



Universitatea
Transilvania
din Brașov



UNIVERSITATEA TRANSILVANIA DIN BRAȘOV

**FACULTATEA DE INGINERIE ELECTRICĂ
ȘI ȘTIINȚA CALCULATOARELOR**

**PROIECT DE AN LA DISCIPLINA
Proiectarea Roboților**

**Autor: Student Andrei-Constantin BORICEAN
Programul de studii: Robotică
Grupa 4LF801A**

Coordonatori științifici: Prof. univ. dr. ing. Gheorghe MOGAN

2023

CUPRINS

INTRODUCERE.....	3
MEMORIUL TEHNIC	4
1. TEMATICA ȘI SCHEMA STRUCTURALĂ FUNCȚIONALĂ	5
1.1 TEMATICA ȘI SPECIFICAȚII DE PROIECTARE.....	5
1.2 SCHEMA STRUCTURALĂ FUNCȚIONALĂ ȘI VALORI DATE DE PROIECTARE	6
2. ALEGEREA PREHENSORULUI.....	7
3. ALGORITMUL PRINCIPAL DE PROIECTARE	12
3.1 ELABORARE MODEL CATIA ver.0	12
3.2 ELABORAREA MODELULUI SIMULINK.....	13
3.3 ELABORAREA MODELULUI DE ANALIZĂ DINAMICĂ	15
4. PROIECTAREA MODULULUI II (R)	16
a. PROIECTAREA MODULULUI II (R).....	16
b. MODELARE ÎN CATIA MODULUL II (R)	23
c. MODELARE ÎN SIMULINK	24
d. ANALIZA DINAMICĂ	25
5. PROIECTAREA MODULULUI I (T)	26
a. PROIECTAREA MODULULUI I (T)	26
b. MODELARE ÎN CATIA MODULUL I (T).....	34
c. MODELARE ÎN SIMULINK	35
6. CONCLUZII.....	36

INTRODUCERE

Scopul proiectului de an la disciplina *Proiectarea roboților* este să dezvolte abilitățile practice ale studenților de proiectare și sintetizare a cunoștințelor de mecanică, rezistența materialelor, tehnologia materialelor și reprezentare grafică în decursul anilor I și II, precum și modul în care aceștia pot rezolva în mod independent o lucrare de proiectare, pe baza algoritmilor, metodelor specifice și programelor din domeniu.

Autorul

MEMORIUL TEHNIC

1. TEMATICA ȘI SCHEMA STRUCTURALĂ FUNCȚIONALĂ

1.1 TEMATICA ȘI SPECIFICAȚII DE PROIECTARE

Aspecte generale

Să se proiecteze structura constructivă a sistemului mecanic bimobil (cu două module independente) al unui produs mecatronic cu schema bloc prezentată în fig. 1, utilizat în scopul deplasării controlate, cu precizie impusă, a unei sarcini utile, într-un mediu de lucru impus. Deplasarea în spațiul de lucru a sarcinii utile se realizează prin combinarea a două mișcări (de translație și de rotație) realizate de cele două module independente.

Semnificația notațiilor: B- modul de bază; MI, MII - module generatoare de putere mecanică; E – modulul efector cu prehensor și corpul (sarcina) de manipulat, C; E0 – ieșire B; I1- intrare MI; E1 – ieșire MI; I2- intrare MII; E2 – ieșire MII; I3- intrare E; E3 – ieșire E, SL – spațiul de lucru.

Produsul de proiectat este specializat pentru a efectua deplasarea controlată precisă a efectorului E (cu prehensor, dispozitiv de prindere) împreună cu o sarcină utilă (piesa, sculă, palpator), materializată de corpul C, în scopul realizării de operații de manipulare, tehnologice sau de inspecție.

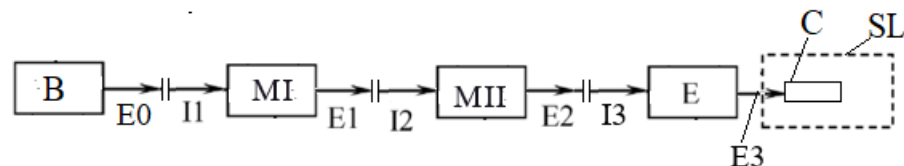


Fig. 1 Schema bloc

Date de proiectare

Pentru obținerea unor produse mecatronice modulare care se pot configura pentru mai multe situații posibile în practică se dau următoarele date:

A. Pozițiile intrărilor și ieșirilor (I1, I2, I3, E0, E1, E2, E3): orizontală (H) sau verticală (V).

B. Tipul modulului generator de putere mecanică (MI, MII): de Translație sau de Rotație (R).

C. Performanțe impuse pentru modulul de rotație (R): cursa ϕ [grade], viteza unghiulară maximă, ω [grade/s]; accelerația unghiulară maximă, ϵ [grade/s²].

D. Performanțe impuse pentru modulul de translație (T): cursa l [mm]; viteza maximă v [mm/s], accelerația maximă, a [mm/s²].

E. Tipul și materialul corpului (sarcinii) de manipulat (C):

a. paralelipiped cu baza pătrat cu latura L [mm] și înălțimea H [mm];

b. cilindru cu raza R [mm], înălțimea H [mm];

F. Precizia de poziționare e [mm] = $\pm 0,05$, de repetabilitate r [mm] = 0,05.

G. Durata de funcționare D [ore] = 10000 ore

H. Caracteristici de mediu:

- domeniul temperaturilor de lucru T [°C] = [-30,90]

- altitudinea maximă, h = max 1200 [m],

- funcționarea în mediu cu impurități: praf, nisip, mediu coroziv, umezeală etc.

Specificații suplimentare de proiectare

- se vor alege și monta traductoare pentru generarea semnalului de feedback;
- funcționare cu zgomot scăzut;
- greutate micșorată;
- limitatoare reglabile la final de curse;
- limitare de moment (motor cu limitare de sarcină, cu protecție termică);
- fără jocuri axiale/unghiulare la schimbarea sensului;
- costuri scăzute;
- randamente ridicate (mai mari ca 0,9).

1.2 SCHEMA STRUCTURALĂ FUNCȚIONALĂ ȘI VALORI DATE DE PROIECTARE

A.

Nr. crt.	E0	I1	E1	I2	E2	I3	E3
2	V	H	H	V	H	V	V

B., C., D.

Nr. crt.	Succesiunea moduleor MI-MII	Valori caracteristici modul de translație (T)			Valori caracteristici modul de rotație (R)		
		l [mm]	v [mm/s]	a [mm/s ²]	φ [grade]	ω [grade/s]	ε [grade/s ²]
2	T-R	250	110	60	310	155	60

E.

Nr. crt	Forma corpului	Dimensiuni		Material
		L/R [mm]	H [mm]	
2	Paralelipiped	110	230	Aluminiu

Schema structurală conform datelor personalizate:

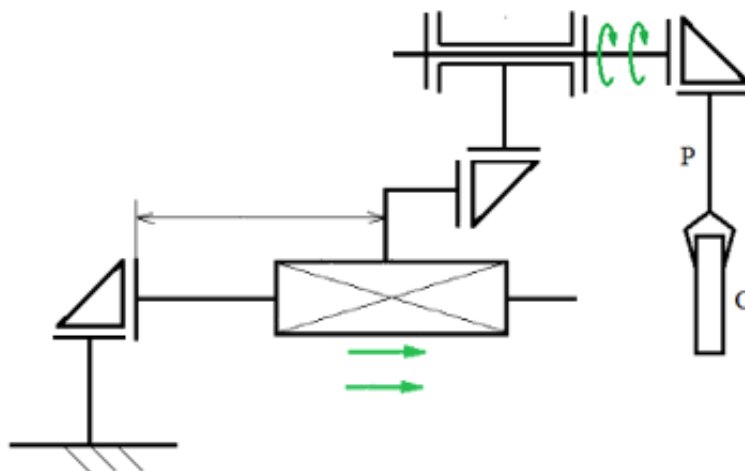


Fig. 2 Schema structurală

2. ALEGEREA PREHENSORULUI

În urma analizei documentului Prehensoare.doc se vor alege:

- tipul prehensorului: cu acționare pneumatică sau hidraulică, cu două bacuri sau cu trei degete;
- caracteristicile prehensorului: cursa (corletat cu dimensiunile corpului de manipulat); gabaritul, masa, poziția centrului de masă etc.

Sarcina principală a sistemului robotic este manipularea unui obiect într-un mediu de lucru impus.

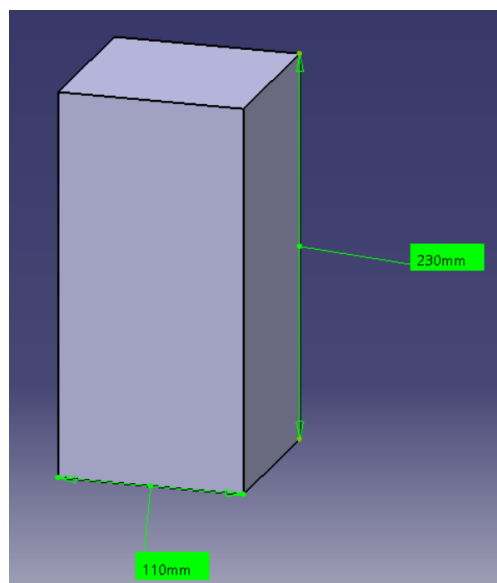


Fig. 3.1 Obiectul de manipulat

Caracteristicile obiectului de manipulat obținute din CATIA sunt:

Type: Volume			
Characteristics		Center Of Gravity (G)	
Volume	0.003m3	Gx	115mm
Area	0.125m2	Gy	55mm
Mass	7.542kg	Gz	55mm
Density	2710kg_m3		

Fig. 3.2 Caracteristicile obiectului de manipulat

Inertia Matrix / G					
loxG	0.041kgxm2	loyG	0.041kgxm2	lozG	0.015kgxm2
lxyG	0kgxm2	lxzG	0kgxm2	lyzG	0kgxm2

Principal Moments / G			
M1	0.015kgxm2	M2	0.041kgxm2
M3	0.041kgxm2		

Fig. 3.3 Inerția obiectului de manipulat

Calcule necesare pentru a determina forța minimă pentru mutarea obiectului:

$$F_f = (\mu \cdot F_b - F_a \cdot \mu) + (\mu \cdot F_b + F_a \cdot \mu)$$

$$F_f = 2 \mu \cdot F_b$$

$$F_a = m \cdot a$$

$$m = 7.5 \text{ [Kg]}$$

$$a = 0.06 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$\mu = 0.8$$

$$F_f = F_G$$

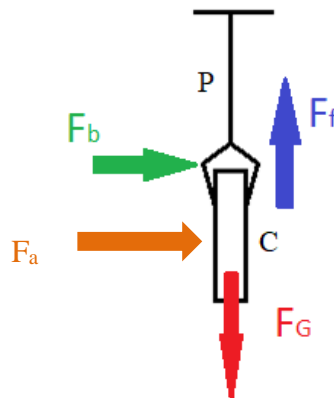
$$F_G = m \cdot g$$

$$g = 9.81 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$F_b = \frac{F_G}{2\mu}$$

$$F_b = \frac{7.5 \cdot 9.81}{2 \cdot 0.8}$$

$$F_b = 45.98$$



Forța bacurilor de prindere necesară pentru mutarea obiectului este de **45.98 [N]**.

Semnificația notațiilor: F_G - forța gravitațională; F_f - forța de frecare; F_a - forța de accelerație; F_b - forța bacurilor de prindere; g - accelerația gravitațională; m - masa corpului; μ - coeficientul de frecare dintre cauciuc și aluminiu;

Prehensorul ales este din seria **PHL-W** de la compania SCHUNK și prezintă următoarele caracteristici:

<i>Criteriul</i>	<i>Tipul dispozitivului</i>	<i>Obs.</i>
După posibilitățile de folosire	Specializat	Pentru mai multe obiecte
După tipul structurii obiectului	Pentru obiecte rigide	Dispozitivul se adaptează obiectului și proceselor
Tipul acționării (realizarea forței de strângere)	Pneumatic	Pentru operații simple de manipulare
Numărul de obiecte manipulate	Simplu	Prehensiunea unui obiect
Posibilitatea de corectare a erorilor de poziționare și orientare	Fără complianță	Pentru obiecte rigide
Asemănarea cu mâna umană	Neantropomorf	Prehensiunea cu 2, 3 degete
Construcția elementelor de contact	Cu bacuri/ Cu degete	Prehensiunea se realizează prin apucare
Numărul de puncte de contact	Două puncte	
Precizia de strângere	Cu forță de strângere constantă	Fără controlul preciziei de strângere
Mentținerea obiectului în timpul manipulării	Prin formă și frecare	Se asigură echilibrul forțelor normale și de frecare din contacte
Configurațiile de prindere	De precizie și de forță	Pentru piese mici și grele



PHL-W 50-060

Long-stroke gripper

ID 308190

Long-stroke gripper PHL-W, Size: 50, pneumatic, Profiled rail guide

- Stroke per jaw: 60 mm
- Closing force: 2050 N
- Opening force: 2050 N
- Max. ambient temperature: 90 °C

[Do you have a question?](#)

[Download CAD file](#)

Fig. 4.1 Prehensor **PHL-W 50-060**

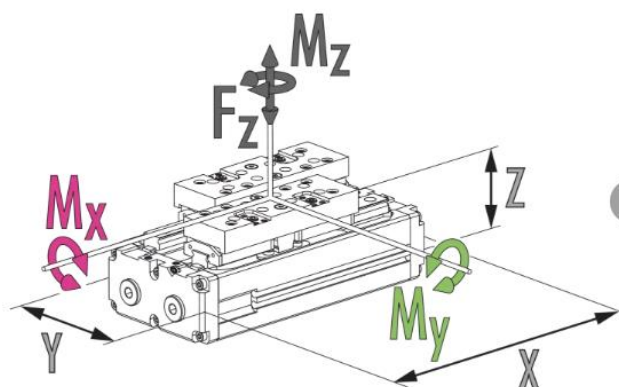


Fig. 4.2 Schiță prehensor

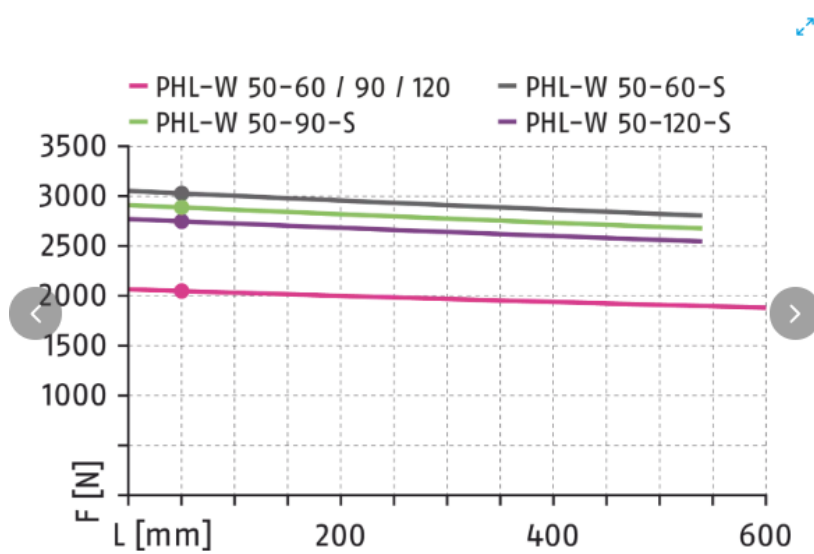


Fig. 4.3 Forța de prindere a bacurilor
în funcție de lungimea lor

Stroke per jaw [mm]	60
Closing force [N]	2050
Opening force [N]	2050
Closing force (with finger lengths of 0 mm) [N]	2066
Opening force (with finger lengths of 0 mm) [N]	2066
Weight [kg]	9.24
Recommended workpiece weight [kg]	10.25
Fluid consumption double stroke [cm ³]	575
Min. operating pressure [bar]	2
Max. operating pressure [bar]	8
Nominal operating pressure [bar]	6
Closing time [s]	0.61
Opening time [s]	0.61
Max. permissible finger length [mm]	600
Max. permissible weight per finger [kg]	8
IP protection class	41
Min. ambient temperature [°C]	5
Max. ambient temperature [°C]	90
Repeat accuracy [mm]	0.02
Length X [mm]	287.4
Width Y [mm]	132
Height Z [mm]	105.2
Moment M _x max. [Nm]	150
Moment M _y max. [Nm]	590
Moment M _z max. [Nm]	219

Fig. 4.4 Caratteristiche prehensor

3. ALGORITMUL PRINCIPAL DE PROIECTARE

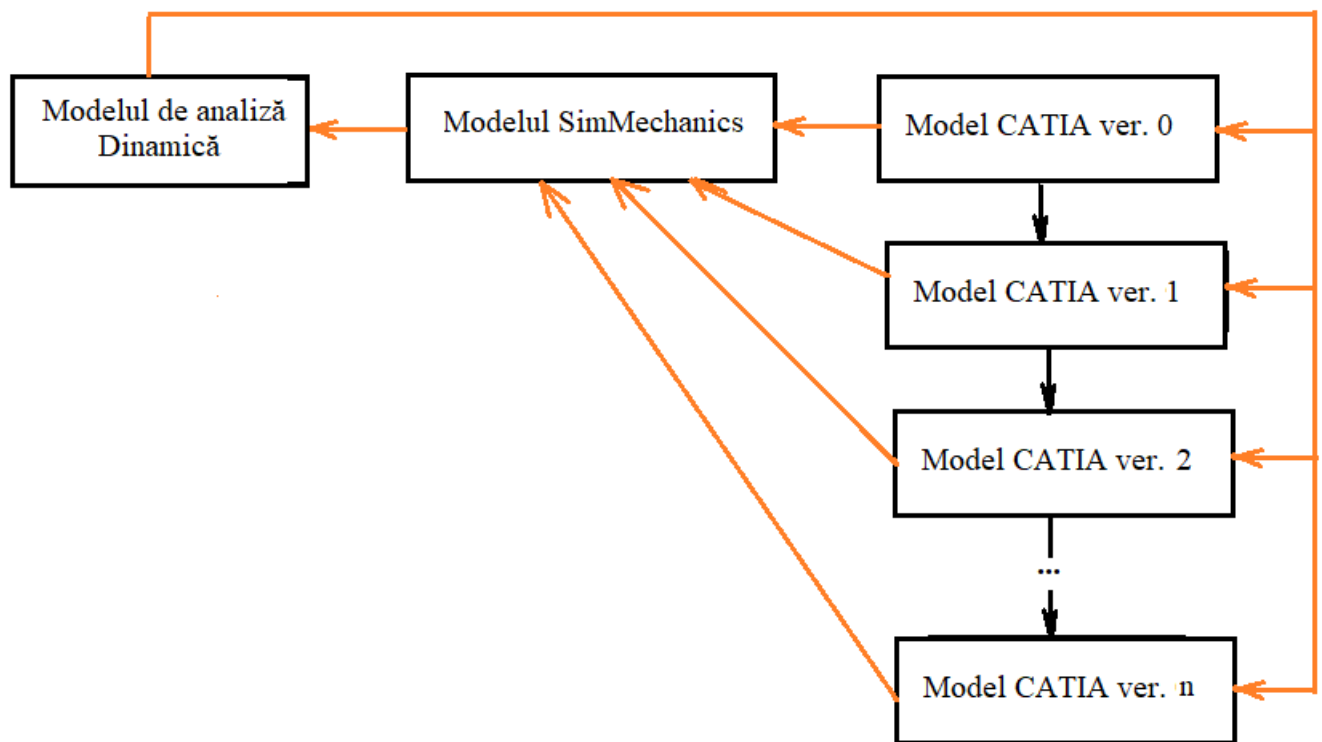


Fig. 5 Algoritmul de proiectare al robotului

3.1 ELABORARE MODEL CATIA ver.0

Model CATIA ver.0 asociat schemei structurale:

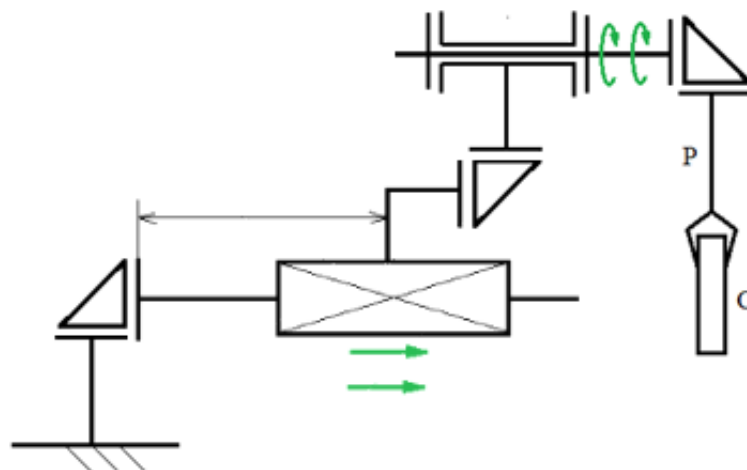


Fig. 6.1 Schema structurală

În CATIA a fost realizată prima variantă virtuală a Robotului:

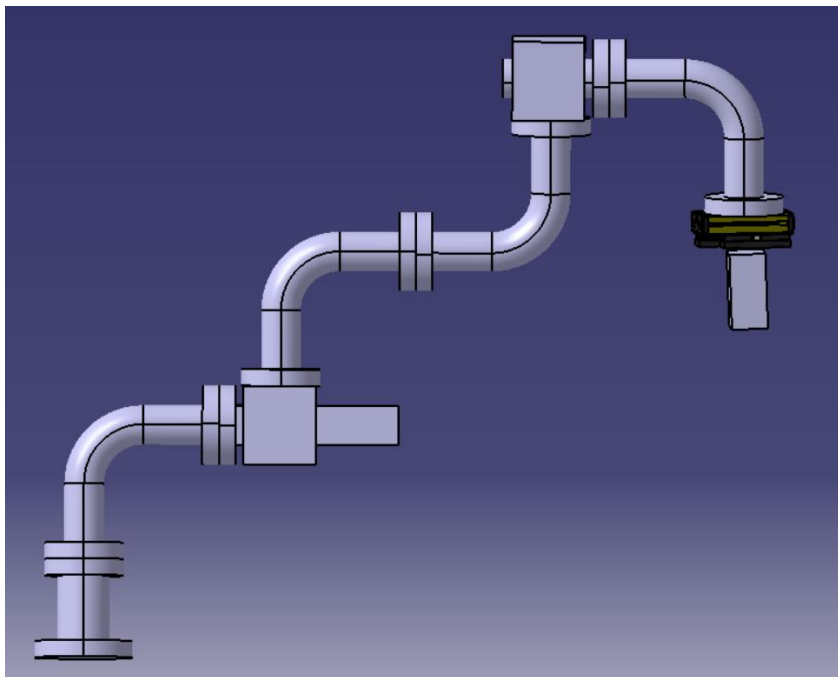


Fig. 6.2 Model Robot ver. 0 CATIA

3.2 ELABORAREA MODELULUI SIMULINK

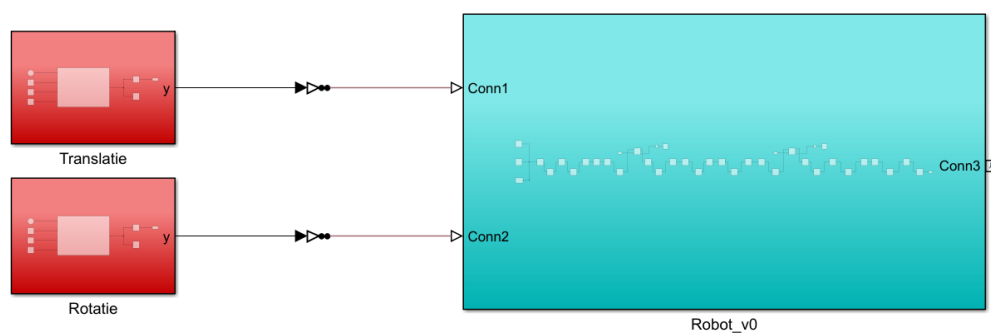


Fig. 6.3 Schemă Simulink pentru modelul ver. 0 al Robotului

Susbisteful **Robot_v0** (**Fig. 6.3**) are în alcătuirea sa piesele modelate în CATIA cu care a fost realizat modelul ver. 0 al Robotului.

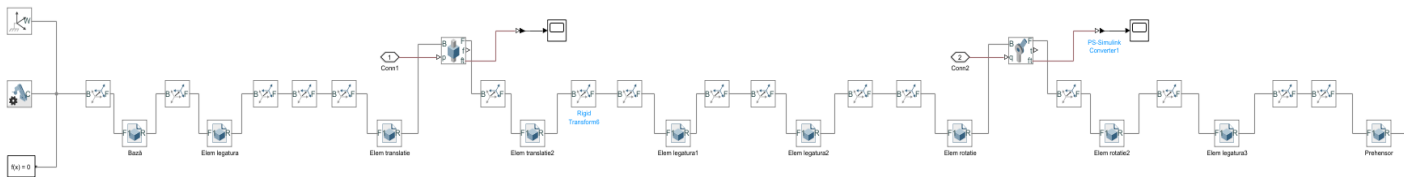


Fig. 6.4 Conținut Subsystem **Robot_v0**

În figura precedentă (**Fig. 6.4**) este structura subsistemului în care a fost asamblat Robotul folosind fișierele CATIA.

După asamblarea pieselor, a urmat afișarea modelului:

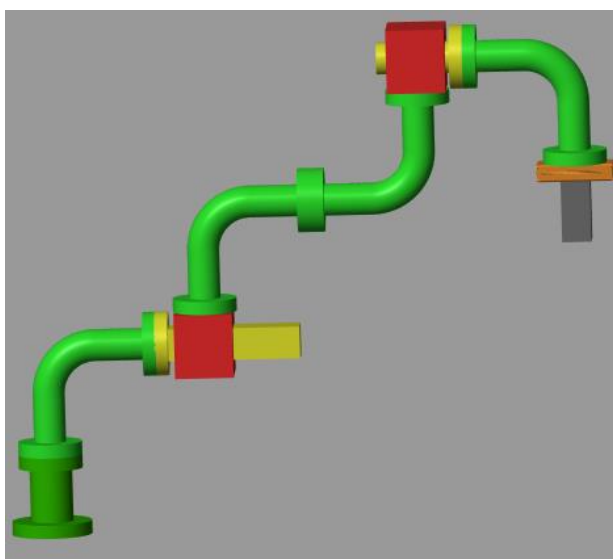


Fig. 6.5 Model Robot ver. 0 în Simulink

Prin intermediul blocurilor **Translatie** și **Rotatie** (**Fig. 6.3**) ce pot fi observate în schema Simulink a fost simulată mișcarea întregului Robot respectând datele impuse mai sus.

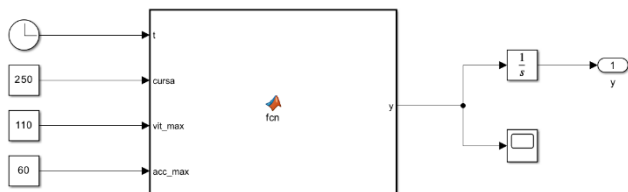


Fig. 6.6.1 Conținut Bloc Translatie

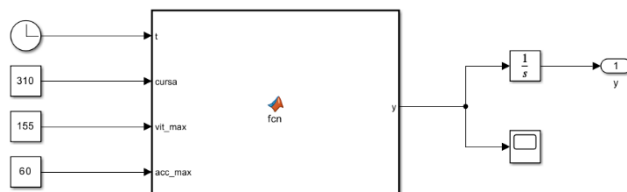


Fig. 6.6.2 Conținut Bloc Rotatie

3.3 ELABORAREA MODELULUI DE ANALIZĂ DINAMICĂ

În urma simulării au rezultat următoarele grafice pentru reacțiuni:

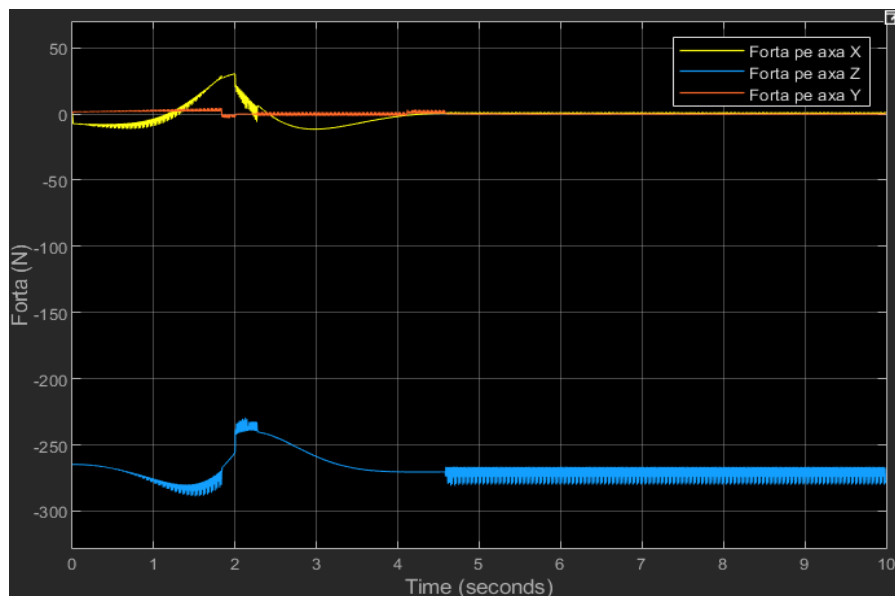


Fig. 7.1.1 Grafic forțe de reacțiune – cupla de rotație

Valorile maxime ale forțelor sunt:

$$F_x = 37.5 \text{ [N]}$$

$$F_y = 5 \text{ [N]}$$

$$F_z = 295 \text{ [N]}$$

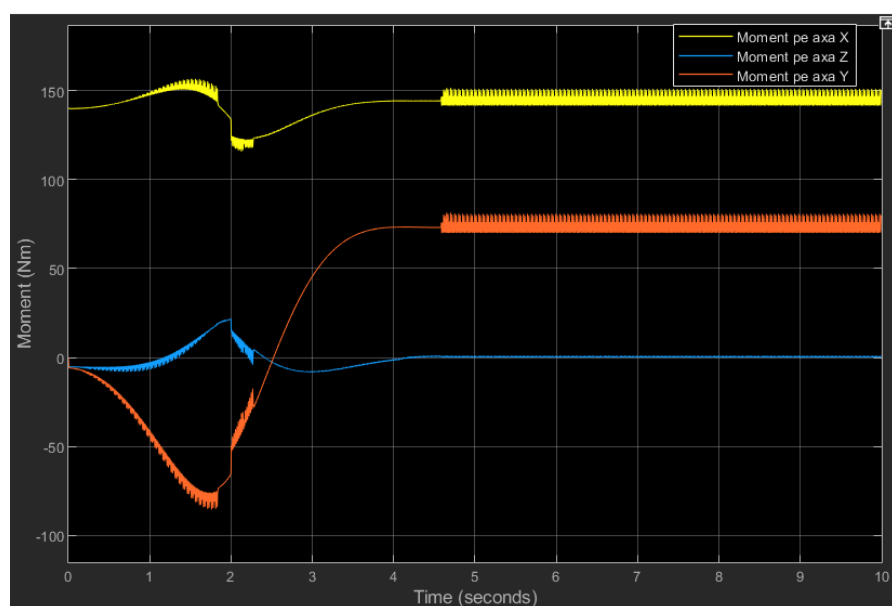


Fig. 7.1.2 Grafic momente de reacțiune – cupla de rotație

Valorile maxime ale momentelor sunt:

$$M_x = 156.5 \text{ [Nm]}$$

$$M_y = 85 \text{ [Nm]}$$

$$M_z = 22 \text{ [Nm]}$$

Momentul motor este reprezentat de momentul pe axa Y, acesta fiind de **85 [Nm]**.

4. PROIECTAREA MODULULUI II (R)

a. PROIECTAREA MODULULUI II (R)

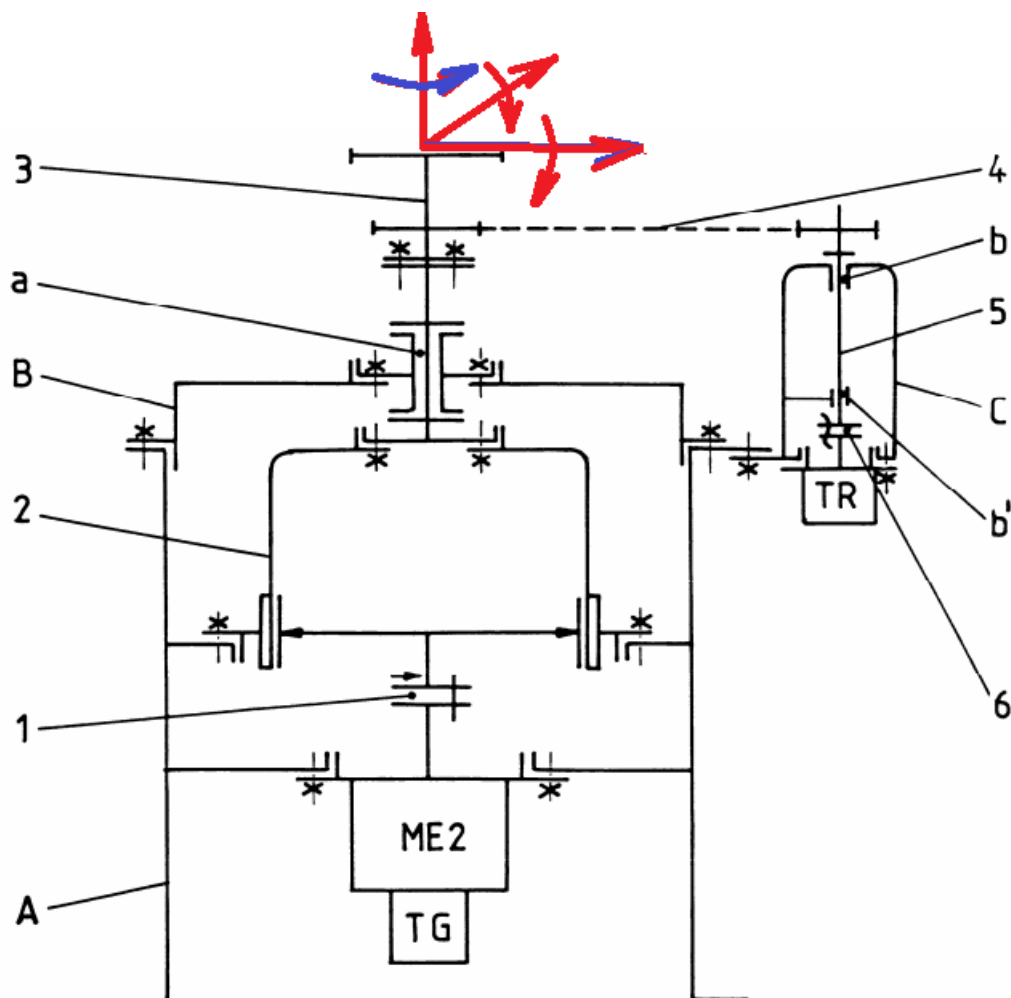


Fig. 8.1 Schema structural-constructivă (R)

Astfel, în această schemă se evidențiază transmisia electromecanică de antrenare, compusă din motorul electric ME2, cu tahogeneratorul TG, cuplajul radial 1 și reductorul armonic 2, susținute de corpul A. Cupla de rotație, materializată prin lagărul a, are o parte fixă, solidarizată de corpul A, și cealaltă parte mobilă, legată de elementul de ieșire 3 din reductorul armonic. Mișcarea de antrenare a traductorului de poziție TR este preluată de transmisia prin curea dințată 4, arborele 5 (susținut de lagărele b, b' și corpul C) și cuplajul flexibil 6.

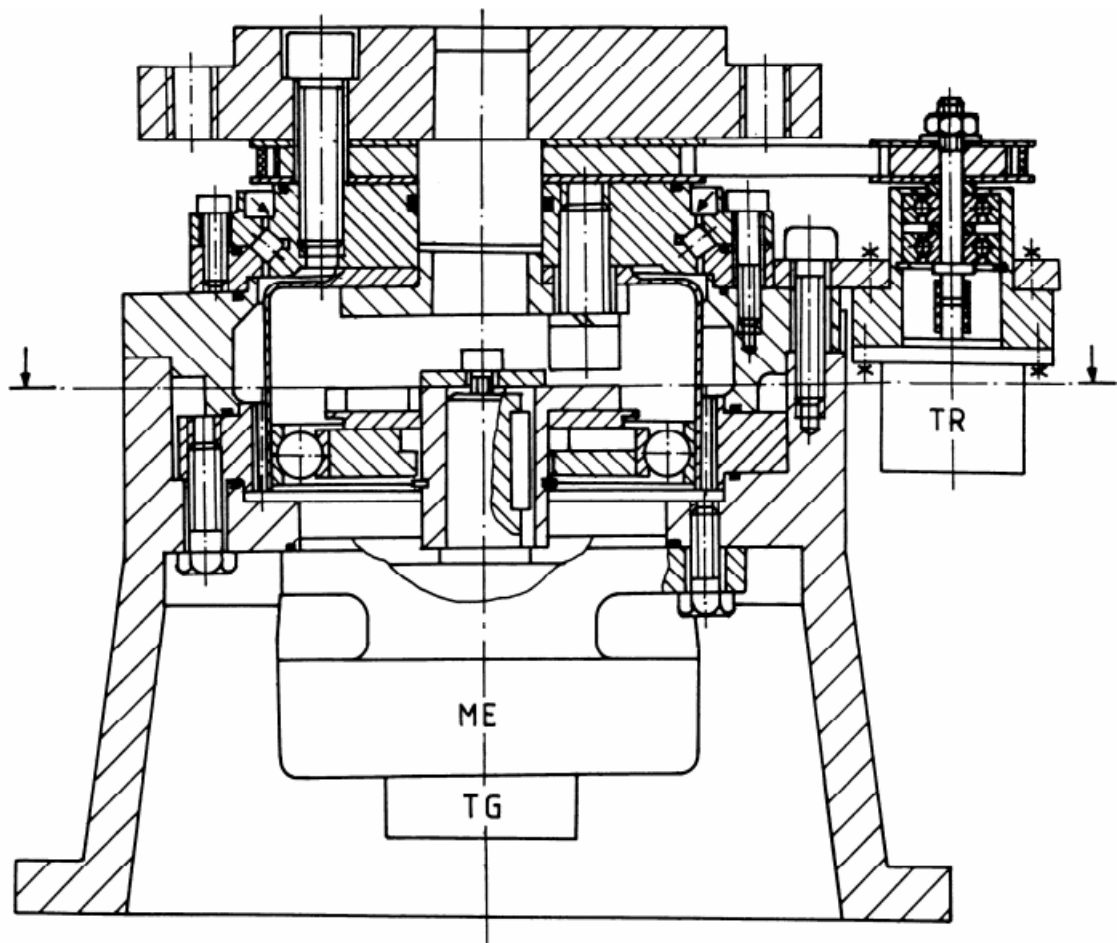


Fig. 8.2 Structura constructivă (R)

Urmărind și respectând indicațiile de mai sus, pentru cupla de rotație s-a parcurs algoritmul necesar pentru a determina parametrii pe care să îi aibă **motorul și reductorul**:

$$n_{am} = 2000 \text{ [rot/min]}$$

$$\omega_{am} = \frac{\pi \cdot n_{am}}{30} = 209.4 \text{ [rad/s]}$$

$$\omega_m = 155 \text{ [grade/s]} = 155 \cdot \frac{\pi}{180} \text{ [rad/s]}$$

$$n_m = \frac{30}{\pi} \cdot \omega_{am} = \frac{30}{\pi} \cdot 155 \cdot \frac{\pi}{180} \text{ [rot/min]} = 25.8 \text{ [rot/min]}$$

$$i_R = \frac{n_{am}}{n_m} = \frac{2000}{25.8} = 77.5$$

$$M_m = M_y = 85 \text{ [Nm]}$$

$$\eta = 0.92$$

$$M_{am} = \frac{M_m}{\eta \cdot i_R} = \frac{85}{0.92 \cdot 77.5} = 1.19 \text{ [Nm]}$$

$$P_m = M_{am} \cdot \omega_m = 249.2 \text{ [W]}$$

Pentru rulment se calculează capacitatea dinamică necesară:

$$F_m = 295 \text{ [N]}$$

$$p = 3$$

Durata de funcționare impusă este de 10000 ore

$$C_{nec} = F_m \cdot \sqrt[p]{L} = F_m \cdot \sqrt[p]{\frac{L_h \cdot 60 \cdot n_{am}}{10^6}} = 295 \cdot \sqrt[3]{\frac{10000 \cdot 60 \cdot 2000}{10^6}} = 3134.84 \text{ [N]}$$

Semnificația notațiilor: n_{am} – turația motorului nominală; ω_{am} – viteza unghiulară a motorului; ω_m – viteza unghiulară a cuplei; n_m – turația cuplei; i_R – raportul de transmisie; M_m – momentul motor al cuplei; η – randament; M_{am} – momentul de antrenare al motorului; P_m – puterea motorului; C_{nec} – capacitatea dinamică necesară; F_m – forța motor (în cazul nostru, axială); ; L_h – durata de funcționare impusă; L – numărul de milioane de rotații; p – coeficient

Prin intermediul calculelor anterioare s-a ales **motorul de tip servo:**

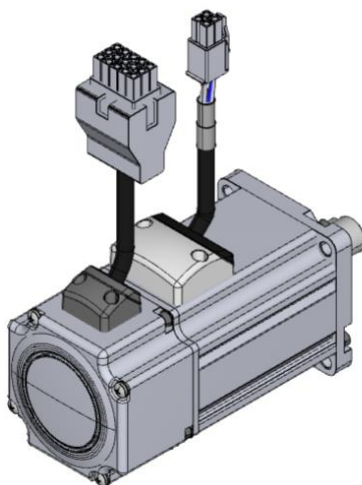


Fig. 9.1 Motorul SBL60A2-01

Motorul ales are următoarele caracteristici:

Frame Size	60 mm
Rated Voltage	220 VAC
Rated Output Power	400 W
Rated Speed	3000 RPM
Max Mechanical Speed	6000 RPM
Rated Torque	1.27 Nm
Peak Torque	3.8 Nm
Rated Current	2.75 A
Peak Current	8.3 A rms

Fig. 9.2 Caracteristicile motorului

S-a considerat ca pentru acest motor să îi fie adăugat un **Reductor armonic**. Transmisiile armonice sunt sisteme mecanice, care ca și în cazul transmisiilor planetare, se întâlnesc frecvent ca transmisii de tip reductor, caracterizate de viteze unghiulare la ieșire mult mai mici decât cele de la intrare și momente de torsiune la ieșire mult mai mari decât cel de la intrare, utilizabile în transmisiile roboților industriali.

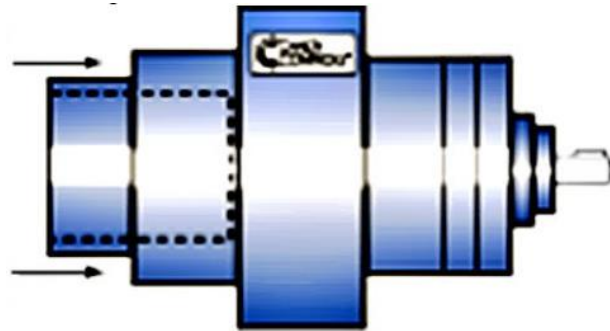


Fig. 9.3 Reductorul armonic **HDC-5C**

Reductorul armonic ales are următoarele caracteristici:

TORQUE 3500 RPM	MAXIMUM OUTPUT TORQUE*	MAXIMUM RELATIVE RPM**	WEIGHT LBS
490	830	6000	14

Fig. 8.4 Caracteristicile reductorului armonic

Raportul de reducere - **80:1**

$$i_R = 80$$

$$\eta = 0.92$$

$$M_{am} = 1.19 \text{ [Nm]}$$

$$M_m = M_{am} \cdot i_R \cdot \eta = 1.19 \cdot 80 \cdot 0.92 = 87.58 \text{ [Nm]} > 85 \text{ [Nm]}$$

Cuplajul a fost ales în funcție de diametrul arborelui de la motor cât și de diametrul arborelui de la reductor. **Cuplajul** ales este torsional-rigid.



Fig. 9.5 Cuplajul **MDCD41-14-14A**

În procesul de asamblare a cuplei de rotație s-a luat în considerare utilizarea unui **rulment cu contact în 4 puncte**, având 2 căi pe interior și 2 căi pe exterior. **Rulmentul** ales este unul axial-radial cu role cilindrice din catalogul de la Schaeffler.



Fig. 9.6 Rulment axial-radial cu role cilindrice
SX011814-A

Caracteristicile rulmentului sunt următoarele:

d Rulment = 60 [mm]

D Rulment = 110 [mm]

B Rulment = 12 [mm]

Temperature range		
T_{\min}	-30 °C	Operating temperature min.
T_{\max}	80 °C	Operating temperature max.
Calculation factors		
	0.01 mm	Running accuracy, radial
	0.01 mm	Running accuracy, axial
$S_{r \min}$	0.003 mm	Minimum radial bearing clearance, at standard bearing clearance
$S_{r \max}$	0.015 mm	Maximum radial bearing clearance, at standard bearing clearance
$S_{k \min}$	0.006 mm	Minimum axial tilting clearance, at standard bearing clearance
$S_{k \max}$	0.03 mm	Maximum axial tilting clearance, at standard bearing clearance
C_a	16,600 N	Basic dynamic load rating, axial
C_{0a}	52,000 N	Basic static load rating, axial
C_r	11,800 N	Basic dynamic load rating, radial (for radial load only)
C_{0r}	25,500 N	Basic static load rating, radial (for radial load only)
$N_{G \text{ oil}}$	1,910 1/min	Limiting speed for oil lubrication with normal clearance

Fig. 9.7 Caracteristici rulment

Verificare rulment în funcție de calculele anterioare:

$C > C_{\text{nec}} = 16 \text{ [kN]} > 3.1 \text{ [kN]}$

b. MODELARE ÎN CATIA MODULUL II (R)

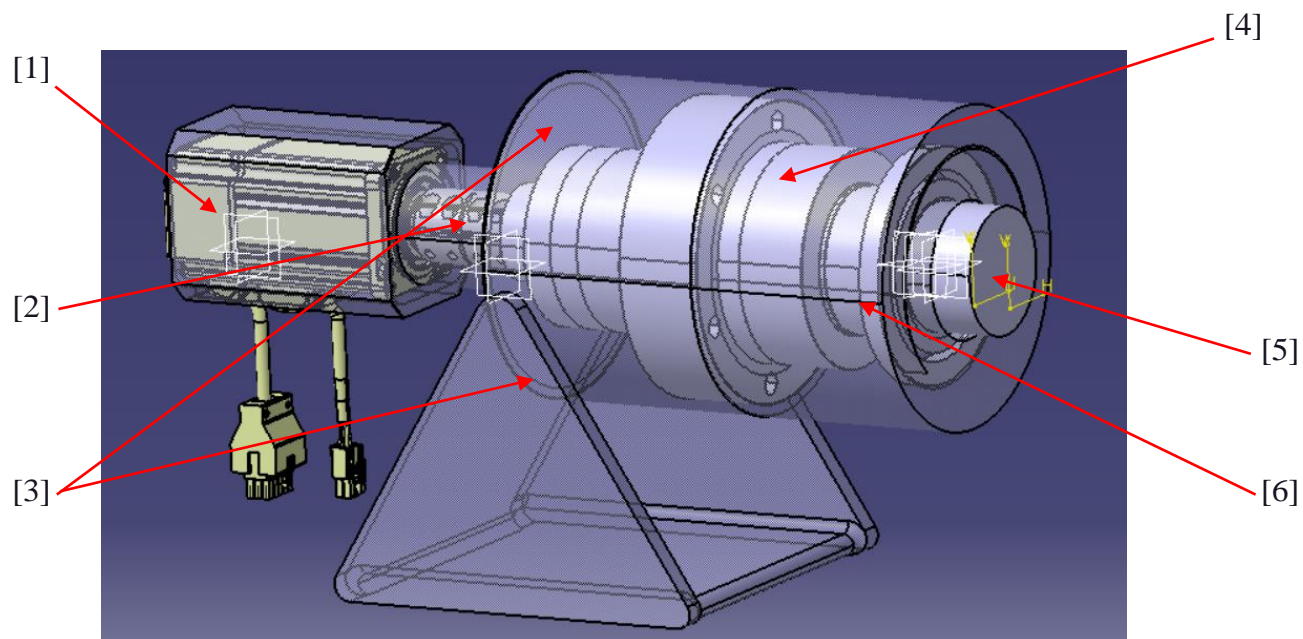


Fig. 10.1 Model Cuplă de rotație CATIA

Legendă:

- [1] – Model Motor
- [2] – Model Cuplaj
- [3] – Ansamblu carcasă
- [4] – Model Reductor armonic
- [5] – Model Arbore de rotire
- [6] – Model Rulment

După asamblarea în CATIA a pieselor pentru modulul de rotație, a urmat actualizarea modelului precedent de robot virtual cu modulul II realizat.

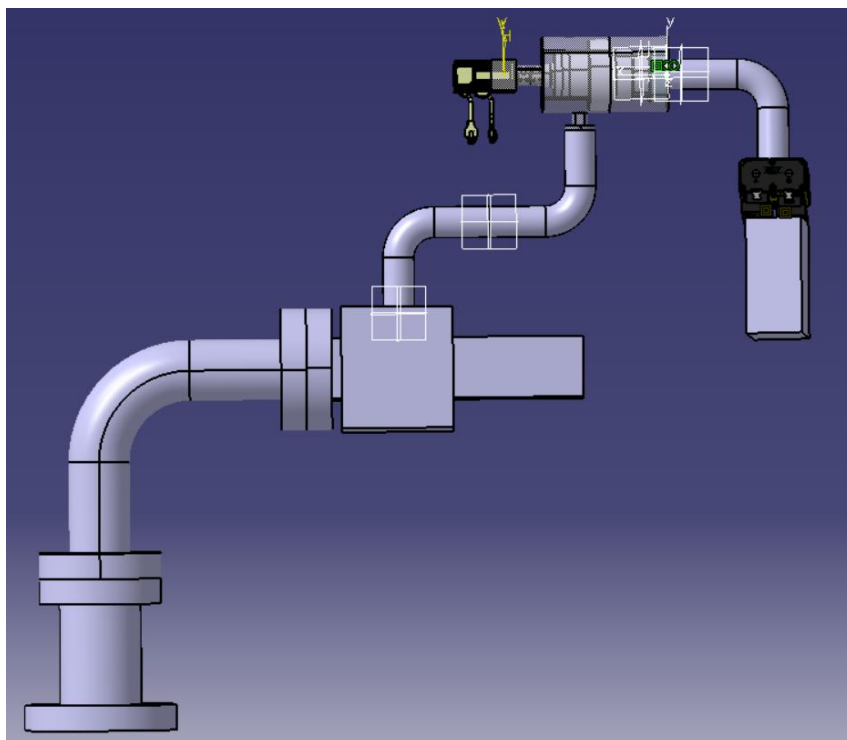


Fig. 10.2 Model Robot ver. 1 CATIA

c. MODELARE ÎN SIMULINK

La modelul precedent de Robot realizat în Simulink i-a fost înlocuită cupla de rotație cu noul ansamblu ce formează cupla respectivă și care include motor, cuplaj, reductor armonic, carcasă și rulment axial-radial cu role cilindrice.

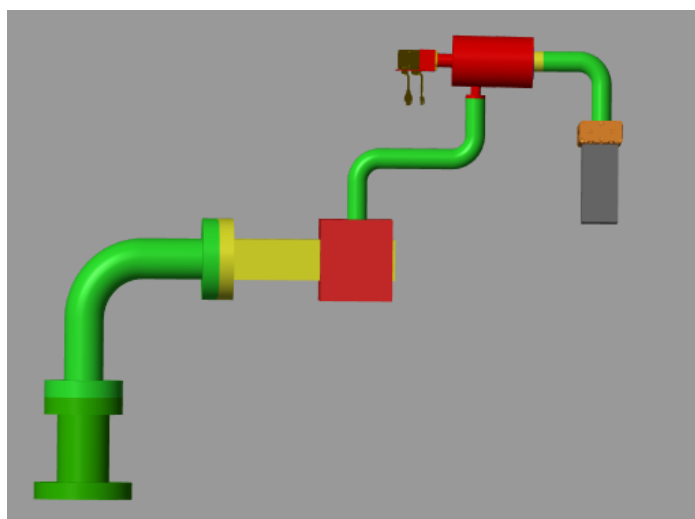


Fig. 11 Model Robot ver. 1 în Simulink

d. ANALIZA DINAMICĂ

În urma simulării noului model au rezultat următoarele grafice pentru reacțiuni:

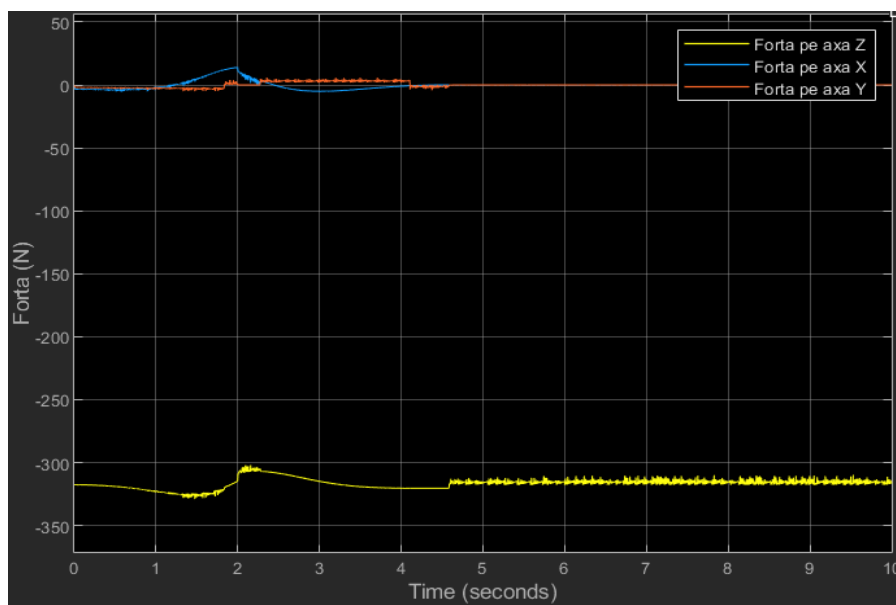


Fig. 12.1 Grafic forțe de reacțiune – cupla de translație

Valorile maxime ale forțelor sunt:

$$F_x = 320 \text{ [N]}$$

$$F_y = 5 \text{ [N]}$$

$$F_z = 14 \text{ [N]}$$

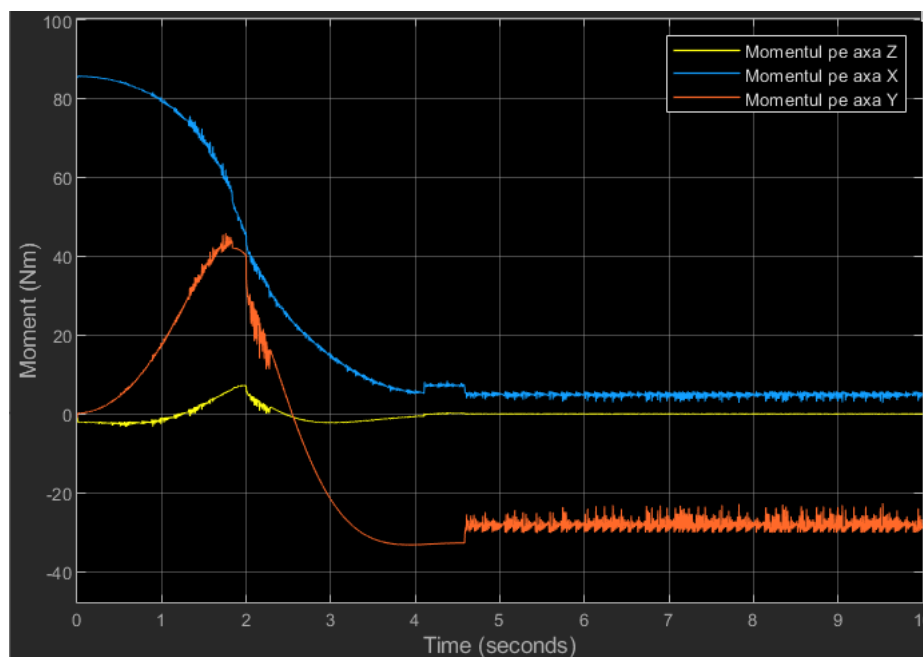


Fig. 12.2 Grafic momente de reacțiune – cupla de translație

Valorile maxime ale momentelor sunt:

$$M_x = 7 \text{ [Nm]}$$

$$M_y = 48 \text{ [Nm]}$$

$$M_z = 85 \text{ [Nm]}$$

Forța motoare este reprezentată de forța pe axa Y, aceasta fiind de 5 [N].

S-a recomandat continuarea modulului I folosind 100 [N] ca forță motoare!

5. PROIECTAREA MODULULUI I (T)

a. PROIECTAREA MODULULUI I (T)

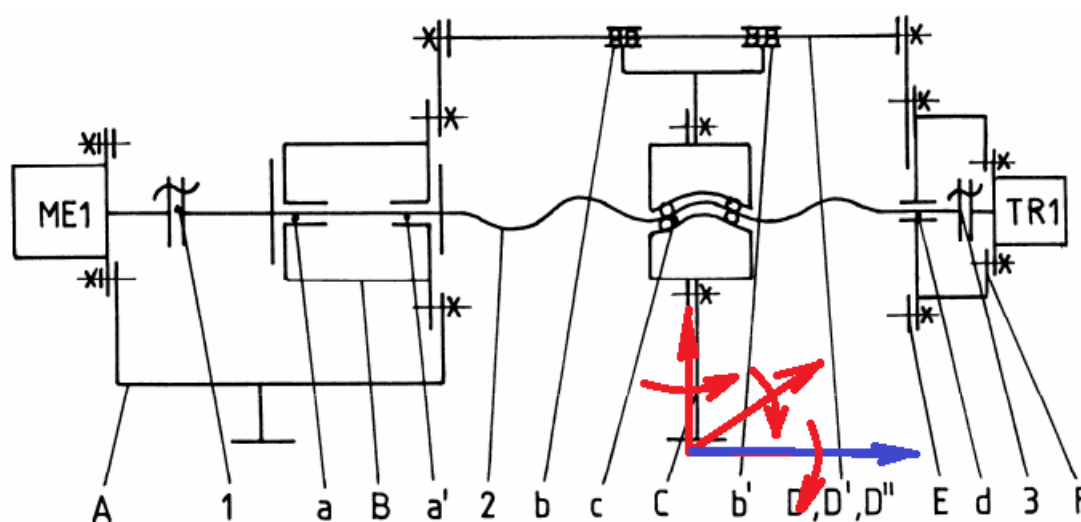


Fig. 13.1 Schema structural-constructivă (T)

Schemă structural-constructivă de ansamblu. În fig. de mai sus se prezintă o schemă structural-constructivă, asociată cu cea structural-funcțională din fig. 6.13, în care se prezintă, la nivel de simboluri, principalele elemente constructive active și pasive precum și schemele de lăgăruire. Astfel, în această schemă se evidențiază: cuplajele flexibile 1 și 3, șurubul 2, lagărul principal cu rulmenții a și a'; lagărele de translație b și b'; cupla elicoidală c; lagărul secundar d; suporti A și E; carcasele B și F; coloanele D, D', D''; corpul lagăr C; motorul electric ME1; traductorul incremental de rotație TR1

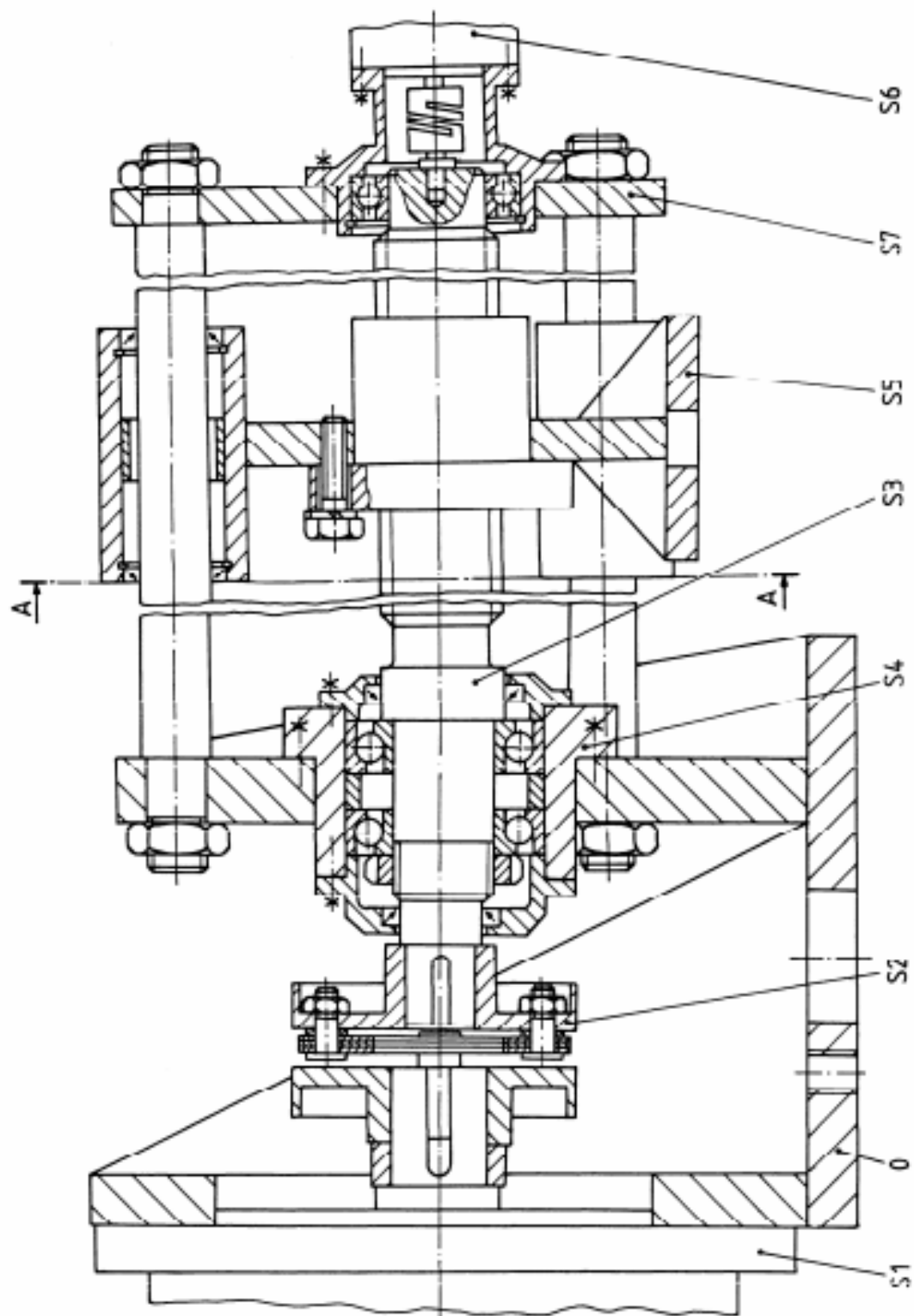


Fig. 13.2 Structura consturctivă (T)

Urmărind și respectând indicațiile de mai sus, pentru cupla de translație s-a parcurs algoritmul necesar pentru a determina parametrii pe care să îi aibă piesele importante pentru realizarea ansamblului de translație:

$$\begin{aligned} 2\pi \dots\dots\dots p \\ \varphi \dots\dots\dots S \end{aligned}$$

De unde rezultă forma generală a **legii spațiului**:

$$S = p \frac{\varphi}{2\pi} \text{ [m]}$$

Prin derivarea ecuației precedente se obține **legea vitezei**:

$$v = p \frac{\omega}{2\pi} \text{ [m/s]}$$

Iar prin derivarea acesteia se obține **legea accelerației**:

$$a = p \frac{\varepsilon}{2\pi} \text{ [m/s}^2\text{]}$$

Aflarea pasului pentru **n = 3000 [rot/min]** înlocuind în formula pentru **legea vitezei**:

$$v = 0.11 \text{ [m/s]}$$

$$a = 0.06 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = 314.1 \text{ [rad/s]}$$

$$p = \frac{2\pi \cdot v}{\omega} = \frac{2\pi \cdot 0.11}{314.1} = 0.0022 \text{ [m]}$$

$$p = 0.0022 \text{ [m]}$$

Verificare turații:

$$\frac{2\pi \cdot v}{p} = \frac{\pi \cdot n}{30}$$

$$\frac{2 \cdot v}{p} = \frac{n}{30}$$

$$n = \frac{60 \cdot v}{p} = \frac{60 \cdot 0.11}{0.0022} = 3000 \text{ [rot/min]} \text{ (se verifică)}$$

$$\eta = 0.92$$

$$F_m = 100 \text{ [N]}$$

$$P_m = \frac{F_m \cdot v}{\eta} = \frac{100 \cdot 0.11}{0.92} = 11 \text{ [W]}$$

$$F_m \cdot v = \eta \cdot M_m \cdot \omega$$

$$M_m = \frac{30 \cdot F_m \cdot v}{\eta \cdot \pi \cdot n} = \frac{30 \cdot 100 \cdot 0.11}{0.92 \cdot \pi \cdot 3000} = 38.066 \text{ [Nmm]}$$

Calcularea diametrului secțiunii de intrare al arborelui + diametrul rulmentului:

$$\tau = 60 \text{ [MPa]} \text{ (se alege)}$$

$$d_c = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_m}{\pi \cdot \tau}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 38.066}{\pi \cdot 60}} = 49.90 \sim 50 \text{ [mm]}$$

$$d_r = d_c + 10 \text{ [mm]} = 59.90 \sim 60 \text{ [mm]}$$

Pentru realizarea cuplei, de asemenea, trebuie să fie îndeplinită următoarea condiție:

$C \geq C_{nec}$, unde durata de funcționare impusă este de 10000 ore.

$$C_{nec} = F_m \cdot \sqrt[p]{L} = F_m \cdot \sqrt[p]{\frac{L_h \cdot 60 \cdot n}{10^6}} = 100 \cdot \sqrt[3]{\frac{10000 \cdot 60 \cdot 3000}{10^6}} = 1216.4 \text{ [N]} \text{ (Pentru piuliță)}$$

Semnificația notațiilor: p – pasul; φ – unghiul orientării; S – spațiul de deplasare; v – viteza liniară; ω – viteza unghiulară; a – accelerația liniară; ε – accelerația unghiulară; n – turația motorului nominală; η – randament; F_m – forța motoare; P_m – puterea motorului; M_m – momentul motor; τ – coeficient presiune; d_c – diametru cuplaj; d_r – diametru rulment; C – capacitate dinamică; C_{nec} – capacitate dinamică necesară; L_h – durata de funcționare impusă; L – numărul de milioane de rotații;

În procesul de asamblare a cuplei de translație s-a luat în considerare utilizarea unui **rulment cu contact în 4 puncte** pentru axa motoare, având 2 căi pe interior și 2 căi pe exterior. Rulmentul ales este unul radial-axial cu bile dublu din catalogul de la SKF.



Fig. 14.1 Rulment radial-axial cu bile dublu
SKF 3212A

Dimensions		Performance	
Bore diameter	60 mm	Basic dynamic load rating	75 kN
Outside diameter	110 mm	Basic static load rating	64 kN
Width	36.5 mm	Reference speed	5 600 r/min
Contact angle	30 °	Limiting speed	5 600 r/min
		SKF performance class	SKF Explorer

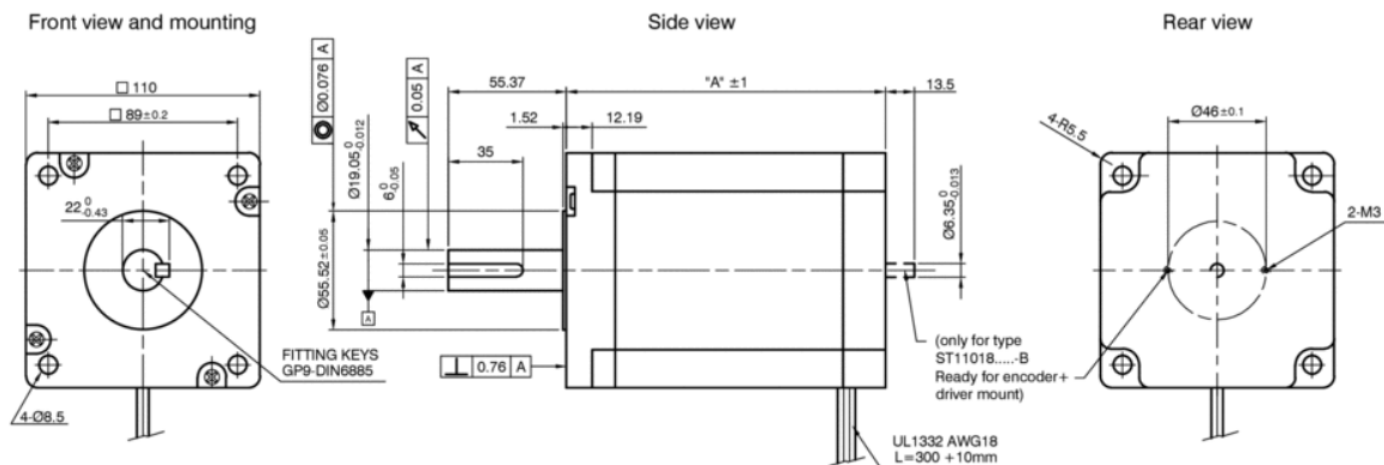
Fig. 14.2 Caracteristici rulment

Prin intermediul calculelor anterioare s-a ales **motorul:**



Fig. 14.3 Motor stepper Nema 42
ST11018S5504-A

Motorul ales prezintă următoarele caracteristici:



NEMA	42	Size	110 mm
Current per Winding	5.5 A	Holding Torque	1170 Ncm
Rotor Inertia	5500 gcm ²	Resistance per Winding	0.7 Ohm
Inductance per Winding	9.8 mH	Resolution	1.8 °/step
Length "A"	99 mm	Weight	5 kg
Shaft	Keyway with key		

Fig. 14.4 Caracteristicile motorului

Cuplajul a fost ales în funcție de diametrul arborelui de la motor cât și de diametrul cuplului.

Cuplajul folosit este unul torsional-rigid-flexibil de la firma CominTec cu rolul de a conecta motorul de bară.

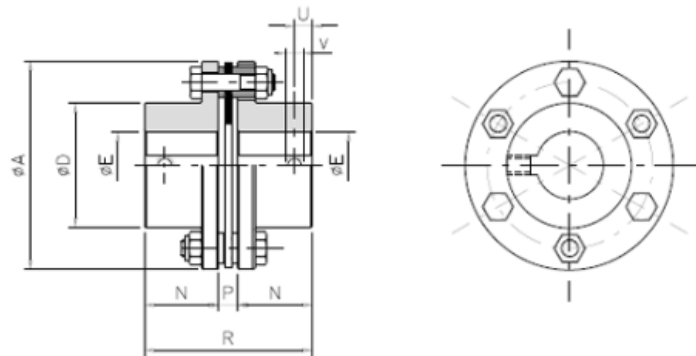


Fig. 14.5 Schema cuplajului

De asemenea, este nevoie de alegerea unei **piulițe și a unui șurub cu bile** pentru efectuarea mișcării de translație. Pentru realizarea cursei impuse, s-a luat un șurub cu lungimea de **450 [mm]**.

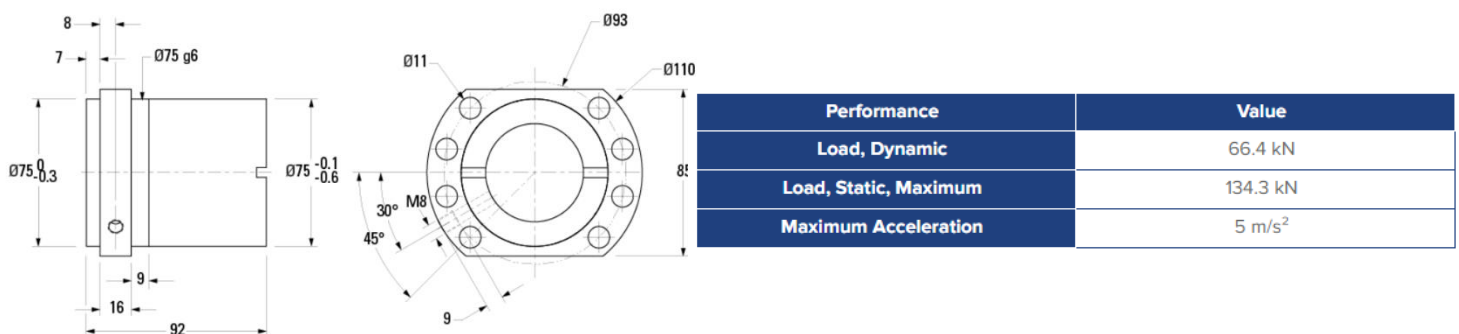


Fig. 14.6 Caracteristici piuliță

Verificare piuliță în funcție de calculele anterioare:

$$C > C_{nec} = 66.4[kN] > 1.2 [kN]$$

S-au adăugat și **două lagăre de translație (ghidaje)** la care le-am pus **două seturi liniare cu bușe cu bile** pentru o stabilitate mai bună a ansamblului deoarece forțele de reacțiune sunt mai distanțate și asta duce la evitarea cazului în care s-ar putea bloca în timpul efectuării sarcinii datorită forțelor prea mari.



Fig. 14.7 Bucșă cu bile SMA40UU

- Reference Kalatec SMA40UU
- Inner Diameter: 40mm
- Width (W): 102mm
- Total Length (L): 90 mm
- Height (H): 78 mm
- Fixing Hole BxC (100x80)mm
- Indication Screws: M10X25
- Dynamic Load Capacity: 216 Kgf
- Static Load Capacity: 402 Kgf
- Friction Coefficient: 0.002 to 0.003μ
- Working Environment Temperature: -20 ° C to 80 ° C
- Weight: 1.59 kg

Fig. 14.8 Caracteristici bucșă cu bile

b. MODELARE ÎN CATIA MODULUL I (T)

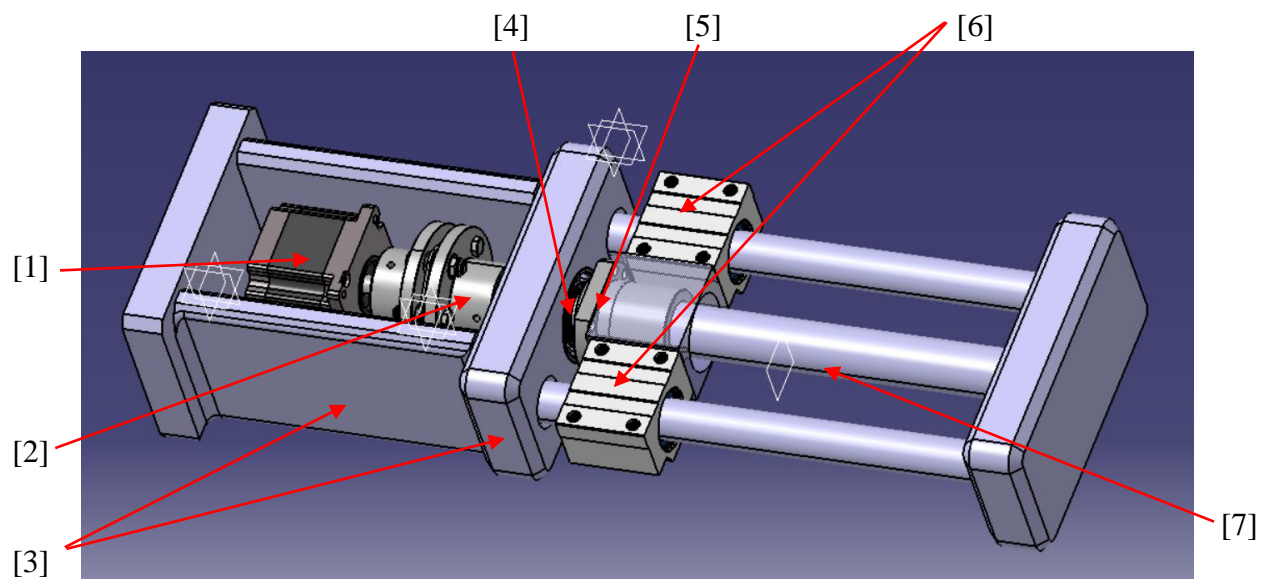


Fig. 15.1 Model Cuplă de translație CATIA

Legendă:

- [1] – Model Motor
- [2] – Model Cuplaj
- [3] – Ansamblu carcasă de susținere
- [4] – Model Rulment
- [5] – Model Piuliță + suport de legătură
- [6] – Model Bucșe cu bile
- [7] – Model Șurub

După asamblarea în CATIA a pieselor pentru modulul de translație, a urmat actualizarea modelului precedent de robot virtual cu modulul I realizat. Având ambele module realizate alături de prehensor, am făcut în CATIA un obiect luat drept **Bază** de care să prind întreg ansamblul, formând versiunea finală a robotului virtual.

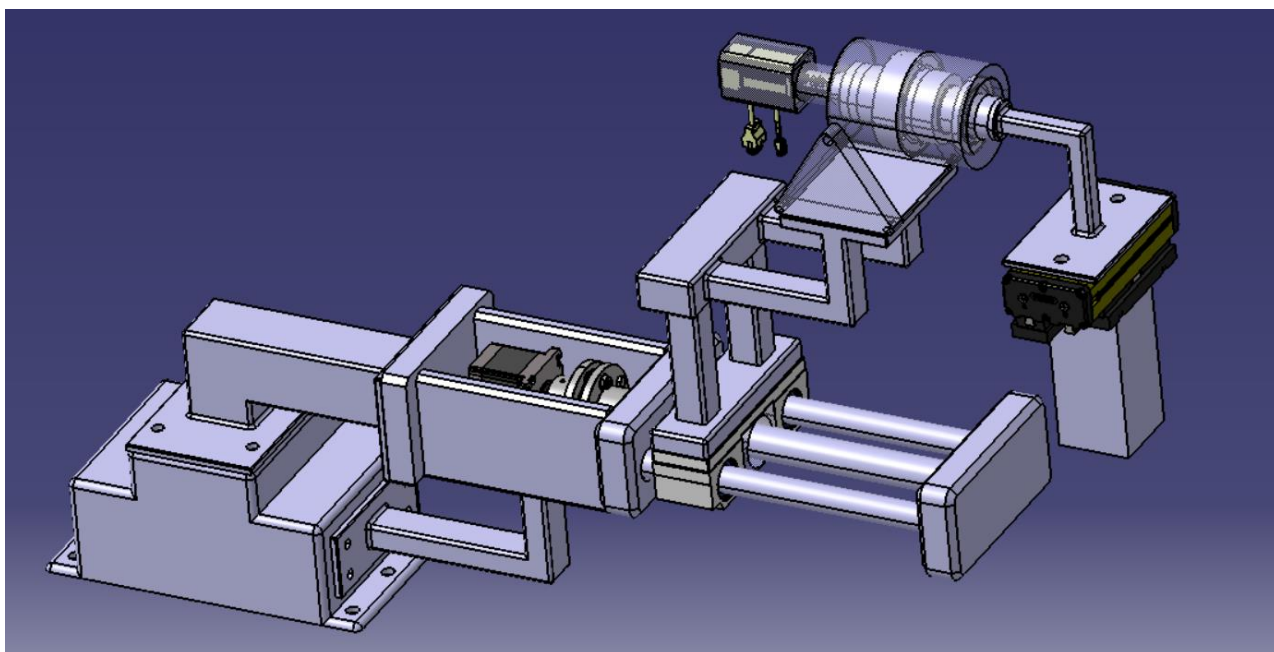


Fig. 15.2 Model Robot ver. 2 (finală) CATIA

c. MODELARE ÎN SIMULINK

La modelul precedent de Robot realizat în Simulink i-a fost înlocuită cupla de translație cu noul ansamblu ce formează cupla respectivă, alături de o bază, iar întreg Robotul a fost simulat încă o dată în Simulink.

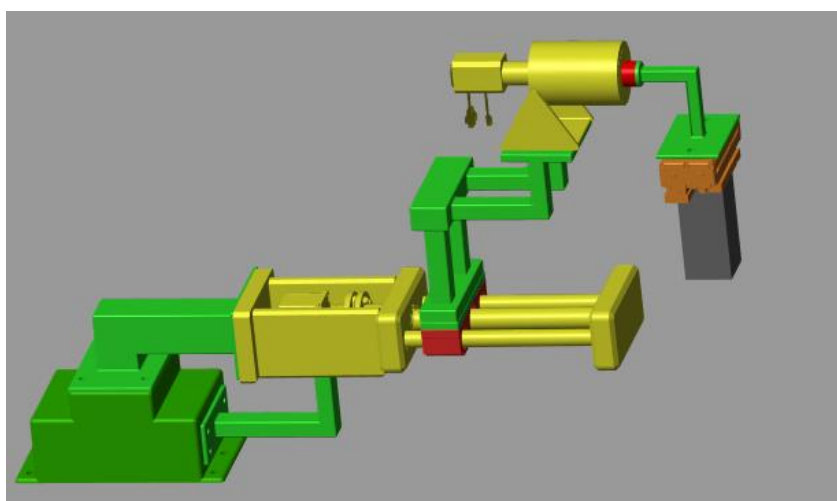


Fig. 16 Model Robot ver. 2 (finală) în Simulink

6. CONCLUZII

Acest proiect a reprezentat o provocare semnificativă, care a solicitat abilități și resurse considerabile pentru a fi finalizat. A fost necesară aplicarea cunoștințelor preluate de la cursuri pentru proiectarea ansamblului robotic având două cuple, una de translație și una de rotație, care are ca și scop principal mutarea unui obiect rigid prin intermediul prehensorului.