

*Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca*

*Facultatea de Automatică și Calculatoare, Automatică și Informatică Aplicată*

## **PROIECT:**

- Reductor
- Mecanism cu camă și tchet de translație
  - Mecanism cu cruce de Malta

## **ELEMENTE DE INGINERIE MECANICĂ**

Nume student: Rus Dana-Bendis-Héra

Nume profesor îndrumător: prof.dr.ing. Tătar Mihai Olimpiu

Grupa 30121/2

An universitar

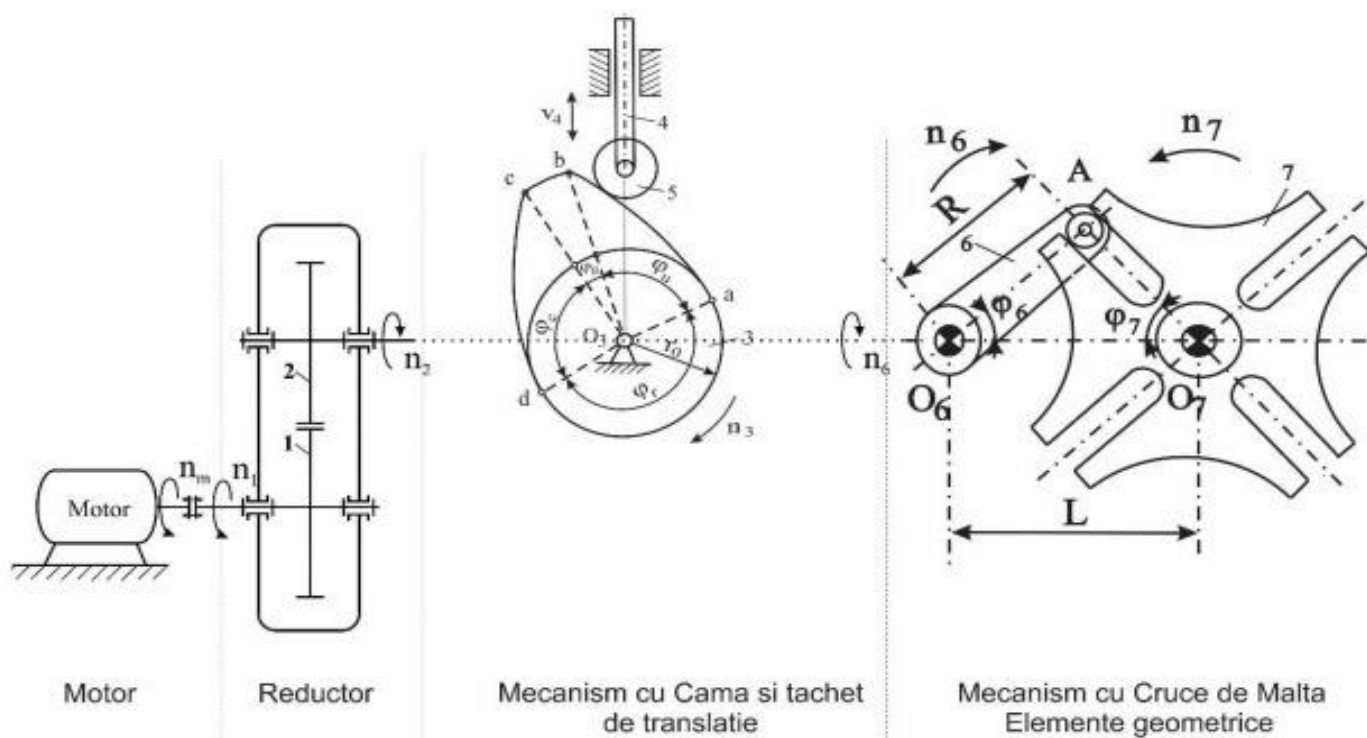
2022-2023

## **Cuprins:**

Tema proiectului .....	3
Reductorul .....	3
1. Calculul elementelor geometrice .....	3
2. Desen .....	5
Mecanismul cu camă și tchet de translație .....	6
3. Analiza cinematică .....	6
Mecanismul pentru transmiterea intermitentă a mișcării – crucea de Malta .....	9
4. Elemente teoretice și de calcul. Cinematica mecanismului .....	9
5. Desen mecanism .....	10
6. Diagrama de variație a vitezei unghiulare și a acelerației unghiulare .....	11
Bibliografie .....	13

## Tema proiectului:

Proiectarea unui sistem mecanic compus dintr-un reductor, un mecanism cu camă și tachet de translație și un mecanism pentru transmiterea intermitentă a mișcării (mecanism cu cruce de Malta).



## Reductorul:

$$i = 23;$$

$n_1 = 2160$  rot/min – turația care intră în reductor

### 1. Calculul elementelor geometrice

Nr.crt.	Denumirea mărimii	Simbol	Relația de calcul	Valoare	Unitate de măsură
1.	Numărul de dinți	$Z_1$	-	15	-
		$Z_2$	-	22	-
2.	Coeficienții de deplasare 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 agrenaj – în cazul nostru, am luat în considerare rezistența la uzură și grupare	0.55	-
		$x_2$		0.54	-
3.	Modulul	$m$	Se rotunjește conform STAS 822-61	3.5	mm



**UNIVERSITATEA TEHNICĂ**  
**DIN CLUJ-NAPOCA**

4.	Unghiul de angrenare	$\alpha$	$\text{inv}\alpha = \text{inv}\alpha_0 + 2 * \frac{x_1+x_2}{z_1+z_2} * \text{tg}\alpha_0$ , unde $\alpha_0 = 20^\circ$	26.55	grade
5.	Coeficientul de modificare a distanței dintre axe	$y$	$y = \frac{z_1+z_2}{2} * (\frac{\cos\alpha_0}{\cos\alpha} - 1)$	0.9337	-
6.	Distanța axială	$a$	$a = m * \frac{z_1 + z_2}{2} * \frac{\cos\alpha_0}{\cos\alpha}$	68.018	mm
7.	Coeficientul de scurtare a înălțimilor dinților	$\psi$	$\psi = x_1 + x_2 - y$	0.1563	-
8.	Înălțimea dinților	$h$	$h = m * (2.25 - \psi)$	7.328	mm
9.	Diametrul cercurilor de divizare	$d_1$	$d_1 = 2 * r_1 = m * z_1$	52.5	mm
		$d_2$	$d_2 = 2 * r_2 = m * z_2$	77	mm
10.	Diametrul cercurilor de bază	$d_{b1}$	$d_{b1} = 2 * r_{b1} = m * z_1 * \cos\alpha_0$	49.333 9	mm
		$d_{b2}$	$d_{b2} = 2 * r_{b2} = m * z_2 * \cos\alpha_0$	72.356 3	mm
11.	Diametrul cercurilor de rostogolire	$d_{w1}$	$d_{w1} = 2 * r_{w1} = m * z_1 * \frac{\cos\alpha_0}{\cos\alpha}$	55.149 7	mm
		$d_{w2}$	$d_{w2} = 2 * r_{w2} = m * z_2 * \frac{\cos\alpha_0}{\cos\alpha}$	80.886 2	mm
12.	Diametrul cercurilor de cap	$d_{a1}$	$d_{a1} = 2 * r_{a1} = m * (z_1 + 2 + 2 * x_1 - 2 * \psi)$	62.255 9	mm
		$d_{a2}$	$d_{a2} = 2 * r_{a2} = m * (z_2 + 2 + 2 * x_2 - 2 * \psi)$	86.685 9	mm
13.	Diametrul cercurilor de picior	$d_{f1}$	$d_{f1} = 2 * r_{f1} = m * (z_1 - 2 + 2 * x_1 - 0.5)$	47.6	mm
		$d_{f2}$	$d_{f2} = 2 * r_{f2} = m * (z_2 - 2 + 2 * x_2 - 0.5)$	72.03	mm
14.	Arcele dinților pe cercurile de divizare	$s_1$	$s_1 = \frac{\pi m}{2} + 2 * m * x_1 * \text{tg}\alpha_0$	6.8991	mm
		$s_2$	$s_2 = \frac{\pi m}{2} + 2 * m * x_2 * \text{tg}\alpha_0$	6.8736	mm
15.	Gradul de acoperire	$\epsilon$	$\epsilon = \frac{\sqrt{r_{a2}^2 - r_{b2}^2} + \sqrt{r_{a1}^2 - r_{b1}^2} - a * \sin\alpha}{\pi m * \cos\alpha_0}$	1.2053	-

*Script Matlab pentru calcularea valorilor elementelor:*

```

z1 = 15;
z2 = 22;
x1 = 0.55;
x2 = 0.54;
m = 3.5;
alfa0 = 20; %grade
alfa0rad = 0.3490658504; %radiani
invalfa = 0.014904 + 2*(x1+x2)/(z1+z2)*tan(alfa0rad);

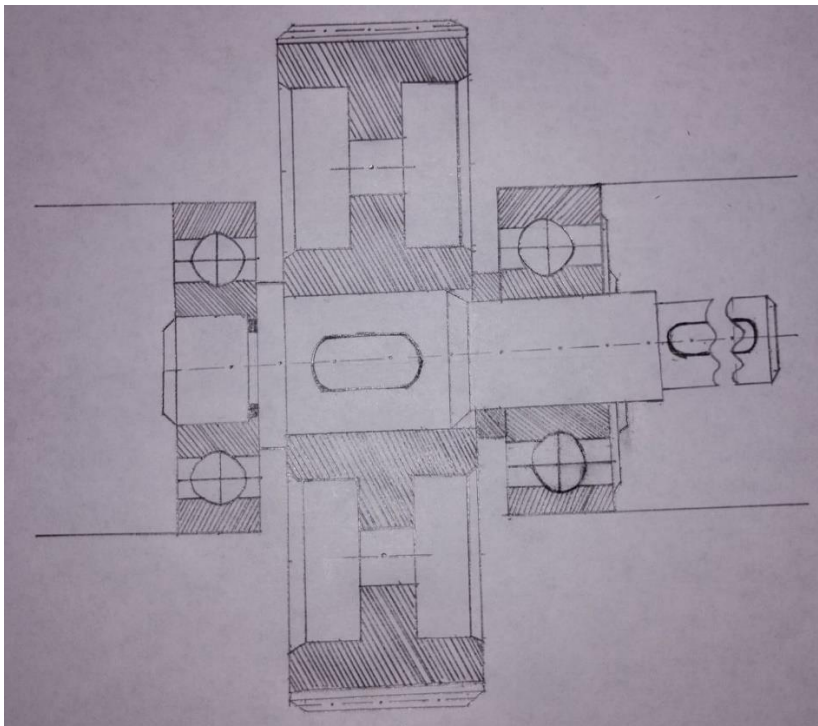
```

```

alfa = 26.55; %grade
alfarad = 0.4633849164; %radiani
y = (z1+z2)/2*(cos(alfa0rad)/cos(alfarad)-1);
a = m*(z1+z2)/2*cos(alfa0rad)/cos(alfarad);
psi = x1+x2-y;
h = m*(2.25-psi);
d1 = m*z1;
d2 = m*z2;
db1 = m*z1*cos(alfa0rad);
db2 = m*z2*cos(alfa0rad);
dw1 = m*z1*cos(alfa0rad)/cos(alfarad);
dw2 = m*z2*cos(alfa0rad)/cos(alfarad);
da1 = m*(z1+2+2*x1-2*psi);
da2 = m*(z2+2+2*x2-2*psi);
df1 = m*(z1-2+2*x1-0.5);
df2 = m*(z2-2+2*x2-0.5);
s1 = pi*m/2+2*m*x1*tan(alfa0rad);
s2 = pi*m/2+2*m*x2*tan(alfa0rad);
ra1 = da1/2;
ra2 = da2/2;
rb1 = db1/2;
rb2 = db2/2;
epsilon = (sqrt(ra2*ra2-rb2*rb2)+sqrt(ra1*ra1-rb1*rb1)-
a*sin(alfarad))/(pi*m*cos(alfa0rad));

```

## 2. Desen





## Mecanismul cu camă și tachet de translație:

$n_2 = n_3 = n_1 * \left| -\frac{z_1}{z_2} \right| = 1472.7 \text{ rot/min}$  – turația care iese din reductor și  
intră în mecanismul cu camă și tachet de translație

### 3. Analiza cinematică

$$h = 19.5 \text{ mm}$$

$$\varphi_u = 100^\circ$$

$$\varphi_R = 80^\circ$$

$$\varphi_c = 100^\circ$$

$$\varphi_r = 80^\circ$$

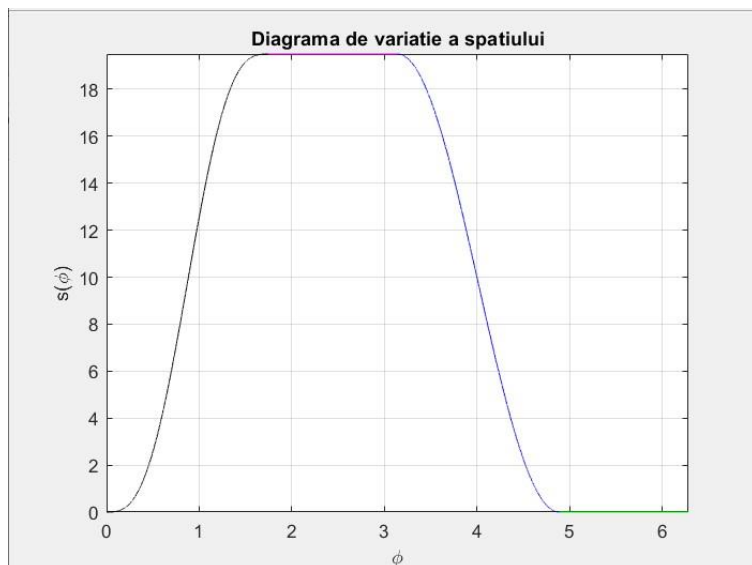
Legi de mișcare:

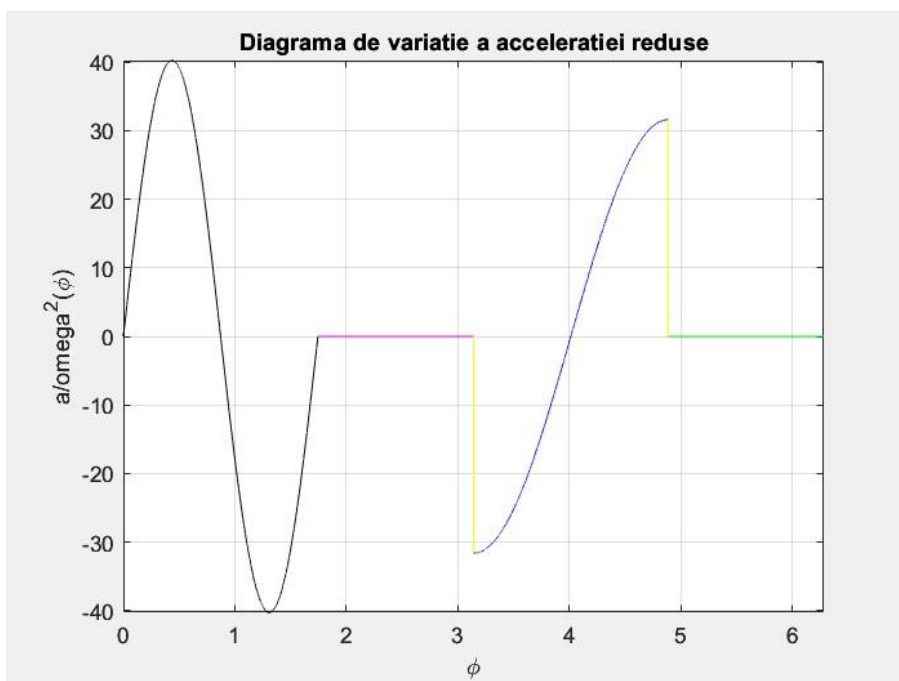
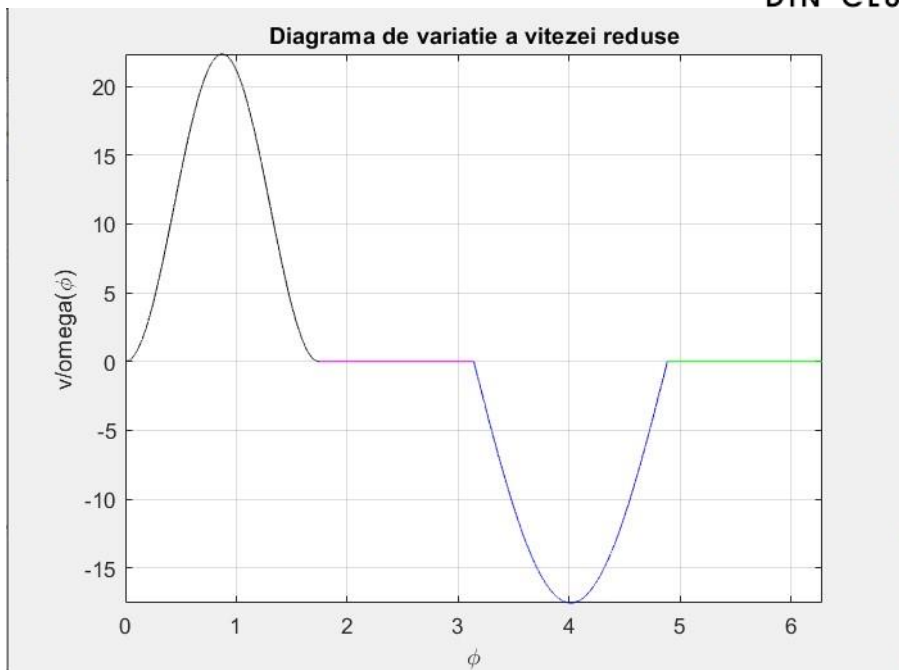
- sinus urcare
- cosinus coborâre

Excentricitatea este nulă => unghiul de profil al camei este egal cu unghiul de rotație al camei.

Considerăm cercul de raza  $r_0 = \frac{19.5}{2}$  mm cercul de bază.

Profilul camei corespunzător fazelor de repaus superior b-c și repaus inferior d-a este format din câte un arc de cerc cu centrul în  $O_3$  – cama este una compusă datorită prezenței acestor faze.





*Script Matlab pentru realizarea graficelor:*

```
phiu = deg2rad(100);  
phiR = deg2rad(80);  
phic = deg2rad(100);  
phir = deg2rad(80);  
h = 19.5; %mm  
%urcare sinusoidala  
phi = 0:0.0001:phiu;  
for i=1:length(phi)
```



```
su(i) = h*(phi(i)/phiu-1/(2*pi)*sin(2*pi/phiu*phi(i)));
vu(i) = h/phiu*(1-cos(2*pi/phiu*phi(i)));
au(i) = 2*pi*h/phiu^2*sin(2*pi/phiu*phi(i));
end
figure(1),plot(phi,su,'k'); hold on;
figure(2),plot(phi,vu,'k'); hold on;
figure(3),plot(phi,au,'k'); hold on;
%repaus superior
phi = phiu:0.0001:phiu+phiR;
for j=1:length(phi)
    sR(j) = su(i);
    vR(j) = vu(i);
    aR(j) = au(i);
end
figure(1),plot(phi,sR,'m');
figure(2),plot(phi,vR,'m');
figure(3),plot(phi,aR,'m');
%coborare cosinusoidala
phi = 0:0.0001:phic;
l = length(phi);
for i=1:l
    sc(l-i+1) = h/2*(1-cos((pi/phic)*phi(i)));
    vc(l-i+1) = pi*h/(2*phic)*sin((pi/phic)*phi(i));
    ac(l-i+1) = pi^2*h/(2*phic^2)*cos((pi/phic)*phi(i));
end
figure(1),plot(phi+phiu+phiR,sc,'b');
figure(2),plot(phi+phiu+phiR,-vc,'b');
figure(3),plot(phi+phiu+phiR,ac,'b');
line([phiu+phiR,phiu+phiR],[aR(j),ac(1)],'Color','yellow');
%repaus inferior
phi = phiu+phiR+phic:0.0001:2*pi;
for j=1:length(phi)
    sr(j) = su(1);
    vr(j) = vu(1);
    ar(j) = au(1);
end
figure(1),plot(phi,sr,'g');
figure(2),plot(phi,vr,'g');
figure(3),plot(phi,ar,'g');
line([phiu+phiR+phic,phiu+phiR+phic],[ac(1),ar(j)],'Color','yellow');
%adnotatii
figure(1)
```



```

grid on; axis tight;
xlabel('\phi'),ylabel('s(\phi)');
title('Diagrama de variatie a spatiului');
hold off;
figure(2)
grid on; axis tight;
xlabel('\phi'),ylabel('v/omega(\phi)');
title('Diagrama de variatie a vitezei reduse');
hold off;
figure(3)
grid on; axis tight;
xlabel('\phi'),ylabel('a/omega^2(\phi)');
title('Diagrama de variatie a acceleratiei reduse');
hold off;

```

## Mecanismul pentru transmiterea intermitentă a mișcării – crucea de Malta:

$n_6 = n_2 = 1472.7$  rot/min – turația care intră în crucea de Malta

$L = 250$  mm – distanța dintre centrele de rotație -- aleasă arbitrar

$n_a = 1$  – numărul de antrenori

$z = 5$  – numărul de canale

### 4. Elemente teoretice și de calcul. Cinematica mecanismului

Nr.crt.	Denumirea mărimii	Formule de calcul	Valori
1.	Viteza unghiulară a elementului conducător	$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_2}{30}$	154.2236 rad/min
2.	Constanta mecanismului cu cruce de Malta	$\lambda = \frac{R_1}{L} = \sin \varphi_2 = \sin \frac{\pi}{z}$	0.5878
3.	Lungimea brațului de antrenare (raza elementului de antrenare)	$R_1 = L * \sin \varphi_2 = L * \sin \frac{\pi}{z}$	146.9463 mm
4.	Timpul de mișcare în care elementul conducător antrenează elementul condus	$t_m = \frac{2 \cdot \varphi_1}{\omega_1} = \frac{\pi \cdot (1 - \frac{2}{z})}{\omega_1}$	0.0122 min
5.	Timpul de repaus al elementului condus	$t_r = \frac{2 \cdot \pi - 2 \cdot \varphi_1}{\omega_1} = \frac{\pi \cdot (1 + \frac{2}{z})}{\omega_1}$	0.0285 min
6.	Timpul de rotație completă al elementului conducător	$T = t_m + t_r = \frac{2 \cdot \pi}{\omega_1}$	0.0407 min
7.	Coeficientul de mișcare	$k_m = \frac{t_m}{T} = \frac{1}{2} - \frac{1}{z}$	0.3
8.	Coeficientul de repaus	$k_r = \frac{t_r}{T} = \frac{1}{2} + \frac{1}{z}$	0.7

9.	Coeficientul timpului de lucru al mecanismului	$k = \frac{k_m}{k_r} = \frac{z-2}{z+2}$	0.4286
----	--	---	--------

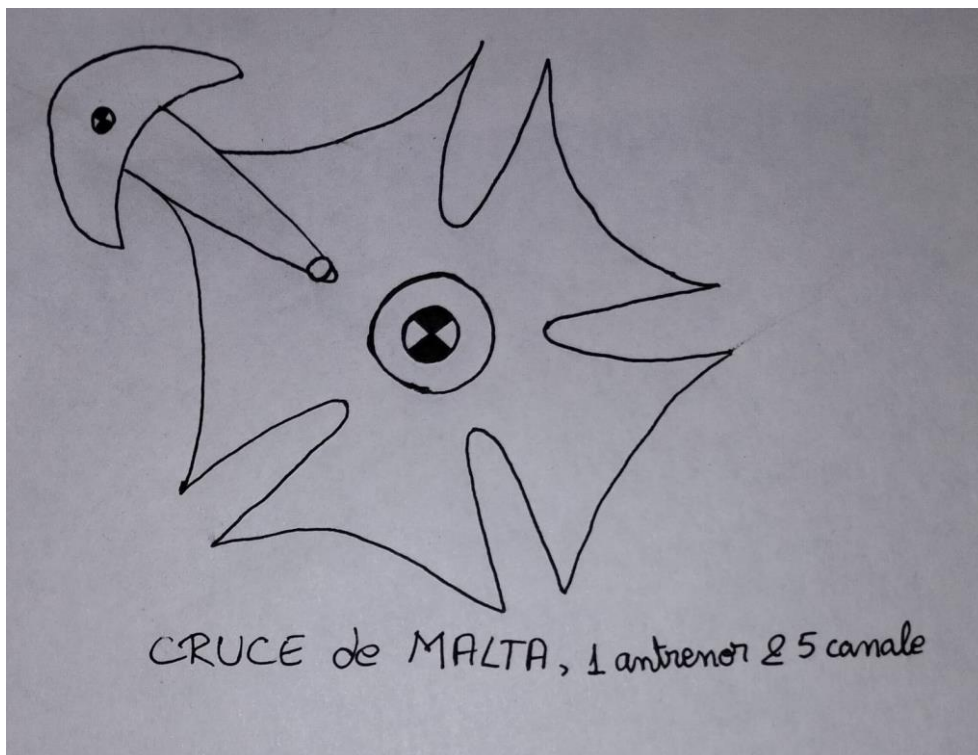
*Script Matlab pentru calcularea valorilor elementelor:*

```

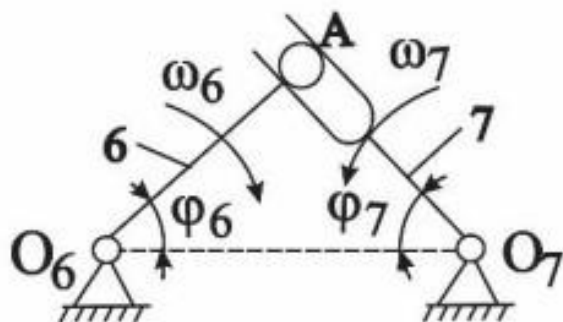
z1 = 15;
z2 = 22;
n1 = 2160;
n2 = n1*abs(z1/z2); %turatia motorului de antrenare
L = 250; %mm
n = 1; %numarul de antrenori
z = 5; %numarul de canale
omega1 = pi*n2/30;
lambda = sin(pi/z);
R1 = L*lambda; %mm
tm = pi*(1-2/z)/omega1;
tr = pi*(1+2/z)/omega1;
T = 2*pi/omega1;
km = tm/T;
kr = tr/T;
k = km/kr;

```

## 5. Desen mecanism

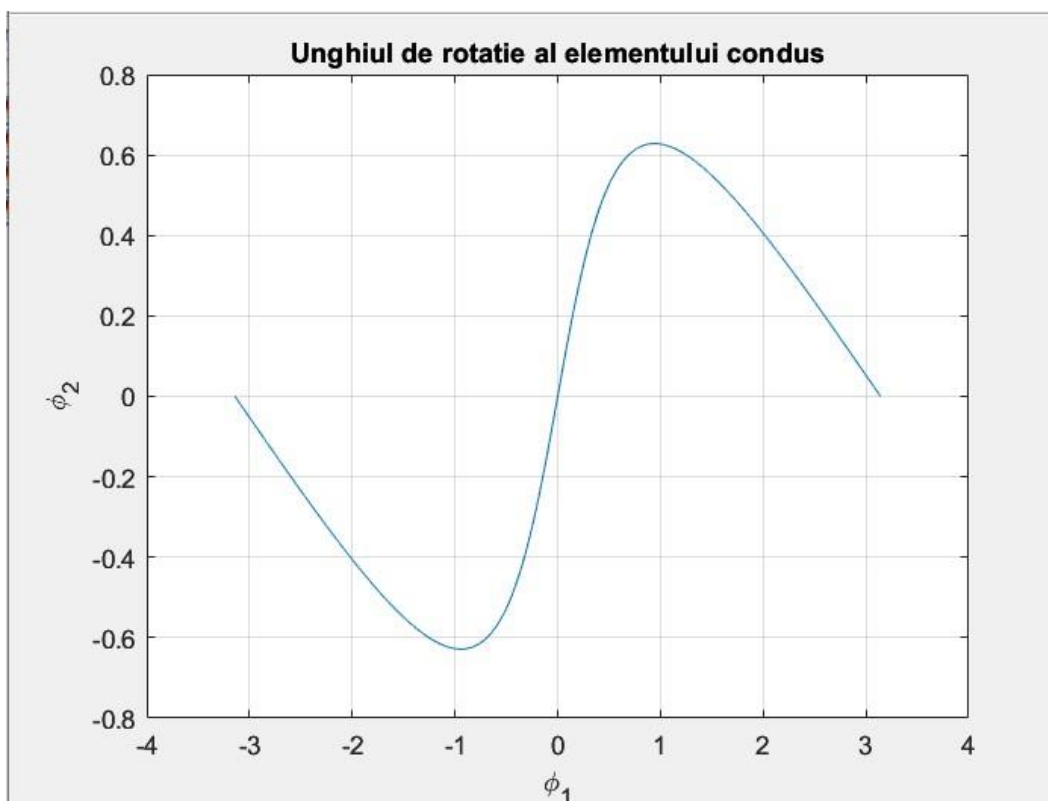


Mecanism echivalent:

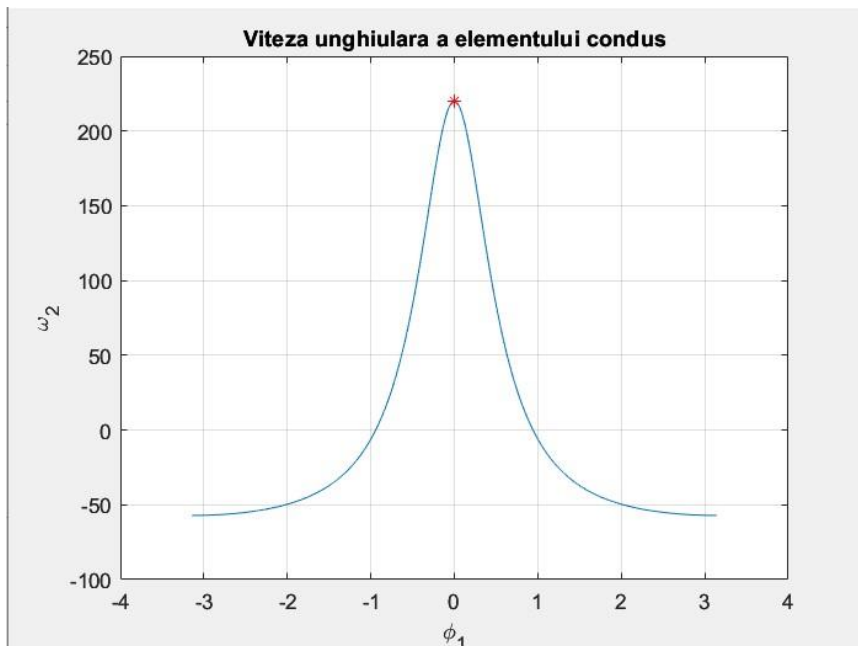


## 6. Diagrama de variație a vitezei unghiulare și a accelerației unghiulare

$$\varphi_2 = f(\varphi_1) = \arctg\left(\frac{\lambda \sin \varphi_1}{1 - \lambda \cos \varphi_1}\right)$$

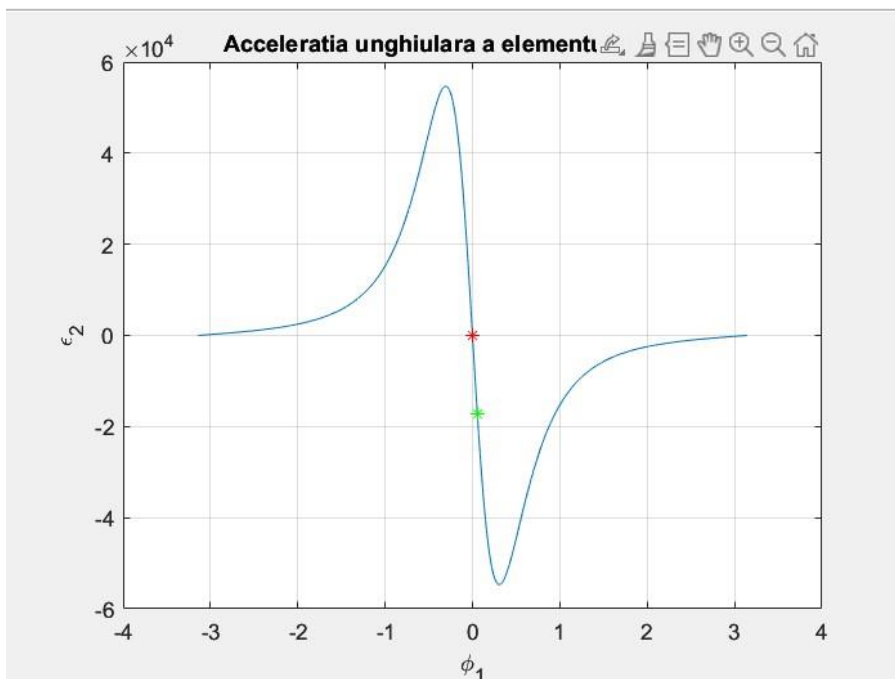


$$\omega_2 = f(\varphi_1) = \frac{\lambda * (\cos \varphi_1 - \lambda)}{1 - 2 * \lambda * \cos \varphi_1 + \lambda^2} * \omega_1$$



- cu steluța roșie a fost figurată  $\omega_{2\max} = \frac{\lambda}{1-\lambda} * \omega_1$ , pentru  $\varphi_1 = 0$

$$\varepsilon_2 = f(\varphi_1) = - \frac{\lambda * (1 - \lambda^2) * \sin \varphi_1}{(1 - 2 * \lambda * \cos \varphi_1 + \lambda^2)^2} * \omega_1^2$$



- cu steluța roșie a fost figurată  $\varepsilon_2 = 0$ , pentru  $\varphi_1 = 0$
- cu steluța verde a fost figurată accelerația unghiulară la intrarea antenorului în canalele crucii,  $\varepsilon_2 = -\omega_1^2 * \operatorname{tg} \frac{\pi}{z}$



*Script Matlab pentru realizarea graficelor:*

```
phi1 = -pi:0.0001:pi;
lambda = 0.5878;
omega1 = 154.2236;
z = 5;
for i=1:length(phi1)
    phi2(i) = atan((lambda*sin(phi1(i)))/(1-lambda*cos(phi1(i))));
    omega2(i) = (lambda*(cos(phi1(i))-lambda))/(1-
2*lambda*cos(phi1(i))+lambda^2)*omega1;
    epsilon2(i) = -(lambda*(1-lambda^2)*sin(phi1(i)))/(1-
2*lambda*cos(phi1(i))+lambda^2)^2*(omega1^2);
end
plot(phi1,phi2); grid on;
xlabel('\phi_1'),ylabel('\phi_2');
title('Unghiul de rotatie al elementului condus');
figure()
plot(phi1,omega2); grid on;
xlabel('\phi_1'),ylabel('\omega_2');
title('Viteza unghiulara a elementului condus');
omega2max = lambda/(1-lambda)*omega1;
hold on, plot(0,omega2max,'r*');
hold off;
figure()
plot(phi1,epsilon2); grid on;
xlabel('\phi_1'),ylabel('\epsilon_2');
title('Acceleratia unghiulara a elementului condus');
hold on, plot(0,0,'r*');
epsilon2intrare = -omega1^2*tan(pi/z);
plot(pi/50,epsilon2intrare,'g*');
```

## **Bibliografie**

Materialele furnizate de profesorul îndrumător întru realizarea acestui proiect.