lépésköz legyen $\Delta t = 0,001\ (s)$.

<u>Kidolgozás</u>: A gépalap numerikus vizsgálatát két lépésben hajtjuk végre. Először meghatározzuk a csillapítatlan rendszer sajátrezgéseit és sajátvektorait, majd a csillapított széteső differenciálegyenleteket numerikusan integráljuk

10. gyak. hét – 1. feladat (Runge-Kutta)





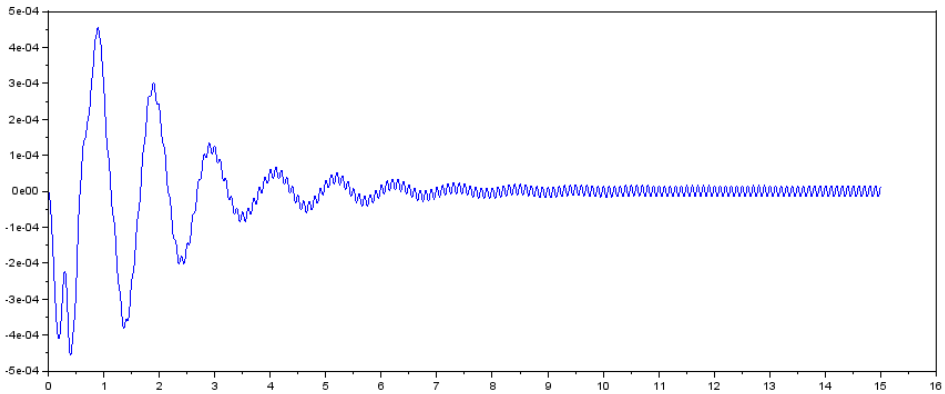
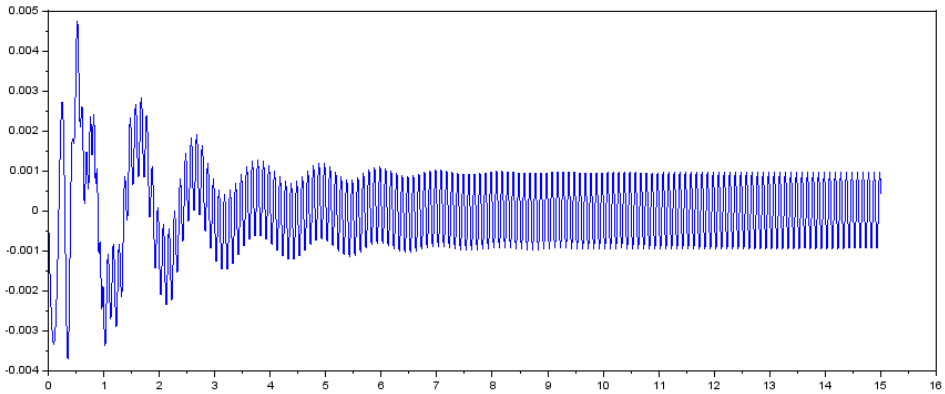


```
//   GÉPALAP TÉRBELI REZGÉSÉNEK VIZSGLATA
clear;
usecanvas(%T);
//stacksize('max')                //memória foglalás
function dabi=egyenlet(t, abi)
fact=1;
if t < tstart/3 then
  fact=3*t/tstart;
end
dabi(1)=abi(2);
dabi(2)=-2*xsi(1,1)*alfa(1,1)*abi(2)-alfa2(1,1)*abi(1)+QF1(3,1)*cos(fact*omega*t);
dabi(3)=abi(4);
dabi(4)=-2*xsi(2,1)*alfa(2,1)*abi(4)-alfa2(2,1)*abi(3)+QF1(2,1)*cos(fact*omega*t);
dabi(5)=abi(6);
dabi(6)=-2*xsi(3,1)*alfa(3,1)*abi(6)-alfa2(3,1)*abi(5)+QF1(3,1)*cos(fact*omega*t);
dabi(7)=abi(8);
dabi(8)=-2*xsi(4,1)*alfa(4,1)*abi(8)-alfa2(4,1)*abi(7)+QF1(4,1)*cos(fact*omega*t);
dabi(9)=abi(10);
dabi(10)=-2*xsi(5,1)*alfa(5,1)*abi(10)-alfa2(5,1)*abi(9)+QF1(5,1)*cos(fact*omega*t);
dabi(11)=abi(12);

dabi(12)=-2*xsi(6,1)*alfa(6,1)*abi(12)-alfa2(6,1)*abi(11)+QF1(6,1)*cos(fact*omega*t);
endfunction
            //////
            // bemenő adatok
            // tömeg és tehetetlenségi nyomatékok
m=500; Jsx=1900; Jsy=1700; Jsz=1500;
            // rugo
cxi=5.0e-5; cyi=5.0e-5; czi=2.0e-5;
            // a tömeg 4 sarok koordinátái
x1= 0.6; y1=-0.7; z1=-0.4;
x2= 0.6; y2= 0.8; z2=-0.4;
x3=-0.5; y3= 0.8; z3=-0.4;
x4=-0.5; y4=-0.7; z4=-0.4;
            // az erő támadási pontja
xF=-0.3; yF= 0.2; zF= 0.4;
            // a P pont helye
xP=+0.5; yP= 0.6; zP= 0.4;
            // csillapítás
xsi=zeros(6,1);
xsi(1,1)=0.1;
xsi(2,1)=0.1;
xsi(3,1)=0.1;
xsi(4,1)=0.1;
xsi(5,1)=0.1;
xsi(6,1)=0.1;
            ///////
            ///////
            // erő es omega
F=zeros(3,1); F(3,1)= 500;  omega=62.8;
```

```
            // kezdeti feltétel: elmozdulás és sebesség
abi0(1,1)=0;abi0(2,1)=0;abi0(3,1)=0;abi0(4,1)=0;abi0(5,1)=0;abi0(6,1)=0;
abi0(7,1)=0;abi0(8,1)=0;abi0(9,1)=0;abi0(10,1)=0;abi0(11,1)=0;abi0(12,1)=0;
            //időfolyamat
tmax=15;
tstart=3;
dt=0.001;
            // helyvektorok szorzó mátrixai
R1=zeros(3,3);
R1(1,2)= z1;  R1(1,3)=-y1;
R1(2,1)=-z1;  R1(2,3)= x1;
R1(3,1)= y1;  R1(3,2)=-x1;
R2=zeros(3,3);
R2(1,2)= z2;  R2(1,3)=-y2;
R2(2,1)=-z2;  R2(2,3)= x2;
R2(3,1)= y2;  R2(3,2)=-x2;
R3=zeros(3,3);
R3(1,2)= z3;  R3(1,3)=-y3;
R3(2,1)=-z3;  R3(2,3)= x3;
R3(3,1)= y3;  R3(3,2)=-x3;
R4=zeros(3,3);
R4(1,2)= z4;  R4(1,3)=-y4;
R4(2,1)=-z4;  R4(2,3)= x4;
R4(3,1)= y4;  R4(3,2)=-x4;
            ///////
RF=zeros(3,3);
RF(1,2)= zF;  RF(1,3)=-yF;
RF(2,1)=-zF;  RF(2,3)= xF;
RF(3,1)= yF;  RF(3,2)=-xF;
            ///////
            ///////
RP=zeros(3,3);
RP(1,2)= zP;  RP(1,3)=-yP;
RP(2,1)=-zP;  RP(2,3)= xP;
RP(3,1)= yP;  RP(3,2)=-xP;
            // tömegmátrix
            ///////
M=zeros(6,6);
M(1,1)=m;    M(2,2)=m;    M(3,3)=m;
M(4,4)=Jsx;  M(5,5)=Jsy;  M(6,6)=Jsz;
MM=M;
            ///////
            // rugómátrix
C=zeros(6,6);
            ///////
Ci=zeros(3,3);
Ci(1,1)=1/cxi;    Ci(2,2)=1/cyi;    Ci(3,3)=1/czi;
            ///////
C(1:3,1:3)=Ci+Ci+Ci+Ci;
C(1:3,4:6)=Ci*R1+Ci*R2+Ci*R3+Ci*R4;
```

```
C(4:6,1:3)=R1'*Ci+R2'*Ci+R3'*Ci+R4'*Ci;
C(4:6,4:6)=R1'*Ci*R1+R2'*Ci*R2+R3'*Ci*R3+R4'*Ci*R4;
CC=C;
            ///////
            // sajátrezgések meghatározása, általánosított sajátérték feladat
            ///////
[al,be,X]=spec(C,M);
            ///////
alfa=zeros(6,1);
alfa2=zeros(6,1);
            ///////
for i=1:6
            // sajátvektorok normalizálása
di2=X(:,i)'*MM*X(:,i);
di=sqrt(di2);
X(:,i)=  X(:,i)/di;
            // saját körfrekvencia négyzete
alfa2(i,1)=X(:,i)'*CC*X(:,i);
            // és gyöke
alfa(i,1)=sqrt(alfa2(i,1));
end
            ///////
            // a komplex mennyiségek reális részei
X=real(X);
alfa2=real(alfa2);
alfa=real(alfa)
            ///////
            // általánosított erő
QF0=zeros(6,1);
QF0(1:3,1)=F;
QF0(4:6,1)=RF'*F;
            ///////
            // modál analízis erői
QF1=X'*QF0;
            ///////
            //  mozgásegyenlet integrálása
t0=0;
t=0:dt:tmax;
abi=ode(abi0,t0,t,egyenlet);
            ///////
            // normalizált elmozdulás, sebesség szétválasztása
for i=1:6
ai(i,:)=abi(2*i-1,:);
bi(i,:)=abi(2*i,:);
end
            ///////
            // általános elmozdulás koordináta
qi=X*ai;
uvw=qi(1:3,:);
fixyz=qi(4:6,:);
```

```
        ///////
        // a P pont elmozdulása
uvwP=uvw+RP*fixyz;
        ///////
subplot(2,1,1);
plot(t,uvwP(3,:))
        ///////
qdi=X*bi;
duvw=qdi(1:3,:);
dfixyz=qdi(4:6,:);
        ///////
        // a P pont sebessége
duvwP=duvw+RP*dfixyz;
        ///////
subplot(2,1,2);
plot(t,duvwP(3,:))
```

Program futtatása: