2023

Proiect – Acționarea roboților

Mecanism șurub-piuliță

Student: Orzan Cătălin-Marian

Specializare: Robotică anul 3, 134

Profesor înndrumător:

Asist. Drd. Ing. Maroșan Iosif-Adrian

Universitatea „Lucian Blaga” Sibiu

Facultatea de Inginerie

Cuprins

Cap I..... 3
Introducere – acționari electrice ale roboților.....3
Cap II Model CAD sistem..... 4
Viziune de ansamblu asupra modeului..... 4
Componentele sistemului..... 4
Detalii..... 5
Model 2D și dimeniuni de gabarit..... 7
Cap III Calcule de dimensionare și alegerea motorului electric.....8
3.1 Schema ciclului de lucru.....8
3.2 Date de intrare..... 8
3.3 Calcule de dimensionare.....9
Calculul vitezei liniare maxime.....9
Calculul momentului static.....9
Alegere preliminară..... 9
Momentul de inerție total..... 10
Accelerația unghiulară a motorului..... 10
Momentele dinamice..... 10
Verificare motor.....10
Cap IV Acționarea electrică a sistemului..... 11
Bibliografie.....13

Cap I

Introducere – acționari electrice ale roboților

Acționarea robotilor reprezintă o componentă esențială în domeniul tehnologiei moderne, având un impact semnificativ în diverse sectoare ale industriei și cercetării. Acest proiect se concentrează asupra dezvoltării și implementării unui mecanism specific de acționare a roboților, și anume mecanismul surub-piuliță.

Mecanismul surub-piuliță reprezintă o soluție ingenioasă și eficientă pentru transformarea mișcării de rotație în mișcare liniară sau de glisare. Acesta constă într-un surub filetat care se rotește, acționând o piuliță care se deplasează pe axa sa, generând astfel mișcare liniară. Fiind un mecanism cu un grad ridicat de precizie și control, el este frecvent utilizat în aplicațiile robotice care necesită mișcări lineare exacte și repetabile.

Scopul acestui proiect constă în proiectarea și dimensionarea unui mecanism surub-piuliță pentru acționarea unui robot. Prin utilizarea cunoștințelor și tehnicilor specifice din domeniul acționării robotilor, ne propunem să dezvoltăm un sistem funcțional și eficient, capabil să ofere mișcări precise și controlate în cadrul aplicației robotice respective.

Prin realizarea acestui proiect, vom avea ocazia de a explora diverse aspecte ale acționării robotilor, cum ar fi proiectarea mecanismelor, calculul și dimensionarea componentelor, dezvoltarea modelelor 3D și implementarea schemelor electrice. De asemenea, vom avea posibilitatea de a testa și evalua performanțele mecanismului surub-piuliță într-un context real, oferind astfel o contribuție în dezvoltarea și avansarea tehnologiilor de acționare a roboților.

Pentru realizarea acestui proiect, vom consulta și utiliza o serie de surse bibliografice relevante și specializate în domeniul acționării robotilor. Acestea ne vor furniza cunoștințele teoretice necesare pentru înțelegerea principiilor de funcționare ale mecanismului surub-piuliță, precum și informații practice referitoare la proiectare, dimensionare și implementare.

În concluzie, proiectul nostru are ca scop dezvoltarea unui mecanism surub-piuliță pentru acționarea unui robot, utilizând cunoștințele și tehnicile specifice din domeniul acționării robotilor. Prin intermediul acestui proiect, ne propunem să demonstrăm aplicabilitatea și eficiența acestui mecanism în contextul robotic și să contribuim la avansarea tehnologiilor de acționare a roboților.

Cap II Model CAD sistem

Modelul 3D pentru sistem a fost realizat în Catia V5R19. Ataşat acestui document se regăseşte şi fişierul CAD, cu extensia .stp.

Viziune de ansamblu asupra modeului:

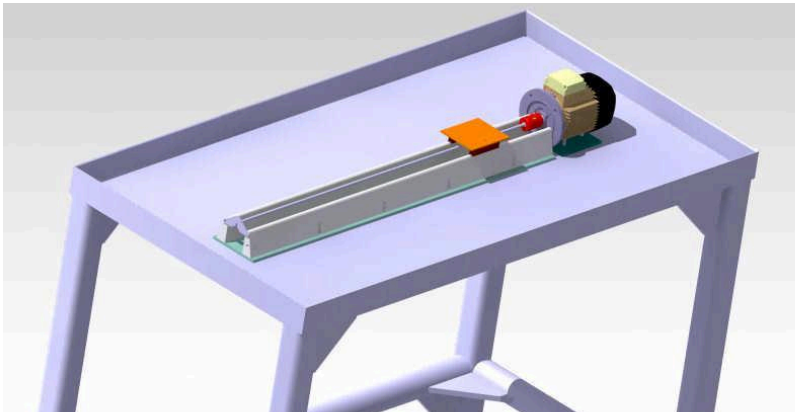


Fig 2.1 – Viziune de ansamblu asupra sistemului

Componentele sistemului sunt:

- **Motorul** (BN90L);
- **Placa de bază**, pentru susținerea componentelor principale și a permite amplasarea lui pe o masă sau legătura cu un element rigid, extern. Cu multiple alezaje realizate;
- **Placa motorului**, pentru susținerea motorului și a facilita legătura acesteia cu un element rigid, extern, prin două alezaje realizate;
- **Piloni de susținere** pentru așezara motorului pe placa acestuia;
- **Cuplaj elastic**, pentru a realiza legătura dintre șurub și axul motorului, asigurând și protecția la suprasarcină;
- **Masă**, elementul mobil, cu multiple alezaje pentru a permite prinderea de piese pe suprafața acesteia;
- **Șurubul principal**, care permite deplasarea mesei prin mecanismul șurub-piluiță;
- **Piluliță**, prinsă de masă prin suportul de piuliță și încastrată cu ajutorul capacului;
- **Suport piuliță**, prins de masă prin două șuruburi;
- **Capac suport piuliță**;
- **Bare de ghidaj inferioare**, pentru a asigura susținerea mesei, atașate de placa de bază;
- **Bare de ghidaj superioare**, atașate de masă;
- **Bucșe** de prindere, între motor și ghidajele inferioare, pentru o mai bună rigiditate a sistemului;
- **Element final de susținere a șurubului,** cu rol și de opritor pentru deplasarea maximă pe o direcție a mesei, fixată de ghidajele inferioare prin două șuruburi.

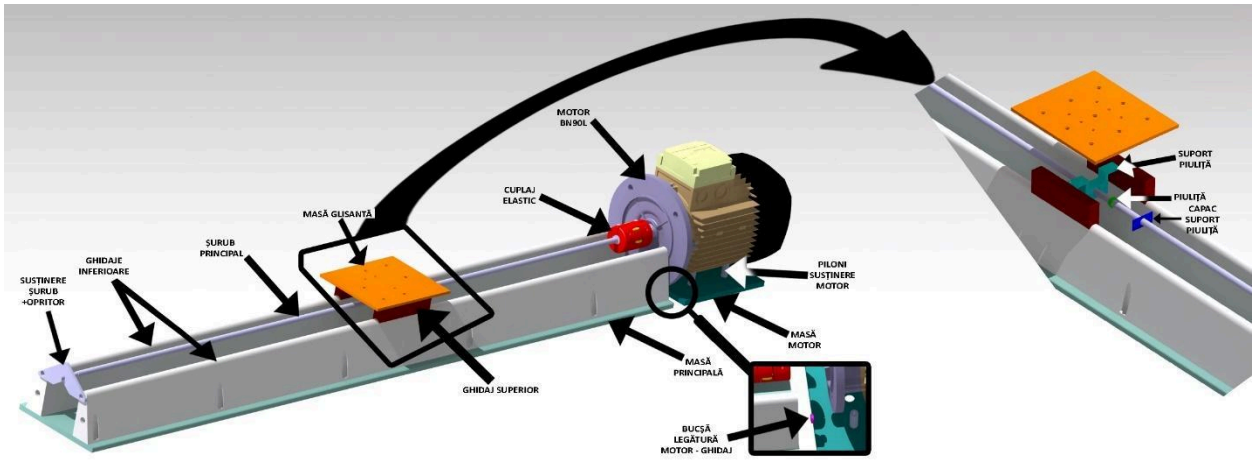


Fig 2.2 – Componentele sistemului

Detalii pentru o mai bună înțelelegere a sistemului:

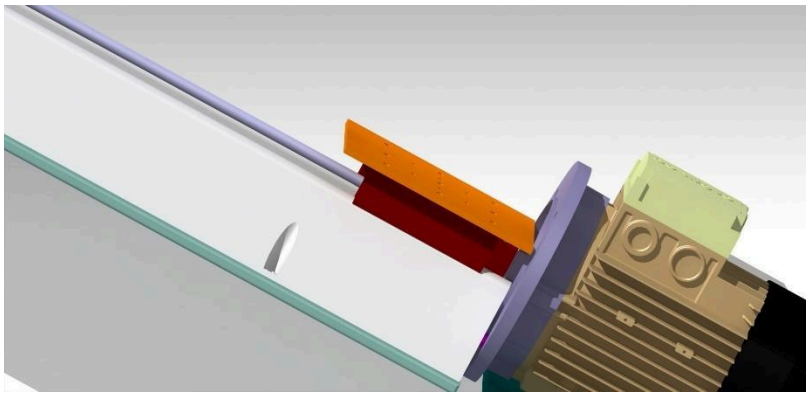


Fig 2.3 – Deplasarea, oprită de flanșa motorului

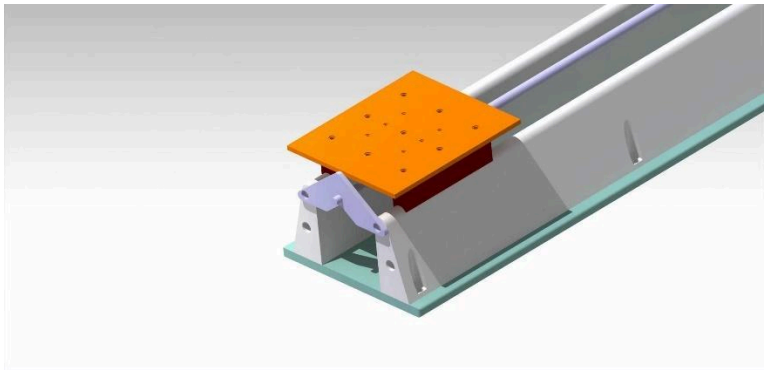


Fig 2.4 – Deplasarea, oprită de elementul de susținere al șurubului

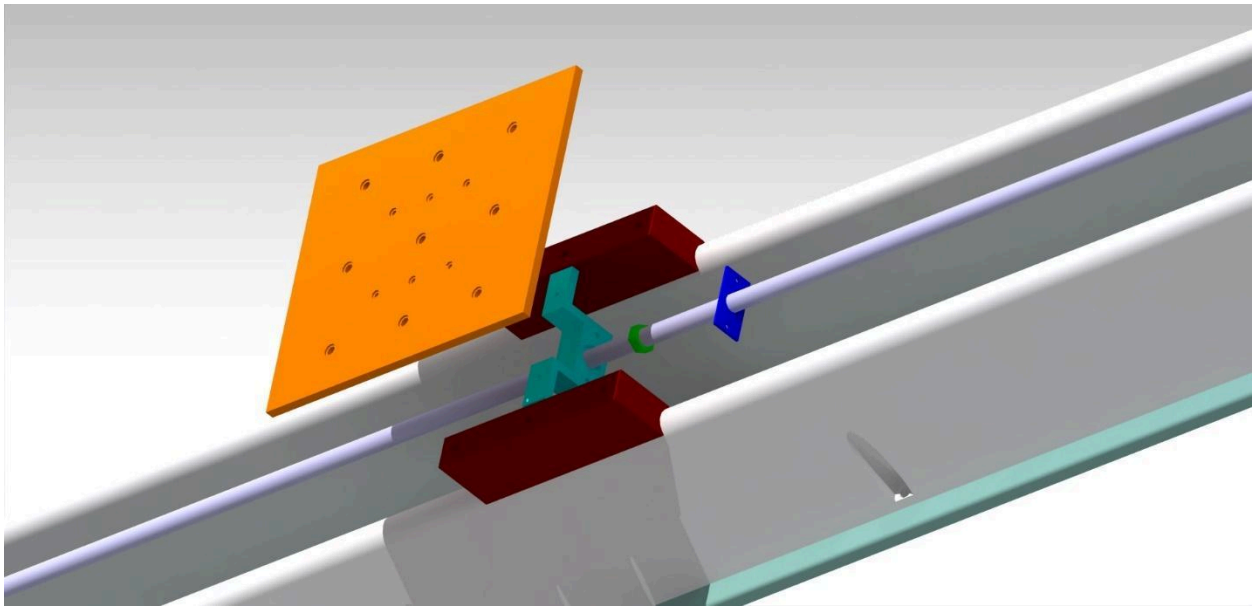


Fig 2.5 – Masa, elementul mobil

Precum se poate observa în Fig 2.5, masa se ataşează de ghidaje prin 4 şurubri. Ataşat de masă este suportul piuliţei, în care aceasta intră pe alezajul creat după dimensiunile ei. Pe o direcţie, deplasarea piuliţei este împiedicată de materialul din interiorul suportului, iar pe cealaltă, de capac, ataşat cu două şuruburi. Astfel rămâne posibilă doar deplasarea dorită, de-a lungul filetului şurubului.

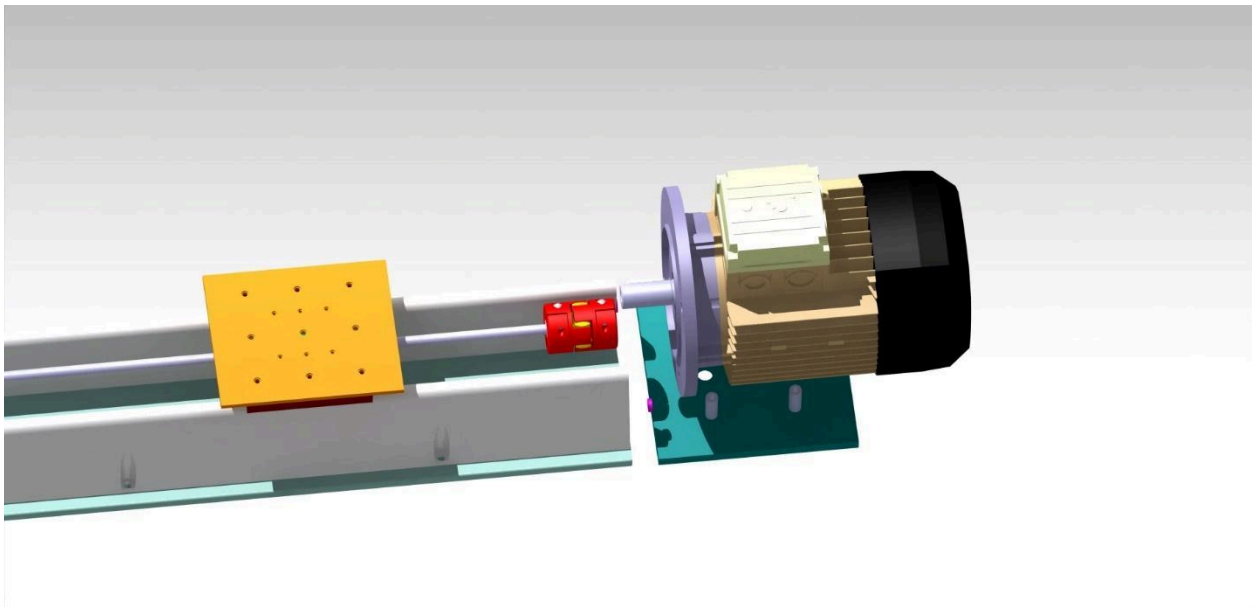


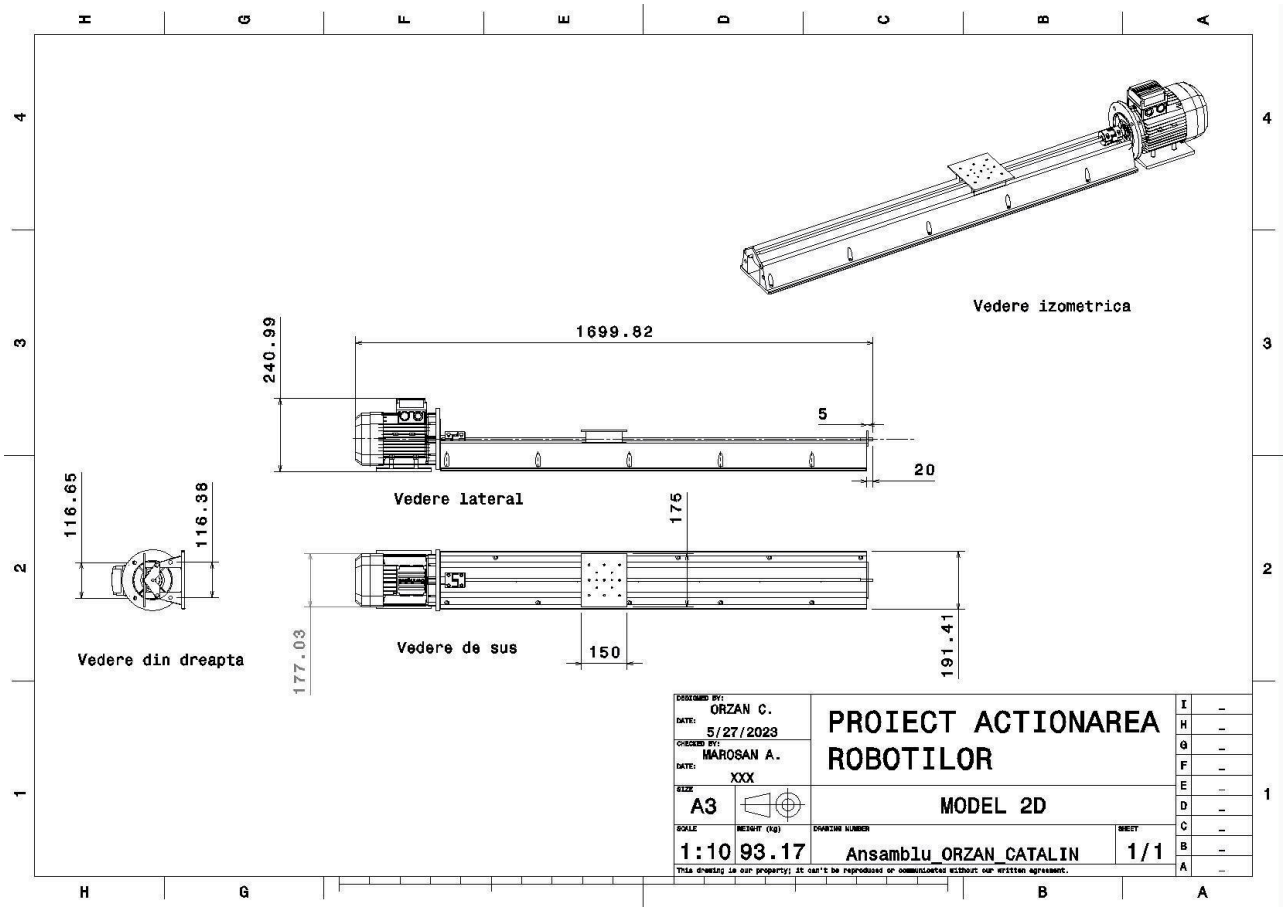
Fig 2.6 – Prinderea motorului şi cuplajul elastic

În Fig 2.6 se poate observa cum motorul este susținut de piloni pentru a fi prins în șurubiri pe placa de susținere a acestuia. De asemenea, vizibile sunt și bucșele pentru fixarea lui pe ghidajele inferioare. Cuplajul elastic, prin intermediul penei și al alezajului de pană, permite transmiterea mișcării între motor și șurubul principal.

Șuruburi necesare pentru fixarea elementelor:

- 10 șuruburi 8x15 pentru fixarea ghidajelor inferioare de masa principală;
- 6 șuruburi 6x10mm penntru fixarea mesei glisante pe ghidajele superioare;
- 4 șuruburi cap înfundat 5x50 pentru prinderea motorului de masa secundară;
- 2 șuruburi 12x20 pentru fixarea motorului de ghidajele inferioare;
- 2 șuruburi 10x20 pentru fixarea opritorului final;
- 2 șuruburi 5x10 pentru fixarea mesei de suport piuliță;
- 2 șuruburi 3x10 pentru fixarea capacului piuliței pe suportul de piuliță;
- Alte șuruburi de 5, 7, 10 si 14 pentru fixarea placii de bază pe elemente fixe sau pentru fixarea pieselor pe masa glisantă.

Model 2D și dimeniuni de gabarit:



Cap III Calcule de dimensionare și alegerea motorului electric

3.1 Schema ciclului de lucru

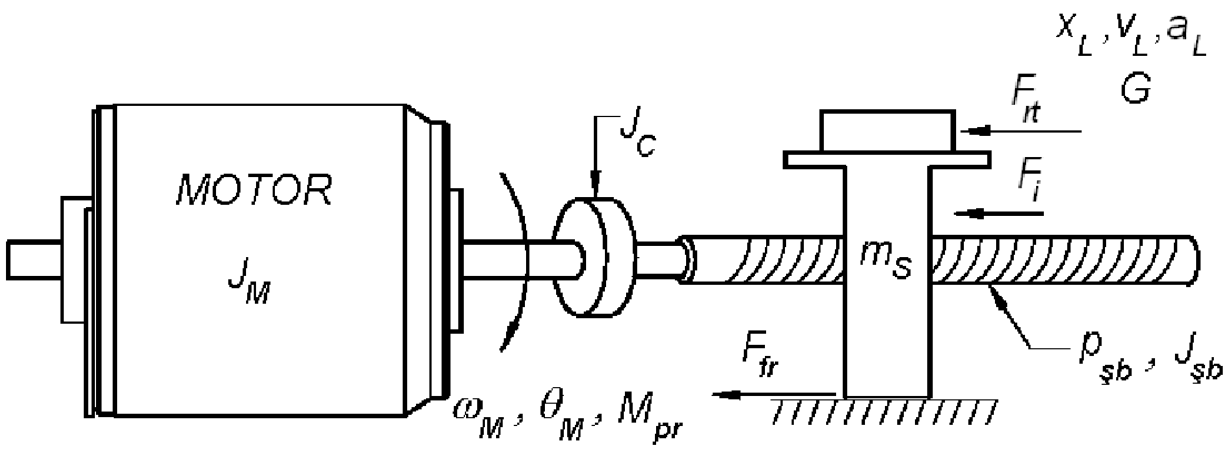


Fig. 3.1 – Schema ciclului de lucru

3.2 Date de intrare

n_{max}(rot/min): 535

p_{sb}(mm): 10.872

d_{sb}(mm): 9.824

L(mm): 1300

Mpr(nm): 1.5

vT(m/min): 0.78

R=aRR(m/s^2): 1.04

aAT(m/s^2): 0.624

ms(kg): 22.836

Frt_AR(n): 2

Frt_AT(n): 1700

Tip motor: Trifazic asincron

3.3 Calcule de dimensionare

Calculul vitezei liniare maxime a sarcinii pe perioada fazei de apropiere rapidă și retragere rapidă:

$$v_R = \frac{n_{max} * P_{sb}}{60} = \frac{535*10{,}82*10^{-3}}{60} = 0.0965\ m/s = 5.79\ m/min \quad (1)$$

Calculul momentului static pe perioada fazelor de apropiere rapidă și respectiv avans tehnologic:

$$M_{st_AR} = \frac{[F_{rt_{AR}} + m_s(a_{AR} + \mu g)]p_{sb}}{2\pi\eta_{sb}} + M_{pr} = \frac{[2+22.836(1.04+0.01*9.81)]10.82*10^{-3}}{2\pi*0.9} + 1.5 = 1.553\ (2)$$

$$M_{st_AT} = \frac{[F_{rt_{AT}} + m(a_{AT} + \mu g)]p_{sb}}{2\pi\eta_{sb}} + M_{pr} = \frac{[1700+22.836(0.624+0.01*9.81)]10.82*10^{-3}}{2\pi*0.9} + 1.5 = 4.784\ (3)$$

Unde μ = coeficientul de frecare în ghidaje = 0.01 și η_{sb} – randamentul transmisiei șurub-piuliță cu bile =0.9, iar g = accelerația gravitațională = 9.81 m/s^2.

Alegem momentul de valoare mai mare, în cazul nostru Mst_AT = 4.78433 Nm și adăugăm o marjă de eroare de 50%, deci 2.39 Nm. Vom avea nevoie de un motor de turație minimă de 535 rpm și minim 7.17 Nm.

Vom alege un motor din catalogul Bonfiglioli BN-90L, motor asincron trifazat.

Bonfiglioli Rotatori

8P											750 min-1 - S1															50 Hz
											d.c. brake						c.c. brake with fixed air gap					a.c. brake				
											FD						AFD					FA				
P_n kW			n min-1	M_n Nm	η %	cosφ	In 400V A	Is/In	Ms/Mn	Ma/Mn	J_m x 10-4 kgm²	IM B5 Kg	Mod	Mb Nm	Z_o 1/h NB	Z_o 1/h SB	J_m x 10-4 kgm²	IM B5 Kg	Mod	Mb Nm	Z_o 1/h SB	J_m x 10-4 kgm²	IM B5 Kg	Mod	Mb Nm	Z_o 1/h	J_m x 10-4 kgm²	IM B6 Kg
0.09	BN 71A	8	680	1.26	47	0.59	0.47	2.3	2.4	2.3	10.9	6.7	FD 03	3.5	9000	16000	12.0	9.4	AFD 03	5	16000	12.0	9.1	FA 03	3.5	16000	12.0	9.1
0.12	BN 71B	8	680	1.69	51	0.59	0.58	2.1	2.3	2.2	12.9	7.7	FD 03	5.0	9000	16000	14.0	10.4	AFD 03	5	16000	14.0	10.1	FA 03	5.0	16000	14.0	10.1
0.18	BN 80A	8	690	2.49	51	0.60	0.85	2.4	2.2	2.2	15	8.2	FD 04	5.0	6500	11000	16.6	12.1	AFD 04	5	11000	16.6	11.7	FA 04	5.0	11000	16.6	12.0
0.25	BN 80B	8	680	3.51	54	0.63	1.06	2.4	2.0	1.9	20	9.9	FD 04	10.0	6000	10000	22	13.8	AFD 04	10	10000	22	13.4	FA 04	10.0	10000	23	13.7
0.37	BN 90S	8	675	5.2	58	0.60	1.53	2.6	2.3	2.1	26	12.6	FD 14	15.0	4800	7500	28	16.8	AFD 14	15	7500	28	16.4	FA 14	15.0	7500	28	16.7
0.55	BN 90L	8	670	7.8	62	0.60	2.13	2.6	2.2	2.0	33	15	FD 05	26	4000	6400	37	21	AFD 05	26	6400	37	20.4	FA 05	26	6400	37	22
0.75	BN 100LA	8	700	10.2	68	0.63	2.53	3.4	1.9	1.7	82	22	FD 15	26	2800	4800	86	28	AFD 15	26	4800	86	27.4	FA 15	26	4800	86	29
1.1	BN 100LB	8	700	15.0	68	0.64	3.65	3.2	1.7	1.7	95	24	FD 15	40	2500	4000	99	30	AFD 15	40	4000	99	29.4	FA 15	40	4000	99	31
1.5	BN 112M	8	710	20.2	71	0.66	4.6	3.7	1.8	1.9	168	32	FD 06S	60	—	3000	177	42	AFD 06S	60	3000	177	41	FA 06S	60	3000	177	44
2.2	BN 132S	8	710	29.6	75	0.66	6.4	3.8	1.8	2.0	295	45	FD 56	75	—	2300	305	58	AFD 06	75	2300	305	56.8	FA 06	75	2300	305	56
3	BN 132MA	8	710	40.4	76	0.69	8.3	3.9	1.6	1.8	370	53	FD 06	100	—	1900	394	69	AFD 06	100	1900	394	67.8	FA 07	100	1900	406	74

Fig 3.2 – catalog, pagina 67/86.

Alegere preliminară: motorul BN 90L, de 0.55 kW, 7.8 Mn, n = 670 rpm și Jm = 33*10^{-4}.

Calculam momentele de inerție. Inițial, pentru șurub, avem:

$$J_{sb} = \frac{1}{16}\rho L \pi d_{sb}^4 = \frac{1}{16} 7800 * 1.3 * \pi * (9.824 * 10^{-3})^4 = 1.8545 * 10^{-5} \quad (4)$$

,unde ρ - densitatea corpului [kg/m^3], pentru oțel ρ=7800 kg/m^3

Momentul de inerție total:

$$J_t = J_M + J_{sb} + J_C + m_s\left(\frac{p_{sb}}{2\pi}\right)^2 = 33 * 10^{-4} + 1.8545 * 10^{-5} + 5 * 10^{-5} + 22.836\left(\frac{10.872*10^{-3}}{2*\pi}\right)^2 = 34.3$$
$$(5)$$

,unde Jc = 5*10^{-5} kg*m^2

Accelerația unghiulară a motorului pe perioada fazelor de AR și AT:

$$\varepsilon_{M_AR} = -\varepsilon_{M_{RR}} = \frac{2\pi a_{AR}}{p_{sb}} = \frac{2\pi*1.04}{10.872*10^{-3}} = 601.0405\, rad/s \quad (6)$$

$$\varepsilon_{M_AT} = \frac{2\pi a_{AT}}{p_{sb}} = \frac{2\pi*0.624}{10.872*10^{-3}} = 360.62432\, rad/s \quad (7)$$

Momentele dinamice pe perioada fazelor AR și AT:

$$M_{d_AR} = -M_{d_{RR}} = J_t * \varepsilon_{M_{AR}} = 34.3692 * 10^{-4} * 601.0405 = 2.06573 \quad (8)$$

$$M_{d_AT} = -J_t * \varepsilon_{M_{AT}} = 34.3692 * 10^{-4} * 360.62432 = 1.23944 \quad (9)$$

Verificare motor:

$$M_{st_AT} + M_{d_AT} = 4.78433 + 1.23944 = 6.0624 \leq Mn = 7.8 \quad (10)$$

$$M_{d_AR} + M_{st_AR} = 1.55356 + 1.23944 = 2.793 \leq Mn = 7.8 \quad (11)$$

Motorul îndeplinește condițiile necesare, deci va rămâne cel ales pentru proiect.

Cap IV Acționarea electrică a sistemului

Schema de pornire a motorului a fost realizată utilizâdnd FESTO FluidSIM 4.2, fișierul cu extensia .ct fiind atașat împreună cu acest document.

Pentru pornirea motorului și schimbarea de sens al acestuia, acesta trebuie acționat precum în Fig 4.1. Deși schema se adresează unui motor de curent continuu, pentru a acționa motorul ales conform catalogului se înlocuiește legarea acestuia de la borenele de 24V cu sistemul corespunzător de pornire a unui motor în curent trifazic.

Pentru schema de pornire și inversare a sensului se vor folosi 2 relee, cu contacte normal închise și normal deschise. Unul dintre contactele normal deschise va fi pus în paralel cu butonul de pe ramura lui, pentru a realiza automenținerea. Un contact normal închis se va afla pe ramura opusă, pentru a decupla ramura respectivă la acționarea sistemului în direcția dorită.

Pentru motorul de curent continuu, necesare vor fi 2 contacte care să inverseze bornele de la + la – la acționarea în diagonală. Pentru motorul trifazic, necesare vor fi inversarea fazei R cu L, utilizând câte 3 contactoare normal deschise pentru conexiunea de acționare într-un sens și alte 3 pentru celălalt sens. Alte elemente auxiliare: siguranțe fuzibile pentru legătura dintre motor și fazele curentului trifazic și un releu termic în serie cu butonul de oprire, cu 3 contacte normal închise pe conexiunea motorului, pentru a decupla la căldără excesivă și leduri de control.

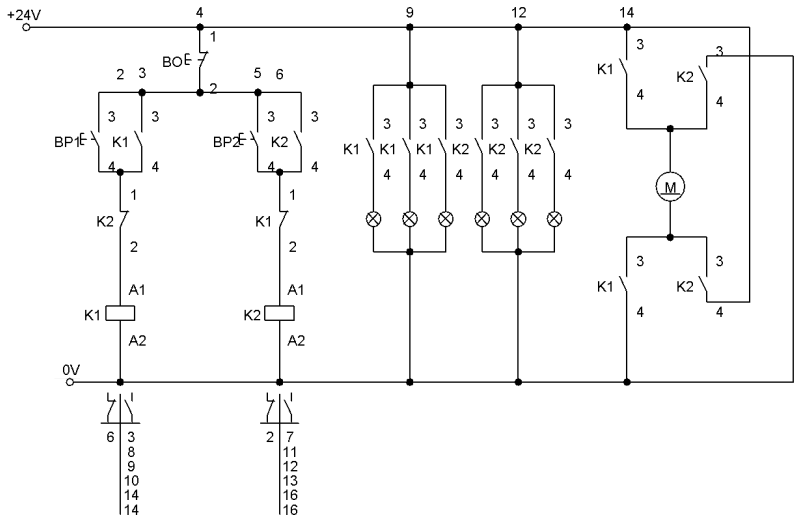


Fig 4.1 – Schema electrică

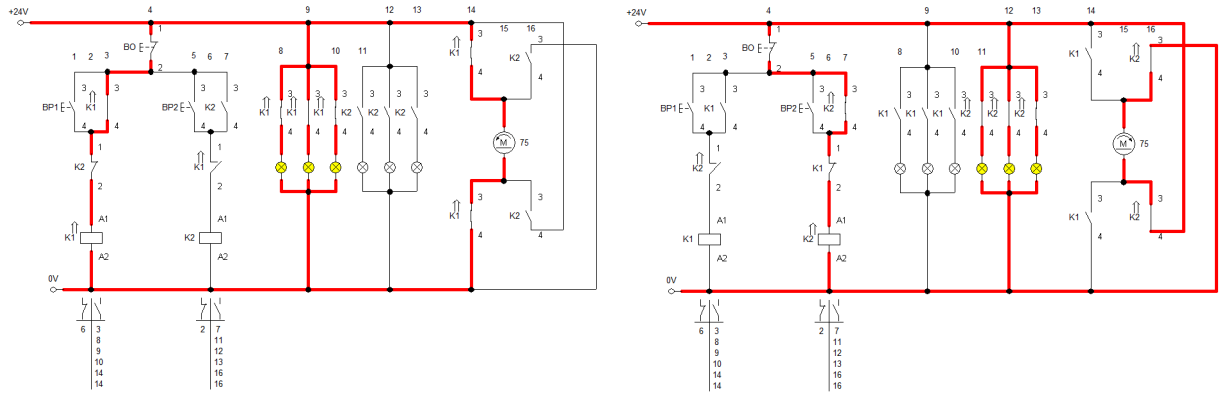


Fig 4.2 – Procesul de realizare al schimbării de sens

Faze	Comanda			Executie	
	BP1	BP2	B0	K1	K2
Sens 1	+	-	-	+	-
Sens 2	-	+	-	-	+
Oprire	+	-	-	-	-

Fig 4.3 – Ciclograma de comandă

Ciclograma de comandă ne arată cum, la acționarea unuia dintre butoanele de pornire, motorul se va învârti în celalat. La acționarea butonului de oprire, acesta se va opri. La acționarea celui de-al doilea buton de pornire, aceesta se va învârti în sensul opus.

Pentru a acționa corezpunzător motorul ales, alimentarea lui trebuie realizată corespunzător unui motor trifazic, însă schema de comandă din figura 4.1. Pentru schimbarea sensului, conexiunea se va realiza astfel încât să inverseze conecțiunile la fazele S și T (din R S T – fazele curentului trifazat).

Bibliografie

- S. N. Vyas, "Screw Drive Mechanisms for Robotics Applications," International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology (IJSRSET), vol. 5, no. 7, pp. 1892-1895, 2019.
- R. Kumar and R. K. Pandey, "Design and Analysis of Screw Jack for Load Capacity 800kg and Distance 200mm," International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), vol. 2, no. 9, pp. 87-92, 2013.
- H. Singh and S. K. Sharma, "Design, Modeling and Analysis of Power Screw Mechanism," International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD), vol. 7, no. 6, pp. 595-604, 2017.
- K. Verma and V. P. Agrawal, "Analysis of Mechanical Actuator for Power Screws Using MATLAB," International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), vol. 4, no. 12, pp. 134-141, 2015.
- Materiale curs și laborator „Acționări electrice și ale roboților” – 2023, Maroșan Iosif-Adrian, Facultatea de Inginerie, Universitatea Lucian Blaga din Sibiu