



Facultatea de Automatică și Calculatoare
Automatică și Informatică Aplicată

ELEMENTE DE INGINERIE MECANICĂ

Proiect

Student: Molnár Zsolt

Grupa: 30123

An universitar: 2022-2023

Îndrumător:

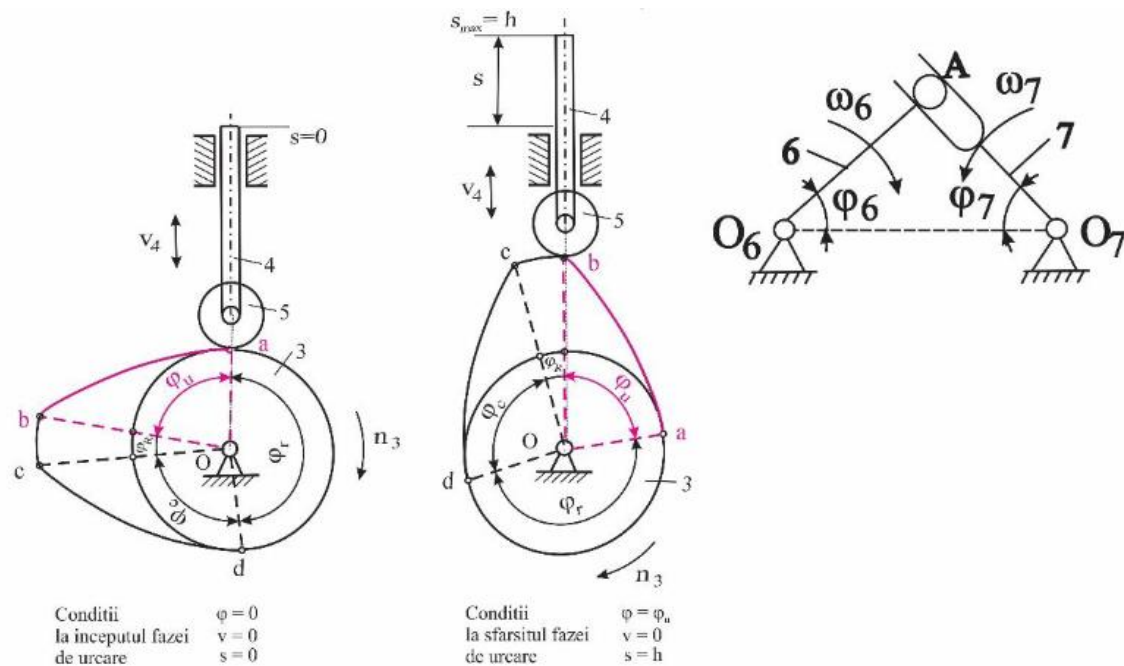
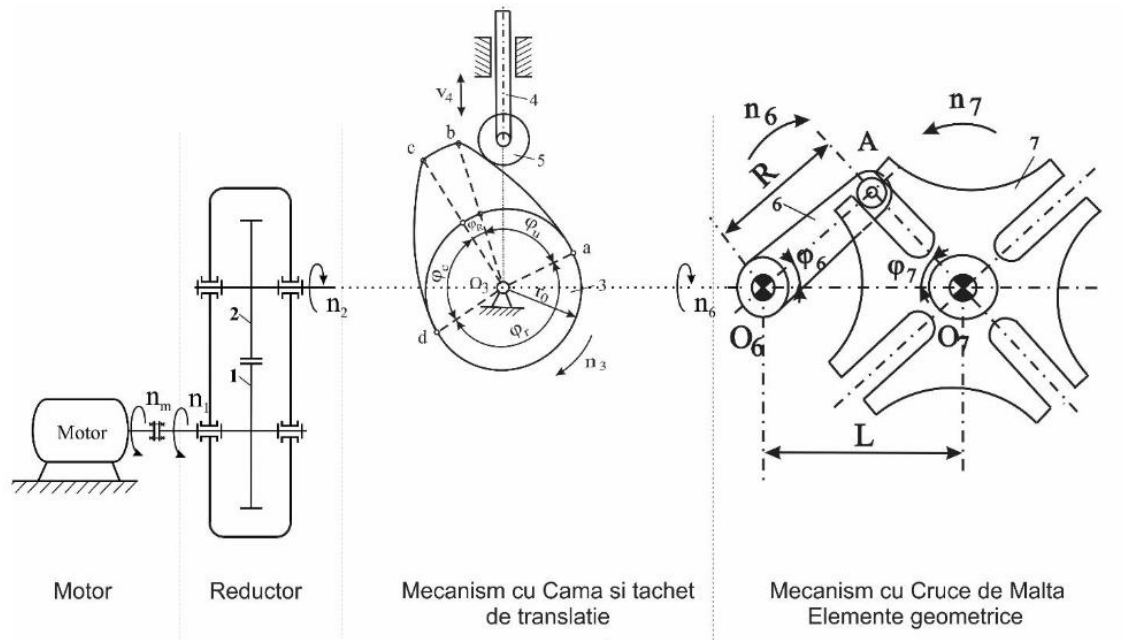
Prof. dr. ing. Tătar Mihai Olimpiu

Cuprins

3.	.....	Tema proiectului
4.	.....	Structura proiectului
5.	.....	Reductorul
10.	.....	Mecanismul cu camă și tachet de translație
18.	.....	Mecanismul pentru transmiterea intermitenta a mișcării
25.	.....	Bibliografie

Tema proiectului

Proiectarea unui sistem mecanic ce are in componenta un reductor,un mecanism cu cama si tachtet de translație și un mecanism pentru transmiterea intermitenta a mișcării (mecanism cu cruce de Malta).



Structura proiectului

Reductorul:

1. Calculul elementelor geometrice ale angrenajului cilindric cu dinți drepți cunoscându-se:
 - nr. ord. al studentului din catalog: $i = 13$;
 - turația motorului de antrenare: $n_m = n_1 = 1460$ [rot/min];
 - modulul $m = 3.5$ [mm];
 - numerele de dinți ale roților dințate:
 - $z_1 = 34$;
 - $z_2 = 42$;
2. Desen

Mecanismul cu camă și tchet de translație:

3. Să se realizeze analiza cinematică a mecanismului cu cama și tchet de translație (diagramele de variație ale spațiului $s(\varphi)$, vitezei reduse $v/\omega(\varphi)$ și accelerației reduse $a/\omega^2(\varphi)$) și profilul camei, cunoscându-se:
 - cursa maximă a tchetului $h = 14.5$ [mm];
 - unghiurile de rotație aferente fazelor de funcționare:
 $(\varphi_u = 90, \varphi_R = 80, \varphi_c = 68, \varphi_r = 122)$;
 - legile de mișcare: la urcare *Cosinusoidală*;
la coborâre *Sinusoidală*;
 - unghiului de presiune: $\alpha = 45^\circ$;

Mecanismul pentru transmiterea intermitentă a mișcării:

4. Elemente teoretice și de calcul. Cinematica mecanismului. Se cunosc:
 - turația elementului de antrenare/conducător ($n_6 = n_2 = n_3 \dots$);
 - numărul de antrenori: $n_a = 2$;
 - numărul de canale ale Crucii de Malta: $z = 4$;
 - distanța dintre centrele de rotație ($O_6 O_7$): $L = \dots$ [mm];
5. Desen mechanism
6. Diagrama de variație a vitezei unghiulare și a accelerației unghiulare la Crucea de Malta
7. Bibliografie

1. Calculul elementelor geometrice ale angrenajului

Nr.crt	Demunirea mărimii	Simbol	Dimensiune	Relația de calcul	Valoarea
1.	Numărul de dinți	Z_1	-	-	34
		Z_2	-	-	42
2.	Coeficienții de plasare a profilurilor	X_1	-	Se alege din tabelul 9.2 sau din conturile de blocare în funcție de ce se urmărește a fi îmbunătățit la angrenaj	1
		X_2	-		1.16
3.	Modulul	m	mm	Se rotunjește conform STAS 822-61	3.5
4.	Unghiul de angrenare	α	grade	$\text{inv}\alpha = \text{inv}\alpha_0 + 2 \frac{x_1+x_2}{z_1+z_2} \tan\alpha_0$ unde $\alpha_0=20^\circ$	26.39°
5.	Coeficientul de modificare a distanței	y	-	$y = \frac{z_1+z_2}{2} \left(\frac{\cos\alpha_0}{\cos\alpha} - 1 \right)$	1.8624
6.	Distanța axială	a	mm	$a = m \frac{z_1+z_2}{2} \frac{\cos\alpha_0}{\cos\alpha}$	139.5184
7.	Coeficientul de scurtare a înălțimii dinților	ψ	-	$\psi = x_1 + x_2 - y$	0.2976
8.	Înălțimea dinților	h	mm	$h = m(2.25 - \psi)$	6.8334
9.	Diametrul cercurilor de divizare	d1	mm	$d_1 = mz_1$	119
		d2	mm	$d_2 = mz_2$	147
10.	Diametrul cercurilor de bază	d_{b_1}	mm	$d_{b_1} = mz_1 \cos \alpha_0$	111.8234
		d_{b_2}	mm	$d_{b_2} = mz_2 \cos \alpha_0$	138.1348
11.	Diametrul cercurilor de rostogolire	d_{w_1}	mm	$d_{w_1} = mz_1 \frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}$	124.8323
		d_{w_2}	mm	$d_{w_2} = mz_2 \frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}$	154.2046
12.	Diametrul cercurilor de cap	d_{a_1}	mm	$d_{a_1} = m(z_1+2+2x_1-2\psi)$	130.9168
		d_{a_2}	mm	$d_{a_2} = m(z_2+2+2x_2-2\psi)$	160.0368

13.	Diametrul cercurilor de picior	d_{f1}	mm	$d_{f1} = m(z_1 - 2 + 2x_1 - 0.5)$	117.2500
		d_{f2}	mm	$d_{f2} = m(z_2 - 2 + 2x_2 - 0.5)$	146.3700
14.	Arcele dinților pe cercurile de divizare	S_1	mm	$S_1 = \frac{\pi m}{2} + 2mx_1 \operatorname{tg} \alpha_0$	8.0456
		S_2	mm	$S_2 = \frac{\pi m}{2} + 2mx_2 \operatorname{tg} \alpha_0$	8.4532
15.	Gradul de acoperire	ε	-	$\varepsilon = \frac{\sqrt{r_{a2}^2 - r_{b2}^2} + \sqrt{r_{a1}^2 - r_{b1}^2} - a \sin \alpha}{\pi m \cos \alpha_0}$	1.2032
16.	Corzile constante	$\overline{S_{C1}}$	mm	$\overline{S_{C1}} = m(\frac{\pi}{2} \cos^2 \alpha_0 + x_1 \sin 2\alpha_0)$	7.1044
		$\overline{S_{C2}}$	mm	$\overline{S_{C2}} = m(\frac{\pi}{2} \cos^2 \alpha_0 + x_2 \sin 2\alpha_0)$	7.4644
17.	Înălțimea la coarda constantă	$\overline{h_{c1}}$	mm	$\overline{h_{c1}} = m(x_1 \cos^2 \alpha_0 + 1 - \psi - \frac{\pi}{8} \sin 2\alpha)$	4.4545
		$\overline{h_{c2}}$	mm	$\overline{h_{c2}} = m(x_2 \cos^2 \alpha_0 + 1 - \psi - \frac{\pi}{8} \sin 2\alpha)$	4.9490
18.	Lungimile peste dinți	w_{N1}	mm	$w_{N1} = [(N_1 - 0.5) - \pi + 2x_1 \operatorname{tg} \alpha_0 + z_1 \operatorname{inv} \alpha_0] \cos \alpha_0$ $N_1 = 3$ conform tabelului 9.3	29.8920
		w_{N2}	mm	$w_{N2} = [(N_2 - 0.5) - \pi + 2x_2 \operatorname{tg} \alpha_0 + z_2 \operatorname{inv} \alpha_0] \cos \alpha_0$ $N_2 = 3$ conform tabelului 9.3	92.6619

Codul din Matlab:

```
%% Reductorul
%Numarul de ordine i:
i=13

%Turatie motorului de antrenare:
ni=(55+7*i)*10 %[rad/min]

%1. Numerele de dinti ale rotii dintate:
z1=34
z2=42

%2. Coeficientii de deplasare a profilurilor
x1=1
x2=1.16

%3. Modulul:
m=3.5 %[mm]

%4. Unghiul de angrenare
alfa0=(20*pi)/180
invalfa0=tan(alfa0)-alfa0
invalfa=invalfa0+(2*(x1+x2)*tan(alfa0))/(z1+z2)
alfa=(26.39*pi)/180

%5. Coeficientul de modificare a distanteti dintre axe:
y=((z1+z2)*(cos(alfa0)/cos(alfa)-1))/2

%6. Distnata axiala:
a=(m*(z1+z2)*cos(alfa0))/(2*cos(alfa)) %[mm]

%7. Coeficientul de scurtare a inaltimei dintilor:
psi=x1+x2-y

%8. Inlatimea dintilor:
h=m*(2.25-psi) %[mm]

%9. Diametrul cercurilor de divizare:
d1=m*z1 %[mm]
d2=m*z2 %[mm]

%10. Diametrul cercurilor de baza:
db1=m*z1*cos(alfa0) %[mm]
db2=m*z2*cos(alfa0) %[mm]

%11. Diametrul cercurilor de rostogolire:
dw1 = m*z1*cos(alfa0)/cos(alfa) %[mm]
dw2 = m*z2*cos(alfa0)/cos(alfa) %[mm]

%12. Diametrul cercurilor de cap:
da1 = m*(z1+2+2*x1-2*psi) %[mm]
da2 = m*(z2+2+2*x2-2*psi) %[mm]

%13. Diametrul cercurilor de picior:
df1 = m*(z1-2+2*x1-0.5) %[mm]
df2 = m*(z2-2+2*x2-0.5) %[mm]
```

```

%14. Arcele dintilor pe cercurile de divizare:
s1=pi*m/2+2*m*x1*tan(alfa0) %[mm]
s2=pi*m/2+2*m*x2*tan(alfa0) %[mm]

%15. Gradul de acoperire:
epsilon=(sqrt(ra2^2 - rb2^2) + sqrt(ra1^2-rb1^2) - a*sin(alfa))/(pi*m*cos(alfa0))

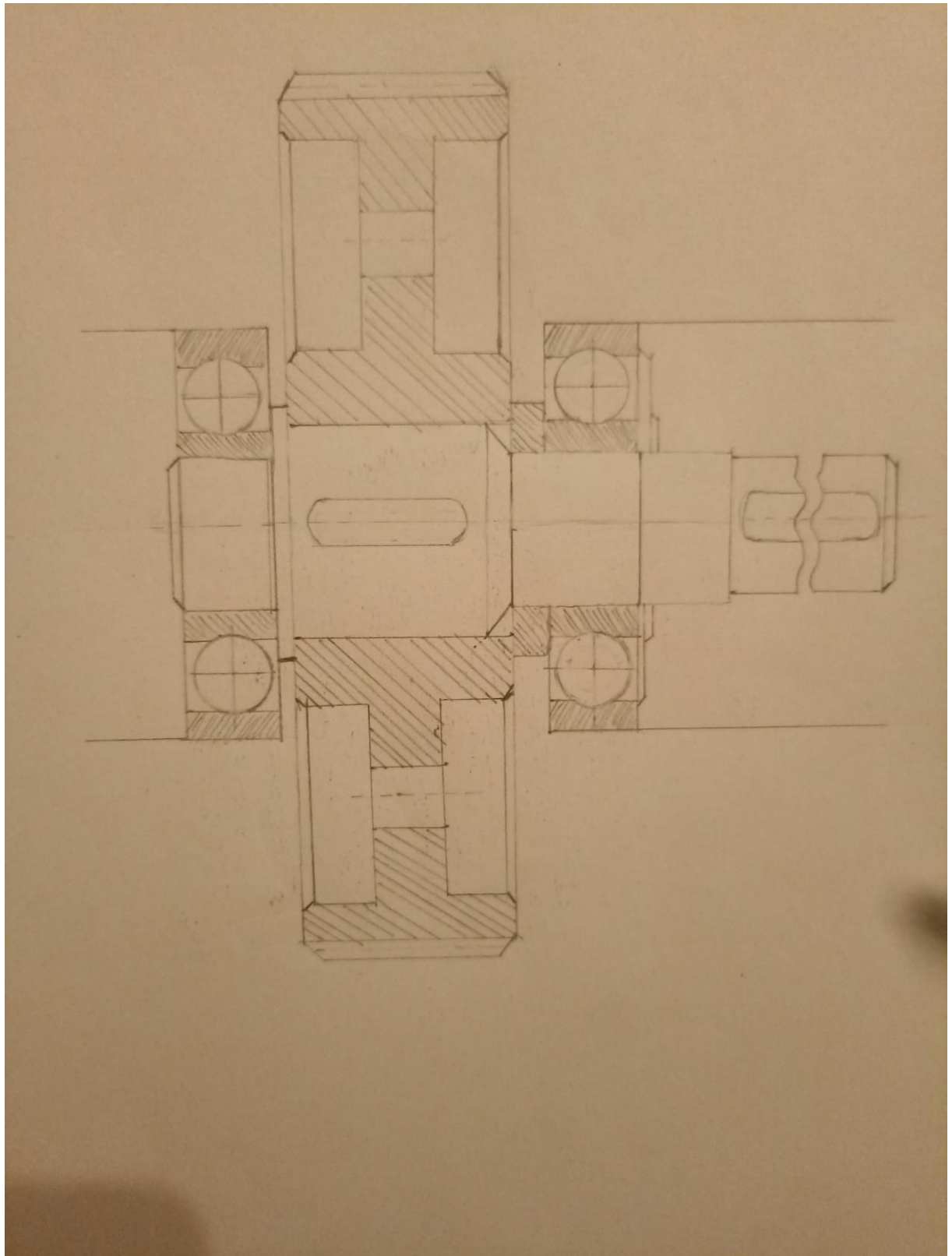
%16. Corzile constante:
sc1 = m*(pi/2 * cos(alfa0)^2 + x1*sin(2*alfa0)) %[mm]
sc2 = m*(pi/2 * cos(alfa0)^2 + x2*sin(2*alfa0)) %[mm]

%17. Inaltimea la coarda constanta:
hc1 = m*(x1*(cos(alfa0)^2) + 1 - psi - pi/8 * sin(2*alfa)) %[mm]
hc2 = m*(x2*(cos(alfa0)^2) + 1 - psi - pi/8 * sin(2*alfa)) %[mm]

%18. Lungimile peste dinti:
N1 = 3;
N2 = 9;
WN1 = m * ((N1-0.5)*pi+2*x1*tan(alfa0)+z1*invalfa0)*cos(alfa0) %[mm]
WN2 = m * ((N2-0.5)*pi+2*x2*tan(alfa0)+z2*invalfa0)*cos(alfa0) %[mm]

```


2. Desen



Mecanismul cu cama si tchet de translatie

- cursa maximă a tchetului $h = 14.5$ [mm];
- unghiurile de rotație aferente fazelor de funcționare:
 - $\phi_u = 90$ - la urcare
 - $\phi_c = 122$ - la coborâre
 - $\phi_R = 80$ - repaus superior
 - $\phi_r = 68$ - repaus inferior
- legile de mișcare:
 - la urcare: cosinusoidală;
 - la coborâre: sinusoidală;
- unghiului de presiune: $\alpha = 45^\circ$.

Analiza cinematica

Denumire mărime	Simbol	Dimensiune	Relație de calcul	Valoare
Număr de ordine	i	-	-	13
Număr de dinți	z_1	-	-	34
	z_2	-	-	42
Turație motor	n_1	rot/min	$n_1 = (55+7*i)*10$	1460
Turația de iesire din reductor	n_2	Rot/min	$n_2 = z_1 / z_2 * n_1$	1181.90
Raport de transmitere	$i_{1,2}$	-	$i_{1,2} = z_2 / z_1$	+1.2353
Înălțimea maximă	h	mm	$h = 10+0.2*i$	14.5
Unghiul fazei-la urcare	ϕ_u	grade	$\phi_u = 77 + i$	90°
Unghiul fazei-la coborâre	ϕ_c	grade	$\phi_c = 360 - \phi_u - \phi_R - \phi_r$	122°
Unghiul fazei-repaus superior	ϕ_R	grade	-	80°
Unghiul fazei-repaus inferior	ϕ_r	grade	-	68°
Unghiul de presiune	α	grade	-	45°

Codul din Matlab

```
i=13

%2. Numerele de dinti ale rotii dintate:
z1=34
z2=42

%3. Turatie motorului:
n1=(55+7*i)*10 %[rad/min]

%4. Turatia de iesire din reductor
n2=z1/z2*n1

%5. Raport de transmitere
i1=z2/z1
i2=-z2/z1

%6. Inaltimea maxima
h=8+0.5*i

%7. Unghiul fazei la urcare
phiu=77+i;

%8. Unghiul fazei la coborare
phic=360-phiu-phiR-phir

%9. Unghiul fazei repaus superior
phiR=80

%10. Unghiul fazei repaus inferior
phir=68

%11. Unghiul de presiune
alpha=(45*pi)/180
```

Legile de mișcare

La urcare - cosinus

Spațiul: $S = C_1 \cdot \cos(k \cdot \varphi) + C_2 \cdot \varphi + C_3$

Viteza redusă: $\frac{v}{\omega} = -k \cdot C_1 \cdot \sin(k \cdot \varphi) + C_2$

Acceleratia redusă: $\frac{a}{\omega^2} = -k^2 \cdot C_1 \cdot \cos(k \cdot \varphi)$

Condițiile de limită inițială: $\varphi = 0; S = 0; v = 0;$

Condițiile de limită finală: $\varphi = \varphi_u; S = h; v = 0;$

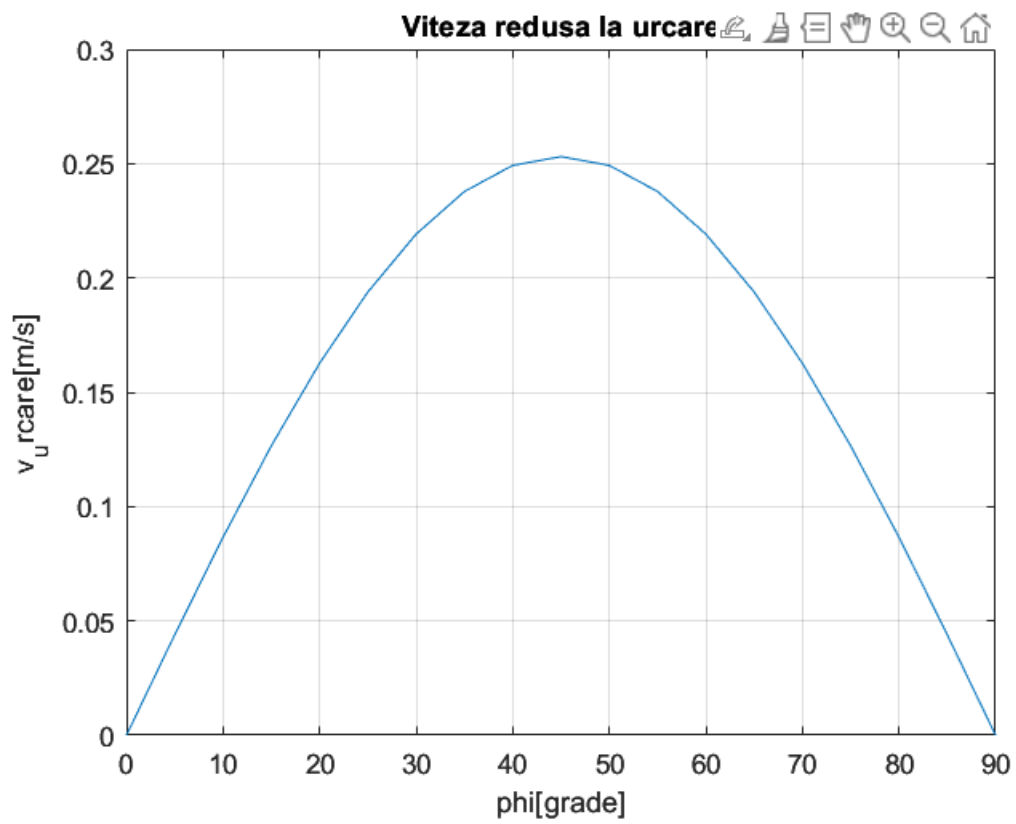
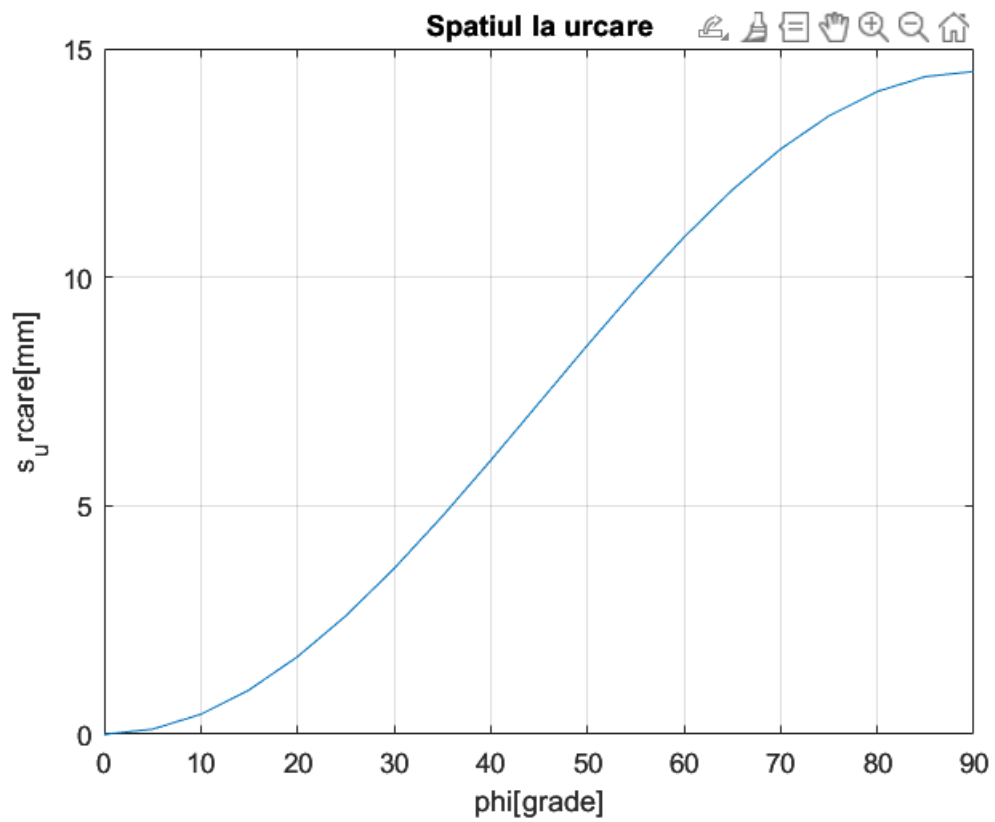
Constanta k la urcare	ku	-	$\frac{\pi}{\varphi_u}$	0,0349
Constanta C1 la urcare	C1u	-	$-\frac{h}{2}$	-7.2500
Constanta C2 la urcare	C2u	-	0	0
Constanta C3 la urcare	C3u	-	$\frac{h}{2}$	7.2500

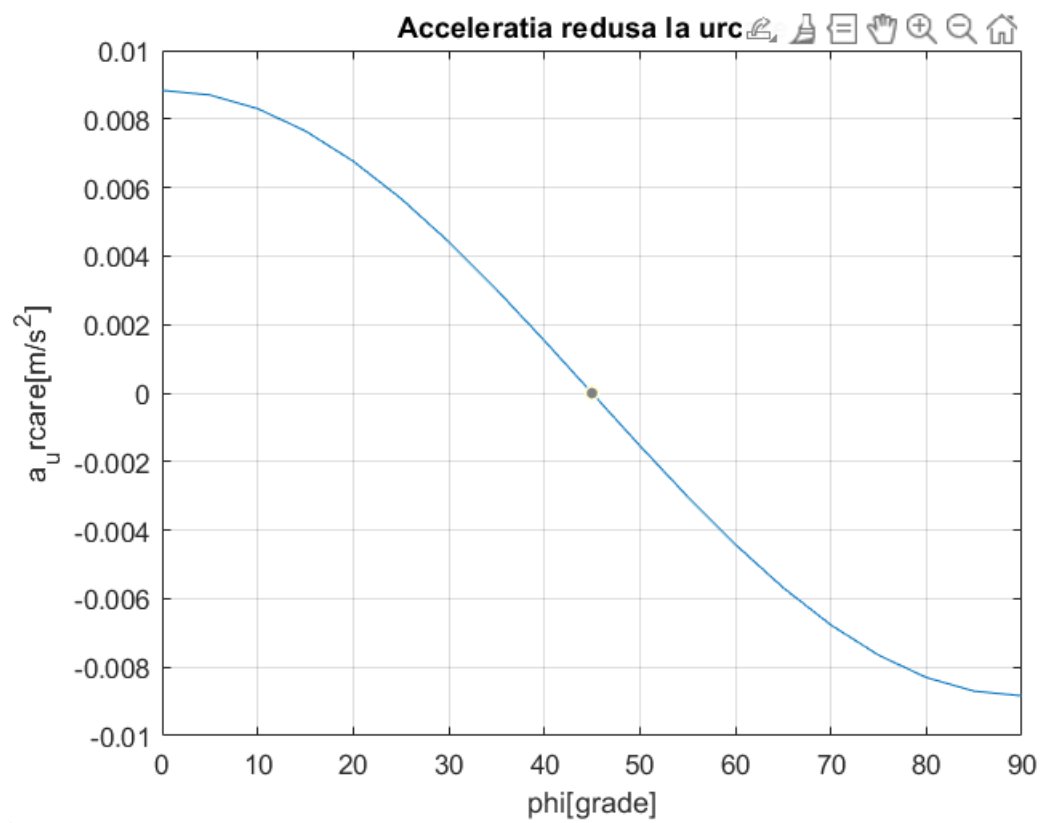
```
%%Legile de miscare
phi=0:5:90
ku = pi/phiu
C1u = -h/2
C2u = 0
C3u = h/2

%Spatiul
Su = @(phi)(C1u*cos(ku*phi) + C2u*phi + C3u)
figure
plot(phi, Su(phi)), grid, title('Spatiul la urcare')
ylabel('s_urcare[mm]'), xlabel('phi[grade]')

%Viteza redusa
vu = @(phi)(-ku*C1u*sin(ku*phi)+C2u)
figure
plot(phi, vu(phi)), grid, title('Viteza redusa la urcare')
ylabel('v_urcare[m/s]'), xlabel('phi[grade]')

%Acceleratia redusa
au = @(phi)(-ku^2*C1u*cos(ku*phi))
figure
plot(phi, au(phi)), grid, title('Acceleratia redusa la urcare')
ylabel('a_urcare[m/s^2]'), xlabel('phi[grade]')
```





La coborâre – sinus

Spațiul: $S = C_1 \cdot \sin(k \cdot \varphi) + C_2 \cdot \varphi + C_3$

Viteza redusă: $\frac{v}{\omega} = k \cdot C_1 \cdot \cos(k \cdot \varphi) + C_2$

Acceleratia redusă: $\frac{a}{\omega^2} = -k^2 \cdot C_1 \cdot \sin(k \cdot \varphi)$

Condițiile de limită inițială: $\varphi = 0; S = 0; v = 0;$

Condițiile de limită finală: $\varphi = \varphi_c; S = h; v = 0;$

Constanta k la coborare	kc	-	$\frac{2\pi}{\varphi_c}$	0.0515
Constanta C1 la coborare	C1c	-	$\frac{h}{2\pi}$	2.3077
Constanta C2 la coborare	C2c	-	$\frac{-h}{\varphi_c}$	-0.1189
Constanta C3 la coborare	C3c	-	h	14.5000

```

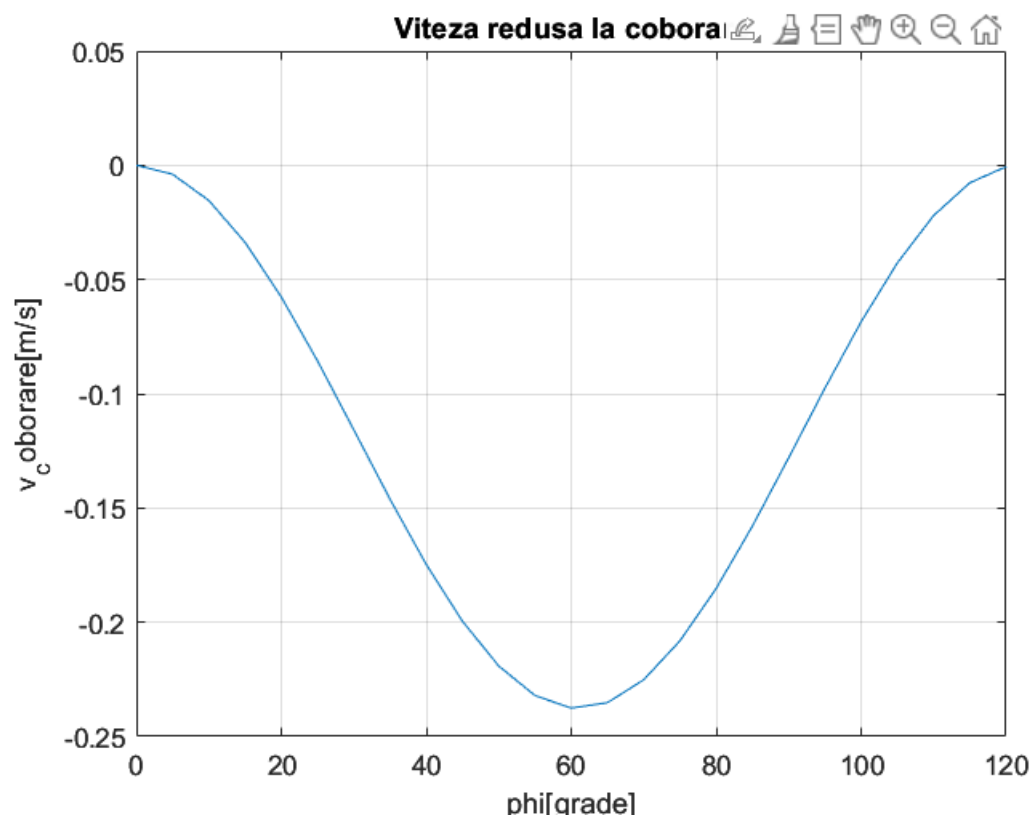
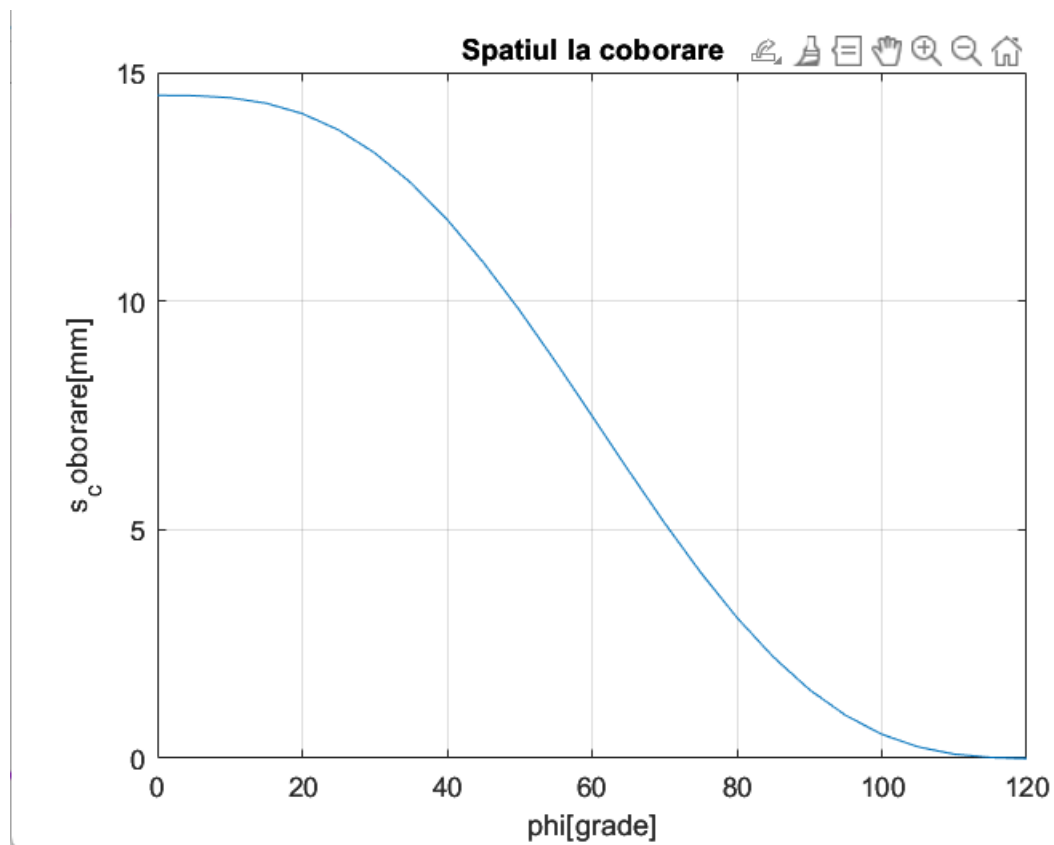
%%La coborare
phi = 0:5:120
kc = 2*pi/phi_c
C1c = h/(2*pi)
C2c = -h/phi_c
C3c = h

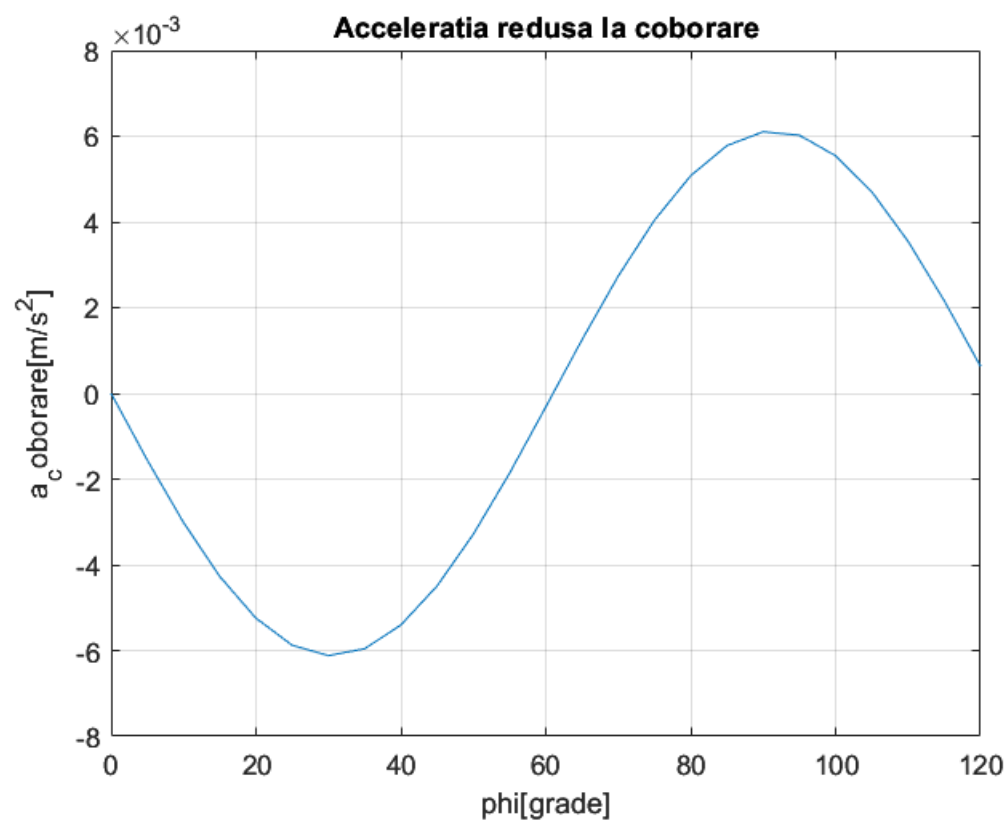
%Spatiul
Sc = @(phi)(C1c*sin(kc*phi) + C2c*phi + C3c)
figure
plot(phi, Sc(phi)), grid, title('Spatiul la coborare')
ylabel('s_coborare[mm]'), xlabel('phi[grade]')

%Viteza redusa
vc = @(phi)(kc*C1c*cos(kc*phi)+C2c)
figure
plot(phi, vc(phi)), grid, title('Viteza redusa la coborare')
ylabel('v_coborare[m/s]'), xlabel('phi[grade]')

%Acceleratia redusa
ac = @(phi)(-kc^2*C1c*sin(kc*phi))
figure
plot(phi, ac(phi)), grid, title('Acceleratia redusa la coborare')
ylabel('a_coborare[m/s^2]'), xlabel('phi[grade]')

```





Mecanismul pentru transmiterea intermitenta a mișcării:

1. Numărul de ordine din catalog i=13			
2. Turația motorului de antrenare $n_i = (55+7*i)*10$ $n_i = 1460$ [rot/min]			
3. Distanța dintre centrele de rotație $L=6.0$ [cm] = 60[mm]			
4. Numărul de antrenori $na = 2$			
5. Numărul de canale ale crucii de Malta $z = 4$			
Nr.crt.	Denumirea marimii	Formule de calcul	Valori rezultate
1.	<i>Viteza unghiulară a elementului conducător</i>	$\omega_1 = \frac{\pi n_1}{30}$	123.7688
2.	<i>Constanta mecanismului cu cruce de Malta</i>	$\lambda = \frac{R_1}{L} = \sin \varphi_2 = \sin \frac{\pi}{z}$	0.7071
3.	<i>Lungimea bratului de antrenare (raza elementului de antrenare)</i>	$R_1 = L \sin \varphi_2 = L \sin \frac{\pi}{z}$	42.4264
4.	<i>Timpul de mișcare în care elementul conducător antrenează elementul condus</i>	$t_m = \frac{2\varphi_1}{\omega_1} = \frac{\pi \left(1 - \frac{2}{z}\right)}{\omega_1}$	0.0127
5.	<i>Timpul de repaus al elementului condus</i>	$t_r = \frac{2\pi - 2\varphi_1}{\omega_1} = \frac{\pi \left(1 + \frac{2}{z}\right)}{\omega_1}$	0.0381
6.	<i>Timpul de rotație completă al elementului condus</i>	$T = t_m + t_r = \frac{2\pi}{\omega_1}$	0.0508
7.	<i>Coeficientul de mișcare</i>	$k_m = \frac{t_m}{T} = \frac{1}{2} - \frac{1}{z}$	0.2500

8.	<i>Coeficientul de repaus</i>	$k_r = \frac{t_r}{T} = \frac{1}{2} + \frac{1}{z}$	0.7500
9.	<i>Coeficientul timpului de lucru al mecanismului k</i>	$k = \frac{k_m}{k_r} = \frac{z-2}{z+2}$	0.3333

<i>Nr.</i>	<i>Denumirea mărimii</i>	<i>Formule de calcul</i>
1	<i>Unghiul de rotație al elementului condus</i>	$\varphi_2 = \arctg \left(\frac{\lambda \sin \varphi_1}{1 - \lambda \cos \varphi_1} \right)$
2	<i>Viteza unghiulară a elementului condus</i>	$\omega_2 = \frac{\lambda (\cos \varphi_1 - \lambda)}{1 - 2\lambda \cos \varphi_1 + \lambda^2} \omega_1$
3	<i>Accelerația unghiulară a elementului condus</i>	$\varepsilon_2 = - \frac{\lambda (1 - \lambda^2) \sin \varphi_1}{(1 - 2\lambda \cos \varphi_1 + \lambda^2)^2} \omega_1^2$

Codul din Matlab

```
L=60 %[mm]

z1=34
z2=42

%numarul de ordine i:
i=13

%numarul de antrenori:
na=2

%numarul de canale:
z=4

ni=(55+7*i)*10 %[rad/min]

%turatia motorului ni este egal cu n1:
n1=ni
n2=n1*z1/z2

% n3 turatia antrenorului
n3=n2

%1.Viteza unghiulara a elementului conducator:
w1=pi*n2/30

%2.Constanta mecanismului cu cruce de Malta:
lambda=sin(pi/z)

%3.Lungimea bratului de antrenare(raza elementului de antrenare):
R1=L*sin(pi/z)

%4.Timpul de miscare in care elementul conducator antreneaza elementul
%condus:
tm=(pi*(1-2/z))/w1

%5.Timpul de repaus al elementului condus:
tr=(pi*(1+2/z))/w1

%6.Timpul de rotatie completa:
T=tm+tr

%7.Coeeficientul de miscare km:
km=tm/T

%8.Coeeficientul de repaus kr:
kr=tr/T

%9.Coeeficientul timpului de lucru al mecanismului k:
k=km/kr
```

```

%%
phi = -pi/2:0.1:pi/2
%unghiul de rotatie al antrenorului:
phi1=-pi/2:0.01:pi/2
%unghiul de rotatie al elem condus:
phi2=(zeros(length(phi),1)) ;
%acceleratia unghiulara a elem condus:
eps2=(zeros(length(phi),1)) ;
%viteza unghiulara a elementului condus:
w2=(zeros(length(phi),1));

w2max=(lambda/(1-lambda))*w3
epsi2=-w3^2*tan(pi/z)

for i=1:length(phi1)
    phi2(i)=atan((lambda*sin(phi1(i)))/(1-lambda*cos(phi1(i))));
    eps2(i)=-((lambda*(1-lambda^2)*sin(phi1(i)))/((1-2*lambda*cos(phi1(i))+lambda^2)^2))*w3^2;
    w2(i)=(lambda*(cos(phi1(i))-lambda)/(1-2*lambda*cos(phi1(i))+lambda^2))*w3;
end

figure

```

```

figure
%diagrama de variate a acceleratiei unghiulare
plot(phi1,phi2)
grid
xlabel('phi_1')
ylabel('phi_2')
title('Unghi de rotatie')

```

```

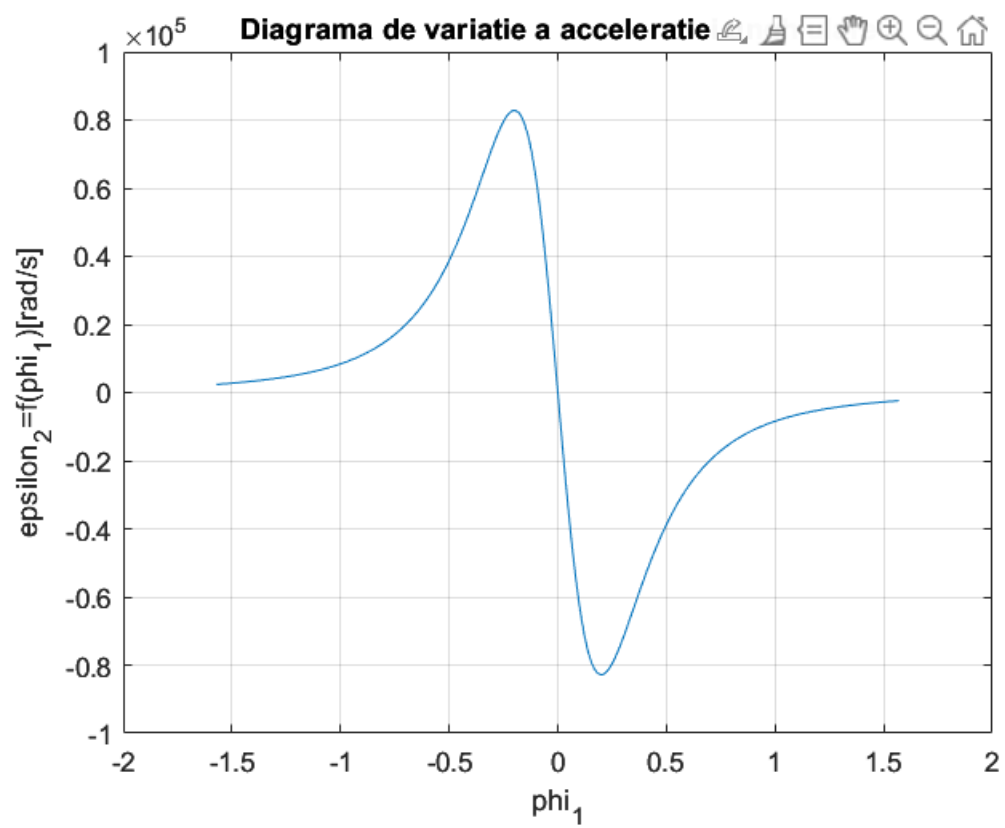
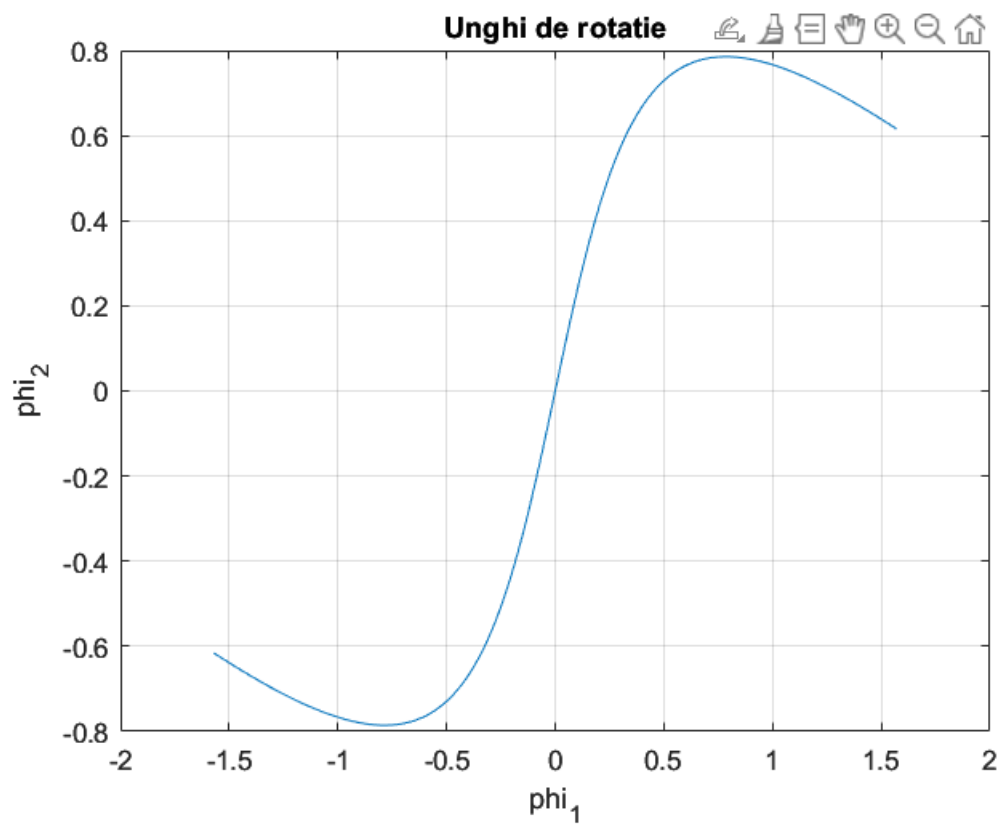
figure
%diagrama de variate a acceleratiei unghiulare
plot(phi1,eps2)
grid
xlabel('phi_1')
ylabel('epsilon_2=f(phi_1)[rad/s]')
title('Diagrama de variatie a acceleratiei unghiulare')

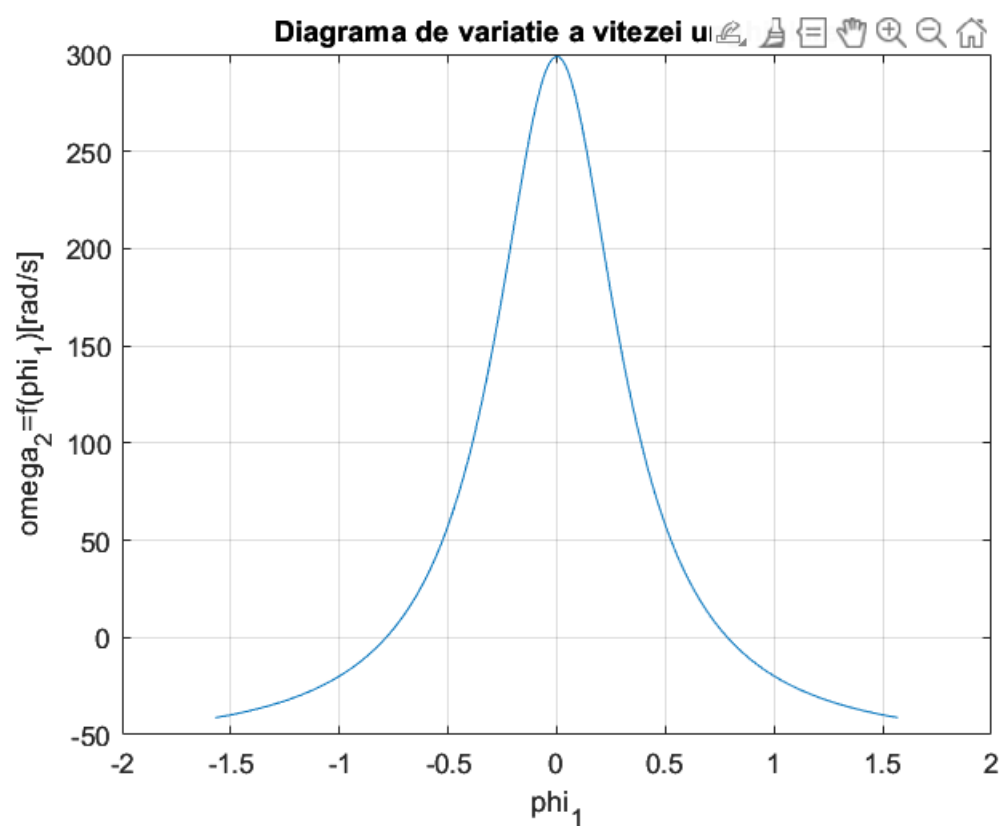
```

```

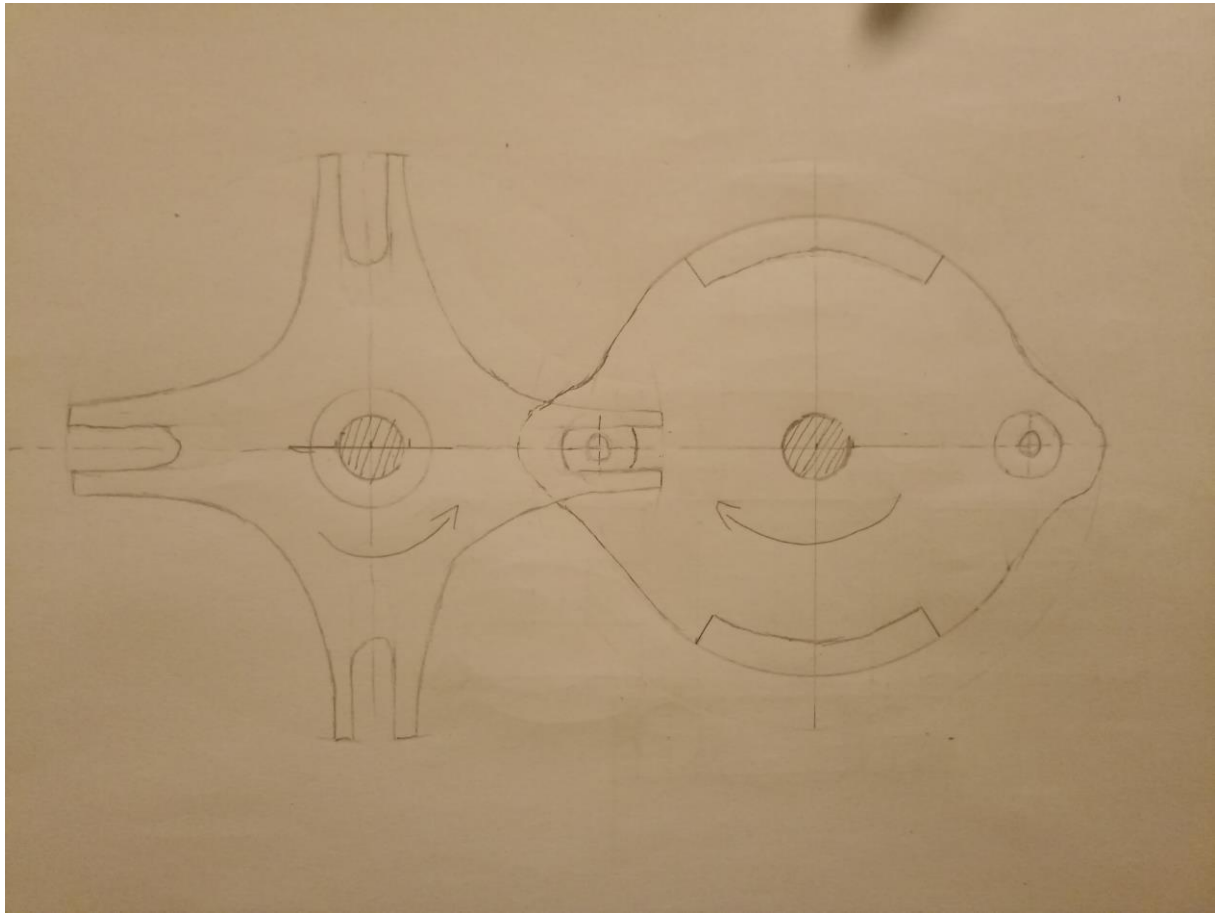
%diagrama de variatie a vitezei unghiulare:
figure
plot(phi1,w2)
grid
xlabel('phi_1')
ylabel('omega_2=f(phi_1)[rad/s]')
title('Diagrama de variatie a vitezei unghiulare')

```





Desen



Bibliografie

- Elemente de inginerie mecanică, Îndrumător de laborator, partea I, edit. U.T.PRESS, 2013, autor Mihai Olimpiu Tatar
- Seminarii și cursuri EIM
- Documentație Proiect EIM – part I.pdf