





Universitatea POLITEHNICA din București
Facultatea Ingineria și Managementul Sistemelor
Tehnologice



Journal of Industrial Engineering and Robotics

2018, Volume 2, Issue 1

Comitetul Științific al Revistei de Inginerie Industrială

Prof. dr. ing.	COMĂNESCU Adriana
Prof. dr. ing.	COTEȚ Costel Emil
Prof. dr. ing.	DOBRESCU Tiberiu
Prof. dr. ing.	DUMITRESCU Andrei
Prof. dr. ing.	ENCIU George
Prof. dr. ing.	GHEORGHE Marian
Prof. dr. ing.	GHICULESCU Daniel
Prof. dr. ing.	IONESCU Nicolae
Prof. dr. ing.	MOHORA Cristina
Prof. dr. ing.	NICOLESCU Adrian
Prof. dr. ing.	PĂRĂUȘANU Ioan
Prof. dr. ing.	PUPĂZĂ Cristina
Prof. dr. ing.	SEVERIN Irina
Prof. dr. ing.	SINDILĂ Gheorghe
Prof. dr. ing.	SOLOMON Gheorghe
Prof. dr. ing.	VELICU Ștefan
Prof. dr. ing.	ZAPCIU Miron
Conf. dr. ing.	ABAZA Bogdan
Conf. dr. ing.	ANANIA Dorel Florea
Conf. dr. ing.	BĂLAN Emilia
Conf. dr. ing.	CATANĂ Mădălin
Conf. dr. ing.	CAZAC Viorica
Conf. dr. ing.	CROITORU Sorin Mihai
Conf. dr. ing.	GÂRLEANU Gabriel
Conf. dr. ing.	MOGA Vasile
Conf. dr. ing.	PURCĂREA Mihail
Conf. dr. ing.	TABĂRĂ Iulian Alexandru

Editori

Prof.dr.ing.ec.	DOICIN Cristian
Conf.dr.ing.	VLĂSCEANU Daniel

**Volumul cuprinde lucrările premiate la Sesiunea de Comunicări Științifice
Studentești – Mai 2018, în cadrul Secțiunilor:**

1. Rezistența Materialelor – S06-01	Pag. 1 50
2 Designul si Competitivitatea Sistemelor Mecanice Mobile – S06-02	Pag. 51 104
3 Mecanisme si Roboti – S06-03	Pag. 105 164
4 Robotică în Industrie și Servicii – S06-04	Pag. 165 202
5 Concepția și Exploatarea Sistemelor de Producție Robotizate – S06-05	Pag. 203 248
6 Proiectare, Modelare-Simulare și Inginerie Asistată în Robotică – S06-06	Pag. 249 309

Cuprins

Posibilități de optimizare locală în cazul recipientelor cilindrice cu fund tronconic PĂDUROIU Maria-Madălina, COLEAȘĂ Andrei Eduard, TALAȘMAN Lucian	1
Analiza structurală a unei drone NEGRU Sorin-Andrei	7
Posibilități de reducere a concentrărilor de tensiuni în colțurile cadrelor plane JIPA-DRĂGAN Vlad-Costin, IOLU Cristi-Emanuel, DINCĂ Radu-Șerban	14
Studiu comparativ al unor microgrinzi cu diferite configurații geometrice din componența microsenzorilor mems - VASILE Alexandru Cristian, POPESCU Mihai	20
Studiul structurilor de rezistență. BĂIAȘU Mihai-Liviu, GRIGORE Andrei-Mădălin, MANEA Marilena, SANDU Diana-Ionela	28
Caracterizarea mecanica a nanocompozitelor cu silica și grafen. DEDU Narcis – Petre, Khalil JABBERI	33
Teste de material bazate pe solicitarea epruvetelor la încovoiere. POPESCU Daniela Andreea, VĂDUVA Maria Roxana	37
Determinarea modurilor proprii de vibrații a unei structuri de tip cadru prin metoda elementelor finite. ȘCHIOPU Mădălin-Cosmin	41
Calculul cinematic și simularea deplasării unui sistem mecanic biped. ANDREI Ioan Robert, TUDOSE Elena Cristina, MITRAN Andrei Costin, ASCIU Răzvan Cristian	51
Instrumente software și sisteme de calcul pentru instruirea personalului medical. TODIRIȚE Isabela	59
Sistem mecatronic de udare a plantelor. BIHOIU Mădălina-Cornelia, DRĂGUȘIN Virginia, OLAERIU Vasilica, PÎSLARU Cristian-Mihai-Daniel, RADU Daniel, TOLU Gheorghe	69
Sistem de ridicare (lift de bagaje). PREDA Alexandra Raluca, TRONCUTA Gigi-Vasile, TRONCUTA Cornel	78
Utilizarea metodelor numerice în sinteza mecanismelor. COVALIU Leon-Dumitru, PANAIT Iulian-Mihail	85
Modele bimobile cu structura inversă 9R+3R. BOGOI (JIANU) Elena - Liliana, BĂCIOIU (DEACONU) Adina	95
Proiectarea și realizarea unui sistem biped transportor. TUDOROIU Florina-Simona, GRĂJDAN Ioana	105
Proiectarea și construcția unui mecanism utilizând tehnologia de imprimare 3D. BANU George Sebastian, POPONETE Ștefan-Mădălin, BARBU Georgiana-Cristina	115
Analiza cinematică și realizarea unui mecanism plan monomobil. POPA Bianca-Alexandra, RADU Maria-Diana, RĂDUCANU Florian, BÎRLEANU Adrian-Florin	121
Analiza structural-cinematică și modelarea unui mecanism de ștanțare. MIERLIȚĂ Iulia Sorina, DINU Andrei-Bogdan	130

Simularea mecanismelor camă-tachet. BOERESCU Vlad, NEACȘU Alexandru-Ionut, PĂTRAȘCU Bogdan, URSEI Marian-Claudiu.....	140
Studiul unui mecanism planetar cu roți dințate asistat de Inventor. CÎRSTINA Maria-Mihaela, DINU Andrei Alexandru, DOBRA-DUICAN Mihaela, DOGARU Adrian.....	147
Modelarea, simularea și printarea 3d. a unui mecanism cu roți dințate de tip angrenaj și o aplicație a acesteia. UȚĂ Mihai-Gigi, IORGA Alexandru, CERCHEZEANU Andrei, PAȚILEA Alexandru Edward.....	152
Construcția și funcționarea unui robot mobil. ARDELEANU Bianca, CROITORU Ninel-Florentin, NICOLAE Andrei-Răducu.....	159
Programarea și simularea offline a unui sistem hibrid de paletizare mixta integrand un robot portal simplu echipat cu efector polifuncțional utilizand mediul de lucru process simulate. RAUTOIU Andrei.....	165
Programarea și simularea offline a unei celule de prelucrat prin aschiere repere prismatice integrand un robot cu cinematica hibrida și utilizand mediul de lucru process simulate. STOIAN Silvia-Diana.....	174
Programarea și simularea offline a unui sistem complex de depaletizare și repaletizare mixtă. DOBRE F. Alin-Mihai.....	184
Programarea și simularea offline a unei celule robotizate de paletizare integrând doi roboți de tip braț articulat în mediul de lucru ABB Robot Studio. CIUCULETE Cosmin-Mihai.....	193
Simulări multiphysics privind comportarea griperelor vacuumatice. MARIN Ionuț-Gabriel.....	203
Realizarea practica la scara redusa a unui robot in coordonate carteziene pentru aplicatii de cultivare a legumelor - STAN Laurentiu-Alexandru.....	207
Construirea și programarea unui robot mobil integrat într-o aplicație de parcurgere a unui labirint. DEAC George Antoniu, NĂSTASE Robert Paul, ANCUȚA Andrei Alexandru.....	216
Prototip virtual și realizare practica pentru un sistem de transfer cutii cu seturi de componente auto pentru operații de asamblare montaj în industria automobilelor. FIRETEANU Horia, MIRON Valentin, ANDREI Alexandru, RADU Dana, PURECE Andrei.....	221
Efectori vacuumatici în construcție modulară pentru operații ambalare-împachetare. Proiectarea asistată a efectorilor. Realizarea practică a instalației de producere a vacuumului și a unor efectori de acest tip și testarea funcțională a acestora. CRISTIAN Georgiana Alexandra, POPA Alexandru-Marian.....	227
Standuri experimentale pentru acționări electrice cu motoare de C.A. / C.C. PETROVICI Constantin-Andrei, MIHAI Lucian, NEDELEA Ionut.....	234
Tehnici avansate de optimizare a soluțiilor constructive ale roboților de tip Pick & Place. IONIȚĂ Iris Maria.....	243
Integrarea plc în programarea și simularea offline a unei linii de reparare paleți din lemn utilizând process simulate, TIA portal și PLCSIM advanced. ZOSIM Eugen Mihai.....	249

Programarea si simularea off-line a unei celule robotizate de sudare cu arc electric pe baza de semnale furnizate de catre senzorii integrati in aplicatie utilizand produsul software process simulate.	
VERDETE Bogdan-Marian	261
Programarea – simularea offline și analiza comportării MEF a structurilor integrate în AS/RS.	
SIMION Ancuța	270
Simularea off-line a unei celule robotizate de vopsire cu robot industrial cu mediul ROBCAD	
PAȘCANU Vasile	279
Programarea și simularea off-line a unei celule robotizate de montaj roți autovehicule utilizând mediul de lucru ABB Robot Studio	
LIFERI Constantin	284
Simularea off-line a unei aplicații robotizate pentru ambalat sticle de ulei auto utilizând mediul ROBCAD.	
CHIȘ Mihai Bogdan	299
Programarea și simularea offline pentru o celulă flexibilă de procesare panouri LCD în camere albe.	
BĂCANU Alexandru	304

POSIBILITĂȚI DE OPTIMIZARE LOCALĂ ÎN CAZUL RECIPIENTELOR CILINDRICE CU FUND TRONCONIC

PĂDUROIU Maria-Madălina, COLEAȘĂ Andrei Eduard, TALAȘMAN Lucian

Facultatea: Inginerie Mecanica si Mecatronica, Specializarea: MSHP, Anul de studii: II-A,
e-mail:edi.coleasa@yahoo.com

Conducători științifici: Prof.dr.ing. **Adriana SANDU**, Prof.dr.ing. Marin SANDU

REZUMAT: Obiectul lucrării este optimizarea geometriei fundului tronconic al unui recipient cilindric sub presiune staționară. Predimensionarea s-a făcut printr-un calcul aproximativ, bazat pe teoria de membrană a învelișurilor de rotație. Analizele cu elemente finite au avut drept scop să evidențieze efectele locale (concentrări de tensiuni) care apar la joncțiuni, adică pe contururile de legătură între mantaua cilindrică și partea tronconică, respectiv între aceasta și placa circulară. Pentru mărirea presiunii de lucru și pentru economie de material s-a pus problema optimizării geometriei prin modificarea unghiului dintre generatoarea conului și baza mare a acestuia și/sau a grosimilor componentelor. Pentru un set de parametri dimensionali au fost făcute măsurări prin metoda tensometriei electrice rezistive.

CUVINTE CHEIE: recipient cilindric, metoda elementelor finite, optimizare structurală, tensometrie electrică rezistivă

1. Introducere

Pentru stocarea fluidelor sub presiune sunt folosite recipiente cilindrice staționare cu diferite forme ale fundului (Fig. 1): a) placă plană circulară, b) lentilă sferică, c) torisferic, d) tronconic. Recipientele din oțel se realizează asamblând prin sudare mantaua cilindrică și componentele fundului. Trecurile de la o geometrie la alta reprezintă zone critice în care se produc concentrări de tensiuni. Astfel, în cazul variantei din figura 1,d (care va fi analizată în lucrare), apar creșteri locale pe contururile de legătură între mantaua cilindrică și partea tronconică, respectiv între aceasta și placa circulară. Un avantaj al acestei variante este acela că semifabricatele pentru toate componentele se pot obține prin decupare din foi plane de tablă. Mantaua cilindrică rezultă prin roluirea unui semifabricat dreptunghiular, iar partea tronconică, prin roluirea unui sector de placă inelară cu dimensiuni corespunzătoare. O soluție tehnică bună dar costisitoare este de a da forma fundurilor prin ambutisare la rece sau la cald. Astfel, asamblarea dintre manta și un fund cu o margine cilindrică scurtă se realizează mai ușor, printr-un singur cordon de sudură circular plasat convenabil.

Varianta de recipient cilindric cu fund tronconic este puțin studiată în literatură deși este aplicată în proiectarea și fabricarea utilajelor de proces [1], [2].

De asemenea, în problema optimizării structurale a recipientelor metalice sub presiune au fost obținute puține rezultate [3]. Sunt preferate de către proiectanți normele bazate pe relații constructive acoperitoare, care conduc la supradimensionări.

Pentru mărirea presiunii de lucru și pentru economie de material se pune problema optimizării geometriei (Fig. 2) prin modificarea grosimilor t_i ($i=1,2,3$) și/sau a unghiului ϕ [3].

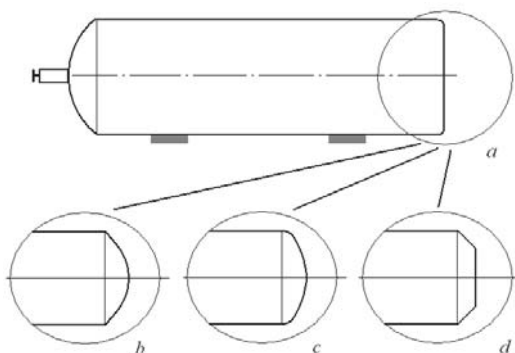


Fig. 1. Geometrii uzuale pentru fundurile recipientelor cilindrice:
a) plan, b) sferic, c) torisferic, d) tronconic

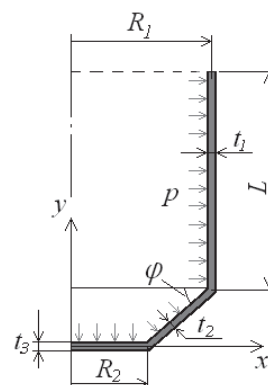


Fig. 2. Geometria structurii studiate

2. Calcul analitic

Vasele de rotație sunt vase a căror suprafață mediană este o suprafață de rotație. În cazul în care grosimea învelișului este mică, se poate aplica teoria de membrană [1], [2], care are la bază ipoteza că tensiunile care se produc în înveliș sunt repartizate uniform pe grosimea acestuia. Ipoteza este cu atât mai corectă cu cât grosimea învelișului este mai mică.

Expresiile pentru tensiunea meridiană (σ_m) și cea circumferențială (σ_t) pentru zona cilindrică sunt:

$$\sigma_m = \frac{pD}{4h} \quad ; \quad \sigma_t = \frac{pD}{2h} \quad (1)$$

unde: D - diametrul suprafeței mediane a zonei cilindrice;

h - grosimea peretelui;

p - presiunea (pozitivă când este orientată din interior spre exterior).

Pentru zona conică a învelișului se folosesc relațiile:

$$\sigma_t = \frac{p}{h \sin \varphi} r \dots ; \sigma_m = \frac{p}{2h \sin \varphi} r \quad (2)$$

unde: r - raza cercului paralel rezultat în urma secționării vasului;

φ - unghiul dintre axa de rotație și normala la suprafața mediană.

3. Simularea numerica

S-a utilizat metoda elementelor finite, programul SOLIDWORKS-COSMOS [4].

Valorile parametrilor (Fig.2) sunt: $R_1 = 100$ mm; $R_2 = 50$ mm; $t_1 = t_2 = t_3 = 2,5$ mm ; $\varphi = 72,5^\circ$.

Modelul de calcul este prezentat în Fig.3.

Structura a fost discretizată în elemente tip TRIANG (3 noduri/element) pentru structuri axial-simetrice. S-a realizat mai întâi o discretizare cu puține noduri și elemente, cu scopul identificării zonelor cu concentratori de tensiune.

Apoi s-a utilizat opțiunea de discretizare adaptivă a programului, care permite rafinarea discretizării în zonele de interes. Au rezultat 40080 elemente, interconectate în 21723 noduri.

Scopul lucrării constă în studiul efectelor locale din zonele de îmbinare a elementelor componente și, ca urmare, s-a considerat o jumătate din structură, impunându-se condiția de simetrie.

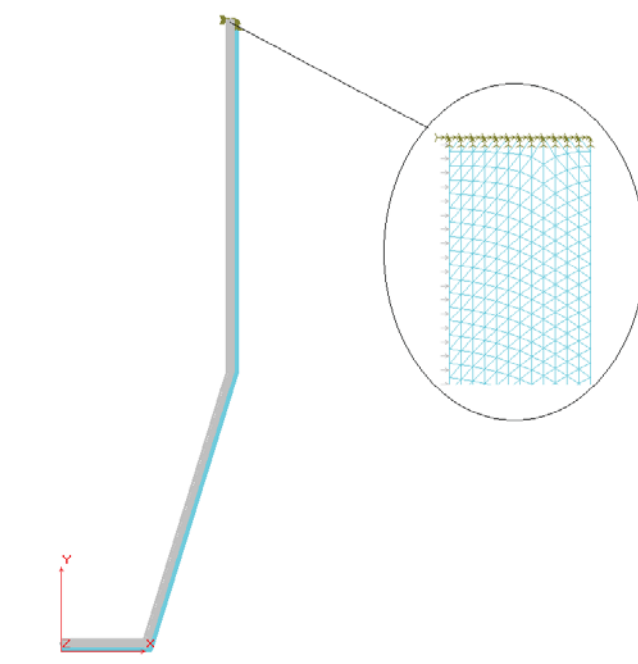


Fig.3 Modelul de calcul

4. Studiu experimental

Pentru același set de parametri dimensionali ca în simularea numerică au fost determinate valorile tensiunilor prin metoda tensometriei electrice rezistive [5].

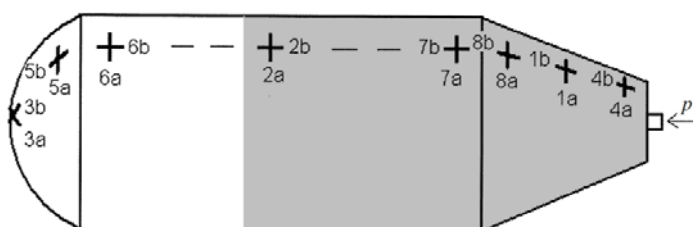
În figura 4a este prezentat standul experimental (recipient, pompă, cutie de comutare și punte tensometrică) iar în figura 4b, amplasarea traductoarelor tensometrice pe recipient. Pe figură s-a evidențiat zona de interes pentru această lucrare, deoarece recipientul are și un fund sferic. Lungimea mantalei cilindrice este însă suficient de mare și nu apar interferențe între cele două joncțiuni.

S-au efectuat citiri pentru deformațiile specifice corespunzătoare traductoarelor din punctele de măsurare numerotate de la 1 la 8, pentru cazul recipientului nesolicitat ($p=0$) și solicitat ($p=0.5$ MPa).

Pe baza valorilor deformațiilor specifice au fost calculate valorile tensiunilor meridiene și circumferențiale din aceste puncte [5].



a)



b)

Fig. 4 Stand experimental

5. Rezultatele obținute

S-a realizat o comparație între valorile analitice, valorile obținute prin metoda elementelor finite și cele experimentale pentru tensiunile din zonele cilindrică și, respective, tronconică pentru $\varphi=72,5^\circ$. Rezultatele obținute sunt prezentate în Tabelul 1.

Rezultatele experimentale sunt cele din punctele de măsurare 1 și 2, aflate pe mantaua cilindrică și pe zona tronconică, suficient de departe de jonctiunea dintre acestea (unde apar concentrări de tensiune și teoria de membrană nu mai este valabilă).

Se poate constata o foarte bună concordanță între valorile tensiunilor calculate analitic, cele obținute prin simulare numerică și cele experimentale.

Modelul de calcul numeric este astfel validat.

Simularea numerică permite evaluarea tensiunilor maxime din structură, care apar la interiorul recipientului la îmbinările componentelor.

Tabelul 1. Validarea modelului de calcul numeric

Zona		Analitic	Numeric MEF	Experimental
Tensiunea[MPa]				
cilindrică	σ_m	10	9,75	10,1
	σ_t	20	19,61	19
conică	σ_m	7,8	7,76	8
	σ_t	15,7	15,51	15,1

5. Optimizarea structurii

Pentru a reduce concentrările de tensiuni și a permite aplicarea unor presiuni mai mari de lucru se pot modifica anumiți parametri geometrici, de exemplu grosimile sau unghiul φ al fundului tronconic. Parametrul geometric modificat în această lucrare a fost unghiul φ . Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 2.

Se poate constata că tensiunea echivalentă von Mises ($\sigma_{ech_{max}}$) este maximă la interior, pe fundul tronconic, la îmbinarea cu placa circulară.

În figurile 4-6 sunt prezentate distribuțiile tensiunilor echivalente pentru cele trei valori ale unghiului φ .

Se poate constata că tensiunea echivalentă maximă, la îmbinarea fundului tronconic cu placa, crește cu creșterea unghiului φ , în timp ce tensiunea echivalentă maximă din jonctiunea cilindru- fund tronconic scade.

Tabel 2 : Influența unghiului φ

$\sigma_{ech_{max}}$ [MPa]					
φ	Jonctiune cilindru-fund tronconic		Jonctiune fund tronconic-placă		Structură
45°	85.06	Interior jonctiune	157.90	Interior troncon	157.9
60°	55.60	Interior, pe cilindru, în vecinătatea jonctiunii	165.22	Interior troncon	165.22
72.5°	30.50	Interior jonctiune	179.30	Interior troncon	179.3

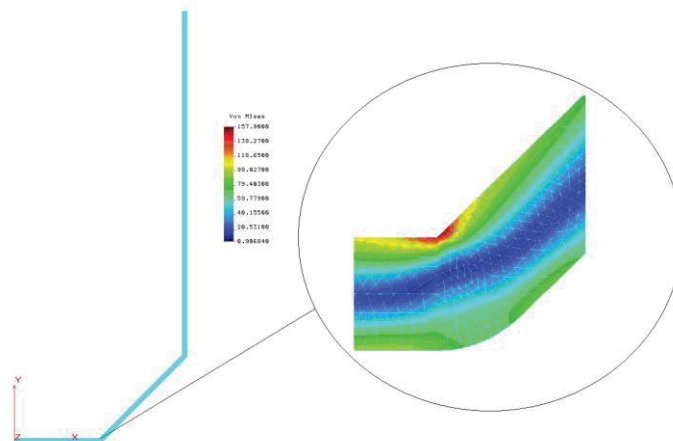


Fig.4 Variația tensiunilor echivalente von Mises ($\varphi=45^0$)

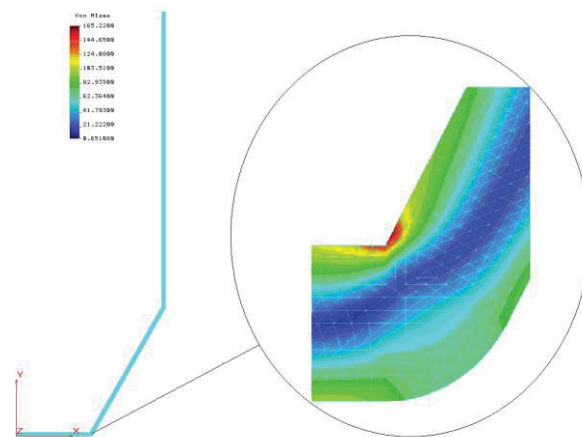


Fig.5 Variația tensiunilor echivalente von Mises ($\varphi=60^0$)

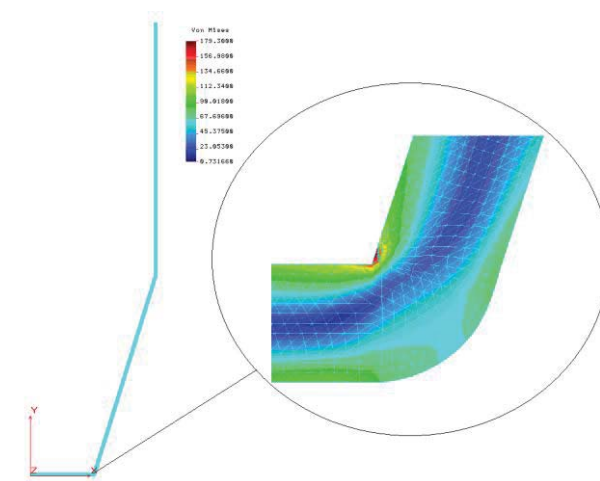


Fig.7 Variația tensiunilor echivalente von Mises ($\varphi=72.5^0$)

Reducerea unghiului φ la valori mai mici de 45° va avea ca efect creșterea semnificativă a tensiunii echivalente maxime în joncțiunea cilindru-troncon, fără o reducere în aceeași măsură a tensiunii maxime din îmbinarea fund tronconic-placă.

În consecință, pentru valorile razelor și ale grosimilor din exemplul de calcul prezentat, valoarea convenabilă a unghiului φ este de aprox. 60° .

6. Concluzii

Simularea numerică, cu metoda elementelor finite, permite evaluarea distribuției tensiunilor în îmbinările dintre elementele componente ale recipientelor.

Utilizarea unui model parametric permite modificarea geometriei, astfel încât să se reducă valoarea maximă a tensiunii din joncțiuni.

Rafinarea discretizării în zonele cu concentrări de tensiune permite evaluarea corectă a tensiunii maxime. Trebuie însă să se țină seama că o discretizare extrem de fină poate conduce la valori supraevaluate ale tensiunilor.

Modificarea grosimilor componentelor influențează distribuția tensiunilor și reprezintă o direcție viitoare de cercetare de interes.

7. Bibliografie

- [1]. Jinescu V., (1984), *Utilaj tehnologic pentru industrii de proces*, Editura Tehnică, București.
- [2]. Cioclov D., (1983), *Recipiente sub presiune*, Editura Academiei, București.
- [3]. Arora J., *Introduction to optimum design*, Elsevier, Oxford, UK, 2004, ISBN: 0-12-064155-0.
- [4]. *** COSMOS/M – Finite Element System, User Guide, 1995.
- [5]. Mocanu D. R., (1976), *Analiza experimentală a tensiunilor*, Editura Tehnică, București.

ANALIZA STRUCTURALA A UNEI DRONE

NEGRU Sorin-Andrei¹

¹Facultatea: Ingineria Aerospațială, Specializarea: -, Anul de studii: al II-lea, e-mail: negrusorin28@yahoo.it

Conducătorii științifici: Prof.dr.ing. **Cristian PETRE**, Conf.dr.ing. **Florin BACIU**

REZUMAT: Pentru realizarea unei drone este important sa alegem corect materialele constructive ale acesteia și să le studiem din punct de vedere constructiv. Pentru această dronă am folosit piese realizate la o imprimantă 3D și țevi din fibră de carbon. Un studiu important asupra acestei drone este calculul rezistenței pieselor realizate din PLA (acid polilactic), când sunt supuse unor forțe caracteristice unei drone.

CUVINTE CHEIE: fibra de carbon, PLA, greutate.

1. Introducere

Datorită avantajelor multiple oferite de drone pe care le putem aplica în diferite domenii, cum ar fi sectorul agricol, industrial sau militar, realizarea unei structuri solide dar în același timp posibilitatea de fabricare a unor piese cheie ce compun structura de bază, reprezintă un avantaj din punct de vedere logistic, deoarece piesele de schimb pot fi fabricate local cu ajutorul unei imprimante 3D, într-un interval de timp relativ scurt. Din acest motiv dronele realizate din componente obținute prin tehnologia de fabricare 3D ar putea influența pozitiv mentenanța acestora.

2. Stadiul actual

Pentru această dronă am ales o structura de tip H (vezi figura 1), deoarece prin simetrie putem studia drona din punct de vedere structural. Numai după această etapă putem proceda cu asamblarea completă a dronei.



Fig. 1 Structura de tip H a unei drone

3. MATERIALELE FOLOSITE

Pentru realizarea dronei am folosit țevi din fibră de carbon și PLA. Aceste materiale au proprietăți diferite la nivel structural. Prin urmare am studiat individual aceste materiale.

3.1. Fibra de carbon

Acest material compozit este unul foarte rezistent și ușor, din acest motiv el se folosește în industria aerospațială și nu numai. În acest caz, țevele din fibra de carbon ce compun drona au fost cumpărate din comerț. S-a supus țeava la diferite teste, în principal la compresiune (vezi figura 2) și la încovoiere în trei puncte (vezi figura 3), rezultatele obținute le putem observa în tabelul 1.

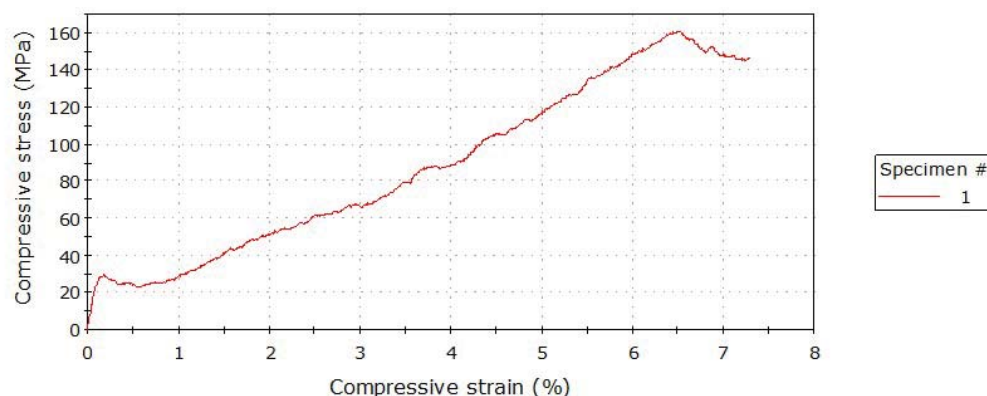


Fig. 2. Curba caracteristică la compresiune

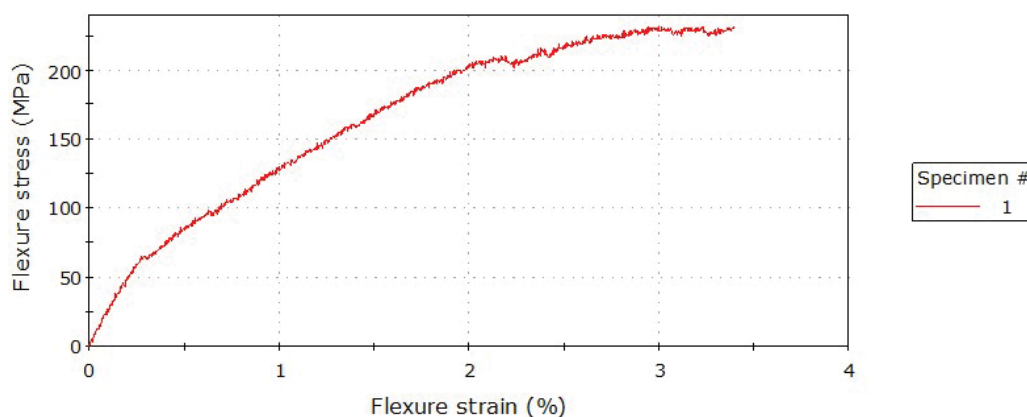


Fig. 3. Curba caracteristică la încovoiere în trei puncta

În urma testărilor, epruvetele nu s-au deformat foarte mult deoarece la momentul apariției fisurilor s-a încetat testarea.

Tabelul 1. Teste mecanice

$E_{\text{compresiune}}$ [MPa]	$E_{\text{încovoiere}}$ [MPa]
23034	23131,425

3.2. PLA (acid polilactic)

Piese realizate din PLA au fost fabricate cu ajutorul unei imprimante 3D (vezi figura 4). Pentru a fabrica aceste piese se atinge o temperatură de circa 200°C. Din acest motiv pot apărea erori de fabricare cu o imprecizie de maxim 1 mm, datorită diferenței de temperatură a mediului ambiant. Am constatat că menținerea unei temperaturi constante în mediul de fabricare și reducerea vitezei de execuție duc la obținerea unor piese de bună calitate structurală reducând și vibrațiile produse de motoare.

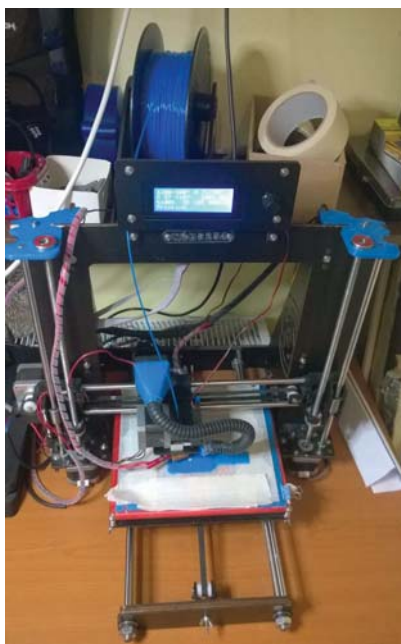


Fig. 4. Imprimantă 3D

Pentru a realiza o piesă la imprimanta 3D avem nevoie de un format .gcode ce transformă piesa proiectată în coordonate tridimensionale (X,Y,Z). Programul folosit pentru conversie este CURA 2.6.2. Setările cu care s-au realizat piesele sunt următoarele:

- Layer Height: 0.3 mm
- Wall Thickness: 1.2 mm
- Printing Temperature: 200°C
- Build plate temperature: 70°C
- Diameter (nozzle): 0.75 mm
- Flow: 100%
- Retraction distance: 4.5 mm
- Retraction speed: 35 mm/s
- Print speed: 20 mm/s
- Travel speed: 150 mm/s

3.3. Evoluția proiectului

Inițial piesa ce va susține motorul a fost concepută pentru a avea în interiorul sau și driverul de motor (vezi figura 5), mai bine cunoscut sub denumirea de ESC (electronic speed controller). Dar, deoarece ESC-ul se încălzește foarte mult datorită curentului, am reproiectat piesa (vezi figura 6). În cazul acesta ESC-ul este montat în exterior, fără a influența în mod negativ piesa din punct de vedere termic.



Fig. 1. Piesă cu ESC-ul în interior



Fig. 6. Piesă finală

Motivul pentru care am împărțit în două piesele ține de modul în care imprimanta realizează piesa. Imprimanta de principiu realizează piesa pe straturi (grosimea stratului este setată de mine în program), din acest motiv când se realizează un strat ce nu are sub el nici un material (PLA) acesta tinde să cadă jos datorită accelerației gravitaționale.

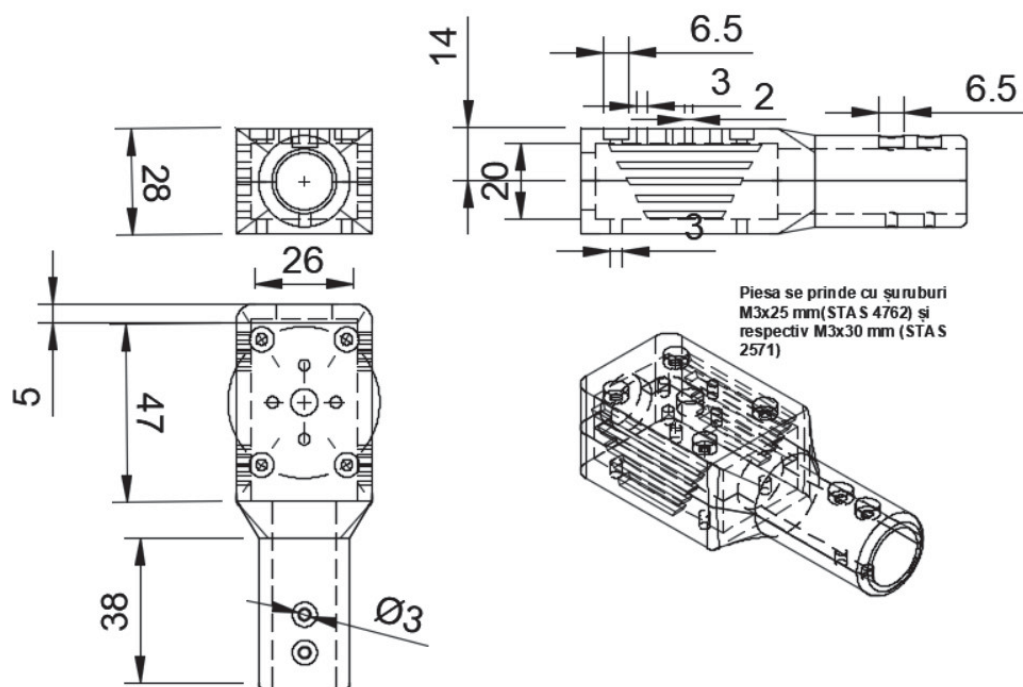


Fig. 7. Desen piesă cu rol de susținere a motorului [1]

4. Analiza structurală a dronei

Forțele principale care acționează asupra motorului ținând cont de greutatea piesei, a motorului și a forța produsă de motor cu elice (model 1045), conduc la a forță echivalentă de 6,81 N. În principiu, la o dronă, două motoare se învârt în sens orar, iar celelalte două în sens anti-orar. Se produce un moment M_t echivalent[2] aproximativ cu 154 N·mm.

$$M_t = \frac{30P}{\pi n} \quad (1)$$

Folosind un motor MT2213 avem o putere (P) de 105,5 W și o turație (n) de 6530 RPM. Știind momentele și forțele ce acționează asupra piesei am putut simula cum reacționează piesa (vezi figura 8).



Fig. 8. Simulare piesă de prindere a motorului

Din simularea (vezi figura 8), a rezultat o tensiune maximă de 4,69 MPa, prin urmare s-a putut continua proiectul. Pasul următor a fost verificarea rezistenței întregului ansamblu (vezi figura 9 și 10).



Fig. 9. Structură studiată

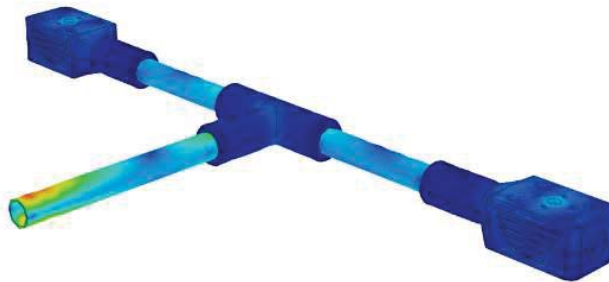


Fig.10. Simularea structurii studiate

Din figura 10 putem observa cum tensiunile se distribuie pe zona de prindere, obținând o tensiune maximă de 7.44 MPa. Pentru această simulare s-a realizat o analiză numerică și în primă fază s-au construit diagramele N , T_y , T_z , M_t , M_y și M_z (vezi figura 11).

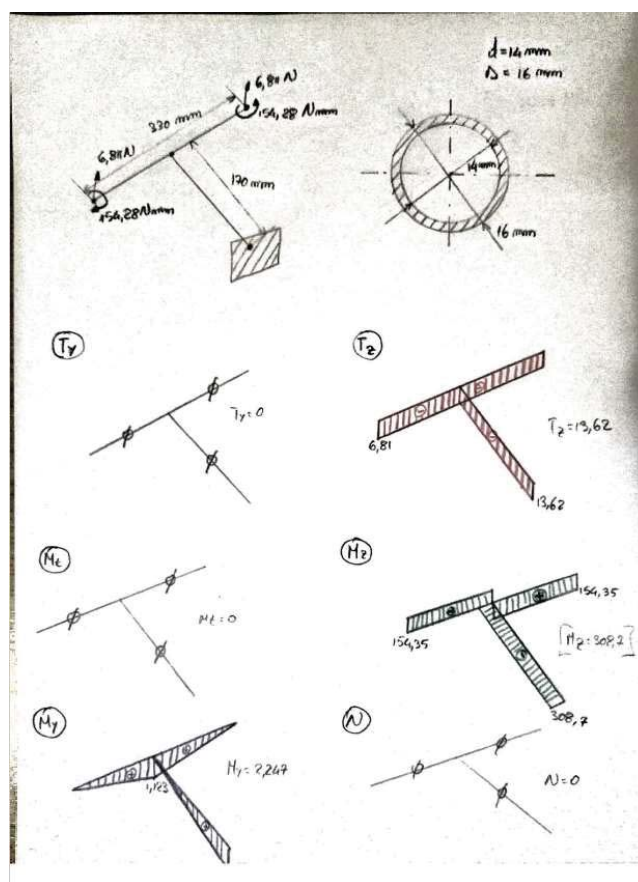


Fig. 11. Diagrame structurii solicitate

Prin urmare structura rezistă și în acest mod, s-a putut verifica dacă combinația dintre PLA și fibra de carbon poate fi aplicată la o dronă.

5. APLICAȚII

După ce s-au efectuat diferite calcule de rezistență asupra dronei, se poate folosi această dronă în diferite aplicații reale. Acestea pot varia, motiv pentru care s-a proiectat drona în așa fel încât să poate fi utilizată în mai multe domenii. O aplicație interesantă este folosirea dronei pentru protejarea mediului înconjurător prin prinderea gunoaielor cu ajutorul unui braț robotic (vezi figura 12 și 13) atașat sub dronă. În acest caz, drona poate fi utilizată în zone pentru protejate, cum ar fi rezervațiile naturale (de exemplu Delta Dunării). Zonele izolate pot fi dotate cu o mică stație dotată cu panouri solare, unde drona se poate încărca și apoi executa misiuni automate[3]. Dacă ne imaginăm Delta Dunării, drona poate executa două tipuri de misiuni:

- Păstrarea curățeniei (cu un braț robotic)
- Operațiuni anti-braconaj (cu o camera video).

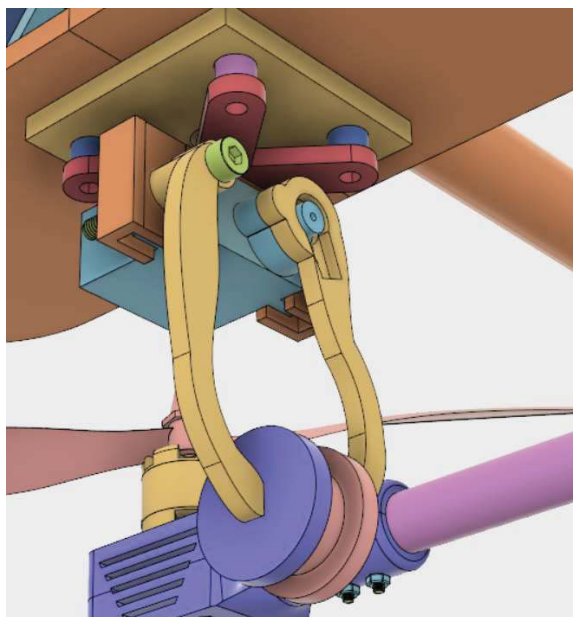


Fig. 12. Braț robotic atașat dronei



Fig. 13. Prototip braț realizat practice

6. CONCLUZIE

În urma acestui studiu de rezistență, s-a demonstrat că se poate folosi tehnologia de imprimare 3D pentru realizarea unei drone. Pe viitor, pentru dezvoltarea dronei, va urma un studiu de optimizare a brațului robotic, un sistem de automatizare și o interfață om-mașină incorporată pe om, sub formă de casă inteligentă.

7. Bibliografie

- [1]. Fișier Dropbox cu piese 3D (format .stl) realizate disponibile la: https://www.dropbox.com/sh/vcagxv0t1ucvnjk/AADvkz3PtHPAd_fk3L8BBY8Za?dl=0
Accesat la data : 12.05.2018.
- [2] Hadăr A., Marin C., Petre C., Voicu A., METODE NUMERICE IN INGINERIE, Editura POLITEHNICA Press, București, 2005.
- [3] <https://create.arduino.cc/projecthub/projects/tags/drones>

POSSIBILITĂȚI DE REDUCERE A CONCENTRĂRILOR DE TENSIUNI ÎN COLȚURILE CADRELOR PLANE

JIPA-DRĂGAN Vlad-Costin, IOLU Cristi-Emanuel, DINCĂ Radu-Șerban
Facultatea de Inginerie Mecanică și Mecatronică, Specializarea: Sisteme și echipamente termice,
Anul de studii: II, email: vladcostin12k97@gmail.com

Conducător științific: Prof. Dr. Ing. **Adriana SANDU**, Prof. Dr. Ing. **Marin SANDU**

REZUMAT: În lucrare sunt analizate posibilitățile de reducere a concentrărilor de tensiune în colțurile unor cadre plane. Sunt comparate, după analiza cu metoda elementelor finite, mai multe variante de realizare a nodurilor rigide ale cadrelor plane: unghi drept, racordare, degajare. Au fost formulate unele concluzii utile pentru activitatea de proiectare a structurilor de acest fel.

CUVINTE CHEIE: Concentrator de tensiune, cadre plane, metoda elementelor finite.

1. Introducere

Cadrelor plane sunt elemente de rezistență în clădiri și structuri de inginerie civilă (Fig. 1). Aceste cadre sunt combinații de bare și coloane unite prin noduri rigide cu unghiuri drepte. Nodurile rigide transferă forțe și momente între componentele orizontale și cele verticale și joacă un rol major în rezistența la încărcări laterale.

În cazul în care la colțurile cadrelor sunt unghiuri drepte, tensiunile locale, teoretic, tind către infinit datorită fenomenului de concentrare. În realitate aceste tensiuni au valori finite din cauza faptului că unghiurile nu pot fi realizate, din punct de vedere tehnologic, la 90° [1].

Pentru a reduce fenomenul de concentrare a tensiunilor se adoptă diferite soluții constructive, cea mai uzuală fiind racordarea.

În prezenta lucrare sunt studiate structuri precum cele prezentate în figura 2. Cadrul plan este încastrat la un capăt și solicitat la încovoiere pură cu momentul M (Fig.2,a). Cele două bare componente sunt unite printr-un nod rigid care este realizat în trei variante constructive, prezentate în Fig.2,b: unghi drept; racordare și degajare.

2. Considerații teoretice privind calculul factorului de concentrare a tensiunilor în colțurile cadrelor plane

Orice discontinuitate a secțiunii transversale a unei bare reprezintă un concentrator de tensiune. Valoarea maximă a tensiunii depinde de tipul concentratorului, forma și dimensiunile piesei și cele ale concentratorului [2].

Factorul teoretic de concentrare a tensiunilor K_t se determină cu relația:

$$K_t = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{nom}} \quad (1)$$

unde:

σ_{max} este tensiunea maximă la discontinuitatea geometrică;

σ_{nom} este tensiunea nominală (medie) în secțiunea transversală respectivă.

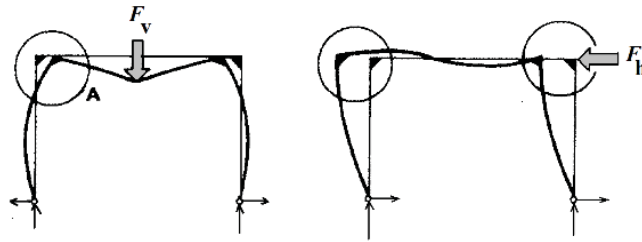


Fig. 1: Exemple de cadre plane

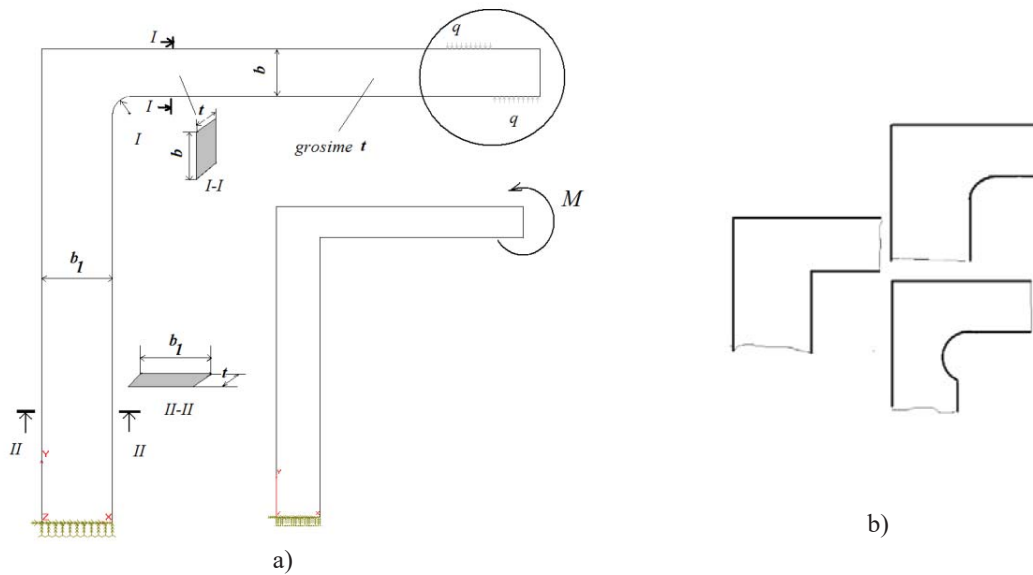


Fig. 2: Schița structurii studiate

Valorile factorului de concentrare a tensiunilor [2], [3] sunt date sub formă de tabele sau de diagrame.

Cu notațiile din figura 2, valorile tensiunilor nominale din secțiunile I și II se determină cu relațiile:

$$\sigma_{nom I} = \frac{M}{W_{yI}} = \frac{M}{\frac{t \cdot b^2}{6}} \quad (2)$$

$$\sigma_{nom II} = \frac{M}{W_{yII}} = \frac{M}{\frac{t \cdot b_1^2}{6}} \quad (3)$$

3. Estimarea factorului de concentrare a tensiunilor prin analiza cu metoda elementelor finite

Simularea numerică a stării de tensiune din structurile studiate s-a realizat cu metoda elementelor finite [4]. S-a utilizat programul SolidWorks/CosmosM 5].

Structura a fost discretizată în elemente de stare plană de tensiune de tip TRIANG (3 noduri pe element). Discretizarea s-a făcut automat pe suprafețele componente. Au rezultat 4119 elemente interconectate în 2276 de noduri.

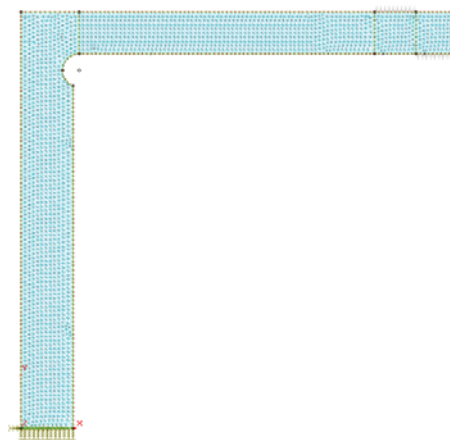


Fig. 3 Model de calcul

Momentul încovoietor aplicat structurii a fost simulat sub forma a două sarcini uniform distribuite ca în Fig. 3.

Modelul a fost descris parametric pentru a permite modificări ale geometriei (raze de racordare, poziția centrului cercului de racordare, lățimile barelor componente).

Se poate studia în acest mod influența geometriei concentratorului asupra stării de tensiune din structuri.

4. Posibilități de reducere a concentrărilor de tensiune în colțurile cadrelor plane

Au fost analizate mai multe seturi de valori pentru parametrii geometrici care descriu structura. Valorile acestor parametri sunt date în tabelul 1. În tabel sunt prezentate și valorile tensiunilor maxime și ale celor nominale din secțiunile I și II, pe baza calculului numeric.

Tabelul 1. Seturile de parametri geometrici și rezultatele obținute cu MEF

Set	b_1	b	r	$\sigma_{ech,max}$	σ_{nom1}	σ_{max1}	σ_{nom2}	σ_{max2}	k_{t1}	k_{t2}
A	10	10	0	11.35	5.76	10.76	5.52	10.29	1.87	1.86
B	10	10	4	7.02	5.46	6.6	5.54	6.7	1.21	1.21
C	12.5	10	0	10.75	5.7	10.35	3.79	7.59	1.92	2
D	12.5	10	4	6.95	5.53	6.61	3.59	7.34	1.19	2.04
E	15	10	0	10.58	5.8	10.25	2.64	6.17	1.77	2.33
F	15	10	4	7.16	5.52	7.13	2.52	3.59	1.29	1.42
G	15	10	7.5	6.22	5.46	5.85	2.62	6.39	1.07	2.44

Rezultatele simulării numerice cu metoda elementelor finite sunt prezentate în figura 4, pentru cazul $b_1=b$, și două variante ale nodului rigid: în formă de unghi drept (set A) și cazul racordării cu raza de racordare $r=4$ mm (set B).

Pentru acest caz ($b_1=b$), în literatura [2] sunt date valorile factorului teoretic de concentrare a tensiunilor. Pentru setul B, K_t are valoarea egală cu aproximativ 1.3. Valoarea calculată în tabelul 1 este 1.21. O discretizare mai fină în zona concentratorului poate conduce la o aproximare mai bună a coeficientului de concentrare a tensiunilor, K_t .

Se constată că racordarea are ca efect reducerea tensiunii echivalente maxime din structură (calculată cu teoria lui Von Mises) și implicit a factorilor de concentrare a tensiunilor în cele două secțiuni din vecinătatea concentratorului, așa cum rezultă și din tabelul 1.

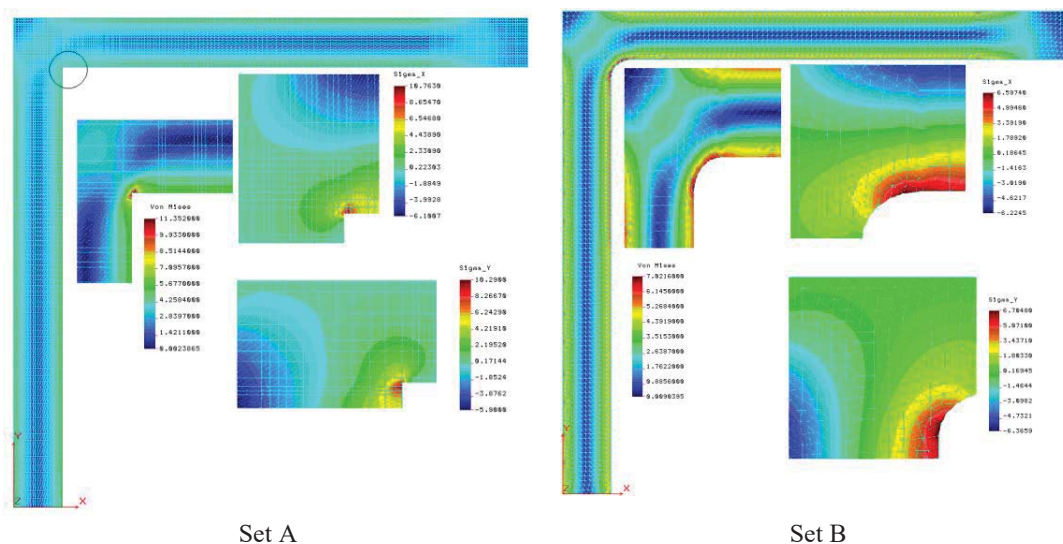


Fig. 4: Distribuția tensiunilor pentru variantele A și B

În figura 5 sunt prezentate rezultatele obținute pentru cazul în care lățimea barei verticale (b_1) este mai mare decât cea a barei orizontale (b), pentru $b_1/b=1.5$, pentru toate variantele constructive de realizare a nodului rigid: unghi drept (set E), racordare (set F) și degajare (set G).

Pentru $b_1/b=1.25$ (variante C și D) rezultatele sunt prezentate în tabelul 1.

Se constată că în cazul în care lățimile barelor componente nu sunt egale, un efect mai mare asupra tensiunii maxime îl are degajarea (Tabel 1, Fig. 5), comparativ cu racordarea.

5. Analiza experimentală a tensiunilor prin fotoelasticitate

Fotoelasticitatea se numără printre mijloacele cele mai folosite în analiza experimentală a stării de tensiune [6].

Fotoelasticitatea are la bază fenomenul de birefrință accidentală care apare la materiale transparente optic active, atunci când sunt solicate mecanic (Fig.6).

Au fost realizate modele din araldit, la scara 2:1, ale structurilor cu dimensiunile conform seturilor A (referinta) și G (lățimi inegale, cu degajare).

Examinarea celor două modele în lumină polarizată permite o analiză calitativă a distribuției tensiunilor și identificarea punctelor cele mai solicate din structură.

În cazul setului A se obține o foarte bună concordanță cu rezultatele teoretice [2], [3].

În figura 6,b se prezintă distribuția izocromatelor pe un model la scară al structurii cu degajare, cu dimensiunile corespunzătoare setului G.

Se poate constata că punctele cele mai solicate au fost localizate la fel atât în studiul experimental cât și în simularea numerică.

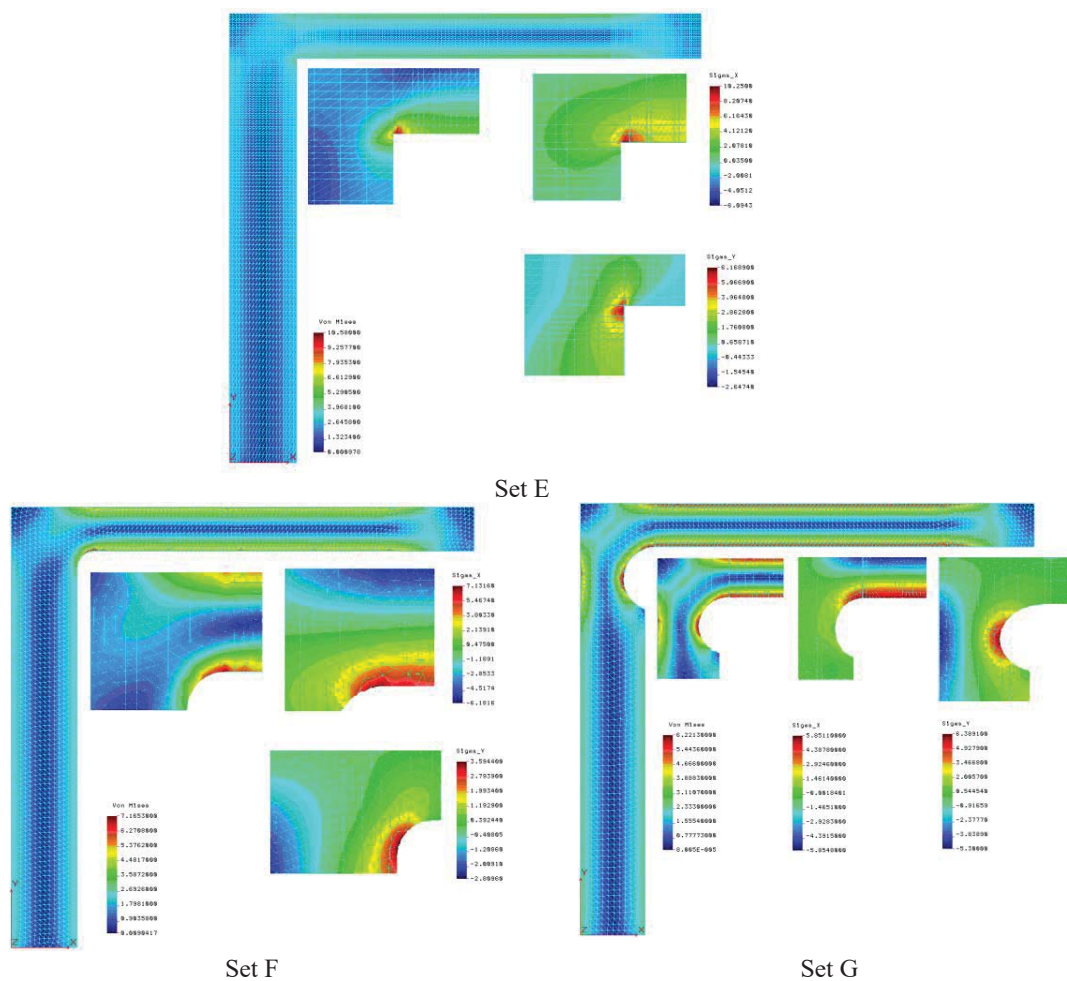


Fig. 5: Distribuția tensiunilor pentru variantele E,F și G



a) Standul experimental



b) Interpretarea rezultatelor

Fig. 6 Studiul experimental al tensiunilor

6. Concluzii

Nodurile rigide ale cadrelor plane nu trebuie să fie în unghi drept, pentru că în acest caz tensiunile maxime locale au valori foarte mari.

Soluția uzuală pentru reducerea concentrărilor de tensiune o reprezintă racordarea. Pentru această soluție în literatură există valori ale factorului de concentrare a tensiunilor doar pentru cazul în care lățimile barelor concurente în nod sunt egale.

În această lucrare s-a studiat și cazul în care lățimile nu sunt egale, constatându-se că o soluție mai bună pentru acest tip de concentrator de tensiune o reprezintă degajarea. Aceasta presupune reducerea secțiunii mai mari, ceea ce are ca efect o redistribuire a tensiunilor, și, implicit, o reducere a tensiunilor maxime din structură.

Studiul experimental prin metoda fotoelasticității a confirmat această concluzie.

7. Bibliografie

- [1]. Van Erp G. M., Ayers S. R., Simpson P. E.. (2000), "Design of fibre composite structures in a civil engineering environment", Proceedings of the ACUN-2 International Composites Conference, Sydney, 16–22. Google Scholar
- [2]. Mincă I., Atanasiu C., Sandu A., Sandu M., (1998), *Rezistența materialelor și elementelor de Teoria elasticității*, Editura Tehnică, București, ISBN 973-31-1244-5.
- [3]. Pilkey W. D., Pilkey D.F., (2008), *Peterson's stress concentration factors*, John Wiley & Sons INC., ISBN 978-0-470-04824-5;
- [4] Sandu A., Sandu M., Găvan M., (2003), *Metode și programe pentru calculul structurilor elastice*, Editura Printech, ISBN 973-652-735-2
- [5]. *** COSMOS/M – Finite Element System, User Guide, 1995.
- [6]. Mocanu D.R.. (1976), *Analiza experimentală a tensiunilor*, Editura Tehnică, București, 298,318;2

STUDIU COMPARATIV AL UNOR MICROGRINZI CU DIFERITE CONFIGURAȚII GEOMETRICE DIN COMPONENTA MICROSENZORILOR MEMS

VASILE Alexandru Cristian¹, POPESCU Mihai¹

¹Facultatea de Inginerie Mecanică și Mecatronică, Specializarea Mecanică Fină și Nanotehnologii, Anul II, E-mail: Vasile.Alex96@gmail.com

Conducători științifici: Prof.dr.ing. **Adriana SANDU**; Prof.dr.ing. **Georgeta IONAȘCU**

REZUMAT: Lucrarea prezintă o metodă de calcul analitic al deformațiilor statice ale unor microgrinzi cu configurație complexă din componența unor structuri de tip MEMS. Pentru calculul deplasărilor statice s-a folosit metoda Mohr-Maxwell. Validarea rezultatelor obținute prin calcul analitic precum și calculul frecvențelor proprii ale structurilor s-au realizat cu metoda elementelor finite. Soluțiile analitice stabilite în lucrare permit modificarea unor parametri geometrici, aleși ca variabile de proiectare, cu scopul optimizării configurațiilor microstructurilor de acest tip.

CUVINTE CHEIE: microgrinzi, MEMS, metoda elementelor finite, frecvența proprie

1. Introducere

În general, sistemele MEMS [1] constau în microstructuri mecanice, microactuatore, microsenzori și microelectronică, toate integrate pe același cip. MEMS se constituie ca un mod de proiectare și creare a unor dispozitive mecanice și sisteme complexe, integrând electronica aferentă la nivel micro- și nano-.

După cum sugerează și numele lor, senzorii MEMS rezonanți (microsisteme pentru detecție) sunt dispozitive care măsoară fenomenele fizice prin oscilații. Mai exact, un senzor de rezonanță MEMS conține o structură micromecanică proiectată pentru a ajunge la o anumită frecvență de rezonanță, în funcție de un anumit parametru fizic extern. Când acest parametru se modifică, se produce o variație a frecvenței de rezonanță a structurii, variație care se măsoară și este corelată cu variația valorii parametrului fizic. Natura electromecanică a structurilor MEMS implică faptul că oscilațiile mecanice afectează proprietățile electrice ale dispozitivelor, de asemenea. În consecință, un parametru fizic este convertit prin oscilații mecanice ale structurii într-un semnal electric, care poate fi citit în mai multe moduri. În timp, au fost create și testate mai multe modele de rezonatoare MEMS. Cu toate că fiecare dintre aceste structuri este unică și originală, cele mai multe dintre ele se bazează pe trei modele generale: console („cantilevere”), „punți” sau grinzi dublu încastrate și grinzi flexibile pliate.

2. Stadiu actual

Elementele sensibile de tip microgrinzi în console (cantilevere) sunt cele mai simple structuri, atât ca utilizare, cât și ca fabricație. Microgrinda este ancorată la un singur capăt la substrat. Când este acționat, capătul liber pendulează în direcția perpendiculară pe structura dispozitivului. Acest element sensibil are avantaje multiple, cum ar fi:

- un proces de fabricare simplu, cu costuri reduse care implică, în mod tipic, subțierea structurii în consolă pentru a o elibera de la substrat (placheta de siliciu), uzual prin corodare anizotropă umedă sau uscată [2];

- construcție monobloc, când nu există tensiuni reziduale, ceea ce face ca modurile de vibrație să fie cunoscute și ușor descrise cu ajutorul modelelor matematice [3].

Structurile cantilever sunt interesante în aplicații de senzori biologici și chimici [4] cu sensibilitate ridicată (de exemplu, de formă trapezoidală, flexibilă), precum și în microscopia de forță atomică (forma triunghiulară rigidă), datorită modurilor superioare, utile pentru dezvoltarea de noi moduri de formare a imaginii.

În această lucrare sunt prezentate modelarea și simularea unor structuri MEMS de tip microgrindă în consolă cu grosime variabilă continuu și în trepte, pentru comparație cu microgrinzile clasice cu grosime constantă.

Microgrinzile convenționale, cu secțiune dreptunghiulară constantă, au o sensibilitate redusă, care nu le recomandă pentru utilizări ca biosenzori. Utilizând simulări numerice, diverși cercetători [5-8] au studiat comportamentul unor microgrinzi cu grosime variabilă continuu (trapezoidală) sau în trepte și au constatat îmbunătățirea performanțelor acestora atât în regim static (constantă elastică mare) cât și în regim dinamic (frecvențe proprii de rezonanță mari). Au fost determinate constanta elastică și frecvența fundamentală de rezonanță pentru configurațiile geometrice analizate. Pentru o valoare ridicată a constantei elastice și o deformare statică scăzută, în cazul microgrinzii de grosime variabilă, a rezultat o frecvență de rezonanță înaltă (structura este rigidă), ceea ce a fost demonstrat numeric și validat prin comparație cu microgrinda de grosime constantă.

3. Calcul analitic

Lucrarea tratează microgrinzile MEMS în trei forme constructive: structuri cu grosime constantă (Fig.1); structuri cu grosime variabilă (Fig.2); structuri cu grosime în trepte (Fig.3). Acestea sunt analizate individual cu scopul de a le compara atât din punct de vedere al comportamentului static cât și al frecvențelor proprii. Pentru fiecare dintre cele trei variante, calculul analitic a fost efectuat cu metoda Mohr-Maxwell [9].

3.1. Microgrinzi cu grosime constantă

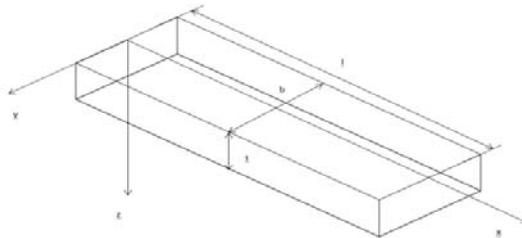


Fig. 1. Microgrinda cu grosime constantă

Expresiile momentelor încovoietoare într-o secțiune oarecare x sunt:

$$M_y(x) = -Fx; m_y(x) = -x \quad (1)$$

Relația lui Mohr-Maxwell pentru calculul deplasării statice:

$$\delta_{st} = \int_0^l \frac{M_y(x)m_y(x)dx}{EI_y(x)} \quad (2)$$

$$I_y = \frac{bt^3}{12} \quad (3)$$

Înlocuind (1) și (3) în relația (2) se obține:

$$\delta_{st} = \frac{4Fl^3}{Ebt^3} \quad (4)$$

Constanta elastică a microgrinzii se determină cu relația

$$k = \frac{F}{\delta_{st}} = \frac{Ebt^3}{4l^3} \quad (5)$$

3.2. Microgrinzi cu grosime variabilă

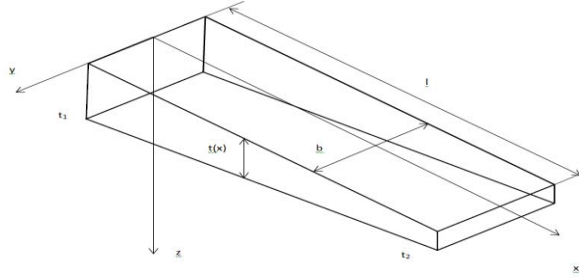


Fig. 2. Microgrinda cu grosime variabilă

Legea de variație a grosimii este dată de funcția:

$$t(x) = t_2 + \frac{x}{l}(t_2 - t_1) \quad (6)$$

Momentul de inerție este:

$$I_y(x) = \frac{bt^3(x)}{12} \quad (7)$$

Deplasarea statică se calculează cu metoda Mohr-Maxwell, ținând cont de expresiile momentelor încovoietoare date de relația (1):

$$\delta_{st} = \frac{12Fl^3}{Eb} \int_0^l \frac{x^2 dx}{\left[t_2 + \frac{x}{l}(t_2 - t_1) \right]^3} \quad (8)$$

Pentru rezolvarea integralei s-a folosit metoda de integrare numerică Simpson [10].
Rezultă:

$$\delta_{st} = \frac{2Fl^3}{Eb} \left[\frac{8}{(t_1 + t_2)^3} + \frac{1}{t_1^3} \right] \quad (9)$$

3.3. Microgrinzi cu grosime în trepte

Momentele de inerție corespunzătoare sunt:

$$I_{y1} = \frac{bt_1^3}{12}; I_{y2} = \frac{bt_2^3}{12} \quad (10)$$

Înlocuind (1) și (10) în relația (2) se obține:

$$\delta_{st} = \frac{F}{3E} \left\{ \frac{l_2^3}{I_2} + \frac{1}{I_1} \left[(l_1 + l_2)^3 - l_2^3 - l_2^2 l_1 \right] \right\} \quad (11)$$

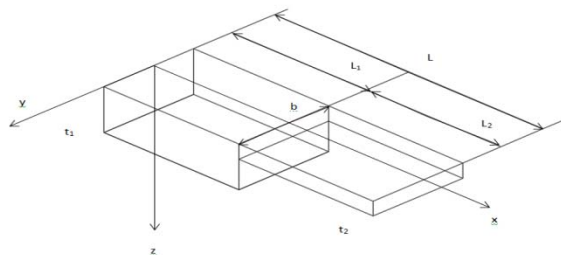


Fig. 3. Microgrinda cu grosime în trepte

4. SIMULARE NUMERICĂ

S-a folosit metoda elementelor finite [10-11], programul SOLIDWORKS/CosmosM Tools [11].

Microgrinda a fost încastrată la un capăt, și, pentru a evita concentrarea tensiunilor ca urmare a aplicării unei sarcini concentrate, pe suprafața frontală a capătului liber a fost aplicată o sarcină uniform distribuită, pe direcția normalei la suprafața microgrinzii (z), a cărei rezultantă să fie egală cu $F_z = 1\mu N$. Proprietățile materialului microgrinzii (siliciu monocristalin) sunt date în tabelul 1, iar dimensiunile microgrinzii studiate, în tabelul 2.

Toate cele trei variante au aceeași lungime l și aceeași latime b , ceilalți parametri geometrici fiind astfel aleși încât masa microgrinzilor să fie egală.

Tabelul 1. Constante material

Material	Si
E (MPa)	$165 \cdot 10^3$
Coefficientul lui Poisson (ν)	0.22
Densitate (ρ) kg/m ³	2330

Tabelul 2. Dimensiuni microgrindă cu grosime constantă

Tip microgrindă	Dimensiuni	Val ori [μm]
Microgrindă cu grosime constantă	l	150
	b	50
	t	20
Microgrindă cu grosime variabilă	l	150
	b	50
	t_1	30
	t_2	10
Microgrindă cu grosime în trepte	l_1	75
	l_2	75
	b	50
	t_1	30
	t_2	10

4.1 Calcul static

Rezultatele simulării numerice sunt prezentate în figurile 4-6 .

În Fig.4 se prezintă deformată microgrinzii și valoarea maximă a deplasării:

$$\delta_{st} = |\delta_{st}| = 2.048 \cdot 10^{-4} \mu m.$$

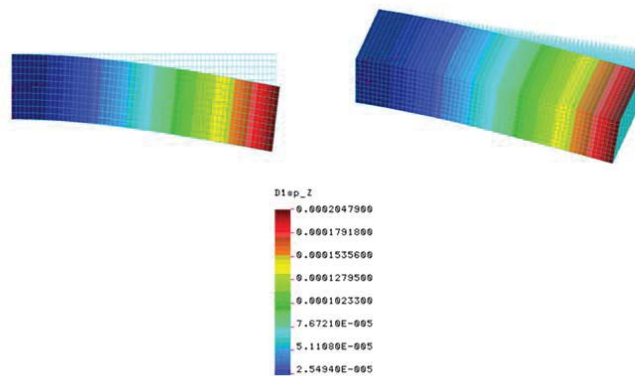


Fig. 4. Microgrinda cu grosime constantă-călcu static

Valoarea maximă a deplasării pentru microgrinda cu grosimea variabila continuu (Fig.5) este:
 $\delta_{st} = |\delta_{st}| = 1.3 \cdot 10^{-4} \mu\text{m}.$

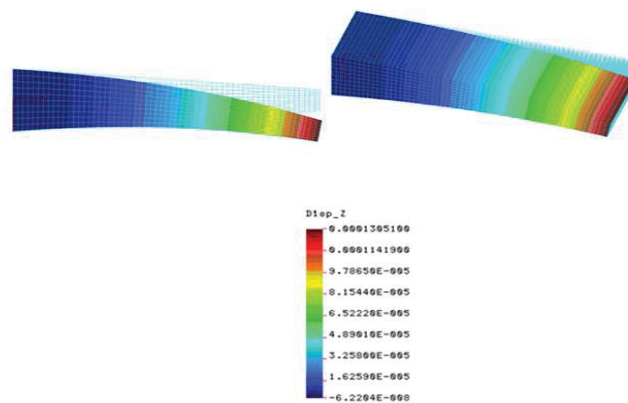


Fig. 5. Microgrinda cu grosime variabilă-călcu static

În Fig.6 se prezintă deformata microgrinzii cu grosime variabila in trepte și valoarea maximă a deplasării:

$$\delta_{st} = |\delta_{st}| = 2.993 \cdot 10^{-4} \mu\text{m}$$

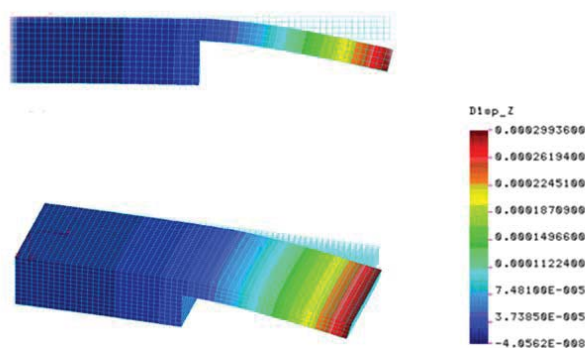


Fig. 6. Microgrinda cu grosime in trepte-călcu static

Analizând rezultatele din Tabelul 4. putem afirma că este validat modelul de calcul analitic prezentat mai sus.

Tabelul 4. Valorile deplasărilor statice (μm)

Microgrinda cu grosime constanta	analitic	$2.045 \cdot 10^{-4}$
	MEF	$2.048 \cdot 10^{-4}$
Microgrinda cu grosime variabila	analitic	$1.312 \cdot 10^{-4}$
	MEF	$1.3 \cdot 10^{-4}$
Microgrinda cu grosime in trepte	analitic	$2.42 \cdot 10^{-4}$
	MEF	$2.9 \cdot 10^{-4}$

4.2 Calculul frecvențelor proprii

În numeroase aplicații (microscopie de forță atomică, biosenzori) microgrinzile in consolă sunt utilizate ca senzori de rezonanță. În consecință interesează valorile frecvențelor proprii fundamentale ale acestora. Aceste frecvențe proprii au fost determinate prin simulare numerică cu metoda elementelor finite .

În Fig.7 este prezentat modul 1 de vibrație in cazul microgrinzii cu grosime constantă, corespunzător frecvenței $f_1 = 1201.48 \text{ kHz}$.

F_Mode=1 1.20148e+006 Hz

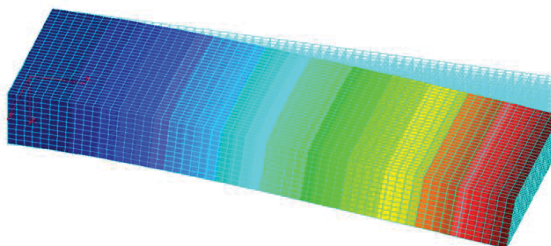


Fig. 7. Microgrinda cu grosime constantă-calcul frecvență

Frecvența proprie pentru modul 1, în cazul microgrinzii cu grosime variabilă (Fig.8) este:

$$f_1 = 2048 \text{ kHz}$$

F_Mode=1 2.048e+006 Hz

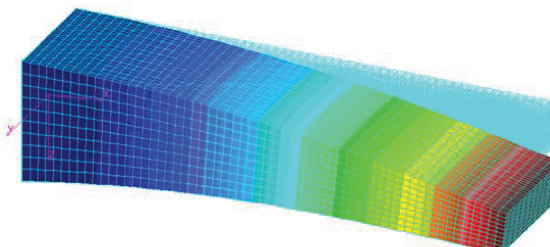


Fig. 8. Microgrinda cu grosime variabilă-calcul frecvență

În Fig.9 sunt prezentate rezultatele pentru modul 1, in cazul microgrinzii cu grosime in trepte :
 $f_1 = 1794.82 \text{ kHz}$

F_Mode=1 1.79482e+006 Hz

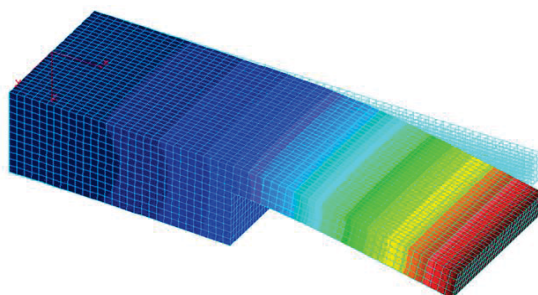


Fig. 9. Microgrinda cu grosime în trepte-calcul frecvență

5. Studiu comparativ al variantelor constructive

În tabelul 5 și în figura 10 sunt centralizate rezultatele obținute pentru cele trei variante constructive studiate.

Tabelul 5. Centralizator rezultate

	$\delta st(analitic)[\mu m]$	$\delta st(MEF)[\mu m]$	$f_t[kHz]$
V1 (grosime constantă)	0.0002045	0.0002048	1201.48
V2 (grosime variabilă continuu)	0.0001312	0.0001305	2048
V3 (grosime variabilă în trepte)	0.000242	0.0002993	1794.82

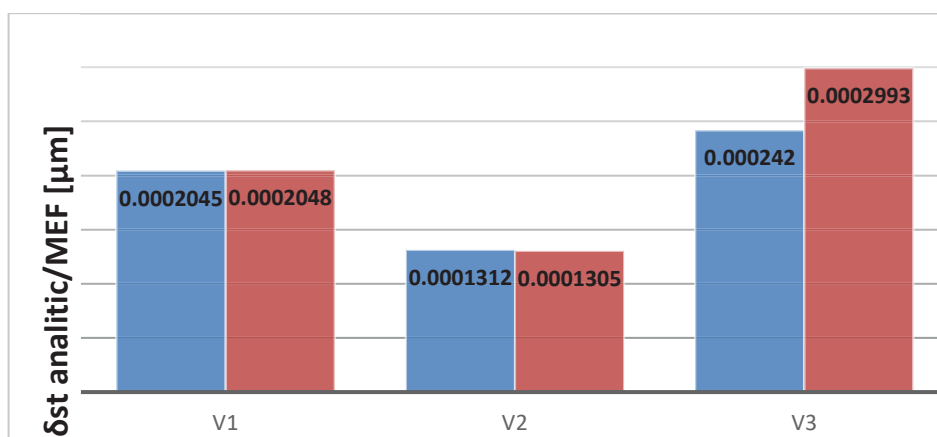


Fig. 10. Comparația valorilor deplasărilor statice

6. Concluzii

Pentru aplicația propusă este optimă varianta 2 (microgrinda cu grosime variabilă continuu) pentru care s-a obținut cea mai mică valoare pentru deplasarea statică (ceea ce înseamnă o constantă elastică mare) și cea mai mare valoare pentru frecvența fundamentală de rezonanță.

Modelul de calcul analitic pentru microgrinda cu grosime variabilă continuu a fost validat pentru comportamentul static.

Relația analitică stabilită pentru deplasarea statică, care permite determinarea constantei elastice a microgrinzii, poate fi utilizată pentru optimizarea geometriei acestor microstructuri.

7. Bibliografie

- [1] Lobontiu N., Garcia E., (2005), *Mechanics of Microelectromechanical Systems*, Kluwer Academic Publishers, Print ISBN: 1-4020-8013-1
- [2] Ionascu G., (2004), *Technologies of Microtechnics for MEMS* (in Romanian), Cartea Universitara, Bucharest, Romania
- [3] Ionascu G., Bogatu L., Sandu A., Manea E., Cernica I., (2008) "Modeling, Simulation and Technology of Microbeam Structures for Microsensor Applications", The Scientific Bulletin of POLITEHNICA University of Bucharest, Series D, Vol. 70, No. 3, pp. 19-30.
- [4] Saranya R, Saranya K, Ceemati D, Chandra Devi K, Meenakshi Sundaram N., "Design of MEMS based microcantilever for tuberculosis detection", PSG College of Technology, Coimbatore, Tamil Nadu, India.
- [5] Kasambe P.V., Bhole K. S., Bhoir D. V., (2017), "Performance Evaluation of Embedded Strain Sensing Varying Thickness Polymer Micro-cantilever as Biosensor Platform", International Journal of Latest Technology in Engineering, Management & Applied Science (IJLTEMAS) Volume VI, Issue VII, ISSN 2278-2540
- [6] Parsediya D. K., Singh J. and Kankar P. K., (2005) "Modeling and simulation of variable thickness based stepped MEMS cantilever designs for biosensing and pull-in voltage optimization", PDPM-Indian Institute of Information Technology, Design and Manufacturing Jabalpur Dumna, Khamaria P.O., Jabalpur, India-482005.
- [7] Chandel T., Singh B., (2014) "The State of Art Survey on Micro cantilevers for MEMS Devices", e-ISSN: 2278-1676, p-ISSN: 2320-3331, Volume 9, Issue 5 Ver. II (Sep – Oct. 2014), PP 08-15.
- [8] Hawari H. F., Wahab Y., Azmi M. T., Shakaff A. Y., Hashim U., Johari S., (2014) "Design and Analysis of Various Microcantilever Shapes for MEMS Based Sensing", Journal of Physics: Conference Series 495 (2014) 012045
- [9] Minca I., Atanasiu C., Sandu A., Sandu M., (1998), *Rezistența Materialelor și elemente de teoria elasticității*, Editura Tehnica Bucuresti, Bucuresti, ISBN 973-31-1244-5.
- [10] Sandu A., Sandu M., Găvan M., (2003), *Metode și programe pentru calculul structurilor elastic*, Editura Printech, București, ISBN 973-652-735-2.
- [11] COSMOS/M – Finite Element System, User Guide, 1995.

STUDIUL STRUCTURILOR DE REZISTENȚĂ

BĂIAȘU Mihai-Liviu¹, GRIGORE Andrei-Mădălin², MANEA Marilena³ și SANDU Diana-Ionela⁴

¹Facultatea: Ingineria Aerospațială, Specializarea:-, Anul de studii: al II-lea, e-mail: mihai_baiasu98@yahoo.ro

^{2,3,4}Facultatea: Ingineria Aerospațială, Specializarea:-, Anul de studii: al II-lea

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Cristian PETRE**, Conf.dr.ing. **Florin BACIU**

REZUMAT: Lucrarea este concentrată pe studiul structurilor de rezistență prin folosirea unui model de pod construit din paste, material fragil cu deformare plastică redusă. În urma rezultatelor obținute, ca urmare a experimentului, se poate face analogia cu un pod de dimensiuni mult mai mari realizat din materiale cu un comportament structural superior și îmbinări realizate conform industriei actuale.

CUVINTE CHEIE: Structură, pod, paste, studiu.

1. Introducere

Structurile de tip pod, la începuturi, au fost realizate din materiale precum lemnul și piatra, având lungimi reduse, iar în urma evoluției mijloacelor și capacității umane, s-au putut construi adevărate monumente de artă, impunătoare prin lungimea de ordinul zecilor (vezi figura 1) sau chiar sutelor de km, ancorate cu stâlpi și cabluri din oțel.



Fig. 1 Podul Qingdao Haiwan - China – 42,5 km

Scopul lucrării noastre este de a evidenția dezvoltarea structurilor de tip poduri. În acest caz, am ales drept material de construcție, paste fâinoase. Acestea au un raport greutate/rezistență impresionant. În încercarea de a obține performanțe structurale, am proiectat cu ajutorul unui material simplu o structură solidă care va fi supusă unei încercări în vederea determinării capacității portante.

2. Stadiul actual

Proiectul nostru constă în dezvoltarea unei structuri din paste fâinoase (macaroane, deoarece au secțiunea de tip inelar). Această structură, ulterior, va fi supusă unei solicitări cu scopul de a-i descoperi rezistența portantă.

Partea inferioara a podului a fost realizată prin lipirea pastelor în secțiune longitudinală. Ca adeziv, s-a folosit "hot glue gun" (pistol cu lipici fierbinte). Adezivul a fost aplicat prin punctare din centimetru în centimetru, nefiind întins pe toată suprafața de îmbinare dintre paste pentru a evita scurgerile acestuia în exces.



Fig. 2 Pod din paste - Model

Partea din centru a podului este alcătuită din cinci celule dreptunghiulare care au lungimea de 8 cm și înălțimea de 10 cm. Fiecare celulă are diagonală ce unește colțul din stânga-jos cu cel din dreapta-sus materializată printr-o pastă lipită cu liant la ambele capete (vezi figura 2).

Cele două capete ale podului sunt reprezentate de două triunghiuri dreptunghice cu baza de 8 cm și înălțimea de 10 cm. Această formă a capetelor a fost aleasă atât pentru design, cât și pentru a rezista cât mai eficient greutății la care va fi supusă structura.



Fig. 3 Sistemul de prindere

S-a utilizat ca mecanism de susținere a greutății o agățătoare cu filet care a fost fixată pe o bucată de PAL, de dimensiuni 12cm lungime și 3,5cm lățime, cu ajutorul a două șuruburi cu piulițe. Am utilizat o bucată de PAL pentru a nu fixa greutatea într-un singur punct, aceasta având rolul de a distribui forța aplicată pe toată suprafața ei (vezi figura 3).

Pastele utilizate au următoarele proprietăți la temperatură și umiditate normală :

- Tensiunea maximă de rupere[1] ~ 14 [MPa]
- Modulul de elasticitate longitudinal (Modulul lui Young)[1] ~ 70000 [MPa]

Pentru comparație, în aceleași condiții, aluminiul are:

- Tensiunea maximă de rupere ~ 70 [MPa]
- Modulul de elasticitate longitudinal (Modulul lui Young) ~ 70000 [MPa]

2.1 Rezistența la tracțiune

Acest material are o rezistență mare pe direcție longitudinală (vezi figura 4), o pastă cu diametrul de 2mm poate ține până la 4,5Kg. O noțiune foarte importantă este că încărcarea maximă nu depinde de lungimea pastei!

Încărcarea maximă este egală cu rezistența la tracțiune înmulțită cu secțiunea transversală a pastei.



Fig. 4 Tracțiune longitudinală schematizată[1]

2.2 Rezistența la compresiune

Pastele au o rezistență mica la compresiune (vezi figura 5), dar daca se injumătățește lungimea acestora pot susține de până la 4 ori forța inițială. Cedarea este de doua feluri:

- Dacă $L/d < 10$ se face fără deformare elastică
- Dacă $L/d > 10$ se face cu deformare elastică

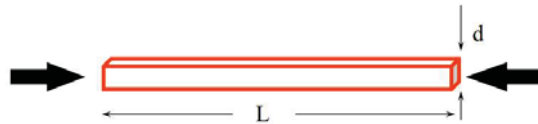


Fig. 5 Compresiune[1]

Putem determina coeficientul k de flambaj astfel:

$$F = k \frac{d^4}{L^2}, \quad (1)$$

Unde F este forța necesară cedării pastei prin compresiune, d diametrul pastei și L lungimea acesteia.

Pentru a determina constanta k am efectuat următorii pași:

1. Am măsurat lungimea și diametrul pastei testate
2. Am așezat pasta în poziție verticală
3. Am apăsât pe pastă până la rupere;
4. Am stabilit forța(F);
5. Am calculat k .

3. DESIGN

Elementul principal de design este triunghiul, deoarece în îmbinările acestuia nu exista solicitarea la încovoiere, acesta fiind supus doar la forțe de compresiune sau întindere. Aplicând o forță pe vârful triunghiului aceasta se va distribui în mod egal pe fiecare îmbinare de la bază (vezi figura 6). Cu cat forma geometrică este mai înaltă, cu atât rezistența acestuia crește.

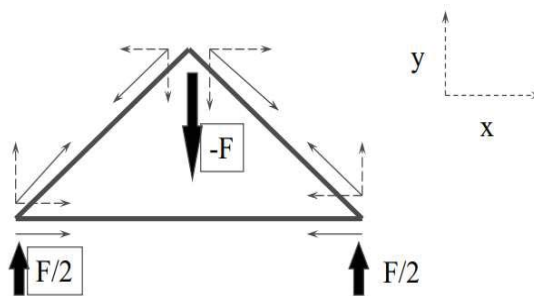


Fig. 6 Distribuirea solicitării F pe celelalte două vârfuri[1]

Pentru un sistem compus forța se va distribui astfel [1] (vezi figura 7):

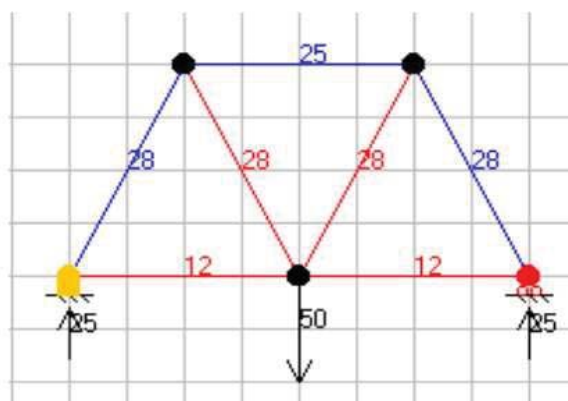


Fig. 7 Forța compusă[1]

4. EXPERIMENT

Pentru studiul experimental, s-au realizat două structuri cu o lungime de 60 de cm, construite din celule triunghiulare a caror înclinație față de bază este de 40° pentru primul tip de pod și 60° pentru cel de-al doilea[2] (vezi figura 8).

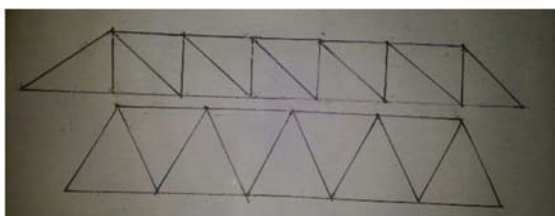


Fig. 8 Schița cu cele două variante de pod alese

S-a realizat o suprafață continuă pe toată baza podului cu scopul de a distribui forța la care va fi solicitat podul, în îndeplinirea aceluiași scop am adăugat o placă din PAL aceasta având în același timp și rolul de mecanism de prindere (vezi figura 9).



Fig. 9 Sistemul de încărcare a podului

S-a așezat podul între doi suporturi care ne-a permis simularea solicitării podului[3]. Greutatea pe care am aplicat-o structurii a fost reprezentată de o găleată pe care am umplut-o treptat cu o cantitate de apă până la cedarea sistemului (vezi figura 10).



Fig. 10 Testul structurii

În ciuda unor proprietati mecanice slabe ale pastelor acestea pot fi solicate la forțe mari atunci când fac parte dintr-o structură complexă.

Dacă pastele pot rezista la o greutate mult mai mare decât cea proprie, atunci alte materiale precum oțelul, care are proprietăți mai bune, cu un raport rezistență/greutate mult mai mare, pot susține sarcini considerabil mai mari dacă sunt integrate în structuri elaborate.

5. CONCLUZII

În urma experimentului, s-a dovedit, contrar așteptărilor, că structura formată din elementele triunghiulare este una stabilă, rigidă, o greutate de doar 210 grame susținând o sarcină de 4,5 kg!

Prin această abordare am dorit să găsim un criteriu de similitudine între un pod din paste și un pod din oțel. Primul, format dintr-un material fragil, a reușit să reziste la o sarcină de 21 de ori mai mare decât greutatea sa. Studiul podurilor de oțel conduce la concluzii similare.

6. Bibliografie

- [1]. <https://engineering.jhu.edu/ei/wp-content/uploads/sites/29/2014/01/Spaghetti-Bridge-Construction-Hints.pdf>
- [2]. https://www.researchgate.net/publication/266293831_EVOLUTIA_STRUCTURILOR_DE_PODURI_METALICE_SUDATE
- [3]. <https://www.wikihow.com/Build-a-Spaghetti-Bridge>

CARACTERIZAREA MECANICA A NANOCOMPOZITELOR CU SILICA SI GRAFEN

Narcis – Petre DEDU, Khalil JABBERI

Facultatea de Inginerie in Limbi Straine, Inginerie Mecanica in Limba Engleza, anul al III-lea

Conducatori stiintifici: Prof. Dr. Ing. **Dan Mihai CONSTANTINESCU**,

S.l. Dr. Ing. Dragos **Alexandru APOSTOL**

REZUMAT: In lucrare sunt evaluate nanocompozitele cu Silica si Grafen. Matricea polimerica este armata cu nanoparticule de Silica si Grafen, si se urmareste cum acestea modifica proprietatile mecanice ale matricei. Epruvetele obtinute sunt testate la tractiune si sunt determinate tensiunea maxima si deformatia specifica.

1.Introductere

Un compozit este un material care este format din doua sau mai multe elemente constitutive, cu diferite comportari si avand o interfata intre fiecare element (ex:adezivul dintre fata unui panou si miezul panoului).Elementele unui compozit sunt aranjate in general astfel ca unul sau mai multe aspecte discontinue sa fie incorporate intr-un aspect continuu.

Aspectul continuu se numeste matrice. Matricea are rolul de a tine fibrele aliniate, distribuie deformatiile, si asigura protectie (mediu, chimic).Aspectul discontinuu este numit element de armare. Scopul cel mai important este de a creste rezistenta si rigiditatea matricei.

In general elementele de armare sunt mult mai rezistente si rigide decat matricea. Proprietatile mecanice si fizice ale compozitului sunt depedente de proprietatile, geometria si concentratia elementelor constituve.

Clasificarea materialelor compozite se poate face dupa tipul matricei si dupa tipul de armare. Dupa tipul matricei: compozite cu matrice polimerica, compozite cu matrice metalica, compozite cu matrice ceramica. Dupa tipul de armare: compozite armate cu particule, compozite armate cu fibre, compozite structurale(compozit laminat, compozite de tip sandwich). [1][2][3]

Scopul lucrarii este de a analiza caracteristicile mecanice si fizice a compozitelor armate cu nanoparticule de Silica si Grafen. Cantitati utilizate: 35g de intaritor, 0.3% si 0.5% particule armate, 100g rasina.

2.Procesul de fabricatie

Procesul de fabricatie este unul amanuntit si influenteaza major proprietatile mecanice ale compozitelor. In prima faza intaritorul se combina cu nanoparticulele de Silica sau de Grafen, dupa care solutia obtinuta este pusa intr-un Shear mixer (acesta foloseste centrifugarea si rotirea vasului pentru a realiza o dispersie preliminara a particulelor).

Intrucat mixerul nu reuseste dispersarea totala a particulelor, Sonicatorul este folosit pentru a elimina eventualele aglomerari de particulele de Silica sau Grafen si a le dispersa uniform in intreaga solutie, la nivel nano(timp de utilizare 20 min pentru Silica si 60 min pentru Grafen). Dupa sonicator, este adaugata rasina si toata solutia este pusa la vid pentru a elimina eventualele bulele de aer ce apar in urma amestecarii manual. Procesul de intarire este facut intr-un cuptor pentru 17h la temperatura mediului ambient (procesul avand loc in cuptor la temperatura controlata de 23 C) si 4h la 80 C .

3. Testare si rezultate obtinute

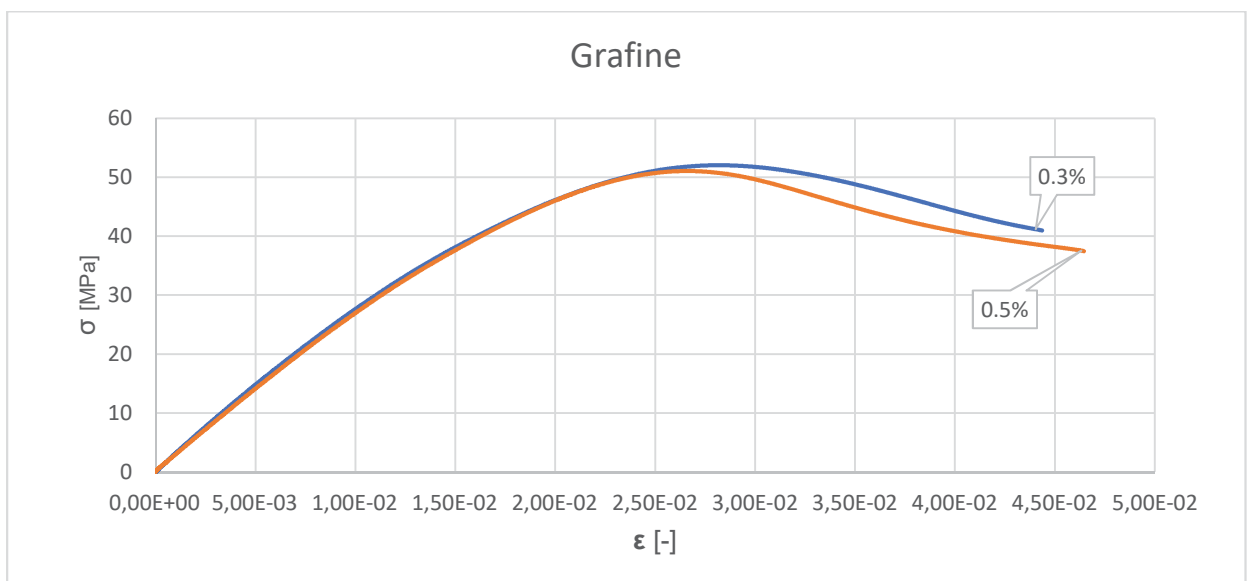
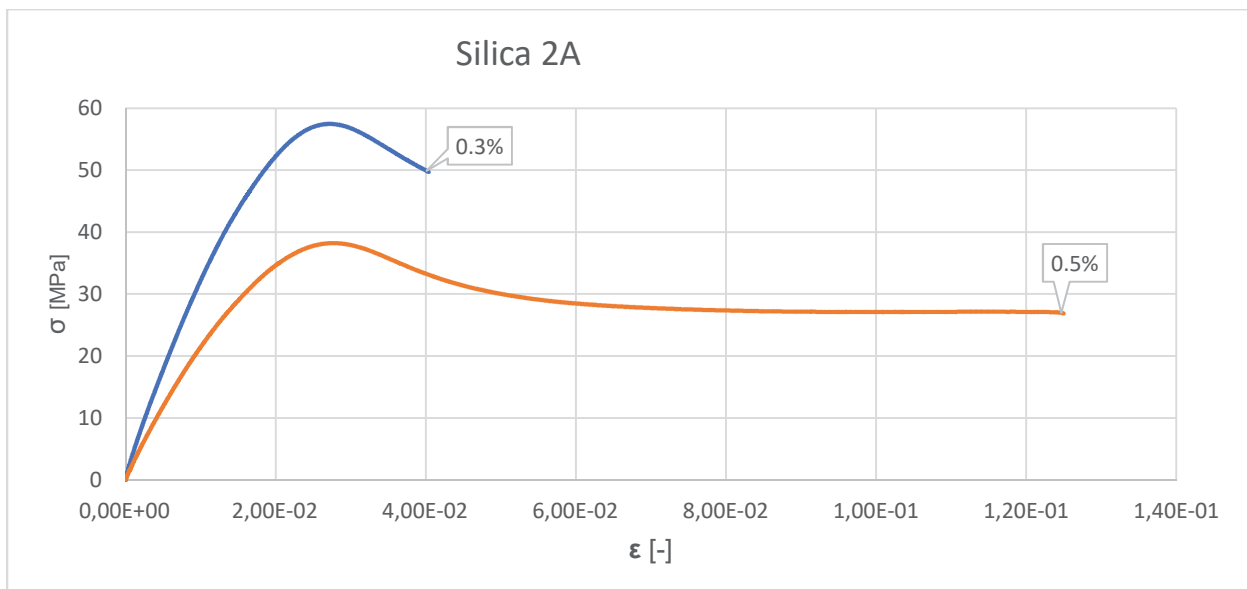
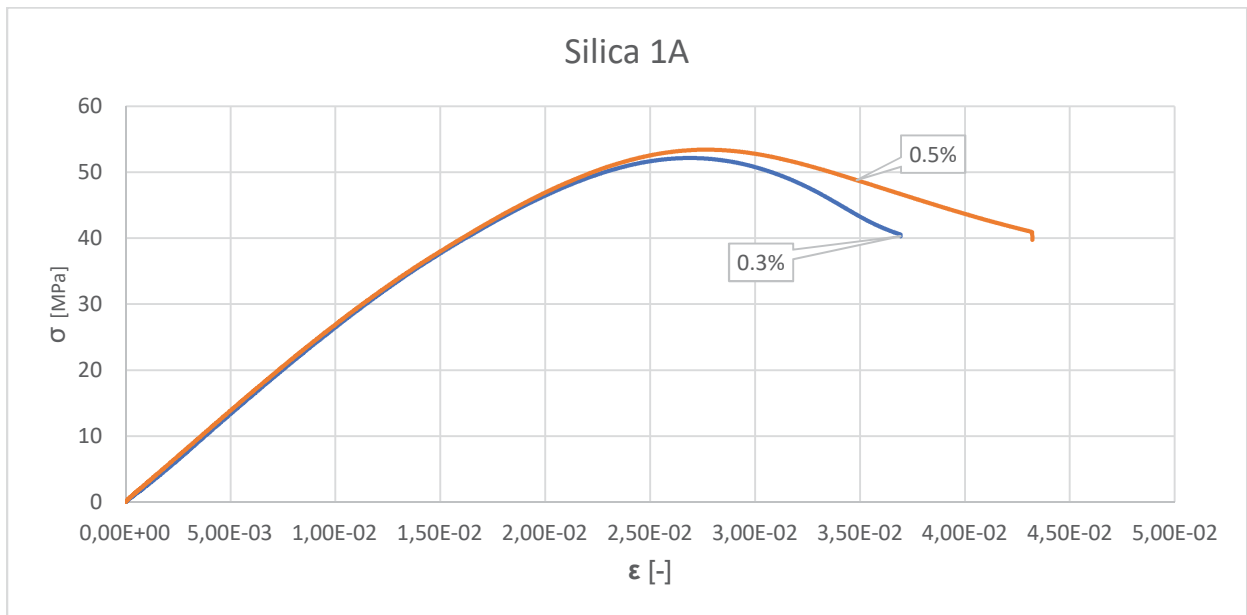
Testele au fost facut folosind o masina de tractiune produsa de Zwick-Roell (Z10) cu o forta maxima de 10 kN. Pentru determinarea proprietatilor elastice am utilizat un extensometru (modulul de elasticitate), urmand ca inainte de ruperea epruvetei sa indepartam extensometrul pentru a nu fi afectat de socul produs la rupere. Viteza de testare a fost de 1.5 mm/min, avand grija ca epruvetele ce nu prezinta o rupere in zona calibrata (lungimea analizata avand baza de 50mm) sa nu fie luate in considerare in analiza noastra. [4]

Matricea polimerica are proprietati dupa cum urmeaza: Modul de elasticitate de 3500MPa, avand o rezistenta maxima de 54 MPa si o deformatie procentuala de 3.2%. Rezultatele obtinute in urma testelor:

Tabelul 1 Rezultatele obtinute

	#	σ [MPa]	ϵ [%]	σ [MPa]	ϵ [%]
1A 0.3%	1	52.93	3.28	52.61	4.08
	2	52.26	3.69		
	3	52.65	5.27		
1A 0.5%	4	56.45	2.96	54.35	3.39
	5	53.4	4.32		
	6	55.35	3.30		
	7	52.2	3.00		
2A 0.3%	8	55	3.87	56.22	3.87
	9	57.56	4.03		
	10	56.1	3.71		
2A 0.5%	11	39.44	8.19	38.03	9.96
	12	38.01	10.13		
	13	38.05	9.01		
	14	36.65	12.49		
Gr. 0.3%	15	51.24	4.32	51.34	4.01
	16	50.8	3.26		
	17	52	4.43		
Gr. 0.5%	18	52.66	2.95	51.43	3.63
	19	51.3	2.66		
	20	50.68	4.27		
	21	51.11	4.64		

Prin marirea volumului de particule de Silica (1A) introduse in matrice se poate observa o imbunatatire a tensiunii maxime de aproximativ 3.3%, si deformatia specifica scade. Prin marirea volumului de particule de Silica (2A) tensiunea maxima scade cu aproximativ 18.2%, si deformatia specifica creste foarte mult. Prin marirea volumului de particule de Grafen tensiunea maxima ramane aproape neschimbata, si deformatia specifica scade foarte putin.



4.Concluzii

Materialele compozite sunt interesante pentru ca fiecare are proprietati unice, in functie de elementele si procentajele folosite si pot fi create pentru a satisface nevoile aplicatiei (din punct de vedere geometric si mecanic).

Observam ca armarea matricei polimerice cu nanoparticule de Silica si Grafen afecteaza minor rezistenta la tractiune, dar compozitele cu Silica devin mai ductile fata de cele de Grafen.

Folosirea particulelor de Silica 1A rezulta un compozit cu proprietati mecanice asemanatoare din punct de vedere al rezistentei, dar imbunatateste ductilitatea. Folosirea particulelor de Silica 2A reduce rezistenta matricei, dar in acelasi timp materialul devine mult mai ductil. Folosirea particulelor de Grafen reduce rezistenta matricei, materialul compozit devenind unul fragil.

5.Bibliografie

[1]. Kamigaito, O (1991). "What can be improved by nanometer composites?". J. Jpn. Soc. Powder Powder Metall. 38 (3) in Kelly, A, Concise encyclopedia of composites materials, Elsevier Science Ltd, 1994.

[2]. Manias, Evangelos (2007). "Nanocomposites: Stiffer by design". Nature Materials. 6 (1): 9–11.

[3] Rafiee, M.A.; et al. (December 3, 2009). "Enhanced Mechanical Properties of Nanocomposites at Low Graphene Content". ACS Nano. 3 (12).

[4] Manual de utilizare Zwick-Roell.

TESTE DE MATERIAL BAZATE PE SOLICITAREA EPRUVETELOR LA ÎNCOVOIERE

POPESCU Daniela Andreea, VĂDUVA Maria Roxana

Facultatea: Inginerie Mecanica si Mecatronica, Specializarea: Design Industrial, Anul de studii: II-E,
e-mail: popescu_andra15@yahoo.com

Conducător științific: Prof.dr.ing. Marin SANDU

REZUMAT: Prezenta lucrare a avut ca prim obiectiv realizarea unor teste de încovoiere în trei puncte pentru caracterizarea comportamentului mecanic al unor materiale: aluminiu, spumă poliuretanică rigidă, polistiren extrudat. Aceste materiale au fost utilizate la confecționarea unor eșantioane de panouri de tip sandwich (cu miez din spumă poliuretanică rigidă sau din polistiren extrudat și fețe de aluminiu) care au fost supuse testării la încovoiere în trei puncte pentru evaluarea rigidității acestora, a sarcinilor limită și a modurilor de cedare. Pe baza rezultatelor astfel obținute s-a validat metodologia de predimensionare a panourilor sandwich ușoare. Deși sunt aproximative, formulele analitice pot fi recomandate pentru utilizare în proiectare.

CUVINTE CHEIE: teste, încovoiere în trei puncte, panouri sandwich

1. Introducere

O categorie importantă de structuri compozite ieftine, ușoare și rezistente este cea a panourilor sandwich. Un panou sandwich se obține prin fixarea cu adeziv a unui miez din material ușor cu rezistență redusă între două plăci rezistente numite fețe (Fig.1). Frecvent miezul este realizat din spume polimerice. Panourile sandwich au rigiditate mare la încovoiere și se utilizează în numeroase domenii ingineresti: construcții, containere termoizolante, structuri de avioane, vagoane, vehicule, poduri, mobilier etc.

În lucrare se aplică metoda standard de predimensionare la încovoiere cilindrică pentru evaluarea rezistenței și rigidității unor eșantioane de panou cu fețe din aluminiu și miezuri din spume polimerice.

Pentru analiza răspunsului unei structuri la sarcinile aplicate, este necesar un model matematic: de bară, de placă omogenă, de placă compozită etc. Acest model include și legile de comportament ale materialului, care, în cazul materialului ideal-elastic, omogen, compact, sunt reprezentate de ecuațiile fizice ale Teoriei elasticității. În aceste relații, care descriu legătura dintre componentele stării de tensiune și parametrii de deformare, intervin caracteristicile elastice ale materialului: E – modulul de elasticitate longitudinal, G – modulul de elasticitate transversal, ν – coeficientul de contracție transversală.

Determinarea modulului de elasticitate prin întinderea epruvetelor presupune aplicarea unor forțe mari și măsurarea alungirilor cu extensometre de înaltă sensibilitate. Prin comparație, teste de încovoiere în trei puncte se pot realiza mai ușor, prin încărcarea epruvetelor cu mase calibrate și măsurarea deplasărilor (săgeților) cu ceasuri comparatoare. În lucrare, pentru înregistrarea diagramei forță - săgeată la mijlocul epruvetei ($F-w$) testele au fost făcute pe o mașină universală de încercat Lloyd Instruments LRXplus (Fig. 2), cu sarcina nominală de 5 kN, dotată cu sistem de achiziție a datelor în calculator.

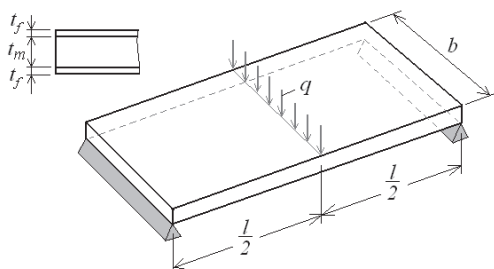


Fig. 1. Schema de încovoiere în trei puncte



Fig. 2. Testarea la încovoiere a polistirenului extrudat

Pentru o analiză liniar-elastică trebuie cunoscute (cel puțin) valorile parametrilor E și ν , iar modulul de forfecare se poate stabili pe baza relației $G = 0,5 \cdot E / (1 + \nu)$.

2. Testarea materialelor pentru miezurile și fețele panourilor sandwich

Pe baza diagramelor $F-w$ au fost stabilite valorile modulelor de elasticitate la încovoiere, aplicând formula

$$E = \frac{\Delta F \cdot l^3}{\Delta w \cdot 48 \cdot I}, \quad (1)$$

în care variațiile ΔF și Δw corespund unui segment de dreaptă de pe porțiunea liniară a înregistrării, l este distanța între reazeme iar I este momentul de inerție al secțiunii epruvetei.

În figurile 3 și 4 sunt prezente curbele $F-w$ pentru spumă poliuretanică rigidă cu densitate de 100 kg/mc (secțiunea epruvetei 50 x 11,8), respectiv pentru polistiren extrudat cu densitate de 32 kg/mc, (secțiunea epruvetei 50 x 19,5). Se observă că modulele de elasticitate sunt de 30,1 MPa, respectiv 12,3 MPa. Având în vedere forțele de rupere înregistrate se pot calcula rezistențele la rupere ale acestor materiale pentru miezuri ($\sigma_{r,m}$). Pentru tabla din aluminiu din care se fac fețele panourilor sandwich modulul de elasticitate este $E_f = 68000$ MPa și limita de curgere $\sigma_{c,f} = 140$ MPa.

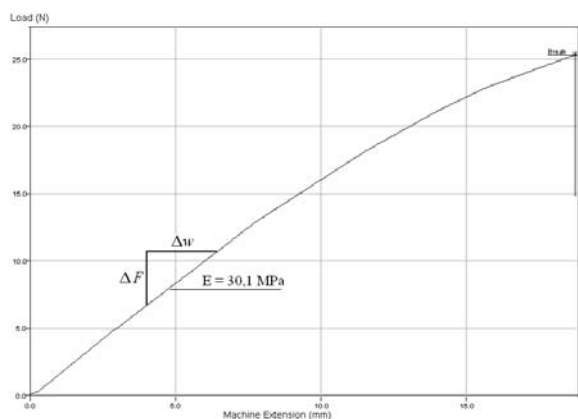


Fig. 3. Curba $F-w$ pentru spuma poliuretanică rigidă

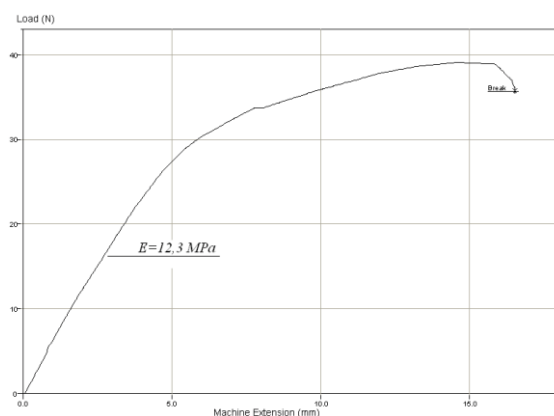


Fig. 4. Curba $F-w$ polistiren extrudat

3. Testarea eșantioanelor de panouri sandwich

După cum arată imaginea din figura 5, eșantionul de panou sandwich cu miez din spumă poliuretanică a cedat prin forfecarea miezului. La eșantionul de panou cu miez din polistiren extrudat cedarea s-a produs prin deformare plastică locală a feței superioare (în zona de aplicare a forței). Ca urmare, diagramele $F-w$ au forme diferite pentru cele două tipuri de panou sandwich (Fig. 6 și 7).

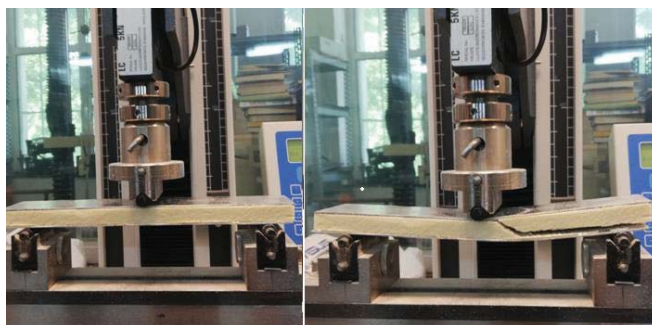


Fig. 5. Modul de cedare în cazul eșantionului de panou sandwich cu miez din spumă poliuretanică rigidă

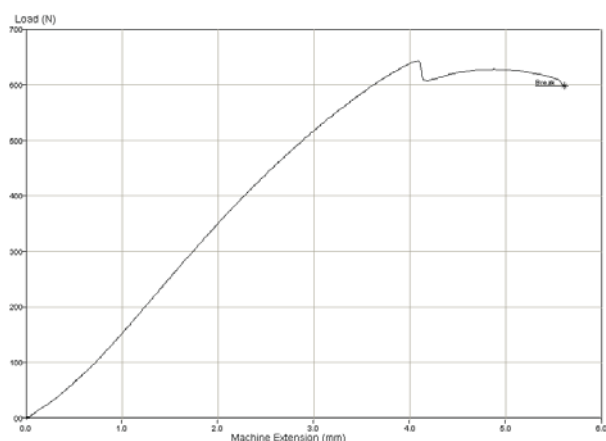


Fig. 6. Diagrama $F-w$ pentru eșantionul de panou cu miez din spumă poliuretanică rigidă

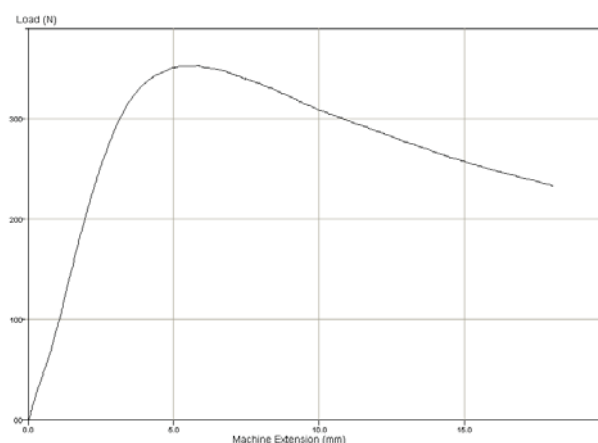


Fig. 7. Diagrama $F-w$ pentru eșantionul de panou cu miez din polistiren extrudat

4. Calcul analitic la încovoiere cilindrică pe baza modelului de bară

Acest calcul se bazează pe teoria de bară compozită cu fețe rezistente și miez de rigiditate relativ redusă. Schema de încărcare este prezentată în figura 1. Testul realizat conform acestei scheme este cunoscut sub titulatura de „încovoiere în trei puncte”. Se impune condiția ca distanța între reazeme l să fie mai mare decât de trei ori lățimea b a barei ($l > 3b$). Sarcina totală aplicată este $F = q \cdot b$.

Comportamentul barei compozite se evaluează cu următoarele relații [1], [2]:

- Rigiditatea de încovoiere a barei

$$D = \frac{1}{2} \cdot E_f \cdot t_f \cdot h^2 \cdot b, \quad (2)$$

unde E_f este modulul de elasticitate longitudinal al materialului fețelor, t_f - grosimea feței, t_m - grosimea miezului, $h = t_f + t_m$ - distanța între suprafețele mediane ale fețelor.

- Rigiditatea de forfecare a miezului

$$S = b \cdot h \cdot G_m, \quad (3)$$

în care G_m este modulul de forfecare al miezului din polistiren.

Săgeata maximă a barei compozite

$$w_{\max} = \frac{F \cdot l^3}{48 \cdot D} + \frac{F \cdot l}{4 \cdot S}. \quad (4)$$

Primul termen este datorat încovoierii fețelor iar cel de-al doilea, forfecării miezului.

- Tensiunea maximă de încovoiere în fața barei compozite

$$\sigma_f = \frac{F \cdot l}{4 \cdot h \cdot t_f \cdot b}. \quad (5)$$

- Tensiunea de forfecare a miezului

$$\tau_m = \frac{F}{2 \cdot h \cdot b}. \quad (6)$$

Tensiunile calculate cu formulele (5) și (6) trebuie să nu depășească valorile admisibile corespunzătoare.

Calculul eșantionului de panou sandwich cu miez din spumă poliuretanică rigidă

Valorile parametrilor de material: $E_f = 68000$ MPa, $E_m = 30,1$ MPa, $\nu_f = 0,33$, $\nu_m = 0,3$, $G_m = 11,5$ MPa, $\sigma_{r,m} \approx 1$ MPa, $\sigma_{c,f} = 140$ MPa.

S-a considerat o sarcină $F = 100$ N și următoarele valori pentru parametrii geometrici: $l = 180$ mm, $b = 50$ mm, $t_f = 1$ mm, $t_m = 11,8$ mm. Cu aceste date s-a calculat rigiditățile $D = 2,785 \cdot 10^8$ N·mm²,

$$S = 7360 \text{ N, și săgeata maximă } w_{\max} = \frac{F \cdot l^3}{48 \cdot D} + \frac{F \cdot l}{4 \cdot S} = 0,043 + 0,611 = 0,654 \text{ mm.}$$

Diagrama din figura 6 evidențiază, la aceeași încărcare, o valoare a deplasării de aproximativ 0,6 mm (cu 9% mai mică decât cea calculată).

Tensiunile maxime în fețe și în miez au valorile $\sigma_f = 7,03$ MPa și $\tau_m = 0,078$ MPa, sub cele maxime admisibile.

Calculul eșantionului de panou sandwich cu miez din polistiren extrudat

Parametrii de material: $E_f = 68000$ MPa, $E_m = 12,3$ MPa, $\nu_f = 0,33$, $\nu_m = 0,2$, $G_m = 5,12$ MPa, $\sigma_{r,m} = 0,42$ MPa, $\sigma_{c,f} = 140$ MPa.

Încărcare cu forța $F = 100$ N. Parametrii geometrici: $l = 180$ mm, $b = 50$ mm, $t_f = 1$ mm, $t_m = 19,5$ mm. Valorile rigidităților: $D = 7,144 \cdot 10^8$ N·mm², $S = 5253$ N,

$$\text{și săgeata maximă } w_{\max} = \frac{F \cdot l^3}{48 \cdot D} + \frac{F \cdot l}{4 \cdot S} = 0,017 + 0,856 = 0,873 \text{ mm.}$$

Diagrama din figura 7 evidențiază, la aceeași încărcare, o valoare a deplasării de aproximativ 0,95 mm (cu 8% mai mare decât cea calculată).

Valorile tensiunilor maxime în fețe și în miez au fost $\sigma_f = 4,39$ MPa și $\tau_m = 0,048$ MPa, sub cele maxime admisibile.

CONCLUZII

În activitatea proiectanților de structuri de rezistență apare frecvent situația când nu se pot satisface la nivelul maxim toate cerințele de performanță tehnică.

Plăcile sandwich sunt structuri avansate care întrunesc cerințe severe: masa specifică redusă, rezistență și rigiditate ridicate, cost redus.

În lucrare, pe baza unor teste de încovoiere, a fost validată o metodologie simplă de predimensionare. Relațiile de calcul pot fi utilizate și pentru optimizare structurală, de exemplu, pentru stabilirea grosimilor adecvate pentru fețe și miez dacă sunt cunoscute caracteristicile materialelor și sarcina impusă.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Allen H.G. (1969), *Analysis and design of structural sandwich panels*, Pergamon Press, Oxford
- [2]. ASTM C 393-00, *Standard test method for flexural properties of sandwich constructions*

DETERMINAREA MODURILOR PROPRII DE VIBRAȚII A UNEI STRUCTURI DE TIP CADRU PRIN METODA ELEMENTELOR FINITE

ȘCHIOPU¹ Mădălin-Cosmin¹

¹Facultatea:IMST, Specializarea: IAAC, Anul de studii:1, e-mail: schiopumadalin@yahoo.ro

Conducător științific: Conf.dr.ing. **Daniel Vlasceanu**

REZUMAT: Această lucrare descrie pașii necesari modelării unui calcul prin metoda elementelor finite a unei structuri de tip cadru. Acest cadru este utilizat pentru construcția unui kart. Calculul este necesar pentru determinarea modurilor și valoarea frecvențelor de vibrații proprii pentru a putea avea limitele superioare în alegerea unui motor termic care să propulseze kartul.

CUVINTE CHEIE: modurile proprii, frecvențe, vibrații, metoda elementelor finite.

1. Introducere

Metoda elementelor finite, este o metodă de simulare numerică, prin care un obiect este împărțit într-un număr finit de elemente geometrice care formează o rețea pe suprafața și/sau în interiorul piesei. Se introduc datele de intrare: forțe, momente, viteze, proprietăți de material, metoda de analiză, și se obțin rezultate prin convergența unor matrici ce conțin eforturile, deplasările și deformațiile fiecărui element în parte.

Un astfel de calcul este și calculul de determinare a modurilor și frecvențelor proprii, rezultatul acestui calcul sunt valorile și modul în care o structură sau un corp se comportă la o încărcare dată sau la o poziție liberă.

În această lucrare se va descrie pașii necesari modelării unei structuri de tip cadru, confectionată din bare extrudate din oțel cu diametrul exterior de $\phi 32$ mm și cu o grosime de perete de 2 mm. Asamblarea barelor se face prin cordoane de sudură.

Acest calcul este necesar pentru determinarea valorilor frecvențelor proprii, pentru a determina poziția dar și valorile superioare a caracteristicilor unui motor termic, pentru ca frecvența generată în funcționare de acesta să nu intre în rezonanță cu cadrul. Folosind formule de calcul clasic pentru motoarele cu combustie internă în patru timpi am determina valoarea frecvenței generate de motor la turație maximă, folosind formula 1.

$$\frac{N_c}{2} * \frac{N}{60} = f \text{ [Hz]} \quad (1)$$

Unde:

N_c - reprezintă numărul de cilindri;

N – reprezintă turația maximă a motorului [rot/min];

Disponem de un motor termic cu un cilindru în patru timpi, care poate să atingă 4000 rot/min, în urma introducerii datelor în formula 1, obținem o valoare pentru frecvență de 33 Hz.

2. Pregătirea modelului

Atât cadrul cât și elementele kartului au fost proiectate 3D anterior în programul Inventor, astfel v-a trebui să ștergem piesele care nu sunt sudate de cadrul, pentru a putea analiza structura acestuia. În figura 1 este prezentat kartul fără motor, deoarece acesta v-a fi selectat în urma interpretării calculului frecvențelor. În figura 2 este prezentat doar cadrul cu elementele sale, după ștergerea elementelor asamblabile.

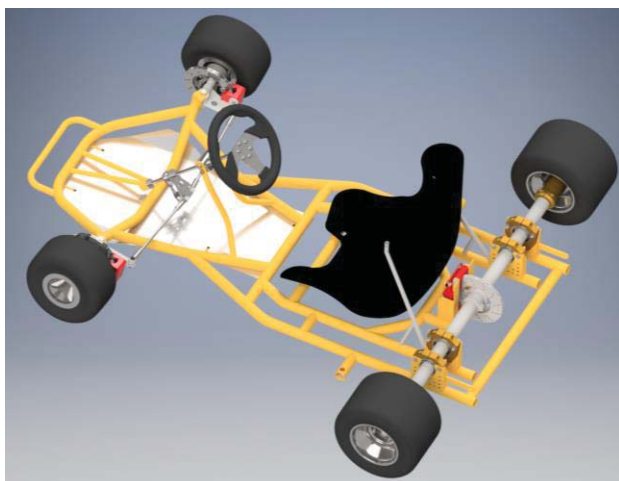


Figura 1. Model kart “Yame”

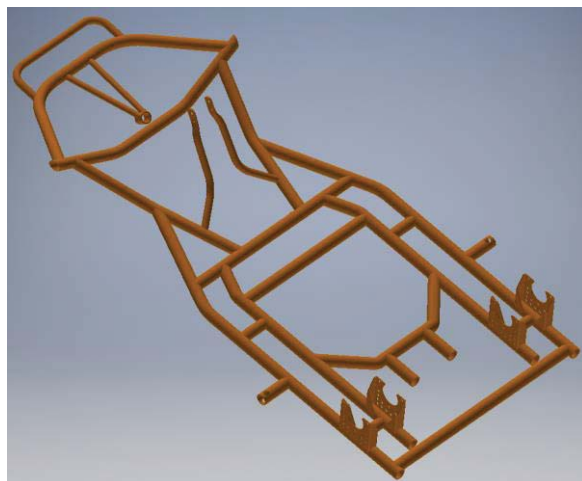


Figura 2. Cadru

După pregătirea modelului, acesta se importă în programul de preprocesare ANSA, în vederea discretizării și introducerea încărcărilor, constrângerilor și a modelării cordoanelor de sudură.

3. Preprocesare

3.1 Discretizarea

În etapa de preprocesare a calcului, după curățarea geometriei de muchii care se intersectează sau au o distanță mică, care au ieșit drept urmare a importării din programul CAD, datorită faptului că elementele constructive ale cadrului au o grosime uniformă, putem transforma volumele existente în elemente de tip “Shell” care nu au grosime, în vederea discretizării cu elemente bidimensionale de tip quad.

Poziționarea shell-ului fiind aleasă cu opțiunea “Offset” a funcției “Mid Skin”, rezultatul astfel obținut se poate vedea în figura 3.

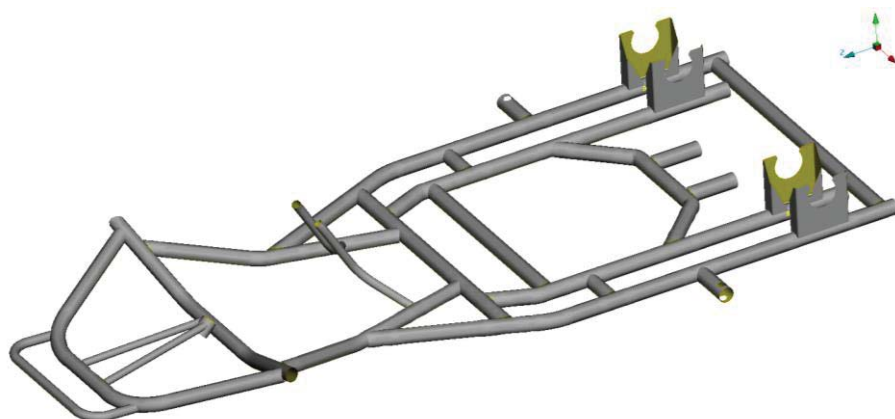


Figura 3. Cadru Middel Skin

Schimbarea tipului de elemente finite din tridimensionale în bidimensionale are un impact important, în reducerea timpului de convergență a calcului dar și în precizia acestuia, datorită ecuațiilor atașate elementelor 2D, care sunt specifice calculului structural.

Discretizarea se execută manual, folosind funcția “MAP”, criteriile de mesh având valoarea minimă a laturilor cadrilaterelor de 5 mm și valoarea maximă respectiv de 9 mm valoarea medie și dorită fiind de 7 mm.

Valoarea de 7 mm a fost aleasă pentru a facilita crearea cordonelor de sudură, care s-a dovedit experimental că au o rază de depunere de material de 3,5 mm la un cordon de sudură continuu, între două table perpendiculare. Un exemplu de cordon de sudură de această dimensiune se poate observa în figura 4, unde “a” este egal cu 3,5 mm, respectiv $z_2=z_1=3,5$ mm.

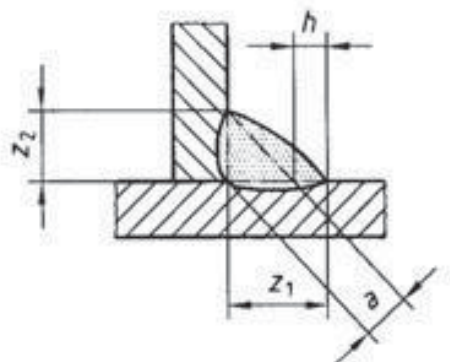


Figura 4. Secțiunea cordonului de sudură a două table perpendiculare [1]

După realizarea discretizării și verificarea respectării criteriilor de mesh, fiecare element constructiv a cadrului este trecut într-o proprietate individuală “PID”, această etapă permite atribuirea de proprietăți diferite pentru fiecare componentă în parte dacă este cazul, meshul și PID-urile se pot observa în figura 5.

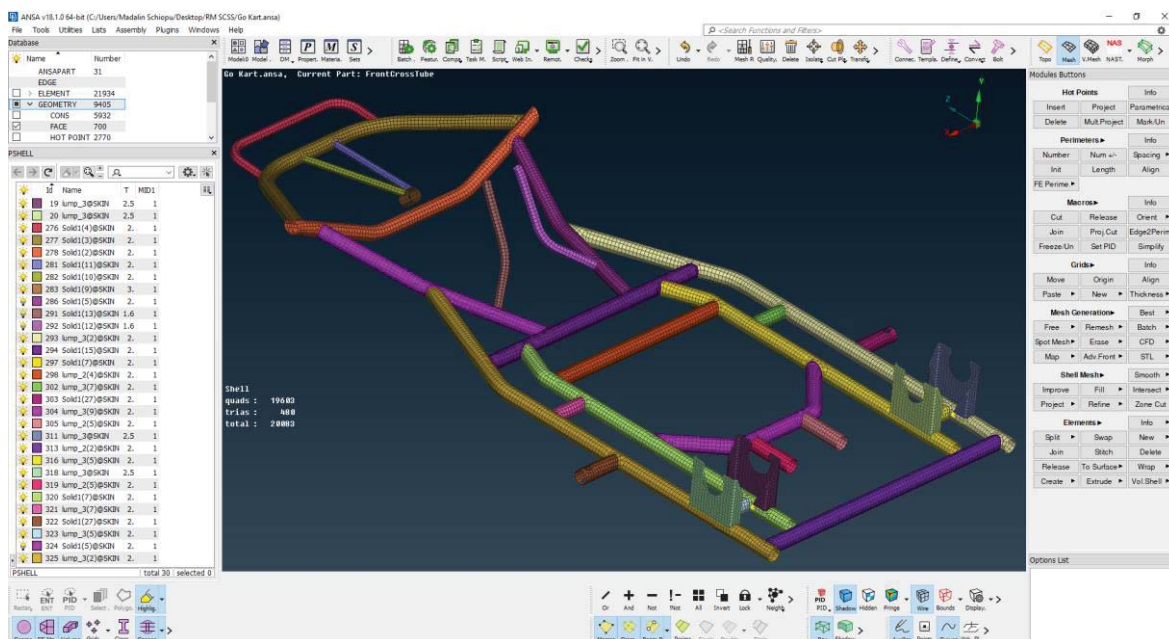


Figura 5. PID-uri și discretizarea cadrului

În vederea modelării cordonelor de sudură, trebuie să delimităm zonele în care două țevi urmează să fie conectate, pentru a putea controla în mod exact lungimea elementelor aflate în acea zonă. Ca urmare se va șterge mesh-ul din zonele care urmează să fie parametrizate, folosind funcția “Zone Cut”, se va executa o “tăietură” de 3,5 mm pentru partea superioară a capătului țevii care va fi sudată pe suprafața longitudinală a celeilalte țevi. Apoi se va proiecta capatul țevii pe partea longitudinală și se va executa un al doilea zone cut pe suprafața longitudinală a proiecției capătului perpendicular.

După executarea „tăieturilor” trebuie sa se alinieze nodurile de pe muchia țevii perpendiculare pe cele 3 zone nou create. Aceste etape sunt descrise în figurile 6,7 și 8.

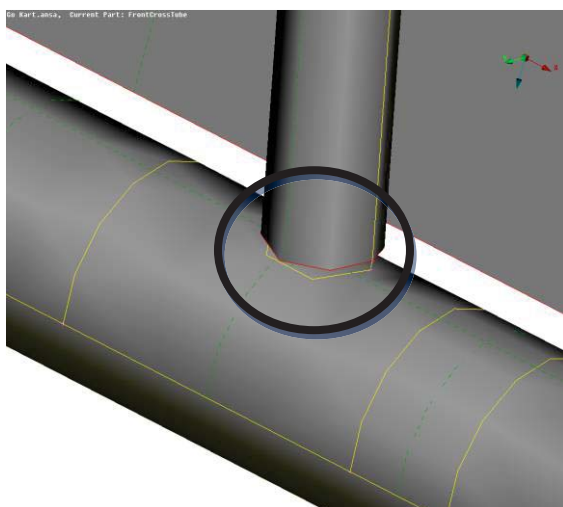


Figura 6. Capatul perpendicular proiectat

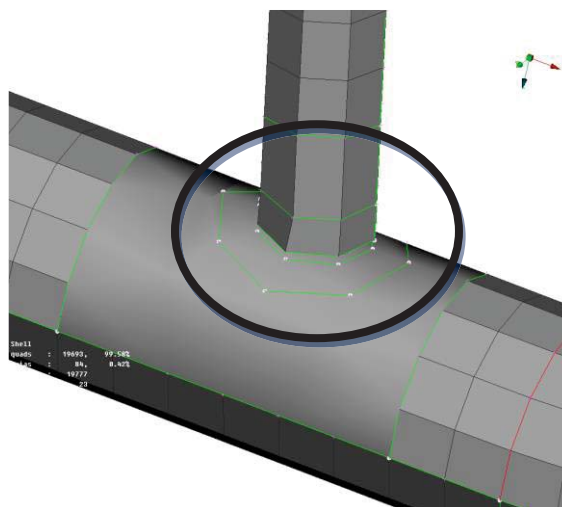


Figura7. Cele 3 zole tăiate și punctele aliniate

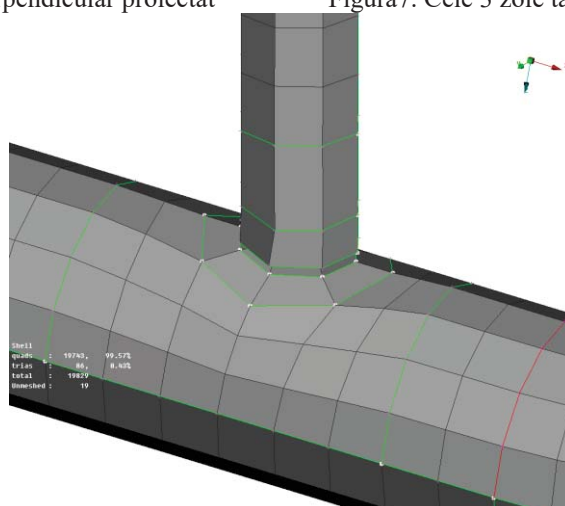


Figura 8. Refacerea mesh-ului în zonele tăiate.

3.2 Condiții la limită și modelarea cordoanelor de sudură.

Pentru modelarea cordoanelor de sudură se trece în deckul NASTRAN din ANSA pentru introducerea rigizilor. Rigizii folosiți pentru a modela cordoanele de sudură sunt cei de tipul „REB2” cu opțiunea “Node to Node”. Astfel legăturile create vor fi rigizi care au o valoare a rigidității de $1 \cdot 10^4$ N/mm pentru cele 3 translații și respective $1 \cdot 10^8$ N/mm pentru cele 3 rotații, proprietățile rigizilor sunt date și în figura 9.

PBUSH	650285K	1.E4	1.E4	1.E4	1.E8	1.E8	1.E8
+	B	0.	0.	0.	0.	0.	0.
+	GE	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
+	RCV	1.	1.	1.	1.		

Figura 9. Valorile rigidităților rigizilor

Această simulare pleacă de la ipoteza că toate cordoanele de sudură au o rigiditate infinită și că acestea nu se rup.

3.3 Materiale

Din informațiile primite de la producător cadrul este confecționat dintr-un oțel S355NLH conform EN 10210-1: 2006, pentru țevi care se produc prin extrudare. Materialul este atribuit întregului model.

Caracteristicile de material sunt:

- $E = 2.1 \cdot 10^5$ MPa;
- Poisson's ratio = 0.3;
- Densitatea = 7.85×10^{-6} kg / mm³;
- Coeficientul de amortizare = 0.005;

Masa finală a cadrului este 14,52 kg.

Cartea de material a modelului este prezentată în figura 13.

The screenshot shows the 'Material Properties' dialog box for material S355NLH. The 'Name' field is set to 'S355NLH'. Below the name, there are four dropdown menus: 'FROZEN_ID' (set to NO), 'FROZEN_DELETE' (set to NO), 'AUXILIARY' (set to NO), and 'DEFINED' (set to YES). Below these are two rows of input fields. The first row contains: MID (100001), E (210000.), G (empty), NU (0.3), RHO (7.85E-9), A (empty), TREF (empty), and GE (0.005). The second row contains: ST (empty), SC (empty), SS (empty), and MCSID (empty). At the bottom, there is a 'ColorEdit' button and a 'Cancel' button. The 'OK' button is also visible.

Figura 13. Cartea Materialului S355NLH

4. Soluționare

Modelele finalizate, se salvează cu extensia „.nas” și se rulează, ca parametrul de oprire avem numărul de pași, respectiv 500. Astfel obținem 48 de moduri proprii pentru modelul liber și 41 de moduri pentru modelul încastrat.

5. Post Procesarea

Post procesarea se face folosind programul METAPOST, setările afișării scalare fiind, “Strain Energy” și ca și caz o să afișăm “Energy Density”, pentru a putea afișa modurile proprii și animațiile acestora.

Rezultatele frecvențelor pentru modelul liber sunt:

- 48,2 Hz pentru Modul de flexiune figura 14;
- 62,4 Hz pentru Modul de torsiune figura 15.

Rezultatele frecvențelor pentru modelul încastrat sunt:

- 91,3 Hz pentru Modul de flexiune figura 16;
- 105,4 Hz pentru Modul de torsiune figura 17.

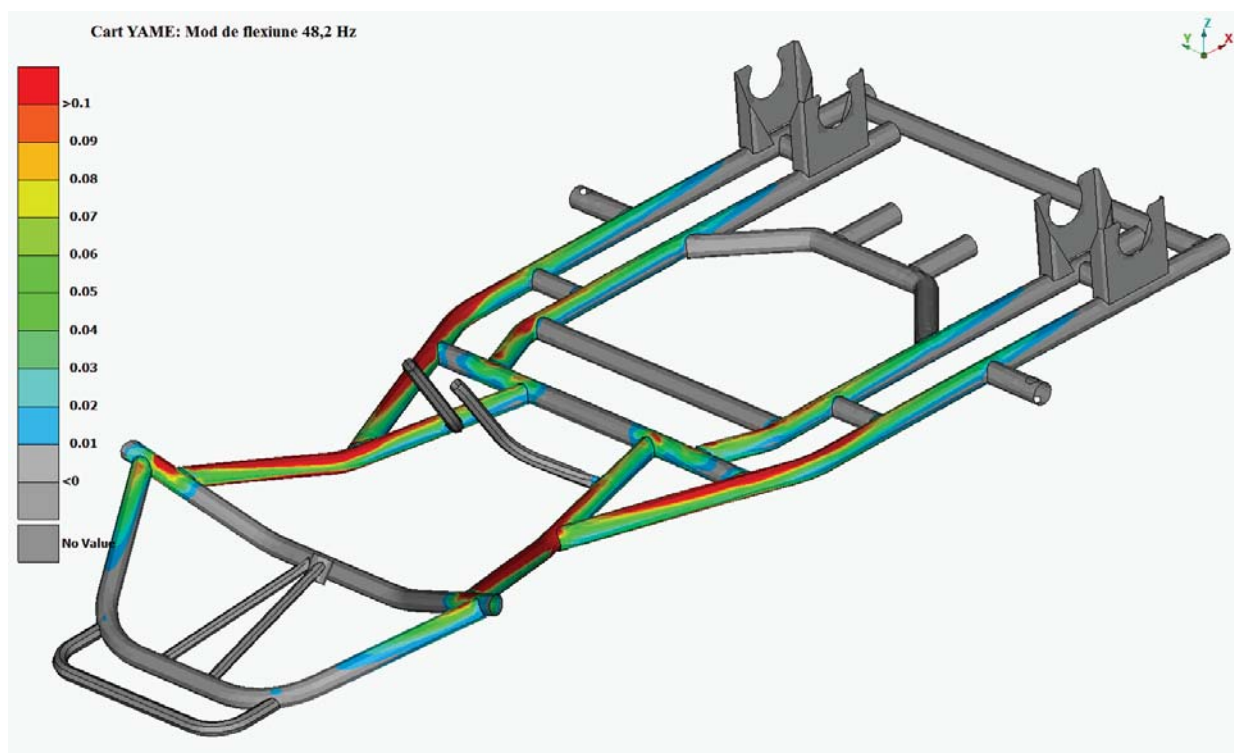


Figura 14. Modul de flexiune modelul liber – 48,2 Hz

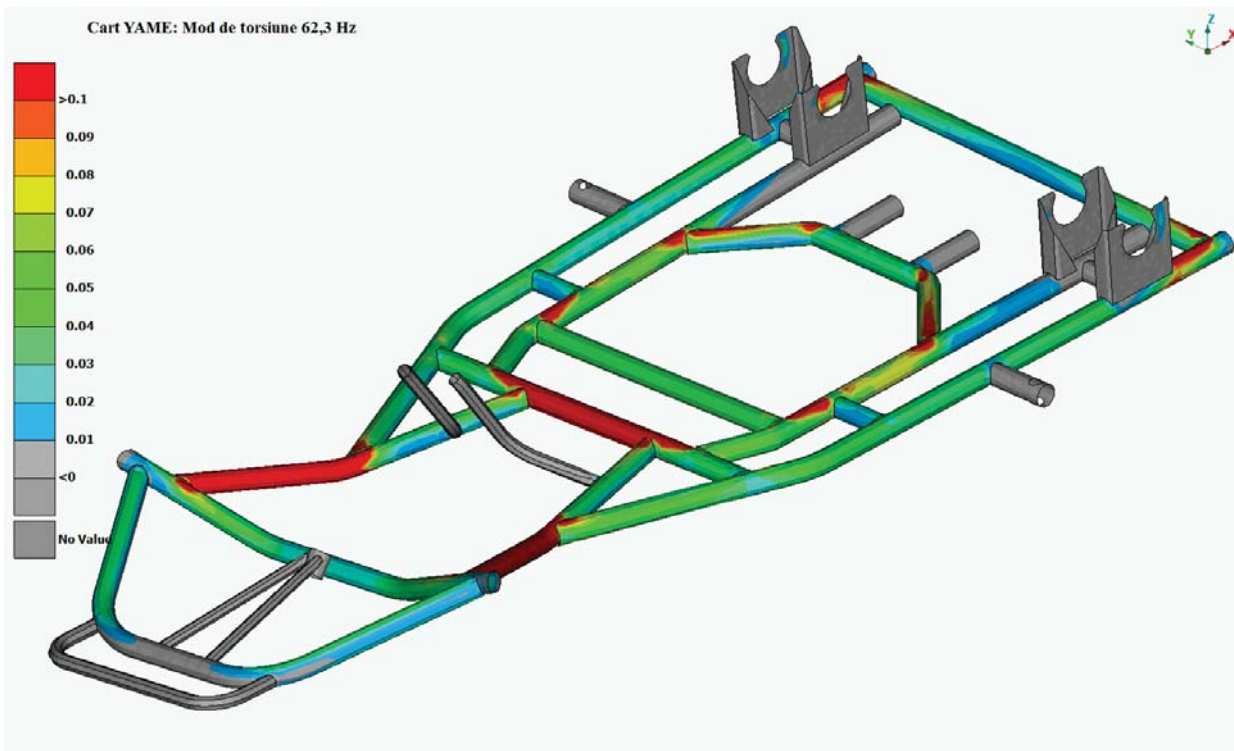


Figura 15. Modul de torsiune modelul liber – 62,4 Hz

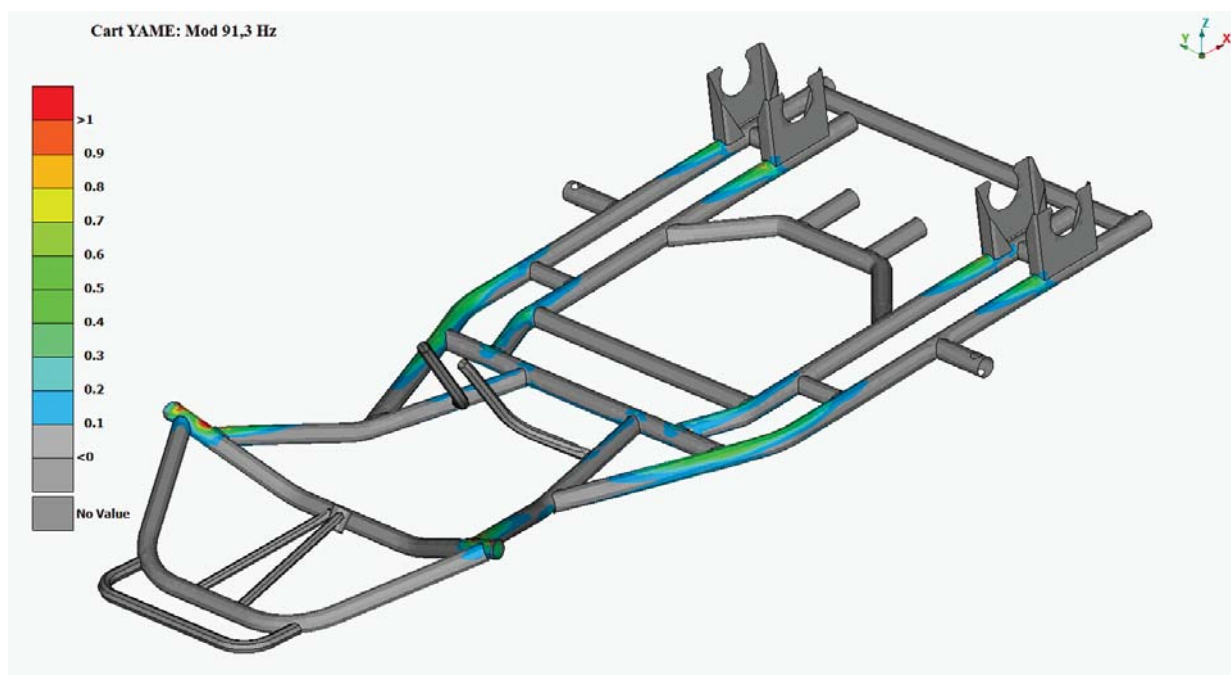


Figura 16. Modul de flexiune modelul încastrat – 91,3

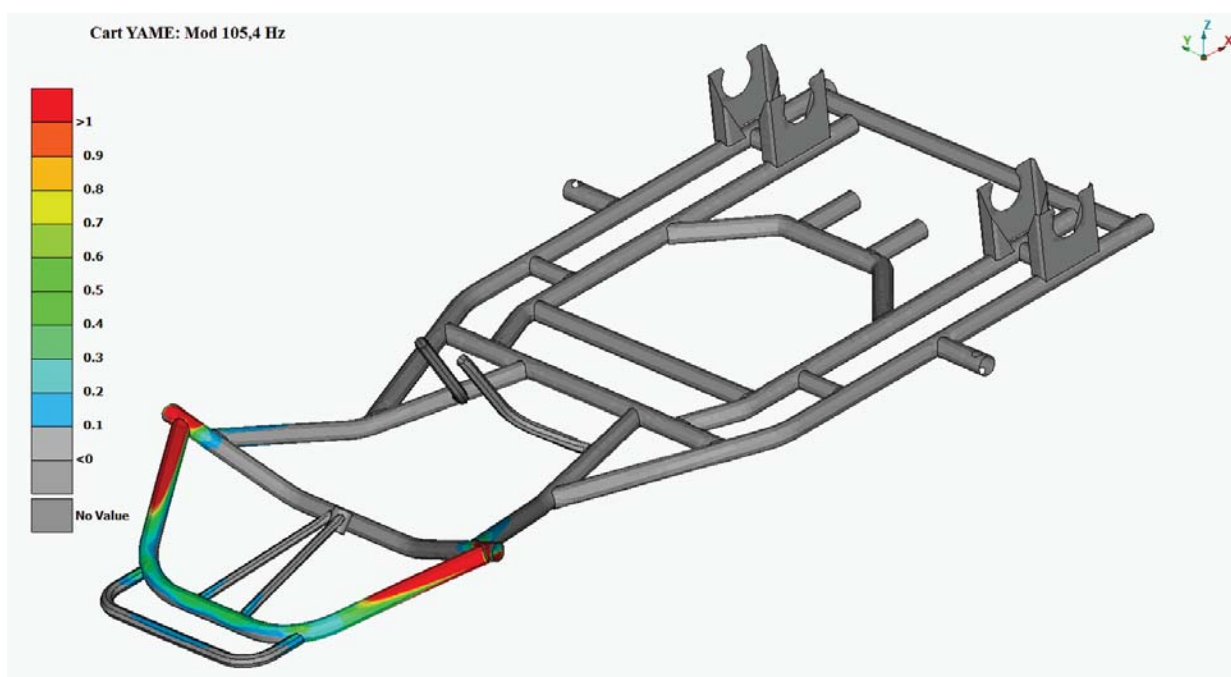


Figura 17. Modul de torsiune modelul încastrat - 105,4

6. Concluzii

După analiza valorilor obținute din calculul de analiză modală a celor două cazuri, se v-a alege cazul cel mai nefavorabil și anume modul de flexiune a modelului liber, pentru a limita turația motorului de un cilindru în patru timpi ne întoarcem la formula 1, unde acum cunoaștem $f = 48,2$ și $N_c = 1$, astfel N poate lua valori sub valoarea de 5700 rot/min.

7. Bibliografie

[1].<http://www.qreferat.com/referate/mecanica/STANDARD-INTERNATIONAL-ISO-SUD543.php>
Accesat la date de 11.05.2018

8. Notății

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:
 N_c = numărul de cilindri.

9. Anexe

În tabelul de mai jos se ragasesc valorile complete pentru frecvențele celor 48 de moduri pentru modelul liber și cele 41 de moduri pentru modelul încastrat.

MODE NO.	EXTRACTION ORDER	EIGENVALUE	RADIANS	CYCLES	GENERALIZED MASS	GENERALIZED STIFFNESS
1	1	3.293458E+05	5.738865E+02	9.133688E+01	1.000000E+00	3.293458E+05
2	2	4.383954E+05	6.621143E+02	1.053788E+02	1.000000E+00	4.383954E+05
3	3	6.182703E+05	7.863017E+02	1.251438E+02	1.000000E+00	6.182703E+05
4	4	7.381328E+05	8.591465E+02	1.367374E+02	1.000000E+00	7.381328E+05
5	5	7.453541E+05	8.633389E+02	1.374046E+02	1.000000E+00	7.453541E+05
6	6	1.202332E+06	1.096509E+03	1.745148E+02	1.000000E+00	1.202332E+06
7	7	1.623642E+06	1.274222E+03	2.027987E+02	1.000000E+00	1.623642E+06
8	8	1.754844E+06	1.324705E+03	2.108334E+02	1.000000E+00	1.754844E+06
9	9	1.756545E+06	1.325347E+03	2.109355E+02	1.000000E+00	1.756545E+06
10	10	2.011992E+06	1.418447E+03	2.257529E+02	1.000000E+00	2.011992E+06
11	11	2.073984E+06	1.440133E+03	2.292043E+02	1.000000E+00	2.073984E+06
12	12	2.156627E+06	1.468546E+03	2.337263E+02	1.000000E+00	2.156627E+06
13	13	2.221328E+06	1.490412E+03	2.372064E+02	1.000000E+00	2.221328E+06
14	14	2.801898E+06	1.673887E+03	2.664074E+02	1.000000E+00	2.801898E+06
15	15	3.346078E+06	1.829229E+03	2.911308E+02	1.000000E+00	3.346078E+06
16	16	3.529476E+06	1.878690E+03	2.990028E+02	1.000000E+00	3.529476E+06
17	17	3.973705E+06	1.993416E+03	3.172619E+02	1.000000E+00	3.973705E+06
18	18	4.296340E+06	2.072761E+03	3.298902E+02	1.000000E+00	4.296340E+06
19	19	4.733570E+06	2.175677E+03	3.462697E+02	1.000000E+00	4.733570E+06
20	20	5.535890E+06	2.352847E+03	3.744673E+02	1.000000E+00	5.535890E+06
21	21	6.519678E+06	2.553366E+03	4.063808E+02	1.000000E+00	6.519678E+06
22	22	7.511736E+06	2.740755E+03	4.362047E+02	1.000000E+00	7.511736E+06
23	23	8.117731E+06	2.849163E+03	4.534584E+02	1.000000E+00	8.117731E+06
24	24	8.996024E+06	2.999337E+03	4.773593E+02	1.000000E+00	8.996024E+06
25	25	9.321810E+06	3.053164E+03	4.859261E+02	1.000000E+00	9.321810E+06
26	26	9.499064E+06	3.082055E+03	4.905243E+02	1.000000E+00	9.499064E+06
27	27	9.865433E+06	3.140929E+03	4.998943E+02	1.000000E+00	9.865433E+06
28	28	1.019954E+07	3.193672E+03	5.082886E+02	1.000000E+00	1.019954E+07
29	29	1.047533E+07	3.236561E+03	5.151147E+02	1.000000E+00	1.047533E+07
30	30	1.177544E+07	3.431536E+03	5.461459E+02	1.000000E+00	1.177544E+07
31	31	1.269533E+07	3.563051E+03	5.670771E+02	1.000000E+00	1.269533E+07
32	32	1.279451E+07	3.576941E+03	5.692878E+02	1.000000E+00	1.279451E+07
33	33	1.412932E+07	3.758898E+03	5.982472E+02	1.000000E+00	1.412932E+07
34	34	1.505151E+07	3.879627E+03	6.174619E+02	1.000000E+00	1.505151E+07
35	35	1.533820E+07	3.916401E+03	6.233146E+02	1.000000E+00	1.533820E+07
36	36	1.657438E+07	4.071165E+03	6.479460E+02	1.000000E+00	1.657438E+07
37	37	1.866874E+07	4.320734E+03	6.876661E+02	1.000000E+00	1.866874E+07
38	38	2.078207E+07	4.558735E+03	7.255452E+02	1.000000E+00	2.078207E+07
39	39	2.366323E+07	4.864487E+03	7.742071E+02	1.000000E+00	2.366323E+07
40	40	2.400032E+07	4.899012E+03	7.797019E+02	1.000000E+00	2.400032E+07
41	41	2.504477E+07	5.004475E+03	7.964869E+02	1.000000E+00	2.504477E+07

Valorile modelului încastrat

MODE NO.	EXTRACTION ORDER	EIGENVALUE	RADIANS	CYCLES	GENERALIZED MASS	GENERALIZED STIFFNESS
1	1	9.165098E+04	3.027391E+02	4.818243E+01	1.000000E+00	9.165098E+04
2	2	1.533779E+05	3.916349E+02	6.233064E+01	1.000000E+00	1.533779E+05
3	3	5.597908E+05	7.481917E+02	1.190784E+02	1.000000E+00	5.597908E+05
4	4	6.275287E+05	7.921671E+02	1.260773E+02	1.000000E+00	6.275287E+05
5	5	7.376388E+05	8.588590E+02	1.366917E+02	1.000000E+00	7.376388E+05
6	6	8.223644E+05	9.068431E+02	1.443286E+02	1.000000E+00	8.223644E+05
7	7	1.134438E+06	1.065100E+03	1.695159E+02	1.000000E+00	1.134438E+06
8	8	1.421900E+06	1.192435E+03	1.897819E+02	1.000000E+00	1.421900E+06
9	9	1.532200E+06	1.237821E+03	1.970053E+02	1.000000E+00	1.532200E+06
10	10	1.656706E+06	1.287131E+03	2.048532E+02	1.000000E+00	1.656706E+06
11	11	2.067298E+06	1.437810E+03	2.288346E+02	1.000000E+00	2.067298E+06
12	12	2.128070E+06	1.458791E+03	2.321738E+02	1.000000E+00	2.128070E+06
13	13	2.152006E+06	1.466972E+03	2.334758E+02	1.000000E+00	2.152006E+06
14	14	3.051970E+06	1.746989E+03	2.780419E+02	1.000000E+00	3.051970E+06
15	15	3.158894E+06	1.777328E+03	2.828705E+02	1.000000E+00	3.158894E+06
16	16	3.703629E+06	1.924481E+03	3.062907E+02	1.000000E+00	3.703629E+06
17	17	4.457619E+06	2.111307E+03	3.360250E+02	1.000000E+00	4.457619E+06
18	18	4.570933E+06	2.137974E+03	3.402691E+02	1.000000E+00	4.570933E+06
19	19	5.010744E+06	2.238469E+03	3.562634E+02	1.000000E+00	5.010744E+06
20	20	5.173308E+06	2.274491E+03	3.619964E+02	1.000000E+00	5.173308E+06
21	21	6.400170E+06	2.529856E+03	4.026390E+02	1.000000E+00	6.400170E+06
22	22	6.648469E+06	2.578463E+03	4.103751E+02	1.000000E+00	6.648469E+06
23	23	7.243234E+06	2.691326E+03	4.283378E+02	1.000000E+00	7.243234E+06
24	24	8.060974E+06	2.839186E+03	4.518704E+02	1.000000E+00	8.060974E+06
25	25	9.142390E+06	3.023638E+03	4.812270E+02	1.000000E+00	9.142390E+06
26	26	9.508200E+06	3.083537E+03	4.907601E+02	1.000000E+00	9.508200E+06
27	27	9.788270E+06	3.128621E+03	4.979355E+02	1.000000E+00	9.788270E+06
28	28	1.086525E+07	3.296247E+03	5.246140E+02	1.000000E+00	1.086525E+07
29	29	1.138011E+07	3.373442E+03	5.369000E+02	1.000000E+00	1.138011E+07
30	30	1.200437E+07	3.464733E+03	5.514293E+02	1.000000E+00	1.200437E+07
31	31	1.275468E+07	3.571370E+03	5.684012E+02	1.000000E+00	1.275468E+07
32	32	1.418343E+07	3.766089E+03	5.993917E+02	1.000000E+00	1.418343E+07
33	33	1.801607E+07	4.244534E+03	6.755386E+02	1.000000E+00	1.801607E+07
34	34	1.900732E+07	4.359739E+03	6.938740E+02	1.000000E+00	1.900732E+07
35	35	2.052530E+07	4.530485E+03	7.210491E+02	1.000000E+00	2.052530E+07
36	36	2.249692E+07	4.743092E+03	7.548865E+02	1.000000E+00	2.249692E+07
37	37	2.341258E+07	4.838654E+03	7.700957E+02	1.000000E+00	2.341258E+07
38	38	2.405908E+07	4.905006E+03	7.806559E+02	1.000000E+00	2.405908E+07
39	39	2.602834E+07	5.101798E+03	8.119764E+02	1.000000E+00	2.602834E+07
40	40	2.701208E+07	5.197314E+03	8.271783E+02	1.000000E+00	2.701208E+07
41	41	2.839067E+07	5.328289E+03	8.480235E+02	1.000000E+00	2.839067E+07
42	42	2.864968E+07	5.352540E+03	8.518831E+02	1.000000E+00	2.864968E+07
43	43	3.032028E+07	5.506386E+03	8.763685E+02	1.000000E+00	3.032028E+07
44	44	3.113704E+07	5.580057E+03	8.880936E+02	1.000000E+00	3.113704E+07
45	45	3.238613E+07	5.690881E+03	9.057318E+02	1.000000E+00	3.238613E+07
46	46	3.670440E+07	6.058416E+03	9.642267E+02	1.000000E+00	3.670440E+07
47	47	3.853946E+07	6.208016E+03	9.880364E+02	1.000000E+00	3.853946E+07
48	48	3.888057E+07	6.235428E+03	9.923992E+02	1.000000E+00	3.888057E+07

Valorile modelului liber

CALCULUL CINEMATIC ȘI SIMULAREA DEPLASĂRII UNUI SISTEM MECANIC BIPED

ANDREI¹ Ioan Robert ¹, TUDOSE² Elena Cristina²,
MITRAN³ Andrei Costin ³, ASCIU⁴ Răzvan Cristian⁴

¹Facultatea:IMST, Specializarea: MSSMM, Anul de studii: II, e-mail: robert_andrei06@yahoo.com

Conducător științific: Șl.dr.ing. **Ileana DUGĂEȘESCU**

REZUMAT: În această lucrare se analizează din punct de vedere cinematic un sistem mecanic biped și se trasează traiectoriile descrise de punctele extremităților end-effectorilor. Din punct de vedere structural acest sistem are în componența sa o grupă modulară activă inițială și grupe modulare pasive de tip RRR. Apoi se efectuează modelarea elementelor cinematice în format 3D și se asamblează obținându-se sistemul biped.

CUVINTE CHEIE: studiu cinematic, sistem mecanic biped, modelare 3D.

1. Introducere

Această lucrare își propune realizarea unui sistem biped, care are o mișcare desmodromă. Este un sistem monomobil, al cărui principiu de funcționare este simplu. Se vor efectua calculele din punct de vedere cinematic pentru fiecare grupă modulară și se vor trasa graficele parametrilor dependenți. Apoi se vor modela elementele cinematice și se vor asambla obținându-se sistemul mecanic biped.

2. Studiul cinematic al bipedului

În figura 1 este prezentată schema cinematică a sistemului biped [6]. Schema cinematică este compusă din șapte elemente cinematice mobile ($m = 7$) nouă cuple cinematice inferioare ($i = 9$).

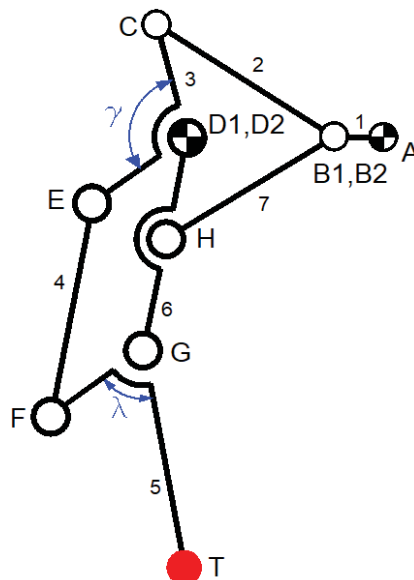
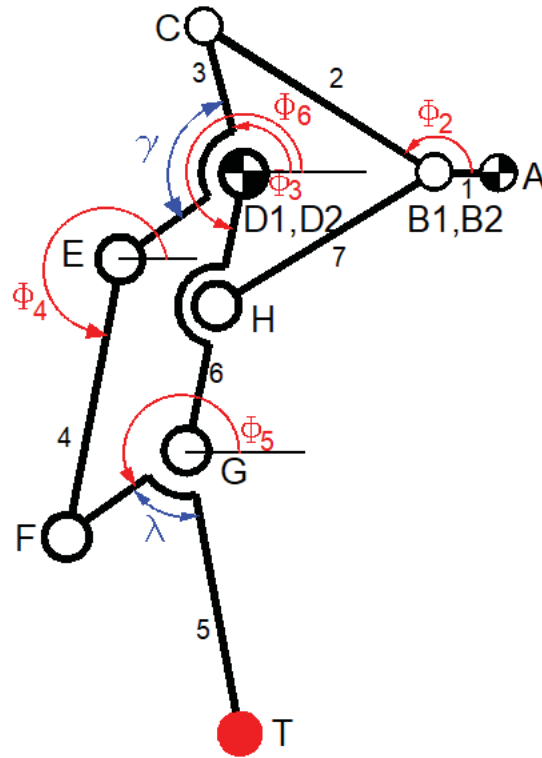


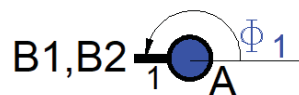
Fig.1. Schema cinematică a piciorului 1

Gradul de mobilitate este unitar ($M = 1$), fapt ce atestă existența unei singure cuple active în sistem, și anume cupla cinematică activă de rotație A.

În figura 2 este prezentată schema cinematică a sistemului studiat, în care s-au pus în evidență parametrii dependenți de poziții ($\phi_2, \phi_3, \phi_4, \phi_5, \phi_6$) ai fiecărei grupe structurale pasive.



Grupa modulară activă este prezentată în figura 3.



Traectoria descrisă de extremitatea manivelei este prezentată în figura 4.

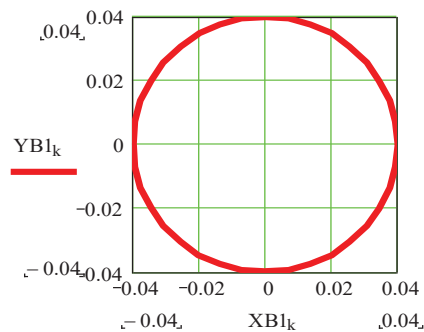


Fig. 4. Traectoria descrisă de extremitatea manivelei

Prima grupă modulară pasivă este diada formată din elementele cinematice 2 și 3, notată B1CD1 (figura 5). Se vor calcula parametrii dependenți de poziții Φ_2 , Φ_3 .

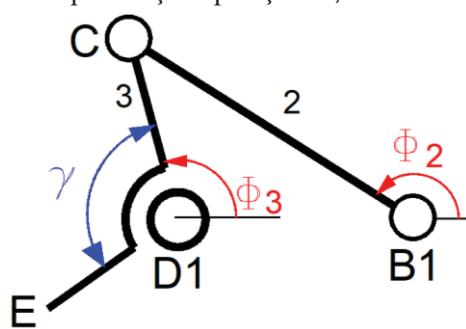


Fig. 5. Grupa modulară pasivă B1CD1

Apoi se vor calcula parametrii dependenți de viteze (ω_2 , ω_3) și accelerații (ε_2 , ε_3).

Pentru a se calcula parametrii dependenți ai diadelor se vor utiliza noțiunile teoretice ale diadei formată din două elemente cinematice și trei cuple de rotație [1,2,3,4].

Reprezentarea grafică a parametrilor dependenți obținuți în urma efectuării calculelor este prezentată în figura 6.

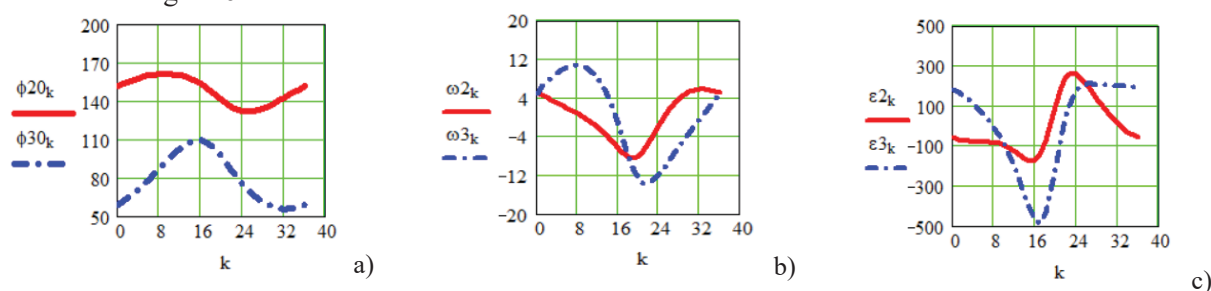


Fig. 6. Variația parametrilor dependenți ai grupei modulare pasive B1CD1: a) poziții, b) viteze, c) accelerații

Se vor calcula coordonatele punctelor C (X_C, Y_C) și E (X_E, Y_E), precum și hodografele de viteze ($X1C, Y1C$, $X1E, Y1E$) și accelerații ($X2C, Y2C$, $X2E, Y2E$) (figurile 7 și 8) utilizând noțiunile teoretice ale bipletei de translație [1,3].

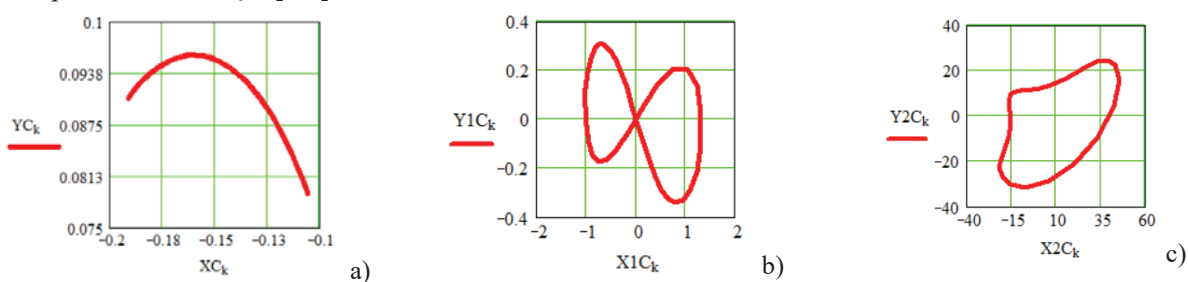


Fig. 7. a) Traectoria descrisă de punctul C, b) hodograful de viteze, c) hodograful de accelerații

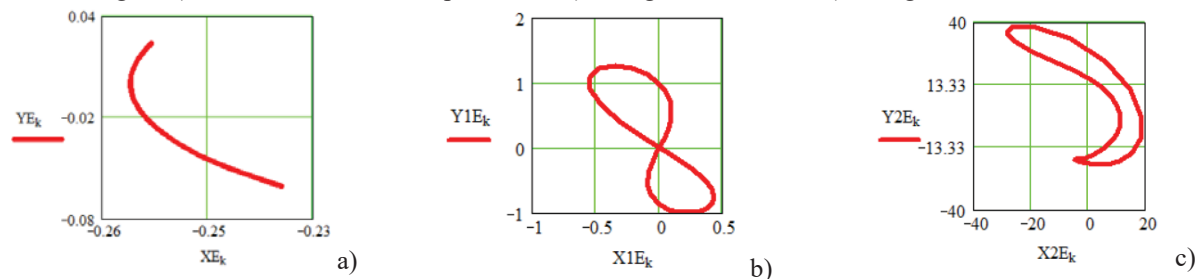


Fig. 8. a) Traectoria descrisă de punctul E, b) hodograful de viteze, c) hodograful de accelerații

A doua grupă modulară pasivă este diada formată din elementele cinematice 7 și 6, notată B2HD2 (figura 9). Se vor calcula parametri dependenți de poziții (Φ_7 , Φ_6), viteze (ω_7 , ω_6) și accelerații (ε_7 , ε_6).

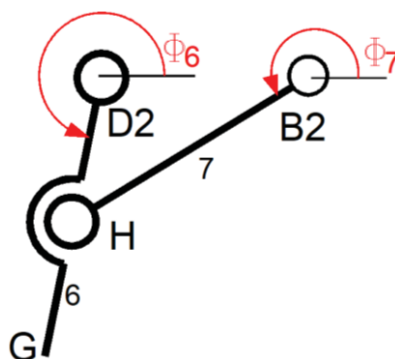


Fig. 9. Grupa modulară pasivă B2HD2

Reprezentarea grafică a parametrilor dependenți obținuți în urma efectuării calculului este prezentată în figura 10.

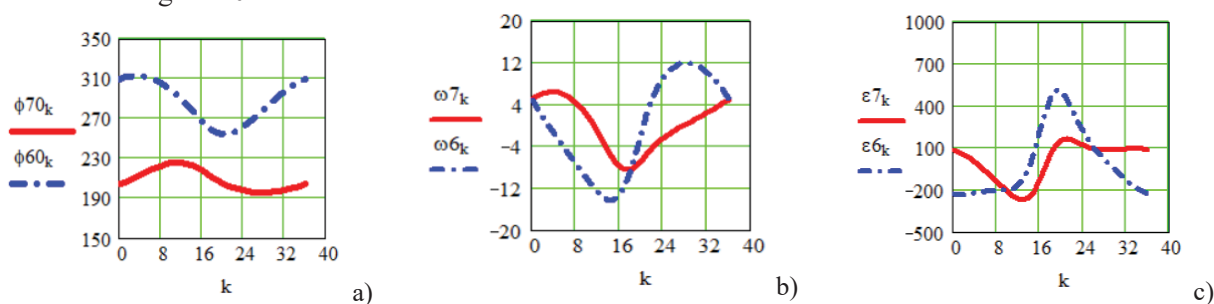


Fig. 10. Variația parametrilor dependenți ai grupei modulare pasive B2HD2: a) poziții, b) viteze, c) accelerații

Se vor calcula coordonatele punctelor H (X_H, Y_H) și G (X_G, Y_G), precum și hodografele de viteze (X_{1H}, Y_{1H} , X_{1G}, Y_{1G}) și accelerații (X_{2H}, Y_{2H} , X_{2G}, Y_{2G}) (figurile 11 și 12) utilizând noțiunile teoretice ale bipletei de translație [1,3].

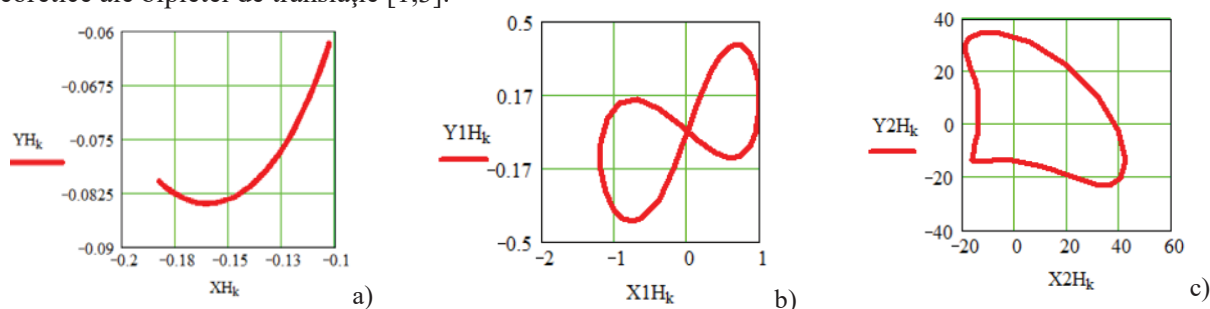


Fig. 11. a) Traiectoria descrisă de punctul H, b) hodograful de viteze, c) hodograful de accelerații

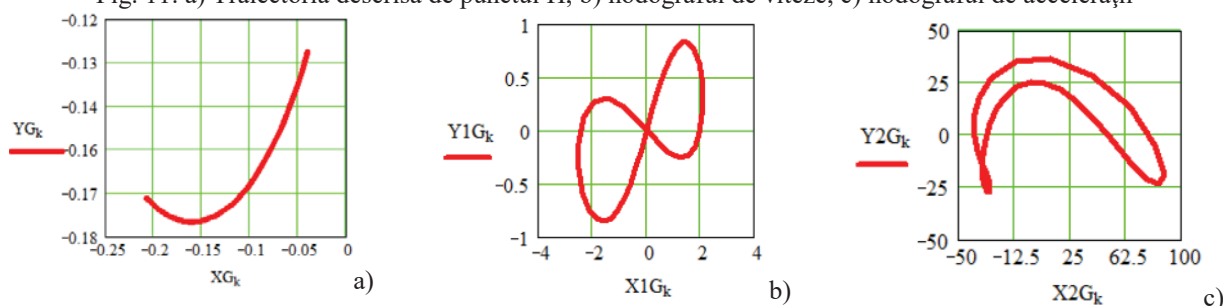


Fig. 12. a) Traiectoria descrisă de punctul G, b) hodograful de viteze, c) hodograful de accelerații

Ce-a de-a treia grupă modulară pasivă este diada formată din elementele cinematice 4 și 5, notată EFG (figura 13). Se vor calcula parametrii dependenți de poziții (Φ_4 , Φ_5), viteze (ω_4 , ω_5) și accelerații (ϵ_4 , ϵ_5).

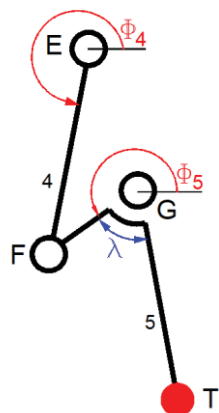


Fig. 13. Grupa modulară pasivă EFG

Reprezentarea grafică a parametrilor dependenți obținuți în urma efectuării calculului este prezentată în figura 14.

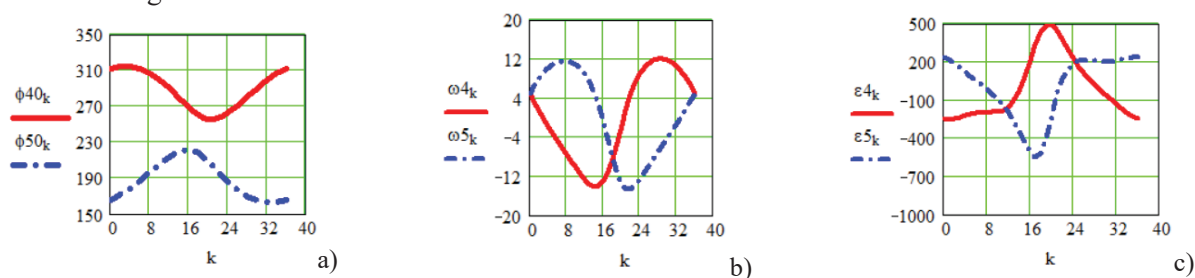


Fig. 14. Variația parametrilor dependenți ai grupei modulare pasive EFG: a) poziții, b) viteze, c) accelerații

Se vor calcula coordonatele punctelor F (X_F, Y_F) și T (X_T, Y_T), precum și hodografele de viteze (X_{1F}, Y_{1F} , X_{1T}, Y_{1T}) și accelerații (X_{2F}, Y_{2F} , X_{2T}, Y_{2T}) (figurile 15 și 16) utilizând noțiunile teoretice ale bipletei de translație [1,3].

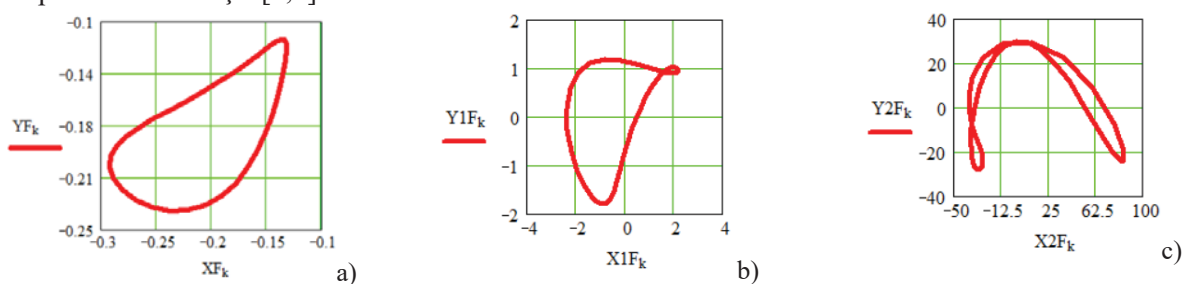


Fig. 15. a) Traectoria descrisă de punctul F, b) hodograful de viteze, c) hodograful de accelerații

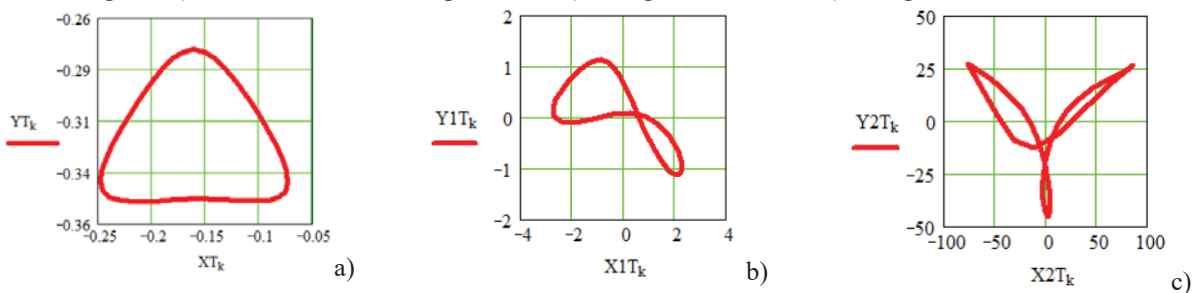


Fig. 16. a) Traectoria descrisă de punctul T, b) hodograful de viteze, c) hodograful de accelerații

În figura 17 este prezentată schema cinematică a sistemului biped.

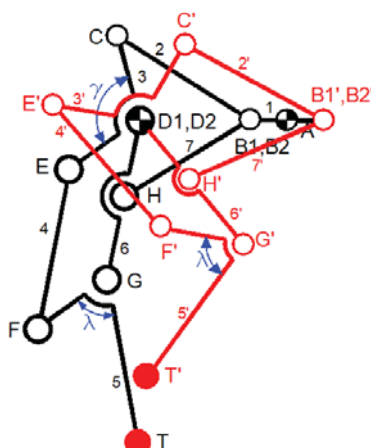


Fig. 17. Schema cinematică a sistemului biped

Similar s-a efectuat calculul cinematic pentru piciorul 2. Grupele modulare componente ale piciorului 2 sunt prezentate în figura 18.

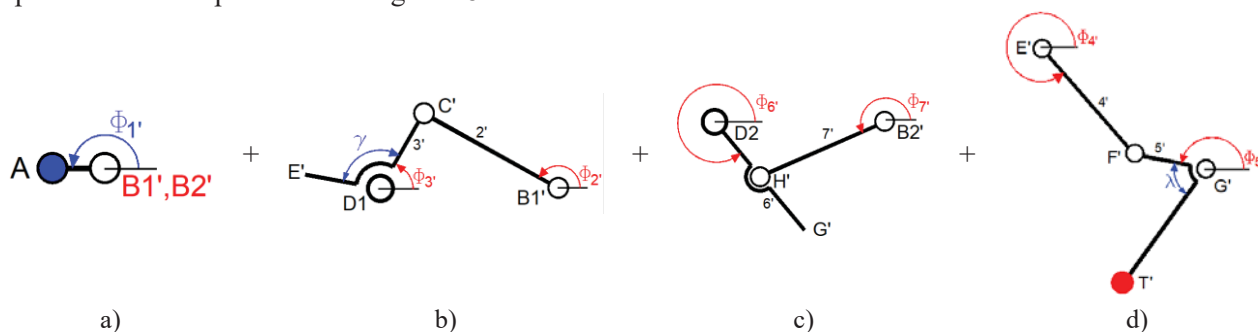


Fig. 18. Grupele modulare ale piciorului 2: a) Grupa modulară activă, b) Grupa modulară pasivă B1'C'D1', c) Grupa modulară pasivă B2'H'D2, d) Grupa modulară pasivă E'F'G'

În figura de mai jos sunt prezentate traiectoria descrisă de extremitatea acestuia, notată cu T' ($X_{T'}$, $Y_{T'}$) și hodografele de viteze ($X_{1T'}$, $Y_{1T'}$), respectiv accelerații ($X_{2T'}$, $Y_{2T'}$).

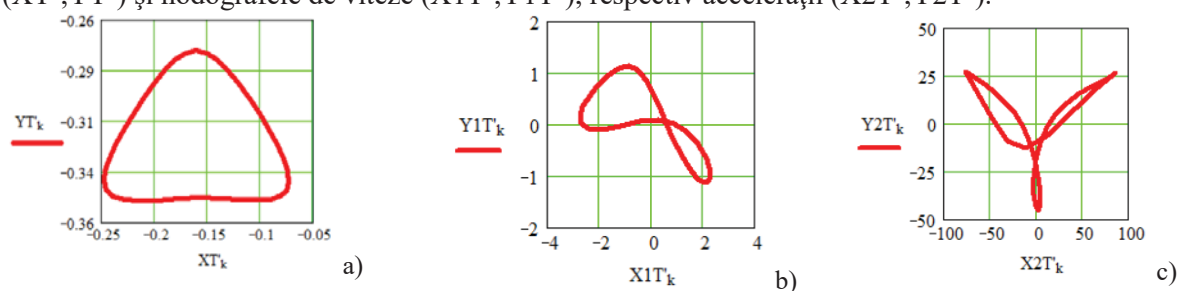


Fig. 19. a) Traiectoria descrisă de punctul T', b) hodograful de viteze, c) hodograful de accelerații

3. MODELAREA SISTEMULUI BIPED

Pentru modelarea 3D a oricărui sistem mecanic se pot utiliza software-uri specializate.

Se vor prezenta etapele necesare modelării unui element cinematic [5]:

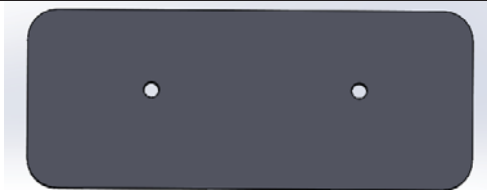
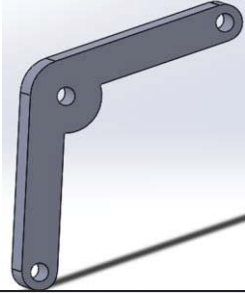
1. se alege un plan de execuție;
2. se utilizează forme predefinite, de exemplu *Line*, *Sketch*, *Circle* etc. Forma *Circle* este utilizată pentru realizarea găurilor corespunzătoare cuplelor cinematice;

3. se stabilesc dimensiunile elementelor conform schemei cinematice ;
4. după terminarea modelării 2D la cotele dorite se va aplica comanda *Extruded Boss/Base* pentru obtinerea modelului 3D.

Elementele cinematice modelate sunt prezentate în Tabelul 1.

Tabelul 1

Elementele cinematice modelate

Nr.	Denumire	Cuple cinematice	Reprezentare
0	Baza	A, D1 = D2	
1	Manivela	A, B1	
2	Biela	B1, C	
3	Balansier	C, D1, E	
4	Biela	E, F	
5	End-effector	F, G, T	
6	Balansier	D2, H, G	
7	Biela	B2, H	
8	Talpa piciorului	T	

Pentru obținerea ansamblului s-au definit constrângerile. Pentru cercuri s-a definit condiția de concentricitate, iar pentru suprafețe condiția de coincidență. Este de menționat faptul că primul element inserat este baza, care este fix. Față de acest element se vor insera pe rând celelalte elemente cinematice și se vor defini constrângerile menționate anterior [5].

În figura 20 este prezentat sistemul mecanic biped modelat.

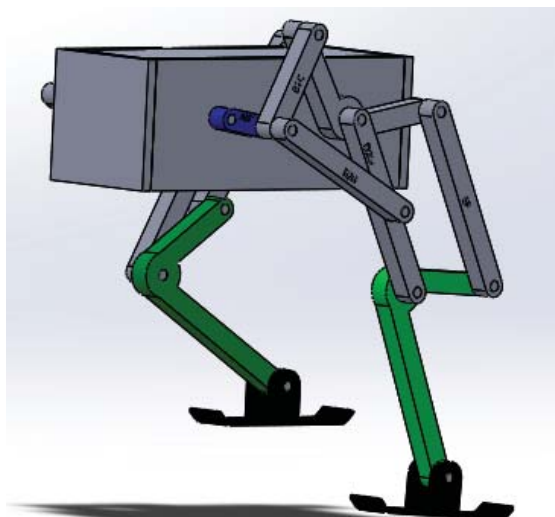


Fig. 20. Sistemul mecanic biped 3D

4. Concluzii

În aceasta lucrare s-a efectuat studiul cinematic al unui sistem mecanic biped. Analiza cinematică constă din calculul parametrilor dependenți pentru fiecare grupă modulară. S-au calculat parametrii de poziții, viteze și accelerații. În final s-au modelat elementele cinematice, s-au asamblat și s-a obținut sistemul mecanic biped din figura 20.

5. Bibliografie

- [1]. Comănescu, Adr., Comanescu, D., Dugășescu I., Boureci, A., *Bazele modelării mecanismelor*, Editura Politehnica Press, București, 2010;
- [2]. Pelecudi, Chr., Comanescu, Adr., s.a., *Analiza cinematica a mecanismelor - probleme*, UPB, 1985.
- [3]. Tempea, I., Dugaescu, I., Neacsu, M., *Mecanisme*, Ed. Printech, 2006, ISBN (10) 973-718-560-9
- [4]. Tempea, I., Dugaescu, I., *Proiectarea Mecanismelor*, Ed. Printech, 2005, ISBN 973-718-246-4
- [5]. Maican, E., *Solidworks, modelare 3D pentru ingineri*, Editura Printech, București, 2006, ISBN 973-718-544-7, 978-973-718-544-0
- [6]. <https://www.youtube.com/watch?v=pfqeD8U5egI>

6. Notății

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:

XA, YA - parametrii de poziții;

X1A, Y1A - parametrii de viteze;

X2A, Y2A - parametrii de accelerații.

INSTRUMENTE SOFTWARE ȘI SISTEME DE CALCUL PENTRU INSTRUIREA PERSONALULUI MEDICAL

TODIRIȚE Isabela Facultatea: IMST, Specializarea: Master CPSM, Anul de studii: I

e-mail: adresapentruteme@gmail.com

Conducător științific: Conf.dr.ing. **Iulian TABĂRĂ**

REZUMAT: Instrumentele de care au nevoie cadrele medicale sunt diverse, de la instrumentarul medical până la aparatura tehnico-medicală, computer, telefon, roboți medicali. Noile instrumente medicale pot face posibile examinarea, investigarea în vederea diagnosticării pacientului, pot face posibilă intervenția chirurgicală de către personalul medical cu mult mai multă precizie. Toate acestea se pot realiza pentru că instrumentele hardware, nu de puține ori, sunt echipamente integrate, iar pachetele software sunt specializate pentru anumite tipuri de activități. Există și situații, cum ar fi cazurile cabinetelor medicilor de familie, când este suficient pentru evidența fișelor pacienților, a istoricului medical a acestora, de computer, imprimantă și conexiune la Internet pentru a face legătura cu server-ul Casei de Asigurări de Sănătate, sau dacă ne referim la farmacii care trebuie să aibă în orice moment, sub control stocurile de medicamente, evidența vânzărilor și în acest caz este nevoie de o rețea de calculatoare și conexiune la Internet.

CUVINTE CHEIE: tehnologie medicală, securizare configurațiilor, cloud

1. Introducere

Instrumentul reprezintă o ustensilă sau un aparat adecvat executării unei anumite operații [1]. Dacă extindem domeniul de aplicabilitate, tot definiția din Dicționarul Explicativ al Limbii Române ne spune că instrumentul reprezintă unealta care se folosește la efectuarea unor operații chirurgicale. În acest sens putem aminti instrumentarul medical, care se află în orice unitate medicală.

Fiecare cadru medical înainte de a utiliza trusa medicală sau instrumentarul medical realizează anamneza pacientului, în urma căreia, adună date despre pacient, nume, prenume pacient, vârstă, date referitoare la apariția și evoluția bolii de care suferă, istoricul medical, atunci când este cazul. Toate aceste date sunt trecute în fișa pacientului, fișă care trebuie să se regăsească și pe un suport de memorare, deci trebuie realizată cu ajutorul unui computer.

Calculatorul (calculatorul electronic, computer-ul, ordinatorul), același dicționar ne spune că reprezintă un ansamblu de sisteme mecanice, electromagnetice și electronice, programabil pentru prelucrarea datelor.

Datele medicale au o importanță foarte mare pentru toate cadrele medicale și ele se pot stoca în vederea analizării ulterioare și de către alte cadre medicale care nu au fost de față atunci când s-a realizat anamneza, sau pentru cadre medicale de altă specialitate medicală, cu scopul realizării unor statistici, sau cu scop de consultare. Astfel s-a dezvoltat știința care se ocupă cu achiziția, stocarea, gruparea după anumite criterii, prelucrarea, transmiterea și utilizarea datelor atât din domeniul medical cât și din domenii conexe, știință numită Informatică medicală. [1]

Informatica medicală, ca știință, are la bază definite concepte.

Conceptul de dată

Datele sunt elemente neprelucrate, expuse medicului în procesul de anamneză, sau obținute în urma unor analize de laborator, sau în urma unui examen de tip RMN, CT etc.

Pentru a putea fi stocate, iar apoi prelucrate s-a dezvoltat conceptul de tip de dată.

Conceptul de tip de data

Tipul de dată reprezintă domeniul din care fac parte datele, sau din care pot lua valori. Exemple: date tip numeric, date de tip grafic, etc.

Clasificarea datelor medicale după tipul lor:

- Date calitative sunt datele culese în urma anamnezei și de obicei au caracter descriptiv,
- Datele de tip numeric sunt rezultatele analizelor medicale obținute în urma analizelor de laborator,

Activitatea respiratorie, temperatura organismului, pulsul pot fi măsurate prin intermediul unor aparate specializate care convertesc semnalul analog în semnal digital și astfel se pot obține date foarte importante pentru pacientul aflat la terapie intensivă, de exemplu pentru monitorizarea parametrilor vitali. Se poate observa în fig. 1 un soft specializat pentru înregistrarea parametrilor vitali ai inimii.

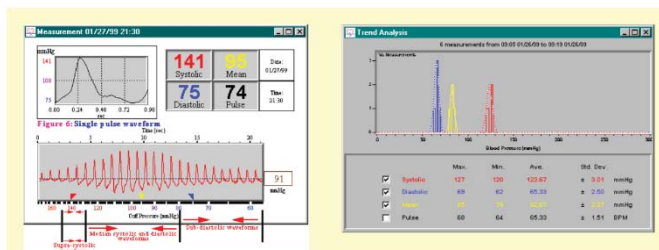


Fig. 3 Sursa fotografiei http://www.umfcv.ro/files/0/4/04_Biosemnale.pdf

Datele sub formă de sunete - vibrațiile sonore ale inimii pot fi înregistrate sub formă grafică cu ajutorul fonocardiografului. Fișierele obținute în urma investigației (înregistrarea audio a sunetelor – zgomotelor inimii) sunt în format .acq format dezvoltat de producătorii de aparatură. Fig. 2 reprezintă o fonocardiogramă

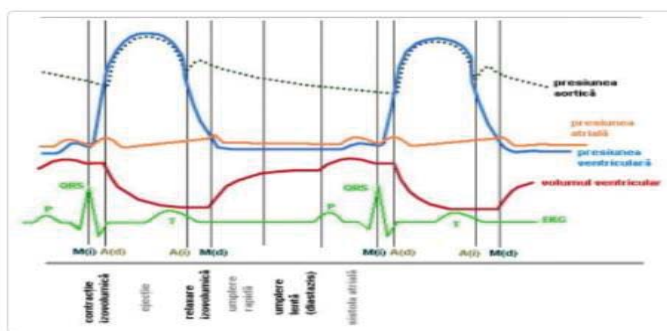


Fig. 4 Sursa fotografiei: <http://www.mymed.ro/fonocardiograma.html>

Datele sub formă de imagini statice sunt obținute în urma investigațiilor cu ajutorul aparaturii specializate

- Radiografie- Fig. 5 radiografie dentară panoramică



Fig. 5 Sursa fotografiei <http://www.lldental.ro/servicii-stomatologice-bucuresti/radiografie-panoramica/>

- Radiografie dentară digitală plană realizată cu un aparat radiologic de nouă generație în care filmul dentar este înlocuit cu un senzor, imaginile fiind transmise către calculator.
 - Ecografie, Fig. 6 Ecografie hepatică metastaze



Fig. 6 Sursa

http://jurnaluldechirurgie.ro/jurnal/docs/jurnal308/4.%20Metastazele%20hepatice_Ursulescu.pdf

- CT (Computer Tomograf)
- Cu această metodă rata de detecție a metastazelor este de 75-85% comparativ cu rezultatele explorării intraoperatorii (cu examen anatomo-patologic și ecografie intraoperatorie)
- Fig. CT abdominal, A. Metastaze hepatice hipodense în faza portală. B. Metastaze hepatice: caracterizarea raportului cu structurile vasculare.

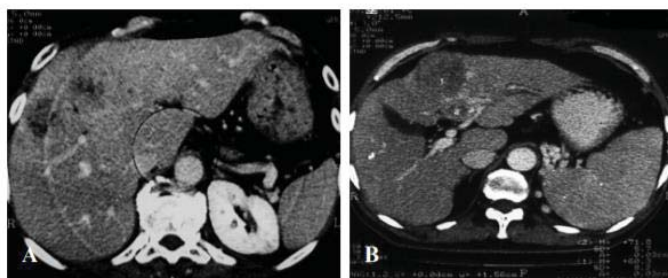


Fig. 7 Sursa fotografiei

http://jurnaluldechirurgie.ro/jurnal/docs/jurnal308/4.%20Metastazele%20hepatice_Ursulescu.pdf

- IRM - imagistica prin rezonanță magnetică este considerată cea mai bună metodă de depistare a leziunilor secundare în anumite stadii ale bolii. Fig. 8 IRM hepatic



Fig. 8 Sursa fotografiei

http://jurnaluldechirurgie.ro/jurnal/docs/jurnal308/4.%20Metastazele%20hepatice_Ursulescu.pdf

Aceste tipuri de date pot avea ca formate de fișiere .jpg, .jpeg, formatele fiind cel pentru fișiere grafice care au un grad mare de compresie.

Conceptul de informație. Informațiile reflectă o anumită semnificație dobândită ulterior prelucrării unor date, ținându-se cont de o serie de criterii, astfel informațiile pot genera la rândul lor prin prelucrarea ulterioară date statistice.



Informația poate fi măsurată, drept urmare s-a stabilit o unitate de măsură pentru cantitatea de informație care poate fi stocată, transferată, transmisă, etc.

BIT-ul (BI many digiT) reprezintă unitatea elementară a informației, și ea se reprezintă prin "1"/"0"(DA/NU).

Conceptul de cunoștințe medicale reprezintă date medicale organizate după anumite criterii, care pot fi înmagazinate în baze de date, care contribuie la crearea statisticilor diverse. De exemplu, în SUA, după operații se prelevează mostre în așa zise baze de date pentru studii viitoare. Acesta este un caz particular de baze de date cu mostre medicale. Aceste baze de date, constituie pentru personalul medical cunoștințe profesionale, care pot fi consultate la nevoie.

Datele colectate de la pacient, pentru a i se stabili diagnosticul și pentru a-i putea asigura tratamentul, parcurg ciclul sugerat mai jos, în Fig. 9:

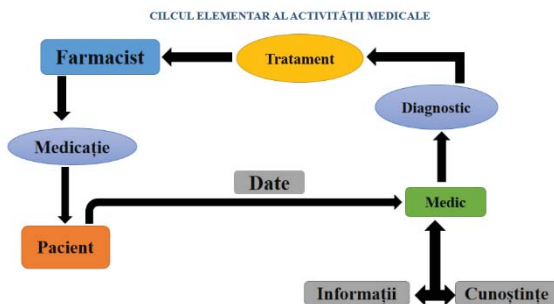


Fig. 9

Cadrul medical pentru a ajunge la un diagnostic corect, are nevoie de informații cât mai precise, de experiență profesională, cât și de cunoștințe profesionale actualizate.

2. Stadiul actual

Pentru instruirea personalului medical în condiții de securitate a datelor și a componentelor hardware, am conceput următoarea modalitate de configurare și utilizare a computerului:

- Dual-boot cu două sisteme de operare - Microsoft Windows și Debian Linux.
- Instalarea de software antivirus pe ambele sisteme de operare.
- Instalarea extensiilor de tip "add block" în toate browser-erele de pe ambele sisteme de operare.
- Instalarea unui client de sincronizare pentru stocare în cloud, pe ambele sisteme de operare, precum și pe sistemul de operare Android al telefonului mobil, și verificarea funcționalității acestuia.
- Realizarea din Debian Linux a conexiunii cu partiția de Microsoft Windows, asigurându-se astfel accesul bidirecțional la fișierele din Microsoft Windows.
- Testarea funcționalității sistemului astfel gândit și configurat.

Descrierea configurării computerului și testarea funcționalității sistemului:

- a) Instalarea sistemului de operare Microsoft Windows 10, etapă în care se configurează partițiile de pe hard disk rezervând spațiu pentru Debian Linux.
- b) Instalarea sistemului de operare Debian Linux, etapă în care se configurează partițiile swap și ext4 necesare.
 - Selectarea mediului de stocare pentru instalare:

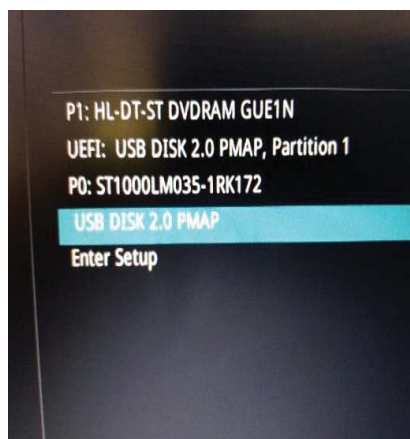


Fig. 10 Sursa: captură de ecran proprie

- Pornirea instalării sistemului de operare Debian Linux.

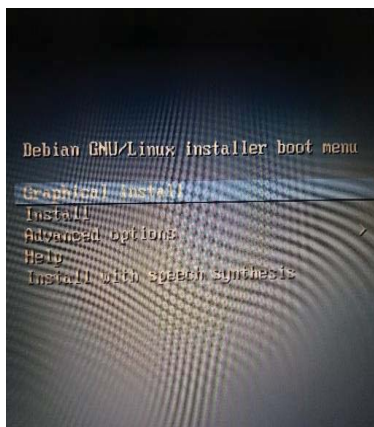


Fig. 11 Sursa: captură de ecran proprie

- Realizarea partițiilor necesare pentru Debian Linux

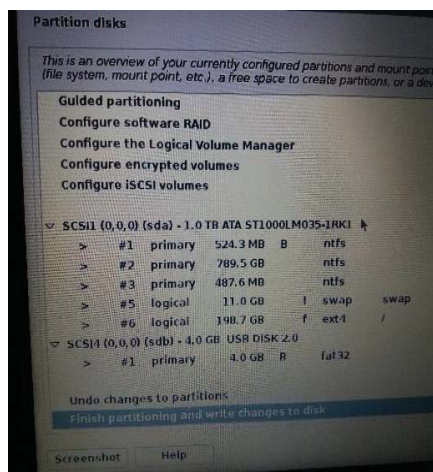


Fig. 12 Sursa: captură de ecran proprie

- Instalarea sistemului de bază.

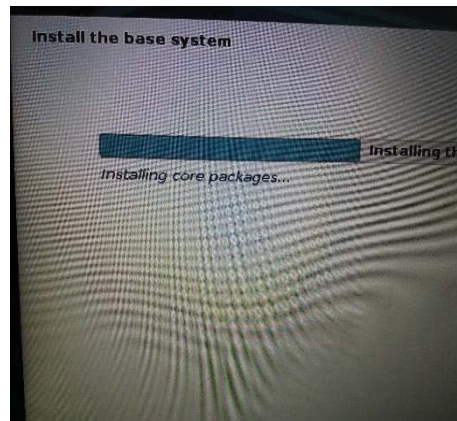


Fig. 13 Sursa: captură de ecran proprie

- Instalarea boot-loader-ului GRUB

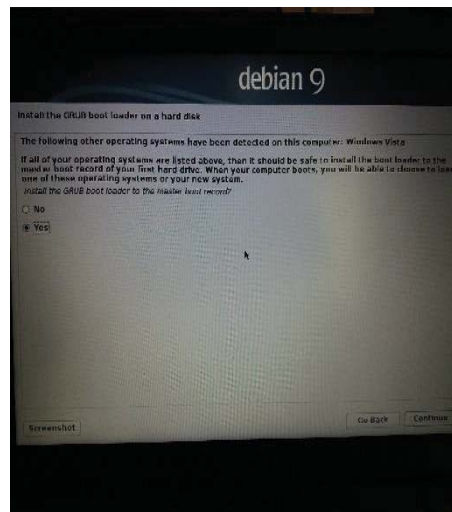


Fig. 14 Sursa: captură de ecran proprie

- Sesiunea de login

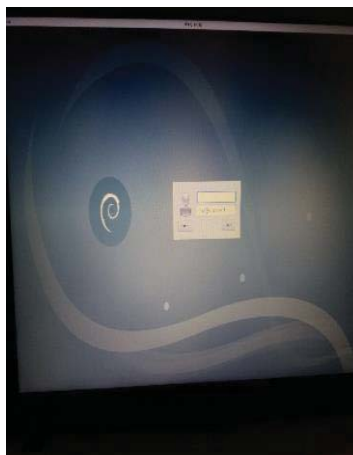


Fig. 15 Sursa: captură de ecran proprie

- Instalarea antivirusului, extensiilor de tip "add block" în browsere, și a clientului de sincronizare pentru stocare în cloud.

- Extensii de tip "add block" in browser Chrome – Microsoft Windows 10

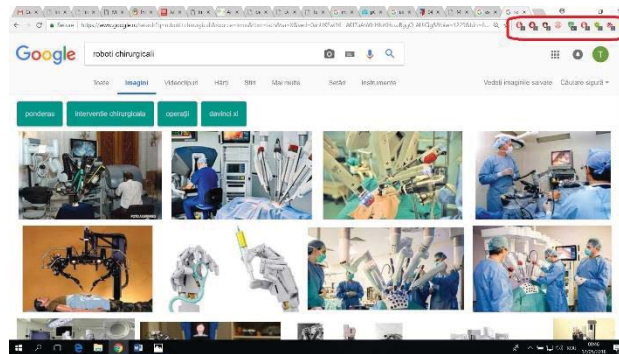


Fig. 16 Sursa: www.google.ro

- Extensii de tip "add block" in browser Firefox – Debian Linux

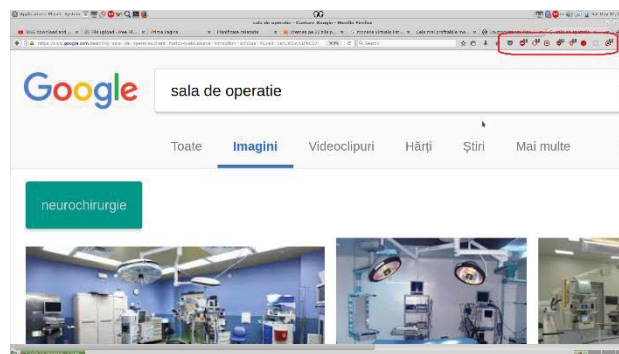


Fig. 17 Sursa: www.google.ro

- Client sincronizare pentru stocare in cloud – Microsoft Windows 10

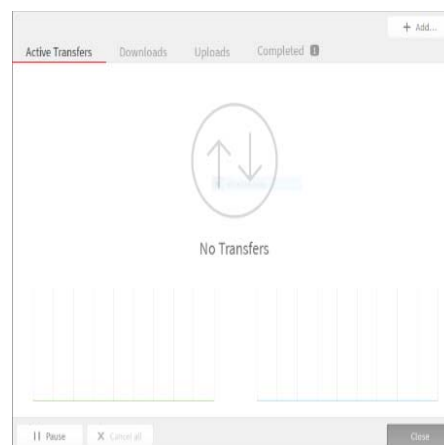


Fig. 18 Sursa: captură de ecran proprie

- Client sincronizare pentru stocare în cloud – Debian Linux

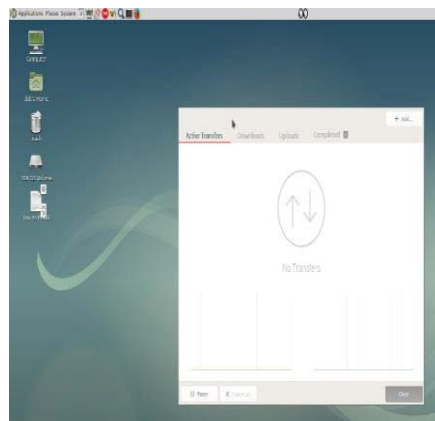


Fig. 19 Sursa: captură de ecran proprie

- Pentru facilitarea accesului la informație, fișierele stocate în cloud pot fi accesate și de pe sistemul de operare Android pentru telefoane mobile.

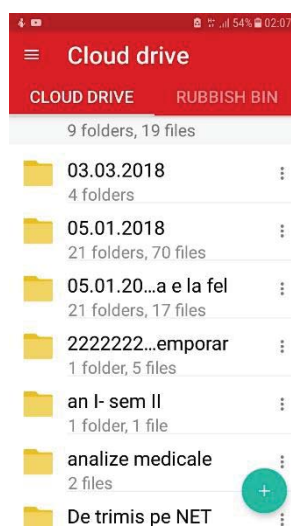


Fig. 20 Sursa: captură de ecran proprie

- Antivirus CLAMAV - Debian Linux

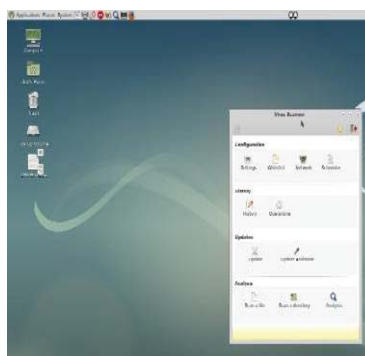


Fig. 21 Sursa: captură de ecran proprie

- Accesare partiție Microsoft Windows 10 din Debian Linux

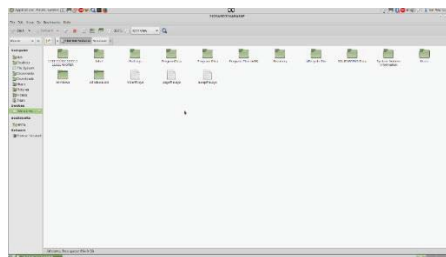


Fig. 22 Sursa: captură de ecran proprie

6. Concluzii

Contribuțiile originale din această lucrare au fost gândite ca o colecție de răspunsuri la seturi de întrebări retorice sau ca o rezolvare a unor probleme întâlnite des în activitatea de instruire sau în activitatea curentă a personalului medical.

Pe parcursul activității de instruire problemele frecvente care pot apărea sunt cele legate de virusarea computer-ului, virusare cauzată de anumite site-uri care permit descărcarea unor soft-uri gratuite care au ca efect virusarea sistemului de operare, aici pot fi menționați viruși care provoacă daune ireparabile atât sistemului de operare cât și a hardware-ului (viruși care pot deteriora mbr - master boot record, pot modifica tensiunile de alimentare ale componentelor ducând la arderea acestora, etc). Tot din categoria virușilor periculoși pot fi menționați “minerii”, programe software care utilizează calculatorul victimei în scopul generării de criptomonede. Prin navigare, fără soluții eficiente antivirus, calculatoarele utilizatorilor pot deveni victime a diferitelor tipuri de malware (soft dăunător). O altă problemă des întâlnită este încetinirea vitezei de navigare cauzată de apariția reclamelor nedorite, care în ultima vreme sunt din ce în ce mai multe.

Metodă de protejare împotriva acestor atacuri malware prin utilizarea a două sisteme de operare în dual boot, spre exemplu Unix sau Linux și Windows. Am ales Windows 10 și Debian 9 - Linux.

Linux-ul va fi utilizat în mod special pentru navigare, pentru că din construcție, prin arhitectura sa nu permite virușilor să obțină drept de root, lucru care le-ar permite să ia controlul sistemului de operare. Linux-ul are o soluție antivirus care îi permite detectarea și anularea virușilor de Windows. Sistemele Linux nu sunt afectate de virușii pentru Windows sau pentru OSX.

- navigarea pe Internet se face în siguranță;
- downloadarea fișierelor transmise prin email care vor fi scanate sub acest sistem de operare și apoi transferate pe partiția de Windows. Această procedură de lucru mărește securitatea computer-ului prin faptul că virușii pentru Windows nu afectează Linux-ul.
- extensiile de tip ”add block” ale browser-elor, care ne permit înlăturarea reclamelor.
- utilizarea unei soluții de stocare în cloud, care permite accesarea datelor de pe orice dispozitiv (inclusiv telefonul mobil), majoritatea soluțiilor de stocare în cloud oferind și protecție antivirus.

Sistemul de calcul configurat astfel, este un sistem la cheie, care împreună cu telefonul mobil de tip smart, reprezintă o soluție sigură de accesare instantanee a informațiilor, devenind un instrument adaptat mult mai bine la nevoile utilizatorilor, comparativ cu variantele preinstalate de pe piață, care nu oferă flexibilitatea acestui sistem. El poate suporta dezvoltări ulterioare, putând fi updatat la noile versiuni de software.

8. Bibliografie

- [1].http://www.umfcv.ro/files/0/4/04_Biosemnale.pdf,
http://web.info.uvt.ro/~dzaharie/bioinfo2013/cursuri/curs1/bioinfo2013_curs1.pdf,
<http://www.medinfo.umft.ro/dim/cursuriRo.htm>
- [2].<https://www.debian.org>, <https://www.clamav.net>, <https://www.avg.com>, <https://www.mega.nz>,
<https://chrome.google.com/webstore/detail/adblock/ghghmmpiocklfepjocnamgkbbiglidom?hl=ro>,
<https://addons.mozilla.org/ro/firefox/addon>,

SISTEM MECATRONIC DE UDARE A PLANTELOR

BIHOIU Madalina-Cornelia¹, DRAGUSIN Virginia², OLAERIU Vasilica³,
PISLARU Cristian-Mihai-Daniel⁴, RADU Daniel⁵, TOLU Gheorghe⁶.

Facultatea: IMST, Specializarea: IMST, Anul de studii: 2017-2018,

Conducator stiintific: Sl. Dr. Ing. **Liviu Marian UNGUREANU**

REZUMAT: Proiectul reprezinta un sistem mecatronic de udare a plantelor. Componentele sistemului sunt: placa de dezvoltare, shield driver de motoare, senzor de umiditate, pompa de apa, alimentator si carcasa metalica. Functionarea sistemului mecatronic este determinata de asamblarea corecta a componentelor conform documentatiei tehnice si realizarea programului pentru placa de dezvoltare.

CUVINTE CHEIE: sistem mecatronic, placa de dezvoltare, shield driver de motoare, senzor de umiditate, pompa de apa.

1. Introducere

In zona noastra climatica, majoritatea plantelor nu primesc de la natura toata apa de care au nevoie. Aici intervine sistemul automatizat de udare care ne va ajuta sa furnizam in mod regulat apa necesara plantelor si sa reducem consumul fata de sistemul clasic de udare manuala cu furtunul. Sistemul automatizat de udare presupune o retea simpla de conducte si conexiuni ingropate in gradina. Cele doua mari variante ale sistemelor de irigare rezidentiale sunt:

1.1. Irigarea prin aspersie care se realizeaza prin aspersoare telescopice, cu diverse inaltimi de ridicare fata de sol si se adreseaza in special zonelor cu gazon. Aspersoarele sunt complet ingropate si mascate, facandu-si aparitia strict pe durata udarii. Tipurile de aspersoare sunt:

- a) **Aspersoarele rotative** care se caracterizeaza printr-un jet de apa ce se roteste pe un unghi stabilit la proiectare si la reglajul aspersorului si este utilizat cu precadere pentru peluzele cu gazon cu deschidere mai mare.
- b) **Aspersoare spray** care se caracterizeaza printr-o perdea de apa uniforma, distribuita pe un unghi prestabilit si reglabil. Se utilizeaza pentru spatii cu gazon cu deschidere mica sau pentru borduri florale si zone mai largi cu vegetatie deasa.

1.2. Irigarea prin picurare se realizeaza cu ajutorul unui tub de picurare asezat la suprafata terenului, conectat la sistemul de conducte subterane pentru functionarea automatizata. Exista si varianta de tub de picurare ce se poate monta ingropat, aproape de radacinile plantelor [1].

Obiectivul acestui proiect este realizarea unui sistem mecatronic de udare a plantelor care sa functioneze in parametrii impusi. Modalitatea de indeplinire a obiectivului consta in asamblarea corecta a componentelor conform specificatiilor tehnice si realizarea programului pentru placa de dezvoltare.

2. Stadiul actual

În acest moment pe piață se găsesc mai multe soluții de udare a plantelor din ghivece:

2.1. Kit micro irigații pentru ghivece de la producătorul In Gradina, la prețul de: 99,99 lei care se livrează împreună cu programatorul electronic exterior la prețul de: 129,99 lei. Sistemul asigură necesarul de apă cu ajutorul picuratorilor cu debit fix. Funcționează cu orice model de programator de udare [4].



Fig. 1 Kit micro irigații pentru ghivece de la producătorul In Gradina

2.2. Kit pentru irigare ghivece de la producătorul Garland, la prețul de 93,00 lei. Acesta poate fi folosit pentru udarea plantelor din ghiveci. Sistemul poate fi montat, folosind hardware-ul inclus în kit [5].



Fig. 2 Kit micro irigații pentru ghivece de la producătorul In Gradina

3. Implementare

Componentele sistemului mecatronic de udare a plantelor sunt: placa de dezvoltare, shield driver de motoare, senzor de umiditate, pompa de apa, alimentator si carcasa metalica.

Conectarea pompei de apa la shield se va face pe canalul M2 având grija la pinul marcat cu bulina rosie al pompei. Shield-ul va fi utilizat cu jumper-ul de alimentare comuna pus, astfel vom putea alimenta si placa de dezvoltare si pompa de la un singur alimentator conectat la placa de dezvoltare.

Senzorul de umiditate sol se va conecta la placa de dezvoltare la pinul analogic A0. Pinul de alimentare al senzorului se va conecta la pinul A2, senzorul va fi alimentat doar când se va efectua citirea [3].

3.1. Placa de dezvoltare compatibila cu Arduino UNO [2].



Fig. 3 dezvoltare compatibila cu Arduino UNO

Tabelul 1. Caracteristicile tehnice ale placii de dezvoltare

Parametrii:	Valori:
Tensiune de functionare:	5 V
Tensiune de alimentare Jack:	7 V – 12 V
Pini de I/O:	14
Pini PWM:	6 (din cei 14 de I/O)
Pini ADC:	8
Memorie flash:	32 kB (8 ocupati de bootloader)
Comunicatie:	TWI, SPI si UART
Frecventa de functionare:	16 MHz

3.2. Shield driver de motoare Dual L298P SMD cu Buzzer [2].

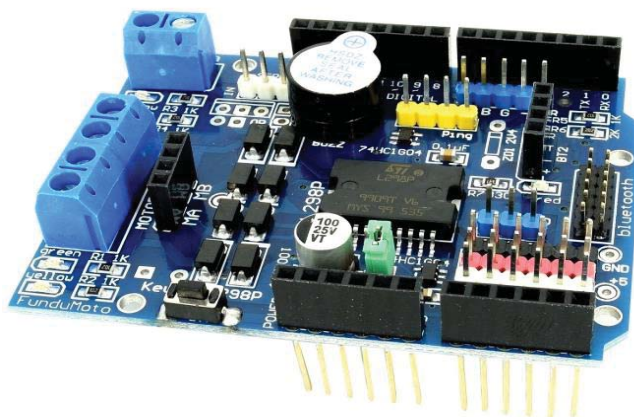


Fig. 4 Shield driver de motoare Dual L298P SMD cu Buzzer

Tabelul 2. Caracteristicile tehnice ale shield driverului de motoare

Parametrii:	Valori:
Tensiune de alimentare partea de logica:	5 V
Tensiune VIN:	6.5 V – 12 V
Tensiune PWRIN:	4.8 V – 35 V
Curent necesar logica:	maxim 36 mA
Curent maxim motoare:	2 A/motor
Putere maxima disipata:	25 W
Dimensiune:	65 x 53 mm

3.3. Modul cu senzor de umiditate a solului [2].

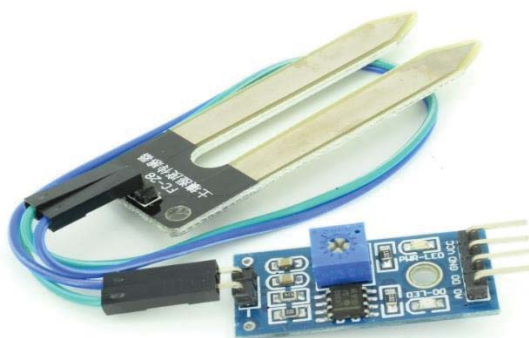


Fig. 5 Modul cu senzor de umiditate a solului

Tabelul 3. Caracteristicile tehnice ale senzorului de umiditate

Parametrii:	Valori:
Tensiune de operare:	3.3 V până la 5.5 V
Comparator CIP:	LM393
Linie Dupont:	2p (20cm)
Dimensiune PCB:	3,2 x 1,4 cm

3.4. Pompa de apa micro [3].



Fig. 5 Micro Pompa de apa

Tabelul 4. Caracteristicile tehnice ale micro pompei de apa

Parametrii:	Valori:
Tensiune:	3-12 V
Motor:	Mabuchi RS-360SH

3.5. Alimentator de 9 V, 1 A (pentru Arduino) [2].



Fig. 6 Micro Pompa de apa

Tabelul 5. Caracteristicile tehnice ale alimentatorului

Parametrii:	Valoare:
Tensiune:	9 V
Intensitate:	1 A

3.6. Carcasa metalica GM3010/1 (150 mm x 120 mm, 50 mm) [2].



Fig. 6 Carcasa metalica GM3010/1

Tabelul 6. Caracteristicile tehnice ale carcasei metalice

Parametrii:	Valoare:
Latime:	150 mm
Adancime:	120 mm
Inaltime:	50 mm
Greutate:	320 g

3.7. Sistemul mecatronic asamblat:

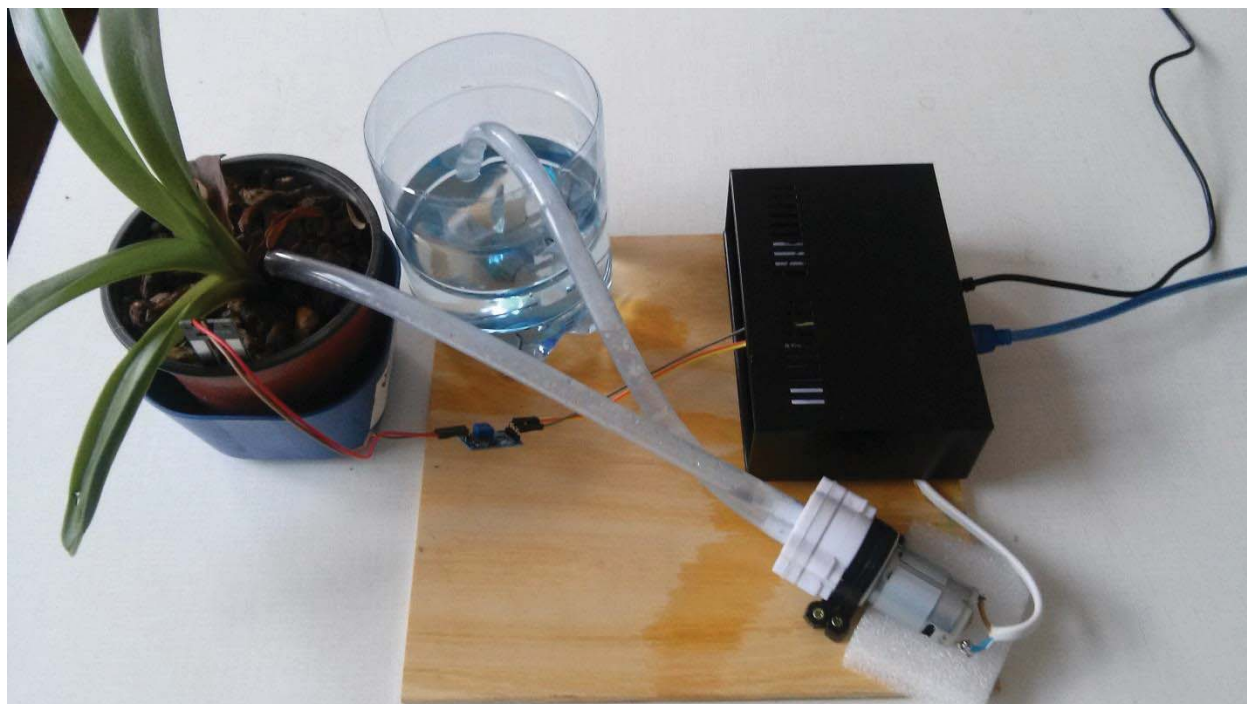


Fig. 7 Faza 1: Udarea unui singur ghiveci de flori

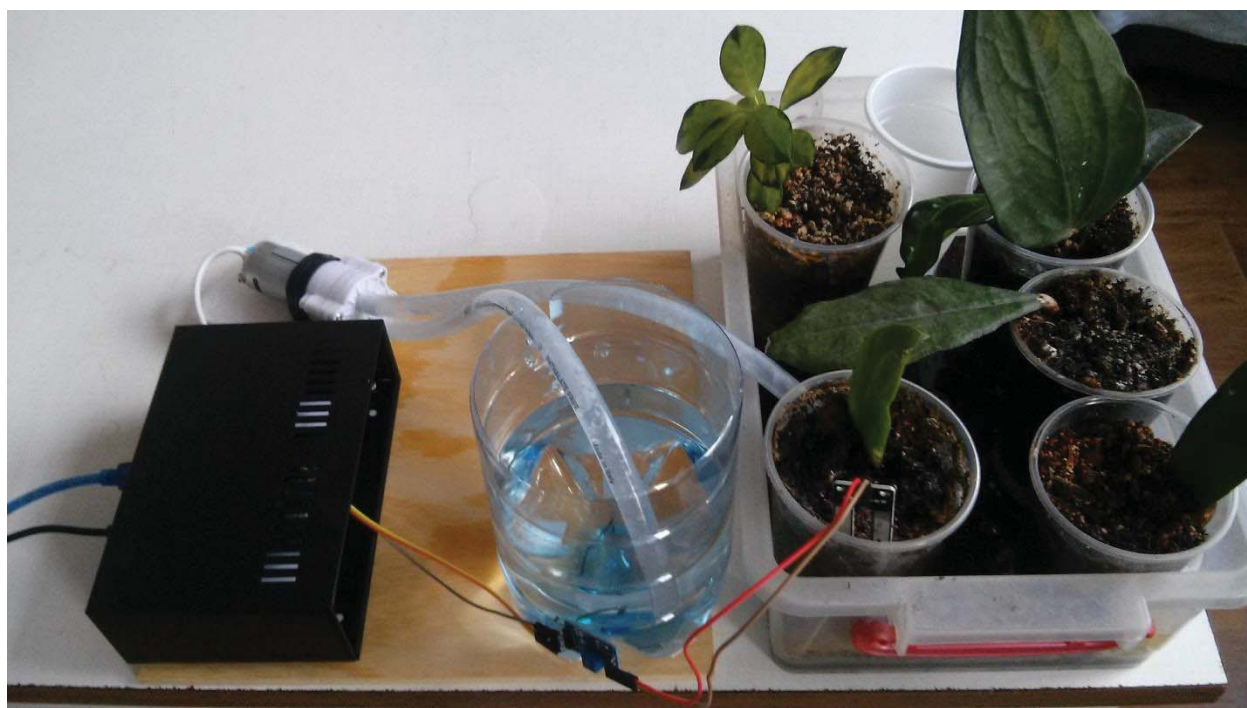


Fig. 7 Faza 2: Udarea unui grup de ghivece de flori

3.8. Programul pentru placa de dezvoltare:

Varianta initiala:

```
int E2 = 11;
int M2 = 13;
int sensorPin = 0; // select the input pin for the potentiometer
int sensorValue = 0; // variable to store the value coming from the sensor

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(M2, OUTPUT);
}

void loop()
{
  sensorValue = analogRead(sensorPin);
  delay(1000);

  if (sensorValue > 520)
  {
    Serial.print("sensor = ");
    Serial.println(sensorValue);

    int value;

    for(value = 0 ; value <= 255; value+=5)
    {
      digitalWrite(M2, HIGH);
      analogWrite(E2, value);
      delay(30);
    }

    delay(500);
    value=0;
  }

  else

  {
    digitalWrite(M2, LOW);
    analogWrite(E2, 0);
    delay(500);
  }
}
```

Varianta finala:

```
int E2 = 11;
int M2 = 13;
int sensorPin = 0; // select the input pin for the potentiometer
int sensorValue = 0; // variable to store the value coming from the sensor

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
```

```

pinMode(M2, OUTPUT);
}

void loop()
{
  sensorValue = analogRead(sensorPin);
  delay(LOW);

  if (sensorValue > 520)
  {
    Serial.print("sensor = ");
    Serial.println(sensorValue);
    int value;
    for(value = 0 ; value <= 255; value+=5)
    {
      digitalWrite(M2, HIGH);
      analogWrite(E2, value);
      delay(30);
    }

    delay(LOW);
    value=0;
  }
  else

  {
    digitalWrite(M2, LOW);
    analogWrite(E2, 0);
    delay(LOW);
  }
}

```

Observatie: Pentru a obtine o functionare cat mai corecta a sistemului mecatronic de udare a plantelor, am modificat in procedura de cautare **loop()**, valorile parametrilor functiei **delay()**.

4. Concluzii

Obiectivul proiectului este indeplinit. Sistemul mecatronic de udare a plantelor functioneaza in parametrii.

Am modificat programul pentru placa de dezvoltare initial pentru a avea o functionare corecta a sistemului.

Sistemul prezentat poate fi imbunatatit prin adaugarea unor elemente suplimentare (temperatura, umiditate aer, putere lumina solara) pentru alegerea momentului optim de udare.

5. Bibliografie

- [1]. <https://www.gardenium.ro>
- [2]. <https://www.optimusdigital.ro>
- [3]. <https://www.robofun.ro>
- [4]. <https://www.ingradina.ro>
- [5]. <https://www.dedeman.ro>

SISTEM DE RIDICARE (LIFT DE BAGAJE)

PREDA¹ Alexandra Raluca, TRONCUTA² Gigi-Vasile, TRONCUTA³ Cornel

¹Facultatea: IMST, Specializarea: IMST, Anul de studii: I master, e-mail: alexandra.raluca.preda@gmail.com

²Facultatea: IMST, Specializarea: IMST, Anul de studii: I master, e-mail: gigi.troncuta@gmail.com

³Facultatea: IMST, Specializarea: IMST, Anul de studii: I master, e-mail: cornel.troncuta@yahoo.com

Conducător științific: S.I.dr.ing. **Liviu UNGUREANU**

REZUMAT: Lucrarea prezinta procesul de design, arhitectura si constructie a unui sistem de ridicare de bagaje, tip lift. Pasii urmati in proces sunt descrisi, incepand cu alegerea solutiilor corecte pentru eficientizarea utilizarii de materiale si a asigurarii sigurantei utilizarii liftului, prin analiza produselor similare si evidentierea stadiului in care se afla dezvoltarea acestui produs. De asemenea, sunt descrise in cadrul lucrarii si metodele alese, proiectarea acestora in 3D, pentru a putea simula functionarea sistemului si eventuala schimbare a partilor ce produc erori, cat si gasirea solutiilor pentru partea electrica si electronica a sistemului si incadrarea acestora in parametrii fizici necesari unei corecte functionari a sistemului de ridicare.

CUVINTE CHEIE: sistem de ridicare, lift de bagaje, sistem cremalieră-roata dintata,

1. Introducere

Sistemele tip lift pentru bagaje ajuta in situatiile in care oamenilor le este incomod sau nu se considera in siguranta sa care bagaje, electrocasnice, obiecte de mobilier sau cumparaturi pe scari. Lifturile sunt o modalitate buna de a te deplasa la etajele superioare ale unei cladiri, fiind un tip vertical de transport, in special in situatiile in care este necesara urcarea unor obiecte grele sau fragile.

In domeniu, exista mai multe tipuri de lifturi, majoritatea cu utilizare in agricultura si productie. Printre acestea, putem enumera liftul de tip lant si ascensor cu cupa, liftul cu lama elicoida, bazat pe principiul lui Archimede sau liftul cu lant si padele. Primele referinte facute la lifturi vin inca din anii 287 – 212 î.Hr., dar perioada in care acestea au inceput sa se dezvolte a fost cea din anii 1600, cand prototipuri de lift au fost instalate in palatele din Anglia si Franta.

Din punct de vedere industrial, sistemele de transport vertical s-au bucurat de dezvoltare intensa, deoarece necesitatea lor era una considerabila. Incepand in mine, acestea erau operate cu abur, la jumătatea anilor 1800. La scurt timp, acesta a fost adaptat pentru mai multe scopuri, cum ar fi turismul. In anul 1835, primul lift cu centura si contra-greutate, numit Teagle a fost dezvoltat de o companie in Anglia. Primul sistem de ridicare hidraulic a fost inventat in anul 1846 de William Armstrong, pentru uz in porturi si exercitau o forta mult mai mare decat predecesoarele lor cu aburi. Anul in care aditii legate de siguranta au fost adaugate liftului este 1852. Acesta este similar cu cel folosit pana in ziua de azi. Primul tip de lift clasic pentru oameni a fost instalat in anul 1857, acesta avand si caracteristica de siguranta, mentionata anterior.

Exista o multitudine de tipuri de sisteme de ridicare, considerand functionalitatea acestora. Unul dintre cele mai cunoscute este cel pentru pasageri, ce muta oameni de la un etaj la altul, lifturi de lip trotuar, lifturi pentru scene, lifturi pentru barci, pentru aeronave, pentru autoturisme, lift residential sau, cel care face obiectul acestei lucrari, **liftul pentru bagaje**.

Liftul pentru bagaje este construit pentru a cara bunuri, nu oameni. Acestea pot avea usi operate manual, spre deosebire de lifturile pentru pasageri si, de obicei, un aspect si finisaje mai robuste, pentru a preveni daunarea interiorului in timpul incarcarii si descarcarii. Desi lifturi de bagaje cu sistem hidraulic

exista, cele electrice sunt mult mai bune, din punct de vedere al consumului de energie necesar pentru ridicare.

Industria ce produce lifturi, atat de mai multe tipuri, cat si specializate pentru bagaje este dezvoltata, la momentul actual. De aceea, putem compara cateva modele de lifturi de bagaje prezente pe piata in acest moment si putem prezenta un **stadiu actual** al productiei de sisteme de ridicare pentru bagaje.

Unul dintre lifturile de bagaje de pe piata in momentul actual este **Baggage Buddy**, produs de firma JBT. Acestea sunt destinate caratului de bagaje in aeroporturi si contin blocari operationale necesare, carucioare potrivite pentru uz de catre pasageri si capacitate mare de transport. Unele dintre caracteristicile si beneficiile importante, mentionate de companie legate de sistemul lor de ridicare sunt:

- posibilitatea de montare in multiple configurari;
- posibilitatea de a fi atasat de cladirea aeroportului sau la podul pentru imbarcarea pasagerilor;
- includerea de carucioare pentru plasarea bagajelor in lift si are multiple interblocari pentru operatiuni ce parcurg neted.

Un alt exemplu este cel de la Unimaac Engineers, numit **Vertical Goods Lift**. Acesta are o platforma de 2m² si poate ridica pana la o inaltime de 5m. Capacitatea lui de ridicare este de max 2 tone, tehnologia folosita fiind sistemul hidraulic. Acesta poate fi comandat si la alte dimensiuni si specificatii, considerand cerintele clientului. Principalele beneficii si caracteristici sunt cele de:

- rezistenta ridicata la tractiune;
- acuratete dimensionala;
- instalare fara probleme.

Alt exemplu de lift este cel creat de cei de la Artech Engineers, numit simplu **Goods Lift**. Acesta poate fi folosit atat in industrie, cat si pe exteriorul cladirilor si prezinta urmatoarele beneficii:

- are o carcasa de otel pentru suport, care reduce costul mainii de lucru pentru amplasarea liftului;
- este operat de un button tip Push, fixat in exteriorul carcasei de otel, la toate nivelurile cladirii;
- motor electric cu sistem de macara si circuite pentru limitare, la fiecare nivel cu intrerupatoare pentru gravitate pentru siguranta aditionala;
- capacitate de pana la 5 tone;
- usa cu sistem de colapsare la intrare si iesire.



Fig. 1. Sistem de ridicare Baggage Buddy



Fig. 2. Sistem de ridicare Vertical Goods Lift



Fig. 3. Sistem de ridicare Goods Lift

2. Metoda

Metodele folosite pentru dezvoltarea sistemului au fost facilitate de proiectarea 3D a sistemului. Prin pozele facute sistemului proiectat, se pot observa solutiile gasite pentru implementarea liftului, incepand de la principiul folosit pentru ridicarea bazei liftului, cu greutatea acceptata de acesta, pana la gasirea unei solutii si implementarea unui sistem de siguranta, acesta fiind unul dintre elementele cheie ale sistemului de ridicare, deoarece accidentele de orice fel trebuie eliminate. In urma acestei proiectari, s-a ajuns la o solutie care satisface toate cerintele initiale si, in acelasi timp, se incadreaza in limita bugetului calculat si in cantitatea materialelor folosite. De asemenea, se poate observa includerea spatiilor si sistemelor de prindere necesare pentru atasarea motoarelor si senzorilor necesari.

Pe baza unui suport pentru lift, placa ce reprezinta baza liftului se prinde de 2 stalpi laterali. Aceasta este ridicata pe un suport tip scripete, actionat cu ajutorul unui motor pas cu pas 28BYJ-48 5V si driver ULN2003.

Pentru sistemul de siguranta, a fost implementat un sistem cu cremaliera si roata dintata. Acesta va actiona, cu ajutorul unui motor de acelasi tip ca cel folosit pentru procesul de ridicare al liftului, incepand cu roata dintata. Ulterior, roata dintata va misca cremaliera spre interior, din lateralul suportului pentru lift si va actiona ca un sistem de stopare a liftului, in cazul in care senzorul de proximitate detecteaza liftul in apropiere, dupa ce acesta trece de senzor.

Pentru programarea si actionarea electronica a sistemului, se vor folosi o placa de dezvoltare Raspberry Pi 3 Model B+ , aceasta fiind bazat pe un procesor quad core cu o arhitectură pe 64 biți ce rulează la frecvența de 1.4 GHz, cu WiFi dual-band de 2.4 GHz și 5 GHz, Bluetooth 4.2/BLE și compatibilitate PoE, alimentat de un alimentator Alimentator de 2.5 A, 5.1 V cu cablu Micro USB de 1.5 m si adaptor UK to EU pentru Raspberry Pi 3 Model B+.

Raspberry Pi este un computer single-board, de dimensiunile unui card de credit, care nu include periferale, precum tastatura, mouse-uri si ecrane. Performantele placii Raspberry Pi 3 sunt de 10 ori mai mari decat cele ale Raspberry Pi 1. Modelele A, A+ si Pi Zero nu au circuite Ethernet si sunt in general

legate la retea folosind un cablu USB sau adaptor Wifi. Pe modelele B si B+ portul de Ethernet este adaugat printr-un adaptor USB Ethernet, folosind chip-ul SMSC LAN9514.

Raspberry Pi poate fi folosita cu orice tastatura sau mouse ce se poate conecta cu ajutorul USB. Legat de software-ul ce trebuie folosit, Raspberry Pi Foundation recomanda folosirea Raspbian, un sistem de operare Linux, bazat pe Debian. Alte sisteme de operare, incluse pe site-ul oficial includ:

- Ubuntu MATE;
- Windows 10 IoT Core;
- RISC OS;
- Distributii specializate pentru Kodi;
-

De asemenea, se va folosi un senzor inductiv de proximitate LJ12A34Z/BX, acesta este ideal în aplicațiile unde senzorii mecanici nu pot fi folosiți (nu este permis contactul cu diferite materiale metalice). Motoarele si senzorul vor fi actionate de placa de dezvoltare cu ajutorul limbajului de programare Python.

Python este un limbaj de programare dinamic multi-paradigma. El a fost creat in 1989 pune accent pe simplitatea codului si curatenia acestuia. Ideile pragmatic ale programatorilor pot fi exprimate intr-o maniera clara, concise si simpla fata de cea a altor limbaje de programare. Este folosit de companii precum Google pentru dezvoltarea aplicatiilor web, dar si in lucrari si cercetari stiintifice, avand o librarie vasta cu module ce pot ajuta intr-o multitudine de domenii.

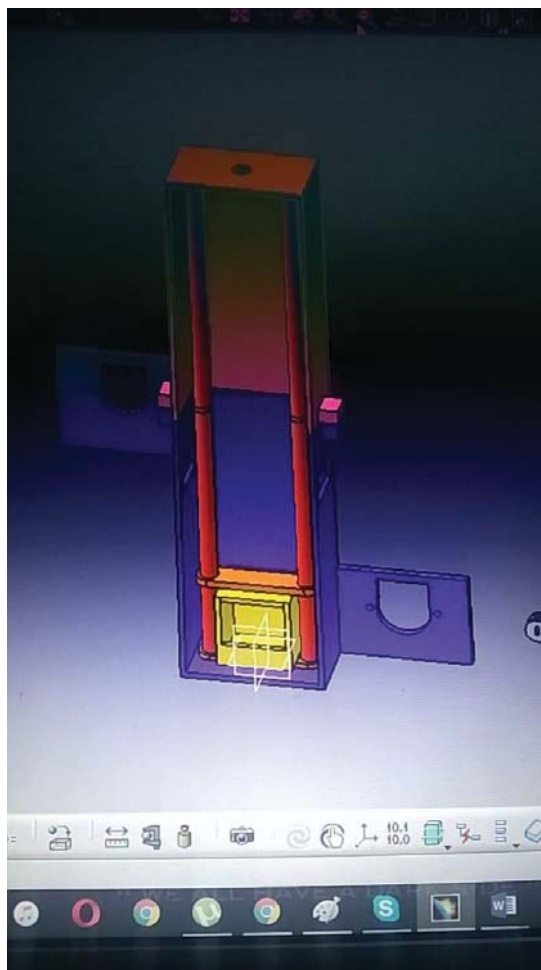


Fig. 4. Sistemul de ridicare, proiectat in 3D.

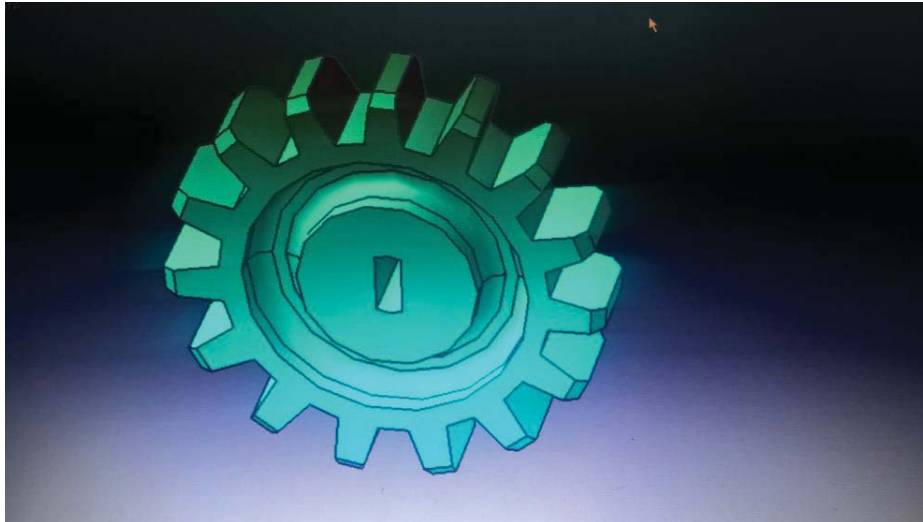


Fig. 5. Roata dintata pentru sistem cremaliera

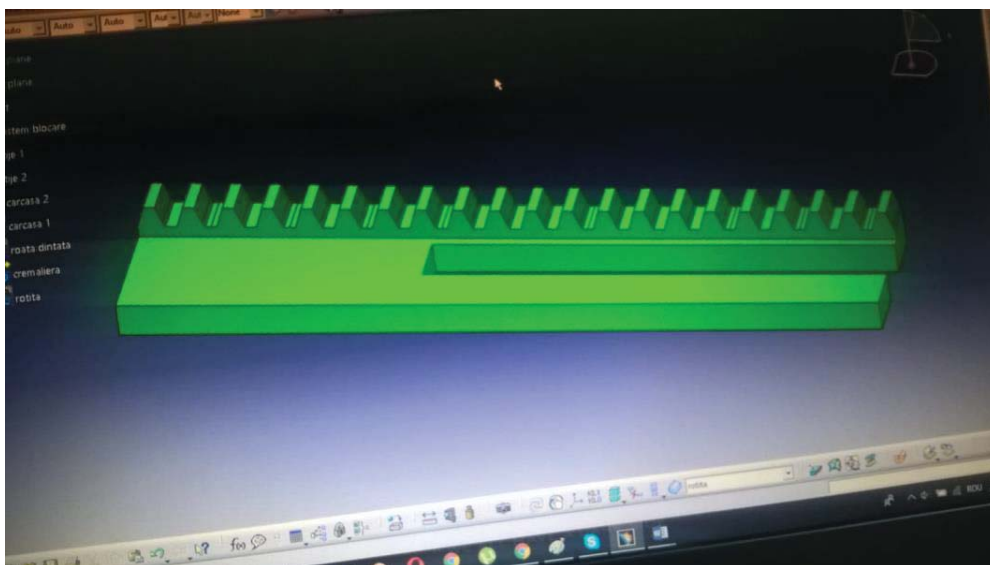


Fig. 6. Cremaliera pentru sistemul de siguranta al sistemului de ridicare

3. Rezultate

Rezultatele obtinute in urma proiectarii 3D si a analizarii posibilitatilor si situatiilor intalnite, au dus la siguranta de a putea incepe achizitionarea elementelor necesare montarea pieselor intr-un ansamblu care sa functioneze eficient.

Suportul liftului, liftul de bagaje in sine, roata dintata, cremaliera si suporturile aferente necesare atasarii motoarelor se vor printa cu ajutorul unei imprimante 3D. Celelalte componente, placa de dezvoltare Raspberry Pi, alimentatorul placii de dezvoltare, senzorul, motoarele si elementele aditionale, precum breadboard-ul si cablurile necesare, au fost achizitionate si vor fi montate pe suportul de lift dupa printare.



Fig. 7. Motor pas cu pas folosit pentru actionarea sistemului



Fig. 8. Raspberry Pi 3 Model B+ folosit pentru sistem



Fig. 9. Senzor de proximitate folosit pentru sistemul de siguranta

4. Concluzii

In concluzie, sistemul proiectat pentru ridicarea de bagaje este concludent pentru a putea evidenta posibilitatea de functionare a acestuia la parametri optimi. Unul din principalele obiective si una dintre cele mai importante probleme ce au impus necesitatea de dezbatare, a fost sistemul de siguranta adaugat liftului. Fara aceasta caracteristica legata de siguranta, sistemul nu poate fi implementat in realitate, in marime normala, intrucat nu ar putea fi aprobat.

Limbajul de programare folosit, elementele mecanice, electronice si statice ale sistemului dezvoltat, compun un prototip ce poate sta la baza design-ului si arhitecturii unui sistem de transport bagaje pe vertical ce poate fi implementat in lumea reala si poate aduce beneficii utilizatorilor, cu necesitatea unei mentenante reduse si eventual, periodice si cu asigurarea calitatii si sigurantei in timpul functionarii.

Acest prototip se deosebeste de celelalte sisteme prezente in piata prin simplitatea design-ului, fara compromisul calitatii si al sigurantei. De asemenea, solutiile gasite asigura rezistenta in timp si buna functionare a liftului pentru o perioada lunga de timp, fara necesitatea de reparatii sau adaugari.

5. Bibliografie

- [1]. Shaw, Zed A. (2014), *Learn Python the Hard Way: A Very Simple Introduction to the Terrifyingly Beautiful World of Computers and Code*, Addison-Wesley, Upper Saddle River, NJ, 978-0-321-88491-6.
- [2]. Matthes, Eric (2016), *Python Crash Course: A Hands-On, Project-Based Introduction to Programming*, No Starch Press, San Francisco, 1-59327-603-6.
- [3]. <https://ro.wikipedia.org>
- [4]. <https://projects.raspberrypi.org/en/projects/>
- [5]. <https://howtoraspberrypi.com/>

Matricea funcțională a sistemului este:

$$W(x) = \begin{vmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial f_1}{\partial x_n} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial f_2}{\partial x_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_n}{\partial x_1} & \frac{\partial f_n}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial f_n}{\partial x_n} \end{vmatrix}. \quad (2)$$

Dacă funcțiile $f_1, f_2, \dots, f_n$, împreună cu derivatele lor parțiale $\frac{\partial f_i}{\partial x_j}$, $(i, j) = \overline{1, n}$ sunt continue pe vecinătatea V și $\det W(x)|_{x=\alpha} \neq 0$, atunci matricea $W(x)$ admite o inversă $W^{-1}(x)$, iar soluția sistemului este de forma, în cazul metodei Newton-Raphson este de forma:

$$x^{(k+1)} = x^{(k)} - W^{-1}(x^{(k)}) \cdot f(x^{(k)}), \quad (3)$$

unde $x^{(k+1)}$ este soluția sistemului (1) la iterația $(k+1)$, iar $W^{-1}(x^{(k)}) \cdot f(x^{(k)})$ este eroarea soluției de la iterația k la iterația $k+1$.

Procesul de calcul este iterativ și se oprește atunci când este realizată condiția:

$$|x^{(k+1)} - x^{(k)}| \leq \varepsilon. \quad (4)$$

2.1.2. Metoda gradientului.

Dacă pentru rezolvarea sistemului de ecuații (1) se folosește metoda gradientului, soluția este de forma:

$$x^{(k+1)} = x^{(k)} - \mu_k W'(x^{(k)}) \cdot f(x^{(k)}), \quad (5)$$

unde:

$$\mu_k = \frac{[f(x^{(k)}), W(x^{(k)}) \cdot W'(x^{(k)}) \cdot f(x^{(k)})]}{[W(x^{(k)}) \cdot W'(x^{(k)}) \cdot f(x^{(k)}), W(x^{(k)}) \cdot W'(x^{(k)}) \cdot f(x^{(k)})]}. \quad (6)$$

În ambele metode de rezolvare, a sistemului de ecuații neliniare, este necesară matricea funcțională a sistemului. Propunem determinarea termenilor matricei funcționale a sistemului pe cale numerică, adică prin derivarea numerică a funcțiilor.

3. Derivarea numerică a funcțiilor date sub formă numerică și sub formă analitică.

Dacă se consideră o funcție $y = y(x)$, definită numeric prin coordonatele (x_i, y_i) , $i = \overline{1, n}$, unde $x_i = x_{i-1} + h$ (h fiind pasul rețelei), pentru calculul derivatei $y' = \frac{dy}{dx}$ în punctul de abscisă x_i se pot folosi diverse formule de derivare numerică, după cum urmează:

$$y'_i = \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2h}, \quad i = \overline{2, n-1}, \text{ dacă se iau în considerare 3 puncte de pe curbă;}$$

$$y'_i = \frac{y_{i-2} - 8(y_{i-1} - y_{i+1}) - y_{i+2}}{12h}, \quad i = \overline{3, n-2}, \text{ dacă se iau în considerare 5 puncte de pe curbă;}$$

$$y'_i = \frac{58(y_{i+1} - y_{i-1}) + 67(y_{i+2} - y_{i-2}) - 22(y_{i+3} - y_{i-3})}{252h}, \quad i = \overline{4, n-3}, \text{ dacă se iau în considerare 7}$$

puncte de pe curbă ș.a.m.d.

Pentru derivarea numerică a funcțiilor analitice corespunzătoare unui sistem de n ecuații neliniare în necunoscutele $x_1, x_2, \dots, x_n$, se consideră un pas de derivare h și se aplică una din relațiile de derivare numerică. Astfel, dacă se consideră 3 puncte de pe curbă se obțin relațiile:

$$\frac{\partial f_i}{\partial x_j} \cong \frac{f_i(x_1, x_2, \Lambda, x_{j-1}, x_j + h, x_{j+1}, \Lambda, x_n) - f_i(x_1, x_2, \Lambda, x_{j-1}, x_j - h, x_{j+1}, \Lambda, x_n)}{2h}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, n}; \quad (7)$$

În mod similar se obțin și celelalte formule de derivare.

4. Înmulțirea matricelor

Două matrice **A** și **B** nu întotdeauna se pot înmulți. Pentru a putea realiza înmulțirea a două matrice, trebuie ca numărul de coloane ale primei matrice să fie egal cu numărul de linii ale celei de a doua matrice.

Fie **A**, o matrice cu l linii și m coloane și **B**, o matrice cu m linii și n coloane. Cele două matrice se mai pot scrie și sub forma: **A** $[l, m]$, **B** $[m, n]$. Produsul celor două matrice este o altă matrice cu dimensiunile l și n , adică **C** $[l, n]$.

Elementele matricei **C** sunt de forma:

$$c_{ij} = a_{i1}b_{1j} + a_{i2}b_{2j} + \dots + a_{im}b_{mj} = \sum_{k=1}^m a_{ik}b_{kj}, \quad i = \overline{1, l}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (8)$$

5. Sinteza mecanismului de săpat gropi pentru arbuști

În continuare se prezintă sinteza unui mecanism care aproximează o dreaptă

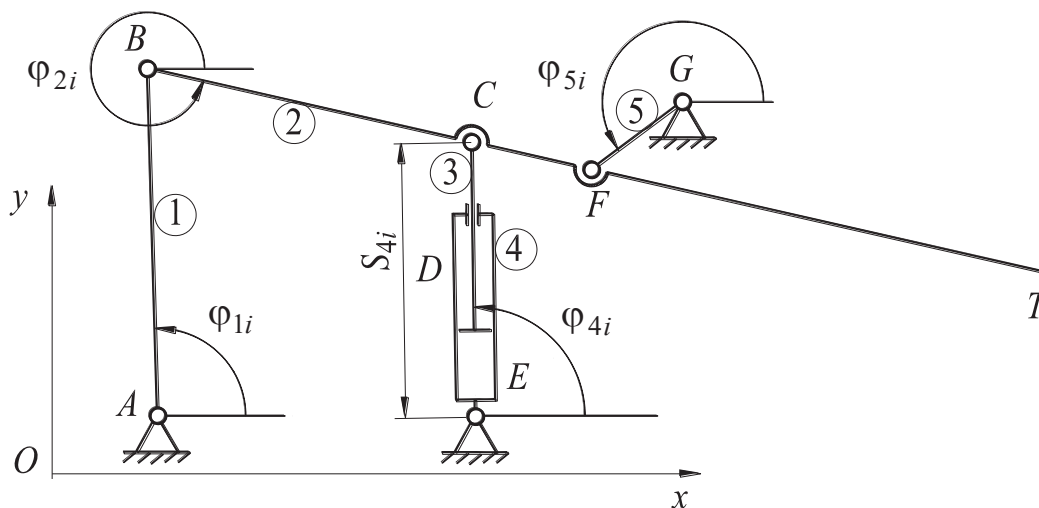


Fig. 1. Schema cinematică a mecanismului

Pentru scrierea ecuațiilor necesare sintezei mecanismului, se folosește metoda contururilor [16]. Astfel, pe contururile independente OABCEO, OABFGO și OABTO se scriu ecuațiile vectoriale:

$$\begin{aligned} \overline{OA} + \overline{AB} + \overline{BC} &= \overline{OE} + \overline{EC}; \\ \overline{OA} + \overline{AB} + \overline{BF} &= \overline{OG} + \overline{GF}; \\ \overline{OA} + \overline{AB} + \overline{BT} &= \overline{OT}. \end{aligned} \quad (9)$$

Proiectând ecuațiile (9) pe axele de coordonate ale sistemului xOy se obțin ecuațiile scalare:

$$\left\{ \begin{array}{l} XA + AB \cos \varphi_{1i} + BC \cos \varphi_{2i} - S_{4i} \cos \varphi_{4i} - XE = 0; \\ YA + AB \sin \varphi_{1i} + BC \sin \varphi_{2i} - S_{4i} \sin \varphi_{4i} - YE = 0; \\ XA + AB \cos \varphi_{1i} + BF \cos \varphi_{2i} - FG \cos \varphi_{5i} - XG = 0; \\ YA + AB \sin \varphi_{1i} + BF \sin \varphi_{2i} - FG \sin \varphi_{5i} - YG = 0; \\ XA + AB \cos \varphi_{1i} + BT \cos \varphi_{2i} - XT_i = 0; \\ YA + AB \sin \varphi_{1i} + BT \sin \varphi_{2i} - YT_i = 0; \\ i = \overline{1, n} . \end{array} \right. \quad (10)$$

Dacă se consideră originea sistemului de axe xOy în punctul A , iar punctul E se află pe axa Ox a sistemului de coordonate, atunci necunoscutele sistemului de ecuații neliniare (10) sunt: $XE, XG, YG, AB, BC, BF, FG, BT, \varphi_{1i}, \varphi_{2i}, \varphi_{4i}, \varphi_{5i}, S_{4i} \ i = \overline{1, n}$. Se observă că în sistemul de ecuații (10) sunt 8 mărimi constante și $5n$ mărimi variabile. Din condiția de compatibilitate $8 + 5n = 6n$, rezultă $n = 8$, adică se pot impune 8 poziții pentru punctul trasat T . Așadar, se obține un sistem de 48 de ecuații neliniare cu 48 de necunoscute. Numărul ecuațiilor sistemului fiind foarte mare, determinarea expresiilor elementelor matricei funcționale este deosebit de dificilă, ceea ce impune folosirea unei proceduri de derivare numerică.

În tabelul 1 se prezintă o procedură de rezolvare a sistemelor de ecuații neliniare prin metoda gradientului, folosind metoda derivării numerice a funcțiilor pentru obținerea elementelor matricei funcționale.

Tabelul 1

```
PROCEDURE GRADDERN(NUME:PROC6;MF:PROC7;N,ITER:INTEGER;
  H,EPS:REAL;VAR X:VECTOR1;VAR KOD:INTEGER);
VAR I,J,N1,N2:INTEGER;AM,F11,F12,JESF:REAL;
  DX,F,F1,F2:VECTOR1;W,W1:VECTOR;
BEGIN
  FOR I:=1 TO N DO
  BEGIN
    F1[I]:=0;
    F2[I]:=0;
  END;
  FOR I:=1 TO N*N DO
  BEGIN
    W[I]:=0;
    W1[I]:=0;
  END;
  N1:=N+1;
  I:=1;
  REPEAT
    MF(NUME,X,N,H,F,W,KOD);
    TRANSPUS(W,N,W1);
    PRODMAT(W1,F,N,N,1,F1);
    PRODMAT(W,F1,N,N,1,F2);
    F11:=0;
    F12:=0;
    FOR J:=1 TO N DO
    BEGIN
      F11:=F11+F[J]*F2[J];
      F12:=F12+F2[J]*F2[J];
    END;
    IF ABS(F12) < 1.E-15 THEN
    BEGIN
```

```

KOD:=1;
WRITELN(' KOD= ',KOD);
READLN;
EXIT;
END
ELSE
AM:=F11/F12;
FOR J:=1 TO N DO
DX[J]:=AM*F1[J];
JESF:=0;
J:=1;
REPEAT
IF ABS(DX[J]) < EPS THEN
J:=J+1
ELSE
BEGIN
J:=N1;
JESF:=1;
END;
UNTIL J > N;
IF JESF = 0 THEN EXIT;
FOR J:=1 TO N DO
X[J]:=X[J]-DX[J];
WRITELN(I:4, ' ',X[1]);
I:=I+1;
UNTIL I > ITER;
WRITELN('SIST. NU CONVERGE');
READLN;
HALT;
END;

```

În tabelul 2 se prezintă programul principal de calcul, pentru sinteza mecanismului menționat.

Tabelul 2

```

PROGRAM SINTEZA_MECHANISM;
USES CRT;
{$M 65520,0,655360}
TYPE
VECTOR1=ARRAY[1..48]OF REAL;
VECTOR=ARRAY[1..2304]OF REAL;
PROC6=PROCEDURE(N:INTEGER;X:VECTOR1;VAR F:VECTOR1;VAR KOD:INTEGER);
PROC7=PROCEDURE(PROC:PROC6;X:VECTOR1;N:INTEGER;EPS:REAL;VAR
F:VECTOR1;VAR W:VECTOR;VAR KOD:INTEGER);
VAR X,XT,YT:VECTOR1;
H,EPS:REAL;
I,N,ITER,KOD:INTEGER;
F1:TEXT;
{F+}
PROCEDURE FUNCT(N:INTEGER;X:VECTOR1;VAR F:VECTOR1;
VAR KOD:INTEGER);
VAR C1,S1,C2,S2,C4,S4,C5,S5:REAL;
XT,YT:VECTOR1;
I:INTEGER;
BEGIN
FOR I:=1 TO 8 DO
BEGIN
XT[I]:=2.352;
YT[I]:=0.223+(I-1)*0.14;
END;

```

```

FOR I:=1 TO 8 DO
BEGIN
  C1:=COS(X[I+8]);C2:=COS(X[I+16]);C4:=COS(X[I+24]);C5:=COS(X[I+32]);
  S1:=SIN(X[I+8]);S2:=SIN(X[I+16]);S4:=SIN(X[I+24]);S5:=SIN(X[I+32]);
  F[I]:=X[4]*C1+X[5]*C2-X[40+I]*C4-X[1];
  F[I+8]:=X[4]*S1+X[5]*S2-X[40+I]*S4;
  F[I+16]:=X[4]*C1+X[6]*C2-X[7]*C5-X[2];
  F[I+24]:=X[4]*S1+X[6]*S2-X[7]*S5-X[3];
  F[I+32]:=X[4]*C1+X[8]*C2-X[I];
  F[I+40]:=X[4]*S1+X[8]*S2-YT[I];
END;
KOD:=0;
END;
{F-}
PROCEDURE PRODMAT(A:VECTOR;B:VECTOR1;L,M,N:INTEGER;
  VAR R:VECTOR1);
VAR I,J,K,IJ,IK,KJ:INTEGER;
BEGIN
  FOR I:=1 TO L DO
  BEGIN
    FOR J:=1 TO N DO
    BEGIN
      IJ:=I+(J-1)*L;
      R[IJ]:=0.;
      FOR K:=1 TO M DO
      BEGIN
        IK:=I+(K-1)*L;
        KJ:=K+(J-1)*M;
        R[IJ]:=R[IJ]+A[IK]*B[KJ];
      END;
    END;
  END;
END;
PROCEDURE TRANSPUS(A:VECTOR;N:INTEGER;VAR B:VECTOR);
VAR I,J:INTEGER;
BEGIN
  FOR J:=1 TO N DO
  BEGIN
    FOR I:=1 TO N DO
      B[I+(J-1)*N]:=A[J+(I-1)*N];
    END;
  END;
END;
PROCEDURE MF(PROC:PROC6;X:VECTOR1;N:INTEGER;H:REAL;
  VAR F:VECTOR1;VAR W:VECTOR;VAR KOD:INTEGER);
VAR I,K:INTEGER;
  F1,F2,X1:VECTOR1;
BEGIN
  FOR I:=1 TO N*N DO
    W[I]:=0;
  FOR K:=1 TO N DO
  BEGIN
    FOR I:=1 TO N DO
      X1[I]:=X[I];
      X1[K]:=X[K]-H;
      PROC(N,X1,F1,KOD);
      X1[K]:=X[K]+H;
      PROC(N,X1,F2,KOD);

```

```

FOR I:=1 TO N DO
  W[I+(K-1)*N]:=(F2[I]-F1[I])/(2*H);
END;
PROC(N,X,F,KOD);
END;
PROCEDURE GRADDERN(NUME:PROC6;MF:PROC7;N,ITER:INTEGER;
  H,EPS:REAL;VAR X:VECTOR1;VAR KOD:INTEGER);
VAR I,J,N1,N2:INTEGER;AM,F11,F12,JESF:REAL;
  DX,F,F1,F2:VECTOR1;W,W1:VECTOR;
BEGIN
  FOR I:=1 TO N DO
    BEGIN
      F1[I]:=0;
      F2[I]:=0;
    END;
  FOR I:=1 TO N*N DO
    BEGIN
      W[I]:=0;
      W1[I]:=0;
    END;
  N1:=N+1;
  I:=1;
  REPEAT
    MF(NUME,X,N,H,F,W,KOD);
    TRANSPUS(W,N,W1);
    PRODMAT(W1,F,N,N,1,F1);
    PRODMAT(W,F1,N,N,1,F2);
    F11:=0;
    F12:=0;
    FOR J:=1 TO N DO
      BEGIN
        F11:=F11+F[J]*F2[J];
        F12:=F12+F2[J]*F2[J];
      END;
    IF ABS(F12) < 1.E-15 THEN
      BEGIN
        KOD:=1;
        WRITELN(' KOD= ',KOD);
        READLN;
        EXIT;
      END
    ELSE
      AM:=F11/F12;
      FOR J:=1 TO N DO
        DX[J]:=AM*F1[J];
      JESF:=0;
      J:=1;
      REPEAT
        IF ABS(DX[J]) < EPS THEN
          J:=J+1
        ELSE
          BEGIN
            J:=N1;
            JESF:=1;
          END;
      UNTIL J > N;
      IF JESF = 0 THEN EXIT;

```

```

        FOR J:=1 TO N DO
            X[J]:=X[J]-DX[J];
            WRITELN(I:4,' ',X[1]);
            I:=I+1;
        UNTIL I > ITER;
        WRITELN('SIST. NU CONVERGE');
        READLN;
        HALT;
    END;
BEGIN
    CLRSCR;
    ASSIGN(F1,'FUNCT.DAT');
    REWRITE(F1);
    KOD:=0;
    X[1]:=0.6; X[2]:=0.75; X[3]:=0.7; X[4]:=0.83; X[5]:=0.58;
    X[6]:=0.66; X[7]:=0.27; X[8]:=2.35;
    X[9]:=1.58; X[10]:=1.62; X[11]:=1.64; X[12]:=1.66; X[13]:=1.67;
    X[14]:=1.67; X[15]:=1.67; X[16]:=1.66;
    X[17]:=-0.25; X[18]:=-0.2; X[19]:=-0.15; X[20]:=-0.09; X[21]:=-0.043;
    X[22]:=0.0084; X[23]:=0.06; X[24]:=0.111;
    X[25]:=1.65; X[26]:=1.68; X[27]:=1.69; X[28]:=1.7; X[29]:=1.71;
    X[30]:=1.7; X[31]:=1.7; X[32]:=1.68;
    X[33]:=-2.5; X[34]:=-2.64; X[35]:=-2.77; X[36]:=-2.9; X[37]:=-3.;
    X[38]:=-3.14; X[39]:=3.; X[40]:=2.9;
    FOR I:=1 TO 8 DO
        BEGIN
            XT[I]:=2.352;
            YT[I]:=0.223+(I-1)*0.14;
            X[I+40]:=0.563+0.03;
        END;
    ITER:=10000;
    H:=0.0015;
    EPS:=1.E-05;
    N:=48;
    GRADDERN(FUNCT,MF,N,ITER,H,EPS,X,KOD);
    IF KOD = 0 THEN
        BEGIN
            FOR I:=1 TO N DO
                BEGIN
                    WRITELN('X['I,']:=',X[I]:8:5);
                    WRITELN(F1,'X['I,']:=',X[I]:8:5);
                    READLN;
                END;
            CLOSE(F1);
            HALT;
        END
    ELSE
        BEGIN
            WRITELN('KOD= ',KOD);
            READLN;
            HALT;
        END;
    END.

```

Rezultatele calculelor sunt prezentate în tabelul 3:

Tabelul 3

$X[1]:=0.56992$
 $X[2]:=0.78725$
 $X[3]:=0.78762$
 $X[4]:=0.78556$
 $X[5]:=0.55477$
 $X[6]:=0.61275$
 $X[7]:=0.25571$
 $X[8]:=2.43556$
 $X[9]:=1.59491$
 $X[10]:=1.63084$
 $X[11]:=1.65576$
 $X[12]:=1.67060$
 $X[13]:=1.67581$
 $X[14]:=1.67150$
 $X[15]:=1.65747$
 $X[16]:=1.63322$
 $X[17]:=-0.23295$
 $X[18]:=-0.17377$
 $X[19]:=-0.11510$
 $X[20]:=-0.05696$
 $X[21]:=0.00072$
 $X[22]:=0.05809$
 $X[23]:=0.11535$
 $X[24]:=0.17284$
 $X[25]:=1.64535$
 $X[26]:=1.67310$
 $X[27]:=1.68914$
 $X[28]:=1.69589$
 $X[29]:=1.69489$
 $X[30]:=1.68709$
 $X[31]:=1.67303$
 $X[32]:=1.65297$
 $X[33]:=-2.54222$
 $X[34]:=-2.69956$
 $X[35]:=-2.84400$
 $X[36]:=-2.98187$
 $X[37]:=-3.11803$
 $X[38]:=-3.25636$
 $X[39]:=2.88296$
 $X[40]:=2.73053$
 $X[41]:=0.65907$
 $X[42]:=0.69182$
 $X[43]:=0.72405$
 $X[45]:=0.78767$
 $X[46]:=0.81929$
 $X[47]:=0.85088$
 $X[48]:=0.88239$

Rezultatele din tabelul 7, obținute în urma rulării programului de calcul din tabelul 6, au următoarele semnificații:

- valorile introduse în locațiile 1-8, ale tabloului X, reprezintă dimensiunile elementelor și pozițiile articulațiilor la bază, și anume:

$$XE = X[1]; \quad XG = X[2]; \quad YG = X[3]; \quad AB = X[4]; \quad BC = X[5]; \quad BF = X[6]; \quad FG = X[7]; \quad BT = X[8];$$

- în locațiile 9-40, ale tabloului X, sunt introduse valorile unghiurilor φ_{1i} , $i = \overline{1, 8}$; φ_{2i} , $i = \overline{1, 8}$;

$$\varphi_{4i}, i = \overline{1,8}; \varphi_{5i}, i = \overline{1,8};$$

- în locațiile 41-48, ale tabloului X, sunt introduse valorile distanțelor $S_{4i}, i = \overline{1,8}$, dintre articulațiile C și E ale cilindrului hidraulic.

6. CONCLUZII

Folosind metodele de calcul numeric, se poate realiza cu ușurință sinteza oricărui mecanism. Operatorul trebuie să aibă minime cunoștințe de matematică, de mecanisme și de programare.

O mare atenție trebuie acordată alegerii soluției inițiale, pentru rezolvarea sistemelor de ecuații neliniare.

Pentru evitarea calculului laborios de obținere analitică a elementelor matricei funcționale a sistemelor de ecuații neliniare, se folosește cu succes metoda de derivare numerică a funcțiilor de mai multe variabile.

7. BIBLIOGRAFIE

- [1]. Artobolevski, I.I. (1977), *Theorie des mecanismes et des machines*, Editions Mir, Moscou.
- [2]. Demidovitch, B., Maron, I. (1976), *Elements de calcul numeriques*, Editions Mir, Moscou.
- [3]. Duca, C., Buium, Fl., Păraoanu, G. (2003), *Mecanisme*, Editura Gh. Asachi, Iași.
- [4]. Ghinea, M., Firețeanu, V. (1995), *MATLAB. Calcul numeric+Grafică+Aplicații*, Editura Teora, București.
- [5]. Moise, V. (1986), *Cinematica și controlul mecanismelor manipulatorie cu 4 grade de mobilitate*, Teză de doctorat, București.
- [6]. Moise, V. (2018), *Sinteza mecanismelor plane cu bare articulate*, Editura Printech, București.
- [7]. Moise, V., Maican, E., Moise, Șt. I. (2003), *Metode numerice în inginerie*, Editura Bren, București.
- [8]. Moise, V., Simionescu, I., Ene, M., Neacșa, M., Tabără, I.A. (2007), *Analiza mecanismelor aplicate*, Editura Printech, București.
- [9]. Pelecudi, Chr., Simionescu, I., Moise, V., Ene, M. (1981), *Proiectarea mecanismelor*, Institutul Politehnic București.
- [10]. Pelecudi, Chr., Simionescu, I., Ene, M., Moise, V., Candrea, A. (1982), *Probleme de mecanisme*, Editura Didactică și Pedagogică, București.
- [11]. Pelecudi, Chr., Maroș, D., Merticaru, V., Pandrea, N., Simionescu, I. (1985), *Mecanisme*, Editura Didactică și Pedagogică, București.
- [12]. Simionescu, I., Dranga, M., Moise, V. (1995), *Metode numerice în tehnică*, Ed. Tehnică, București.
- [13]. Simionescu, I., Moise, V. (1999), *Mecanisme*, Editura Tehnică, București.
- [14]. Voinea, R., Voiculescu, D., Ceașu, V. (1985), *Mecanica*, Editura Didactică și Pedagogică, București.

MODELE BIMOBILE CU STRUCTURA INVERSĂ 9R+3R

BOGOI (JIANU) Elena - Liliana¹, BĂCIOIU (DEACONU) Adina²

¹Facultatea: Ingineria și Managementul Sistemelor Tehnologice, Specializarea: Modelarea și Simularea Sistemelor
Mecanice Mobile, Anul de studii: II, e-mail: lili26janiu@yahoo.co.uk

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Adriana Comănescu**

REZUMAT: *Lucrarea prezintă modele bimobile cu structura inversă 9R+3R pentru crearea de noi mecanisme cu două grade de mobilitate. Proiectarea se bazează pe modelele inverse asociate lanțului cinematic fundamental 5-5-6.*

CUVINTE CHEIE: *pedipulator, modele bimobile, soluțiile bază – efector.*

1. Introducere

Modelele inverse sunt asociate lanțului cinematic fundamental 5-5-6 (figura 1).

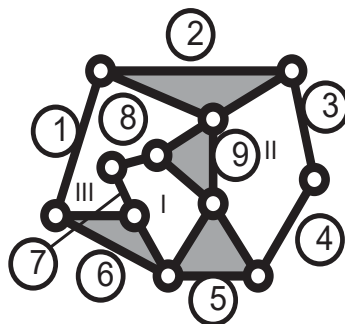


Fig. 1. Lanț cinematic fundamental 5-5-6

Lanțul cinematic are $n = 9$ elemente cinematice și $i = 11$ cuple cinematice. În consecință acesta este caracterizat de gradul de libertate $L = 3n - 2i = 5$ și gradul de mobilitate $M = L - 3 = 2$. Parcurgând etapele pentru modelarea inversă se aleg din lanț posibilele baze și efectori utilizând teoremele aferente [1,2,3] rezultatele fiind consemnate în matricea bază-efector, și anume:

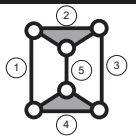
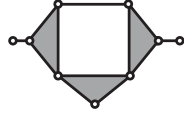
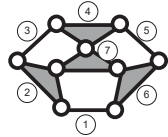
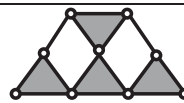
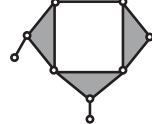
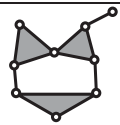
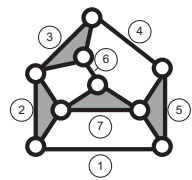
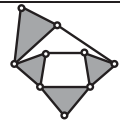
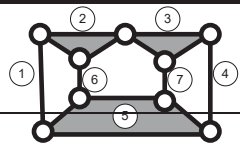
Baza/ efector	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0	1	1	1	0	1	1	1
2	0	0	0	1	1	1	1	1	0
3	1	0	0	0	1	1	1	1	1
4	1	1	0	0	0	1	1	1	1
5	1	1	1	0	0	0	1	1	0
6	0	1	1	1	0	0	0	1	1
7	1	1	1	1	1	0	0	0	1
8	1	1	1	1	1	1	0	0	0
9	1	0	1	1	0	1	1	0	0

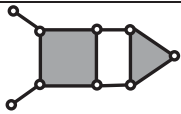
În lanț se disting trei contururi independente a căror clasă este dată de numărul de elemente adiacente fiecăruia, astfel că $cl_I = 5$, $cl_{II} = 5$, $cl_{III} = 6$, iar clasa conturului exterior este $cl_{ext} = 6$.

Din matricea bază efector se disting $25 \times 2 = 50$ soluții pentru posibilă bază-efector ale modelului invers.

În Tabelul 1 sunt menționate grupele modulare pasive existente în literatura clasică de specialitate [1,2], acestea fiind obținute din 5 grinzi Baranov (BT) dintre cele 33 cunoscute.

Tabelul 1. Grupe modulare pasive

Grinda Baranov (BT)	Grupa modulara pasiva (GMP)
 BT 1	 GMP 1
 BT 2	 GMP 2
	 GMP 3
	 GMP 5
 BT 3	 GMP 9
	 GMP 11
	 GMP 6
	 GMP 8
 BT 4	 GMP 10
	 GMP 12
	 GMP 4

BT 5	
	

2. Modelele structurale inverse

Ansamblul celor 50 de soluții structurale a modelelor inverse caracterizate printr-un grad de mobilitate instantaneu nul este redat în Tabelul 2. Realizarea acestora se face prin respectarea teoremelor de selecție a posibilelor bazelor și efectori [1,2] Se regăsesc structuri cu unele grupe modulare pasive menționate în Tabelul 1.

Tabelul 2. Totalitatea modelelor inverse asociate lanțului cinematic

Soluțiile bază – efector corespunzătoare modelelor inverse ale lanțului cinematic											
2 + 2 + 2 + 2		2 + 4 + 2		6 + 2		BT 7		BT 11		BT 12	
Bază	Efector	Bază	Efector	Bază	Efector	Bază	Efector	Bază	Efector	Bază	Efector
1	5	1	3	1	4	4	8	3	7	3	8
5	1	3	1	4	1	8	4	7	3	8	3
1	9	1	7	1	8					4	7
9	1	7	1	8	1					7	4
2	4	2	8	2	7						
4	2	8	2	7	2						
2	5	4	6	3	6						
5	2	6	4	6	3						
2	6										
6	2										
3	5										
5	3										
3	9										
9	3										
4	9										
9	4										

5	7										
7	5										
5	8										
8	5										
6	8										
8	6										
6	9										
9	6										
7	9										
9	7										

3. Particularități privind modelele structurale inverse

În cele ce urmează se detaliază câteva structuri reprezentative a modelelor inverse menționate în Tabelul 1.

Astfel modelul structural $2 + 2 + 2 + 2$ cuprinde exclusiv grupe modulare pasive GMP1 (Tabelul 1) din care se redau următoarele cazuri:

Baza 1 – efector 5

$$A[1,5] \rightarrow \text{GMP1}(5,6) + \text{GMP1}(2,9) + \text{GMP1}(7,8) + \text{GMP1}(3,4)$$

Baza 1 – efector 5	GMP1(5,6)	GMP1(2,9)	GMP1(7,8)	GMP1(3,4)

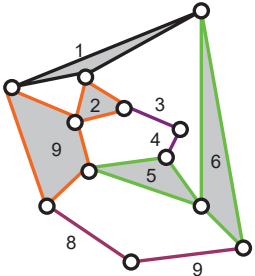
Baza 5 – efector 1

$$A[5,1] \rightarrow \text{GMP1}(1,6) + \text{GMP1}(2,9) + \text{GMP1}(7,8) + \text{GMP1}(3,4)$$

Baza 5 – efector 1	GMP1(1,6)	GMP1(2,9)	GMP1(7,8)	GMP1(3,4)

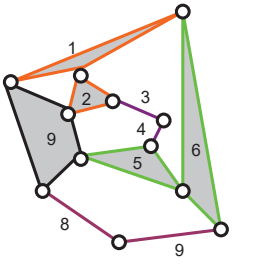
Baza 1 – efector 9

$$A[1,9] \rightarrow \text{GMP1}(2,9) + \text{GMP1}(5,6) + \text{GMP1}(8,9) + \text{GMP1}(3,4)$$

Baza 1 – efector 9	GMP1(2,9)	GMP1(5,6)	GMP1(8,9)	GMP1(3,4)
				

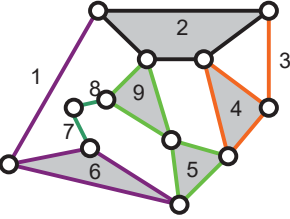
Baza 9 – efector 1

$$A[9,1] \rightarrow \text{GMP1}(1,2) + \text{GMP1}(5,6) + \text{GMP1}(8,9) + \text{GMP1}(3,4)$$

Baza 9 – efector 1	GMP1(1,2)	GMP1(5,6)	GMP1(8,9)	GMP1(3,4)
				

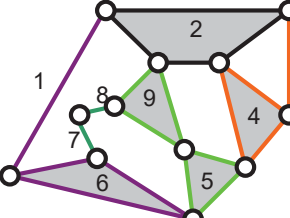
Baza 2 – efector 4

$$A[2,4] \rightarrow \text{GMP1}(3,4) + \text{GMP1}(5,9) + \text{GMP1}(1,6) + \text{GMP1}(7,8)$$

Baza 2 – efector 4	GMP1(3,4)	GMP1(5,9)	GMP1(1,6)	GMP1(7,8)
				

Baza 4 – efector 2

$$A[4,2] \rightarrow \text{GMP1}(2,3) + \text{GMP1}(5,9) + \text{GMP1}(1,6) + \text{GMP1}(7,8)$$

Baza 2 – efector 4	GMP1(2,3)	GMP1(5,9)	GMP1(1,6)	GMP1(7,8)
				

În exemplele următoare sunt redată unele modele cu structura $2 + 4 + 2$ care conțin grupele modulare pasive GMP1 și GMP2 (Tabelul 1).

Baza 1 – efector 3

$$A[1,3] \rightarrow \text{GMP1}(2,3) + \text{GMP2}(4,5,6,9) + \text{GMP1}(7,8)$$

Baza 1 – efector 3	GMP1(2,3)	GMP2(4,5,6,9)	GMP1(7,8)

Baza 3 – efector 1

$$A[3,1] \rightarrow \text{GMP1}(2,3) + \text{GMP2}(4,5,6,9) + \text{GMP1}(7,8)$$

Baza 3 – efector 1	GMP1(1,2)	GMP2(4,5,6,9)	GMP1(7,8)

Baza 1 – efector 7

$$A[1,7] \rightarrow \text{GMP1}(6,7) + \text{GMP2}(2,5,8,9) + \text{GMP1}(3,4)$$

Baza 1 – efector 7	GMP1(6,7)	GMP2(2,5,8,9)	GMP1(3,4)

Baza 7 – efector 1

$$A[7,1] \rightarrow \text{GMP1}(1,6) + \text{GMP2}(2,5,8,9) + \text{GMP1}(3,4)$$

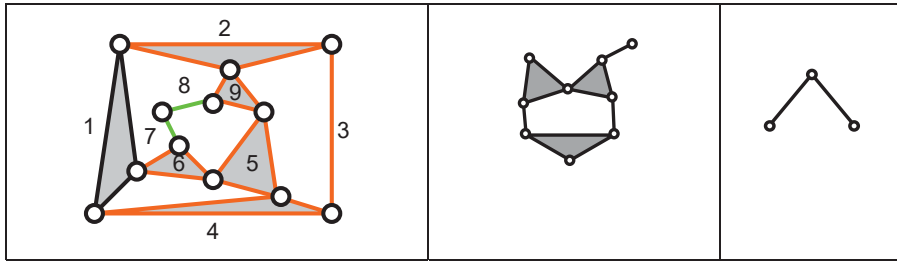
Baza 7 – efector 1	GMP1(1,6)	GMP2(2,5,8,9)	GMP1(3,4)

Există modele structurale compuse din grupa modulară pasivă GMP8 și GMP1, grupe menționate în Tabelul 1 dintre acestea sunt redate următoarele:

Baza 1 – efector 4

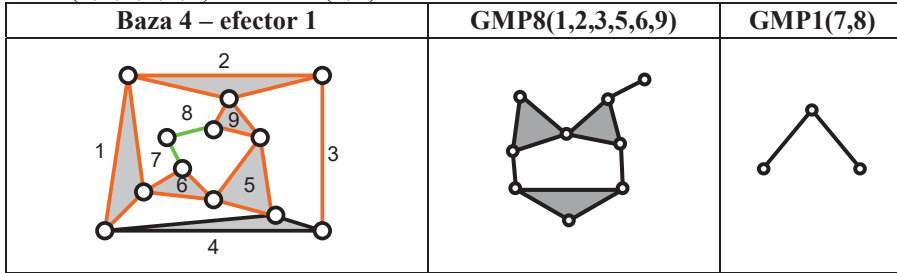
$$A[1,4] \rightarrow \text{GMP8}(2,3,4,5,6,9) + \text{GMP1}(7,8)$$

Baza 1 – efector 4	GMP8(2,3,4,5,6,9)	GMP1(7,8)
--------------------	-------------------	-----------



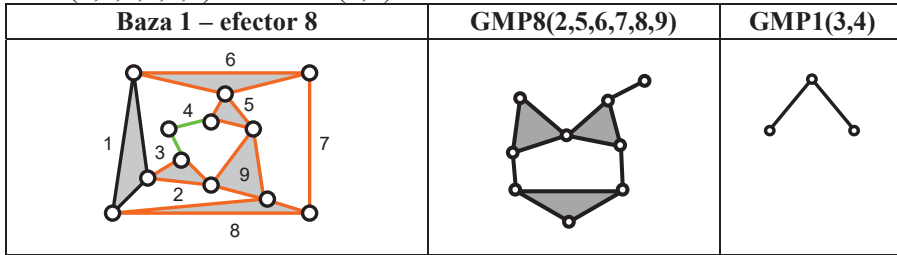
Baza 4 – efector 1

$A[4,1] \rightarrow \text{GMP8}(1,2,3,5,6,9) + \text{GMP1}(7,8)$



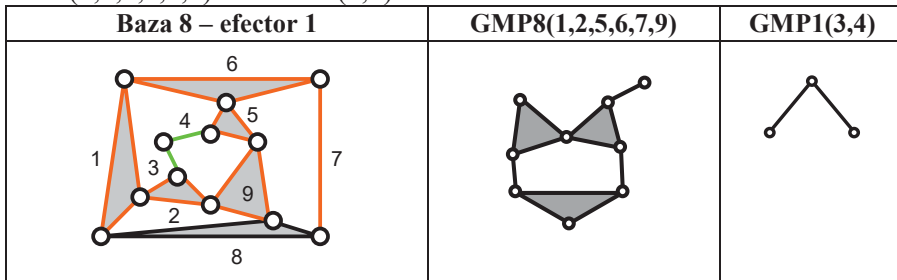
Baza 1 – efector 8

$A[1,8] \rightarrow \text{GMP8}(2,5,6,7,8,9) + \text{GMP1}(3,4)$



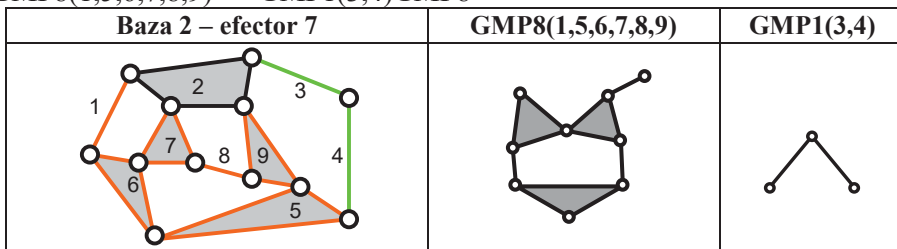
Baza 8 – efector 1

$A[8,1] \rightarrow \text{GMP8}(1,2,5,6,7,9) + \text{GMP1}(3,4)$



Baza 2 – efector 7

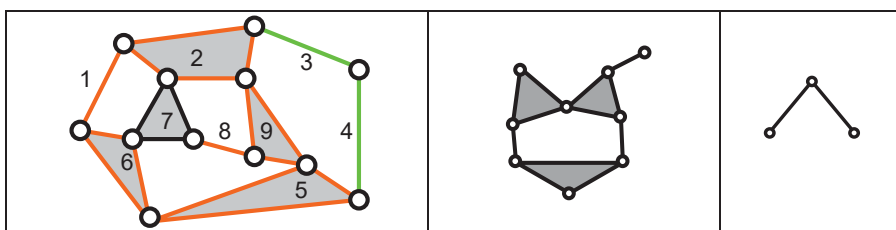
$A[2,7] \rightarrow \text{GMP8}(1,5,6,7,8,9) + \text{GMP1}(3,4)\text{GMP8}$



Baza 7 – efector 2

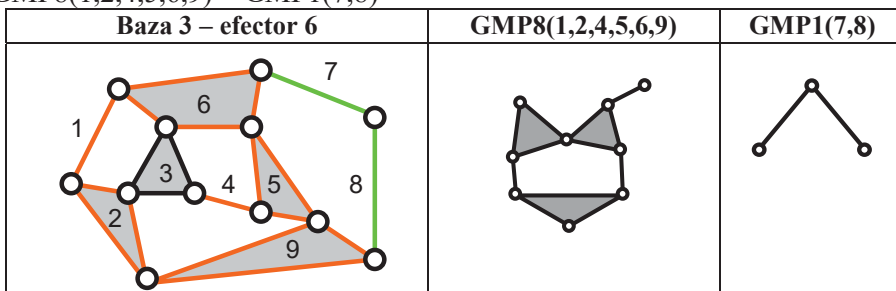
$A[7,2] \rightarrow \text{GMP8}(1,2,5,6,8,9) + \text{GMP1}(3,4)$





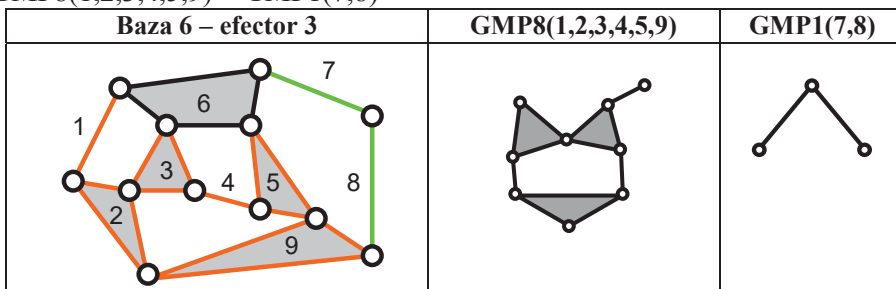
Baza 3 – efector 6

$A[3,6] \rightarrow \text{GMP8}(1,2,4,5,6,9) + \text{GMP1}(7,8)$



Baza 6 – efector 3

$A[6,3] \rightarrow \text{GMP8}(1,2,3,4,5,9) + \text{GMP1}(7,8)$

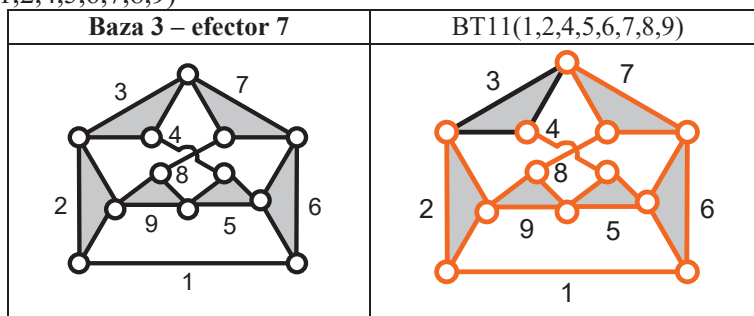


Aceste ultime modele cu structura 6 + 2 elemente sunt cele generatoare de mecanisme bimobile cu modelele inverse 9R + 2R care constituie scopul acestei lucrări.

Se remarcă în cele ce urmează soluțiile inverse optime care sunt constituite din grinzile Baranov existente în literatură.

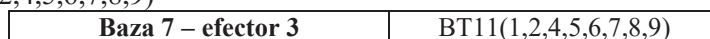
Baza 3 – efector 7

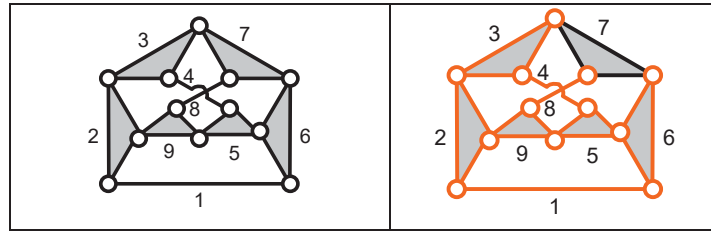
$A[3,7] \rightarrow \text{BT11}(1,2,4,5,6,7,8,9)$



Baza 7 – efector 3

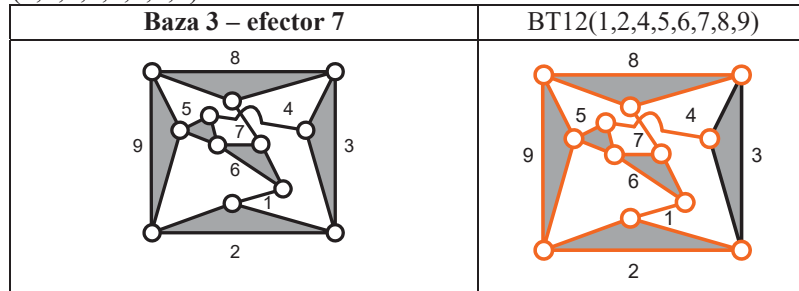
$A[7,3] \rightarrow \text{BT11}(1,2,4,5,6,7,8,9)$





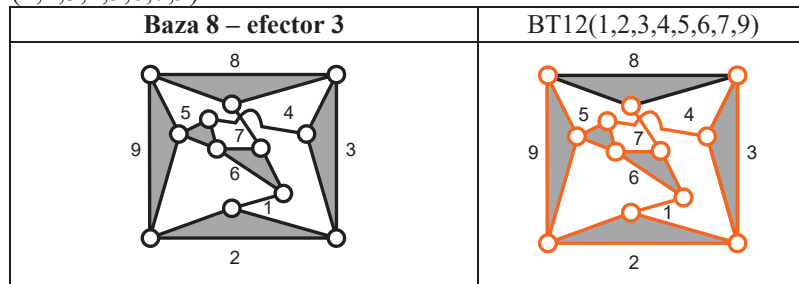
Baza 3 – efector 8

A[3,8] → BT12(1,2,4,5,6,7,8,9)



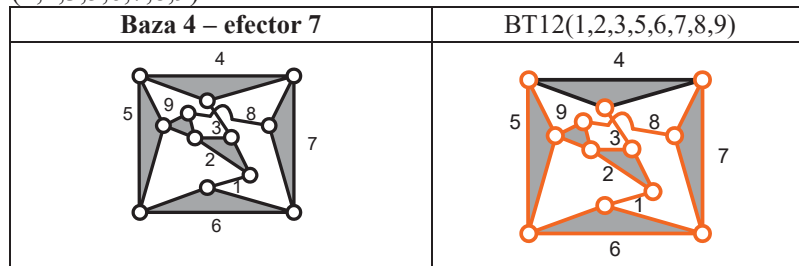
Baza 8 – efector 3

A[8,3] → BT12(1,2,3,4,5,6,7,9)



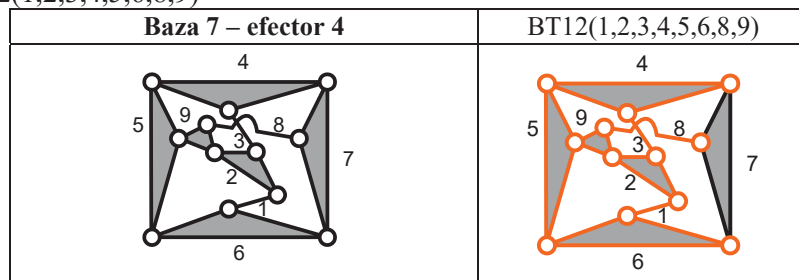
Baza 4 – efector 7

A[4,7] → BT12(1,2,3,5,6,7,8,9)



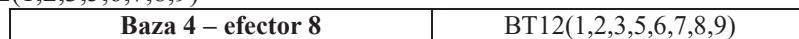
Baza 7 – efector 4

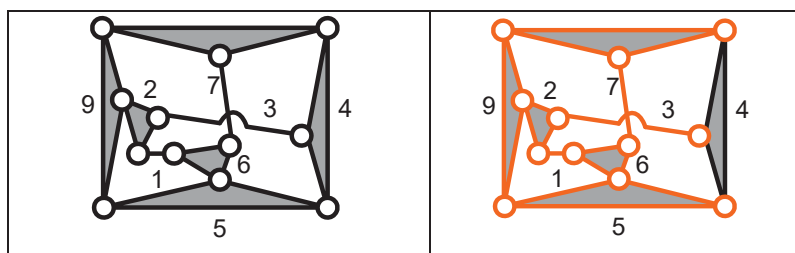
A[7,4] → BT12(1,2,3,4,5,6,8,9)



Baza 4 – efector 8

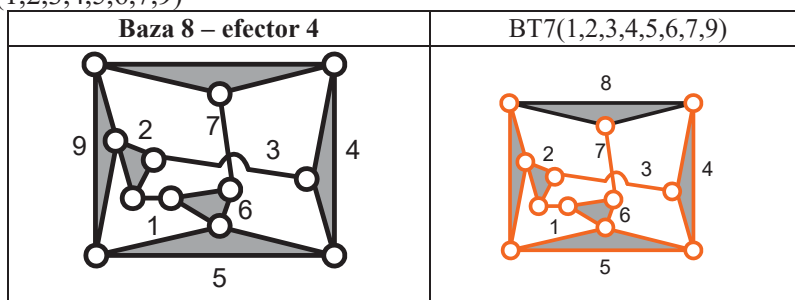
A[4,8] → BT12(1,2,3,5,6,7,8,9)





Baza 8 – efector 4

$A[8,4] \rightarrow BT7(1,2,3,4,5,6,7,9)$



Din teoremele expuse în literatură [1,2,3] se disting următoarele condiții impuse efectorului: efectorul nu poate fi adiacent bazei, baza și efectorul nu poate aparține aceluiași lanț patrulater sau aceleiași structuri Watt sau Stephenson.

Se remarcă faptul că efectorul trebuie să aparțină primei grupe modulare pasive conectată la bază.

Modele cu structura $6 + 2$ elemente sunt cele generatoare de mecanisme bimobile cu modelele inverse $9R + 2R$ care constituie scopul acestei lucrări.

4. Bibliografie

- [1]. Comănescu, Adr., Comănescu, D. and col. (2010): *Bazele modelării mecanismelor*, POLITEHNICA Press, Bucharest.
- [2]. Comănescu, Adr., Comănescu, D. and col. (2015): *Classical modules applied to the mechanisms structural analysis and synthesis*, 14th World Congress in Mechanism and Machine Science, Taipei, Taiwan, 25-30 October, 2015.
- [3]. http://sites.uci.edu/markplecnik/projects/leg_mechanisms/leg_designs/

PROIECTAREA ȘI REALIZAREA UNUI SISTEM BIPED TRANSPORTOR

TUDOROIU¹ Florina-Simona¹ și GRĂJDAN² Ioana²

²Facultatea: IMST, Specializarea: IEI, Anul de studii: III, e-mail: ioanagrajdan@gmail.com

Conducător științific: Șl.dr.ing. **Ileana DUGĂEȘESCU**

REZUMAT: Lucrarea constă în proiectarea și realizarea unui sistem biped transportor. Analiza structurală constă în determinarea gradului de mobilitate, în realizarea modelului structural și a schemei de conexiuni. Mecanismul studiat este alcătuit dintr-o grupă modulară activă (GMAI) și o grupă modulară pasivă de tip diadă RRR. Analiza cinematică constă în determinarea parametrilor dependenți de poziții, viteze și accelerații ai grupei modulare. În această lucrare se prezintă și modelarea unui dispozitiv de alimentare a mecanismului biped. La finalul lucrării sunt prezentate bipedul și dispozitivul de alimentare, realizate practic.

CUVINTE CHEIE: biped, analiză structural-cinematică, traiectorii, transportor, alimentare

1. Istoric

Sistemele mecanice bipede au în componența lor două picioare pentru sprijin și/sau locomoție [6,8].

Pafnuti Lvovici Cebîșev a inventat mecanisme folosind metode analitice, care să descrie o traiectorie dreaptă pe o anumită porțiune [10].

Pentru imitarea mersului unui cal, piciorul avea o traiectorie aproape o linie dreaptă, în timp ce mișcarea piciorului ca întreg era un arc circular [4,8].

2. Noțiuni generale

Prin mecanism se înțelege un sistem de corpuri solide, rigide aflate în interacțiune mecanică, sistem care primește, transformă sau transmite o mișcare într-un scop tehnologic bine determinat [7]. Corpurile care compun un mecanism sunt legate între ele prin cuple cinematice inferioare și/sau superioare. Pentru analiza cinematică a unui mecanism se elaborează schema de conexiuni. Această schemă se parcurge începând de la grupa modulară activă inițială (GMAI) până la grupa modulară pasivă pentru a afla etapele de calcul cinematic.

Mecanismul este caracterizat prin gradul de mobilitate (M) ce reprezintă numărul gradelor de libertate ale sistemului în raport cu elementul fix și numărul de contururi independente (N), ce reprezintă numărul ecuațiilor ce pot fi scrise.

3. Studiu de caz

Schema cinematică a mecanismului analizat este reprezentat în figura 1 [10]. În componența sa se regăsesc patru cuple inferioare și trei elemente cinematice mobile. Elementele cinematice sunt notate cu cifre arabe (1–3), iar cuplele cinematice cu litere (A–D).

3.1. Analiza structurală a sistemului biped

Analiza structurală presupune rezolvarea schemei cinematice prin elaborarea modelului structural, indicarea lanțului din care provine acesta și elaborarea schemei de conexiuni.

Cunoscând numărul elementelor și cuplelor cinematice se poate calcula gradul de mobilitate. Acesta este unitar. Numărul contururilor independente este egal cu doi, acesta calculându-se ca diferența dintre numărul cuplelor cinematice și cel al elementelor mobile. Cuplele A și D sunt fixate la bază, numită și element fix. Elementele mobile sunt manivela 1, biela 2 și balansierul 3.

În figura de mai jos este prezentată schema cinematică piciorului 1.

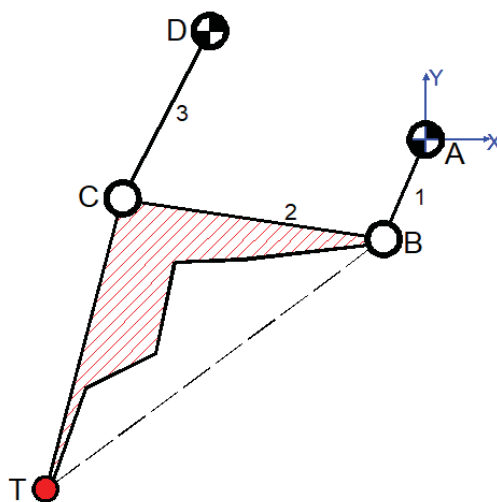


Fig. 1. Schema cinematică a unui picior

În figura 2 este prezentat modelul structural corespunzător [1,2,3] schemei cinemate din figura 1. Acesta este alcătuit din grupa modulară activă formată din cupla A și manivela 1 și o grupă modulară pasivă formată la rândul ei din elementele cinematice BC și DC. Relația structurală în acest caz este $GMAI(A,1) - RRR(2,3)$.

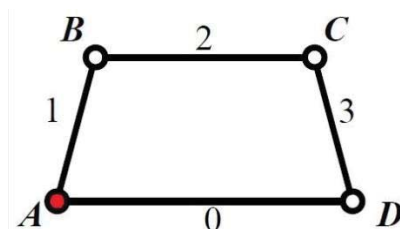


Fig. 2. Modelul structural

Apoi se stabilește schema de conexiuni [1,2] prezentată în figura 3. La această schemă s-a pus în evidență cupla motoare A, grupa modulară activă și diada formată din elementele cinematice BC - bielă, DC - end-effector.

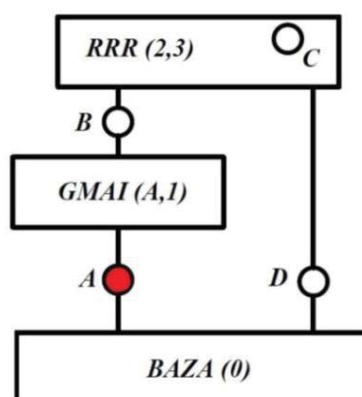


Fig. 3. Schema de conexiuni

Scopul elaborării schemei de conexiuni este acela de a pune în evidență etapele de calcul cinematic. Acestea sunt: GMAI(A,1) – B – RRR(2,3) – C.

3.2. Analiza cinematică a sistemului biped

Analiza cinematică are ca scop determinarea pozițiilor, traiectoriilor, vitezelor și accelerațiilor unghiulare ale unor puncte caracteristice ale mecanismului [1,2,3].

Schema cinematică în care s-au evidențiat parametrii de poziții se regăsește în figura de mai jos. În figura 4 se pot observa parametrii dependenți de poziții Φ_2 și Φ_3 .

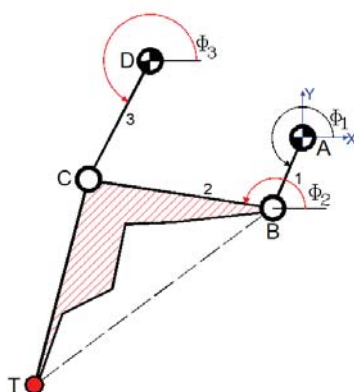


Fig. 4. Schema cinematică- punerea în evidență a paramentrilor de poziții

Prima grupă modulară este grupa modulară activă, formată din elementul cinematic 1 și cupla activă A, așa cum se poate observa în figura 5.

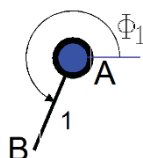


Fig. 5. Grupa modulară activă GMAI (A,1)

Pentru punctul B se scriu ecuațiile pentru calculul parametrilor dependenți de poziții, viteze și accelerații [1,2].

➤ *Parametrii dependenți de poziții - PDP*

$$\begin{aligned} XB_K &= XA + AB * \cos(\Phi_{1_k}) \\ YB_K &= YA + AB * \sin(\Phi_{1_k}) \end{aligned} \quad (1)$$

În urma efectuării calculelor s-a trasat traiectoria descrisă de extremitatea elementului cinematic 1, respectiv manivela AB. Se poate observa că punctul C descrie un cerc (figura 6).

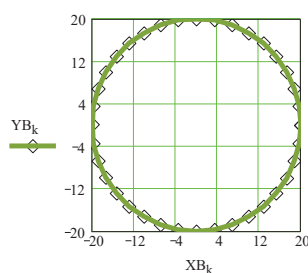


Fig. 6. Traiectoria descrisă de punctul B

➤ Parametrii dependenți de viteze – PDV [1,2]

$$\begin{aligned} X1B_K &= -\omega_1 * AB * \sin(\phi_{1k}) \\ Y1B_K &= \omega_1 * AB * \cos(\phi_{1k}) \end{aligned} \quad (2)$$

➤ Parametrii dependenți de accelerații – PDA [1,2]

$$\begin{aligned} X2B_K &= -\omega_1^2 * AB * \cos(\phi_{1k}) \\ Y2B_K &= -\omega_1^2 * AB * \sin(\phi_{1k}) \end{aligned} \quad (3)$$

Următoarea etapă constă din calculul parametrilor dependenți ai diadei formată din elementele cinematice 2 și 3. În figura 7 este prezentată grupa modulară pasivă formată din biela BC și balansierul DC. Parametrii dependenți de poziții sunt unghiurile ϕ_2 și ϕ_3 .

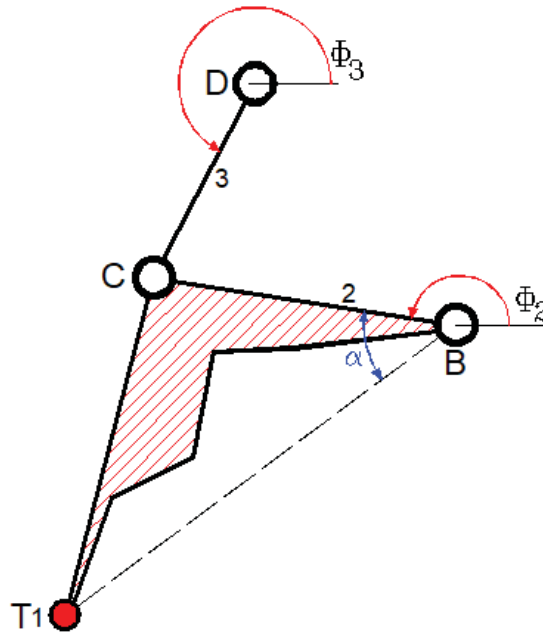


Fig. 7. Diada RRR (2,3)

Relațiile de calcul ale unghiurilor ϕ_2 și ϕ_3 sunt [1,2]:

$$\begin{aligned} XB_K - XD + BC * \cos(\phi_2) - DC * \cos(\phi_3) &= 0 \\ YB_K - YD + BC * \sin(\phi_2) - DC * \sin(\phi_3) &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

În urma rezolvării sistemului neliniar format din cele două ecuații de mai sus se poate afișa grafic variația acestor parametri pentru o rotație completă a manivelei.

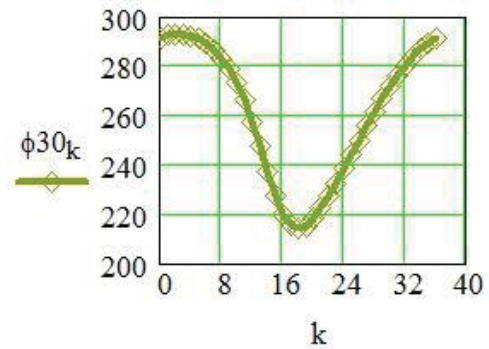
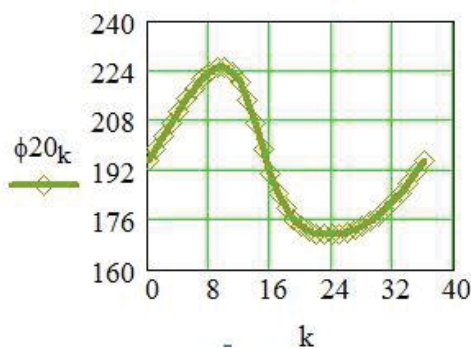


Fig. 8. Parametrii dependenți de poziții

Pentru a putea scrie relațiile de calcul ale parametrilor dependenți de viteze se va deriva în raport cu timpul sistemul de ecuații 4 și apoi se va scrie sub formă matricială [1,2] obținându-se:

$$AD1_K = \begin{pmatrix} -BC * \sin(\varnothing2_k) & DC * \sin(\varnothing3_k) \\ BC * \cos(\varnothing2_k) & -DC * \cos(\varnothing3_k) \end{pmatrix} \quad (5)$$

$$CD1_K = \begin{bmatrix} -(X1B_k & -0) \\ -(Y1B_k & -0) \end{bmatrix}$$

Apoi se va obține relațiile de calcul pentru determinarea parametrilor dependenți de accelerații [1,2]. Se va rezolva sistemul matricial format din matricele $AD1_k$ și $DD1_k$.

$$DD1_k = \begin{bmatrix} -[X2B_k - 0 - BC * (\omega2_k)^2 * \cos(\varnothing2_k) + DC * (\omega3_k)^2 * \cos(\varnothing3_k)] \\ -[Y2B_k - 0 - BC * (\omega2_k)^2 * \sin(\varnothing2_k) + DC * (\omega3_k)^2 * \sin(\varnothing3_k)] \end{bmatrix} \quad (6)$$

Variația parametrilor dependenți de viteze și accelerații sunt prezentați în figura 9 a) și b).

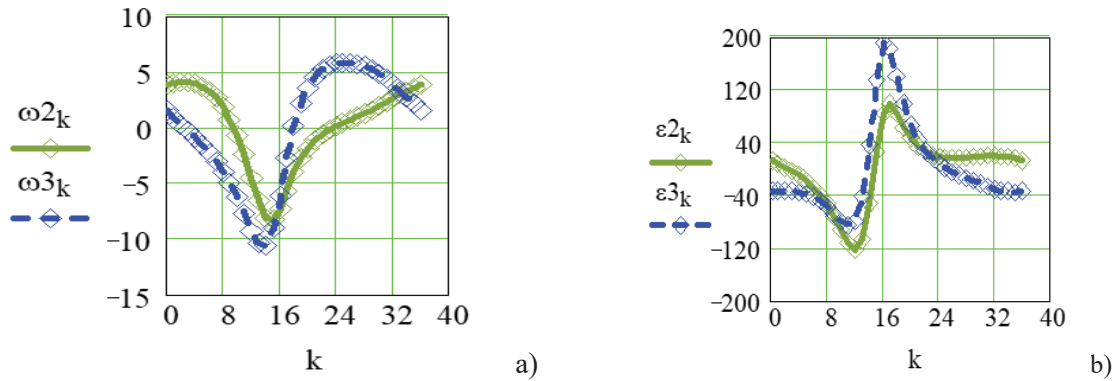


Fig. 9. a) Parametrii dependenți de viteze, b) Parametrii dependenți de accelerații

Pentru trasarea traiectoriei descrise de punctul C se scriu ecuațiile [1,2]:

$$\begin{aligned} XC_K &= XB_k + BC * \cos(\varnothing2_k) \\ YC_K &= YB_k + BC * \sin(\varnothing2_k) \end{aligned} \quad (7)$$

și se reprezintă grafic în figura 10.

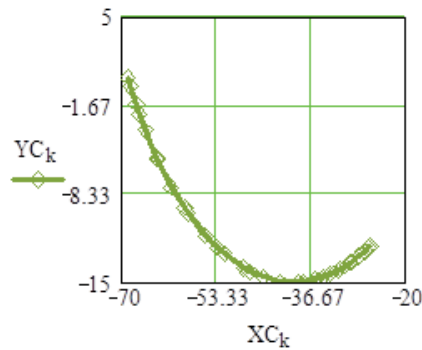


Fig. 10. Traiectoria punctului C

Se derivează în raport cu timpul sistemul de ecuații 7 și se vor obține relațiile necesare aflării parametrilor dependenți de viteze [1,2].

$$\begin{aligned} X1C_k &= X1B_k - \omega2_k * BC * \sin(\varnothing2_k) \\ Y1C_k &= Y1B_k + \omega2_k * BC * \cos(\varnothing2_k) \end{aligned} \quad (8)$$

Se continuă cu derivarea în raport cu timpul a sistemului de ecuații 8 și se obține [1,2]:

$$\begin{aligned} X2C_k &= X2B_k - (\omega2_k)^2 * BC * \cos(\phi2_k) - \varepsilon2_k * BC * \sin(\phi2_k) \\ Y2C_k &= Y2B_k - (\omega2_k)^2 * BC * \sin(\phi2_k) + \varepsilon2_k * BC * \cos(\phi2_k) \end{aligned} \quad (9)$$

Variația parametrilor dependenți de viteze și accelerații ai grupei modulare pasive este:

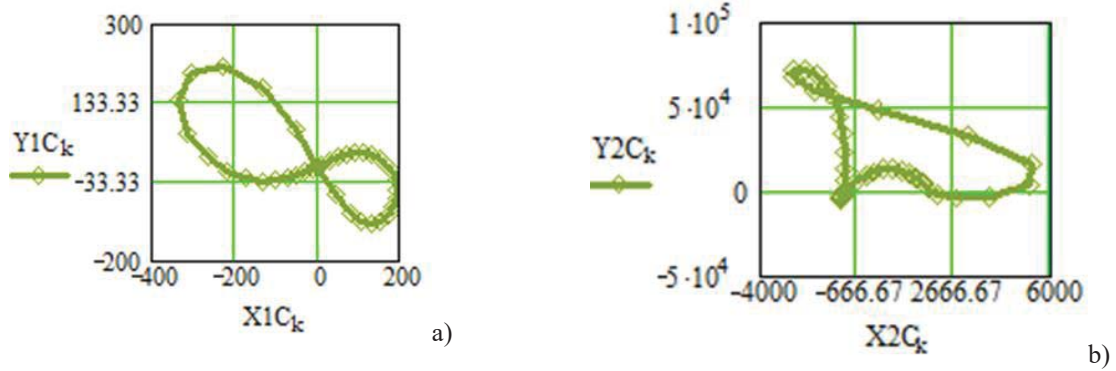


Fig. 11. a) Hodograful de viteze al punctului C, b) Hodograful de accelerații al punctului C

Apoi se va trasa traiectoria punctului T1. Relațiile de calcul ale acestui punct sunt [1,2]:

$$\begin{aligned} XT1_k &= XB_k + BT1 * \cos(\phi2_k + \alpha) \\ YT1_k &= YB_k + BT1 * \sin(\phi2_k + \alpha) \end{aligned} \quad (10)$$

Traectoria descrisă de extremitatea efectorului 2 este prezentată în figura 12.

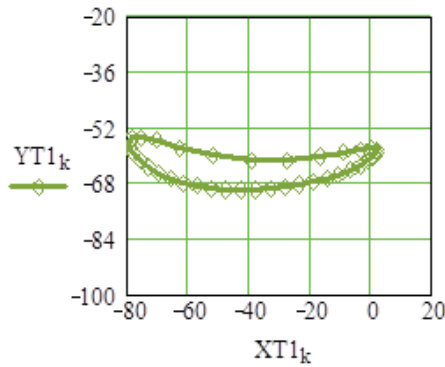


Fig. 12. Traiectoria descrisă de punctul T1

S-a reluat calculul pentru al doilea picior și s-a obținut traiectoria descrisă de punctul T2.

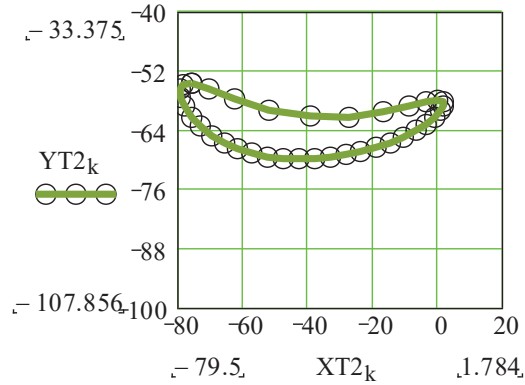


Fig. 13. Traiectoria descrisă de punctul T2

În figura de mai jos sunt reprezentate traiectoriile descrise de punctele T1 și T2.

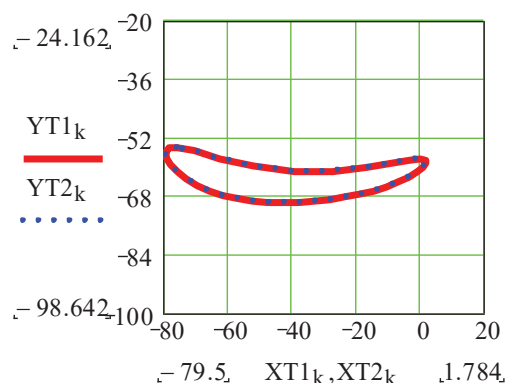


Fig. 14. Traiectoriile descrise de punctele T1 și T2

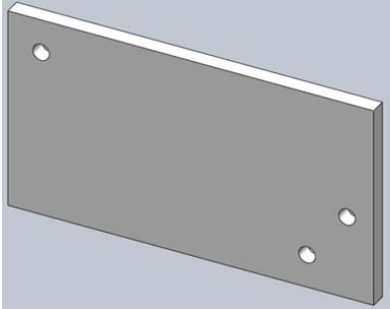
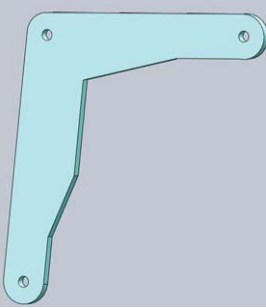
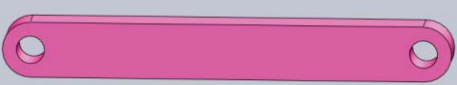
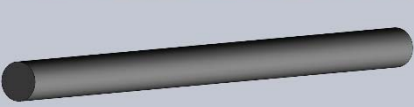
4. Modelarea sistemului biped

Modelarea fiecărui element cinematic se efectuează pornind de la alegerea planului de lucru față de care vor fi orientate elementele cinematice. Se poate alege *Front Plane* [5].

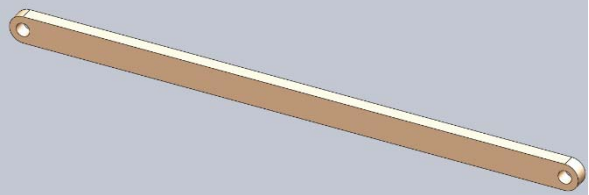
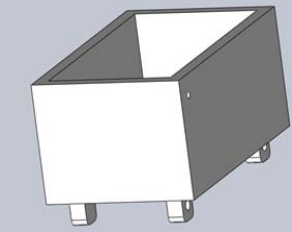
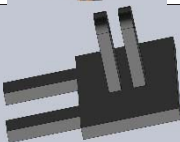
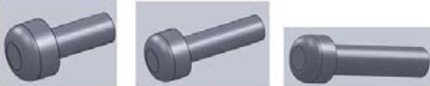
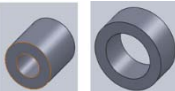
Pentru a efectua modelarea fiecărui element cinematic din componența piciorului robot se utilizează opțiunea *Part* și formele predefinite, apoi se stabilesc dimensiunile corecte. Pentru a obține elementul 3D, aceasta se extrudează [5].

Elementele cinematice modelate sunt prezentate în figurile de mai jos.

Tabelul 1. Elementele cinematice modelate CAD

Nr. crt.	Denumirea elementului	Reprezentarea elementului cinematic modelat
1.	Baza	
2.	BCT efector	
3.	AB manivela	
4.	CD balansier	
5.	Ax	

Tabelul 1. Elementele cinematice modelate CAD (continuare)

Nr. crt.	Denumirea elementului	Reprezentarea elementului cinematic modelat
6.	Element cinematic	
7.	Recipient transport	
8.	Roată	
9.	Talpă	
10.	Bolțuri	
11.	Bucșe	

În urma asamblării componentelor rezultă sistemul biped prezentat în figura 15.

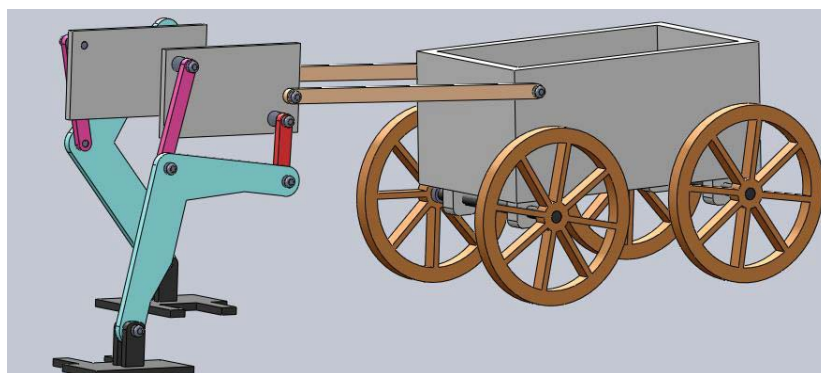


Fig. 15. Sistemul mecanic asamblat

5. Realizarea practică a sistemului biped

În urma efectuării analizei structural-cinematice și a modelării, sistemul mecanic a fost realizat și practic. Principalele etape sunt prezentate mai jos.

Etapa 1. Realizarea celor două picioare

În primă fază se assemblează partea de sus a piciorului, adică elementele efector, balansierul și manivelă cu ajutorul bolțurilor. Rezultatul este prezentat în figura 16.

Apoi se realizează tălpile mecanismului și se îmbină cu partea realizată anterior.



Fig. 16. Asamblarea componentelor picioarelor

Cele două picioare, manivela, balansierul și bușele au fost printate cu ajutorul unei imprimante 3D.



Fig. 17. Elemente printate

Etapa 2. Realizarea cutiei

Se realizează un recipient folosit pentru transportul pieselor, componentă regăsită în Tabelul 1, poziția 7. Acesta se leagă de corpul sistemului biped prin intermediul elementului cinematic din Tabelul 1, poziția 6.

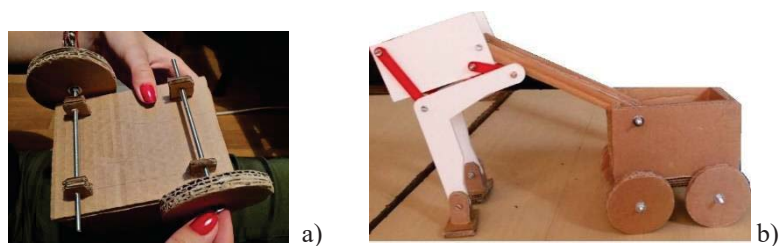


Fig. 18. a) Componentă transport, b) Ansamblul

Etapa 3. Realizarea dispozitivului de alimentare

Acest dispozitiv [9] este utilizat la alimentarea mecanismului biped în vederea transportării la destinație (punctul de sosire). Componenta superioară a dispozitivului, rezultată în urma măsurării materialelor la cotele corespunzătoare, tăiere și asamblare este prezentată în figura 19.



Fig. 19. Partea superioară

S-a obținut sistemul de alimentare prezentat în figura alăturată. Componenta de alimentare se assemblează cu balansierul și se fixează pe picioarele de susținere ale dispozitivului. În final se assemblează toate componentele și rezultă dispozitivul de alimentare din figura 20a) ce ulterior a fost vopsit (figura 20b).

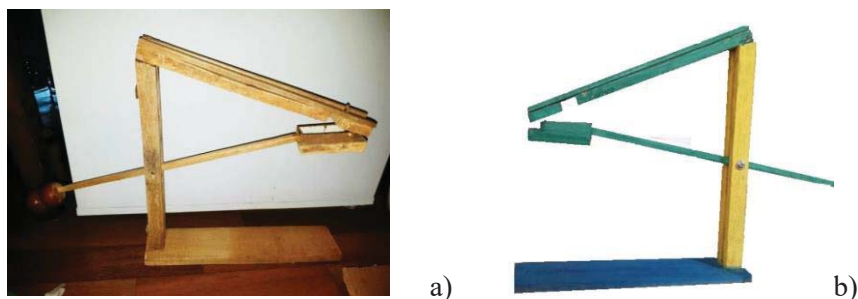


Fig. 20. Dispozitiv de alimentare

6. Concluzii

În concluzie, această lucrare a constat în realizarea unui sistem biped transportor și a dispozitivului de alimentare. În urma efectuării analizei structural-cinematice s-a elaborat modelul structural, schema de conexiuni și s-au determinat parametrii cinematici dependenți. Modelarea și simularea mecanismului studiat ne ajută la verificarea funcționării și punerii în practică a sistemului mecanic. În final s-a obținut sistemul biped transportor din figura 18 b).

7. Bibliografie

- [1]. Comănescu, A., Comănescu, D., Dugăeșescu I. și Boureci, A. (2010), *Bazele modelării mecanismelor*, Editura Politehnica Press, București;
- [2]. Pelecudi, C. (1967), *Bazele analizei mecanismelor*, Editura Academiei Republicii Socialiste Romania;
- [3]. Tempea, I., Dugăeșescu, I. și Neacșa, M., (2006), *Mecanisme*, Ed. Printech, ISBN (10) 973-718-560-9;
- [4]. Pandrea, N., Popa, D. și Stănescu, N.D. (2017), *Classical and Modern Approaches in the theory of mechanisms*, Wiley;
- [5]. Maican, E. (2006), *Solidworks, modelare 3D pentru ingineri*, Editura Printech, București, ISBN 973-718-544-7, 978-973-718-544-0;
- [6]. Troy, J.J. (1995), *Dynamic balance and walking control of biped mechanisms*;
- [7]. Manafi, N. (2002), *Bazele mecanicii aplicate – Statică și cinematică*, Editura Fair Partners;
- [8]. *** <http://www.scribub.com/tehnica-mecanica/ROBOTI-PASITORI74695.php>;
- [9]. *** <https://www.youtube.com/watch?v=gnLAT5J99mg>;
- [10]. *** https://en.wikipedia.org/wiki/Chebyshev_linkage.

8. Notății

XA, YA-parametri de poziție;
 X1A, Y1A-parametri de viteze;
 X2A, Y2A-parametri de accelerații.

PROIECTAREA ȘI CONSTRUCȚIA UNUI MECANISM UTILIZÂND TEHNOLOGIA DE IMPRIMARE 3D

BANU¹ George Sebastian¹, POPONETE² Ștefan-Mădălin² și BARBU³ Georgiana-Cristina³

¹Facultatea: IMST, Specializarea: IEI, Anul de studii: II, e-mail: banu_george25@yahoo.com

Conducători științifici: Șl.dr.ing. **Ileana DUGĂEȘESCU**, Asist.dr.ing. **Elisabeta NICULAE**

REZUMAT: Prin printare 3D se pot realiza mecanisme pe deplin funcționale, dintr-un singur proces tehnologic, fără a mai fi necesare alte procedee de asamblare. Rulmenți cu bile, lanțuri, chiar cutii de viteze sau motoare pot fi imprimate prin această metodă. Toate acestea înseamnă fabricarea directă de mecanisme funcționale la costuri scăzute, rapiditate și acuratețe ridicată.

CUVINTE CHEIE: mecanism, modelare, imprimare, 3D

1. Introducere

Aparatele de printare 3D sunt din ce în ce mai răspândite și accesibile pe piață.

Cu ajutorul unor software-uri specializate se proiectează piesa 2D, apoi se extrudează și se obține elementul cinematic dorit și/sau un ansamblu.

Imprimantele 3D recunosc fișierele cu o anumită extensie și le „imprimă” utilizând anumite materiale, cum ar fi rășină fotopolimerică, materiale plastice, ceramică, metal. Filamentul cel mai utilizat, PLA, este obținut din amidon și porumb [7,8,9].

Imprimarea se realizează prin construirea produselor în straturi suprapuse. Se încălzește patul și filamentul, se stabilește poziția de „zero”, apoi coordonatele piesei și imprimanta eliberează un jet de plastic încălzit, iar capul imprimante se deplasează conform instrucțiunilor primite de la calculator. Astfel se obține produsul „imprimând” strat peste strat. [7,9].

Programele utilizate de imprimante 3D sunt realizate utilizând software-uri specializate de proiectare, fișiere obținute reprezentând schițele pentru imprimare. Cu alte cuvinte fișierele obținute în urma modelării 3D se pot obține fizic utilizând imprimantele 3D [12]. De asemenea se pot utiliza platform on-line unde se găsesc fișiere CAD [7,8,9].

2. Scurt istoric al imprimantelor 3D

Tehnologia de imprimare 3D a fost utilizată cu chiar două decenii în urmă, pe atunci fiind cunoscută sub numele de fabricație aditivă, pentru a construi modele și prototipuri de produse de către diverși producători. Charles Hull este inventatorul primei imprimante 3D de tip comercial și au fost vândute de către 3D Systems în anul 1986. Aceasta a apărut pe piață sub denumirea „mașina de stereolitografie Hull” și folosea o tehnică care se bazează pe un laser pentru a solidifica un material polimer sensibil la ultraviolete folosind „atingeri” cu lumină ultravioletă degajată de laser. [7,8,9]

Tehnologia a rămas relativ nepopulară în privința consumatorilor de rând până în 2012. Un grant oferit de către guvernul SUA a însemnat deschiderea unor mici interpretări comerciale, ceea ce a creat o publicitate extraordinară, fără precedent, în jurul ideii de imprimare 3D. [7]

3. Avantaje ale producției unui mecanism folosind printare 3D

Procesul tehnologic de realizare a părților componente ale unor mecanisme începe cu proiectarea matrițelor părților componente, turnarea și apoi finisarea pieselor obținute. Aceste operații implică timp

pentru operații și costuri. Cu ajutorul imprimantelor 3D se obțin piesele finite prin adăugarea unor straturi succesive de material [6].

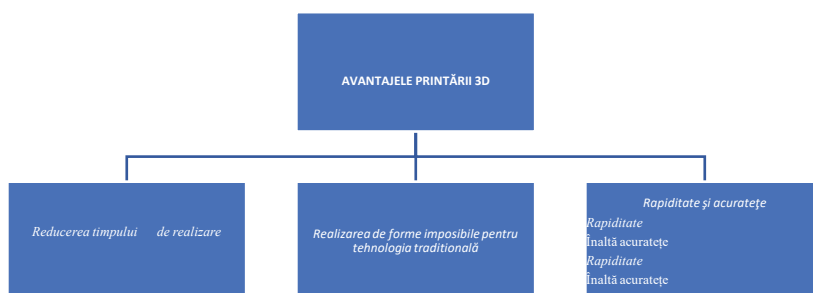


Fig. 1. Avantajele printării 3D

Printarea 3D nu poate înlocui metodele actuale de producție de masă. După ce prototipul a fost creat, producția devine mai ieftină și mai rapidă prin metode tradiționale. Printarea 3D face însă ca procesul de proiectare a produselor să fie mult mai rapid și cu rezultate mai bune, datorită termenelor de livrare și costurilor reduse în producerea de prototipuri [7,8,9].

Printarea 3D deschide cu toate acestea piața produselor low-volum. Astfel se pot obține produse finite și pot fi scose pe piață mai repede decât prin metodele tradiționale de concepere și testare [9].

4. Proiectarea mecanismului pentru imprimarea 3D

Prima etapă constă din proiectarea fiecărui element cinematic în parte, stabilind forma și dimensiunile acestora. Proiectarea elementelor se poate realiza cu ajutorul software-urilor specializate cum ar fi Inventor, AutoCAD, Catia, Solidworks etc.

În figura 2a este prezentat mecanismul patrulater articulat ABCD, iar în figura 2b mecanismul Peaucellier [10].

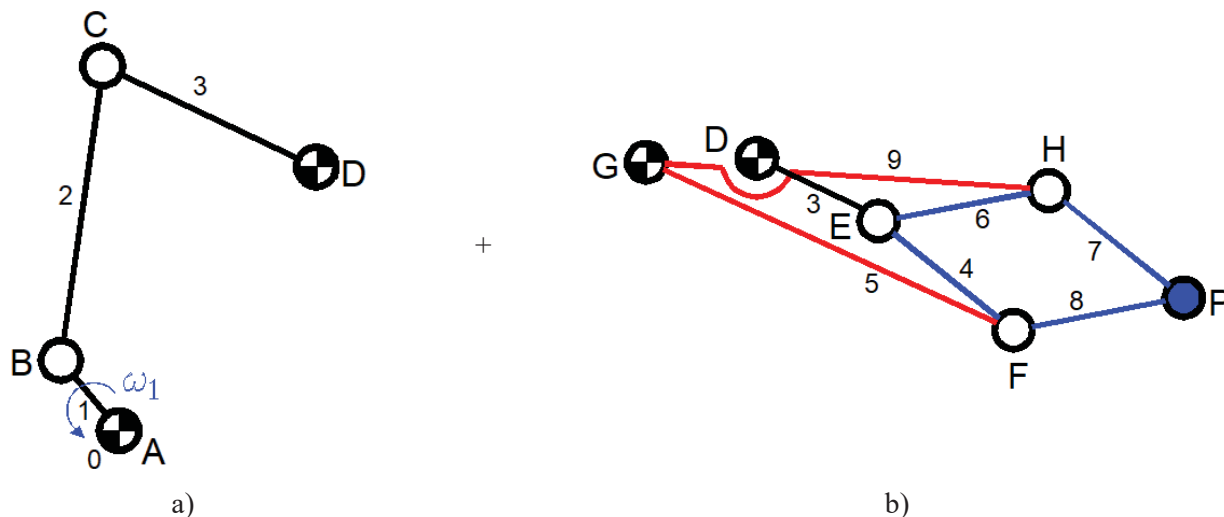


Fig. 2. a) Mecanismul patrulater, b) Mecanismul Peaucellier

Mecanismul Peaucellier descrie o traiectorie dreaptă în punctul P.

Sistemul mecanic [11] (figura 3) rezultat din compunerea celor două mecanisme din figura 2 are următoarele elemente cinemate: manivela 1, bielele 2, 4, 6, 7, 8 și balansierele 3, 5, 9.

În schema cinematică (figura 3) s-au identificat nouă elementele cinemate (1,2,...,9) și treisprezece cuplele (A, B,..., P). Gradul de mobilitate este unitar, deci este necesară o singură grupă

modulară activă inițială pentru ca mecanismul să aibă o mișcare bine determinată a tuturor elementelor cinematice. Acționarea mecanismului se va efectua prin montarea unui motor în cupla activă A [1-4].

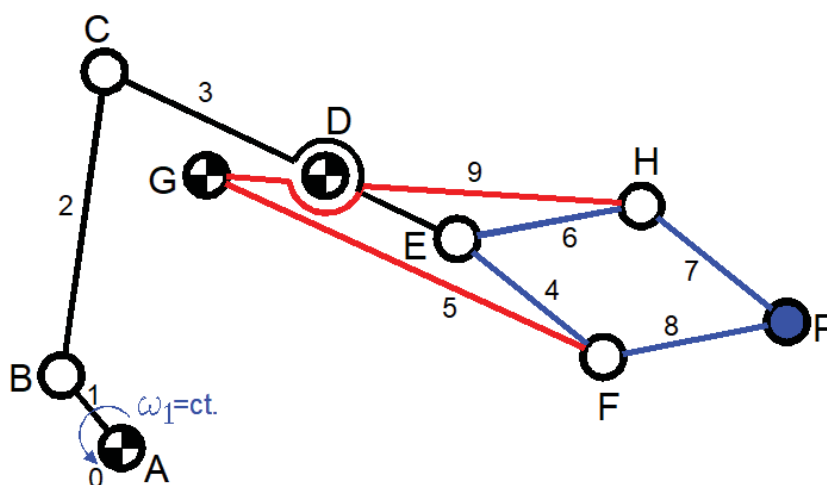


Fig. 3. Schema cinematică

Proiectarea 3D se realizează prin schițarea 2D a fiecărui element și extrudarea acestor schițe pentru obținerea tridimensională dimensiunile dorite [5,13,14].

Etapele de proiectare ale unui element cinematic sunt [5,13,14]:

- Alegerea planului de proiectare (de exemplu planul XOY);
- Proiectarea axelor;
- Desenarea schiței elementului cinematic;
- Constrângerea cotelor (geometrice: paralelism, tangență etc. & dimensionale: lungimile, razele);
- Extrudarea la înălțimea egală cu grosimea elementului cinematic;
- Găurirea elementului cinematic în funcție de locația cuplei cinematice.

Primul element modelat este baza. Cuplele care aparțin elementului fix sunt A, D și G. Poziția acestora este stabilită prin coordonatele fiecărui punct, măsurate față originea sistemului de referință, adică față de cupla A.

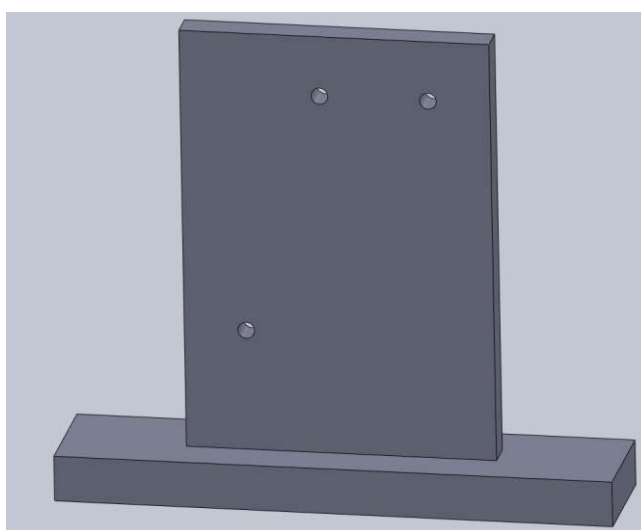


Fig. 4. Baza (elementul fix)

Elementele cinematice modelate sunt prezentate mai jos. Acestea au fost proiectate separat si apoi asamblate.

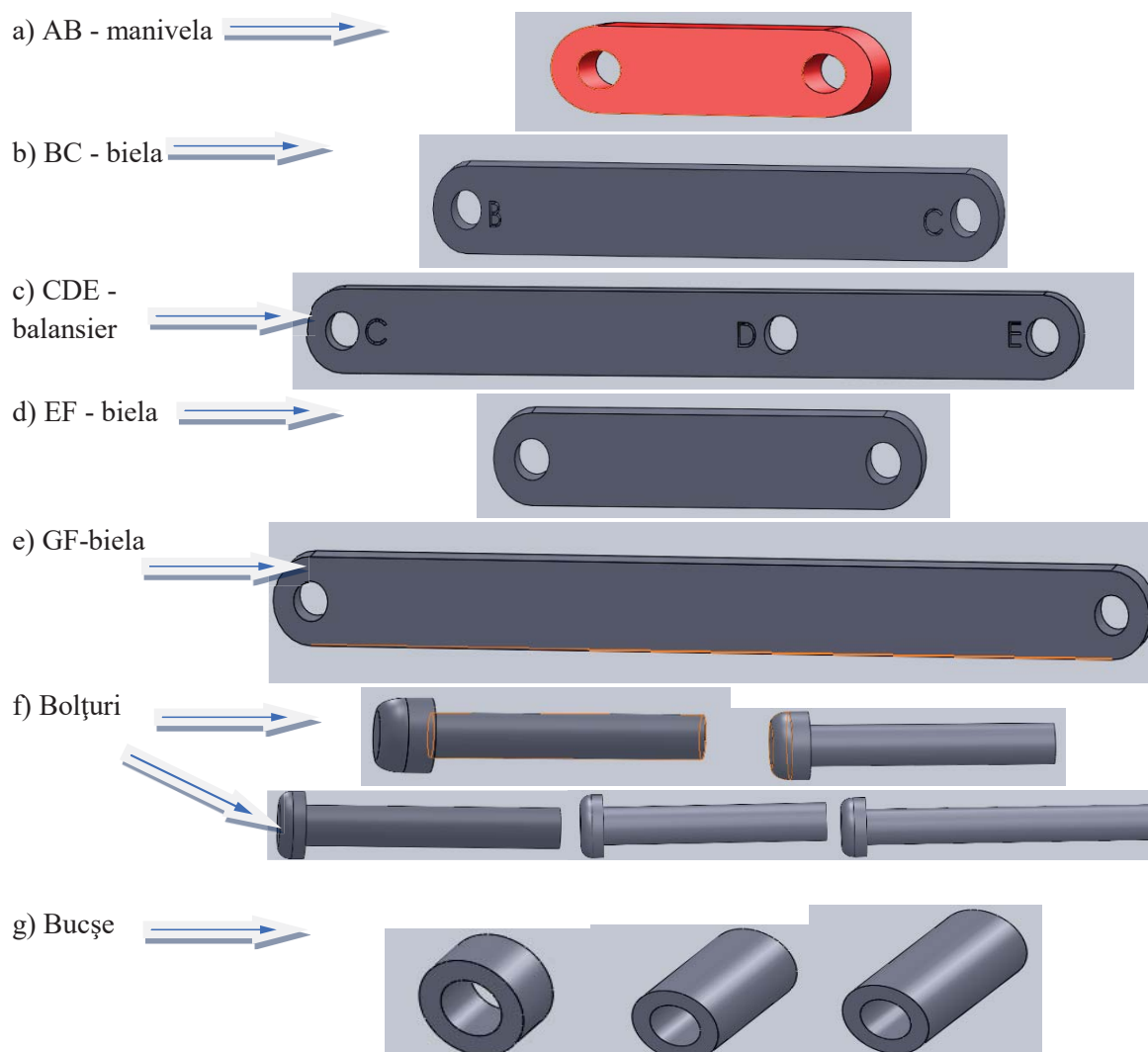


Fig. 5. a) – g) Elementele cinematice modelate

După proiectarea tuturor elementelor cinematice, acestea se assemblează având în vedere constrângerile necesare limitării mișcărilor [5,14]. Apoi se realizează simularea mișcării selectând cupla activă.

Etapile de asamblare ale mecanismului sunt (figura 6):

1. Montarea manivelei pe suport în cupla A;
2. Montarea balansierului 3 în cuplele C și G;
3. Biela 2 ce face legătura între elementele cinematice 1 și 3;
4. Elementul 4 face legătura între elementele 3 și 5;
5. Montarea elementului cinematic 5;
6. Se execută legătura între elementele 4 și 5;
7. Se introduce elementul 9;
8. Se introduce apoi elementul 6;
9. Se efectuează legătura dintre elementele cinematice 6 și 9;
10. Se introduce elementul 7;
11. Se efectuează legătura dintre elementele cinematice 6 și 7;

12. Se introduce elementul 8;
13. Se efectuează legătura dintre elementele cinematice 8 si 4;
14. Se obține asamblul final.

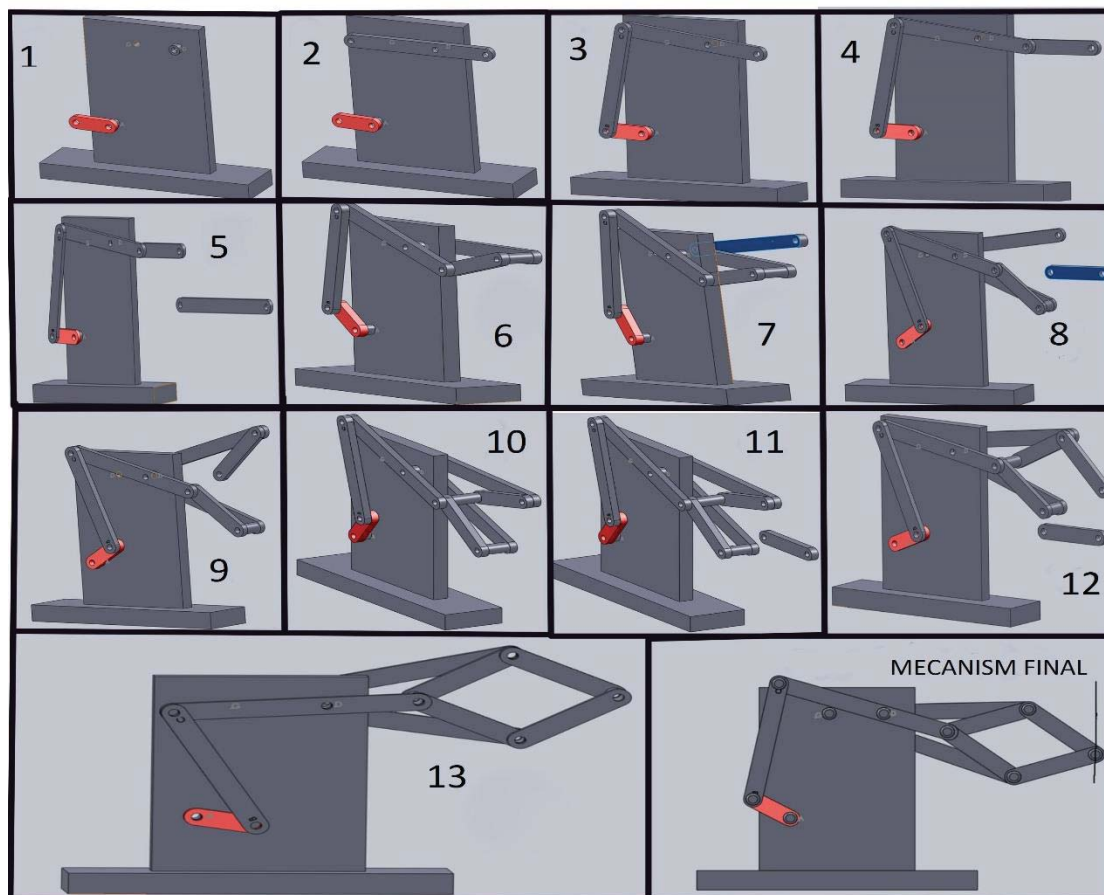


Fig. 6. Etapele de asamblare

5. Construcția mecanismului

Elementele cinematice ale mecanismului ce face obiectul de studiu al acestei lucrari au fost obținute cu ajutorul tehnologiei de printare 3D. Acestea s-au asamblat conform schemei cinematice.

În figura 7a) sunt prezentate elementele cinematice printate într-o anumită fază de montare.



a)



b)

Fig. 7. Elementele cinematice printate

În figura 8 este prezentat ansamblul final.

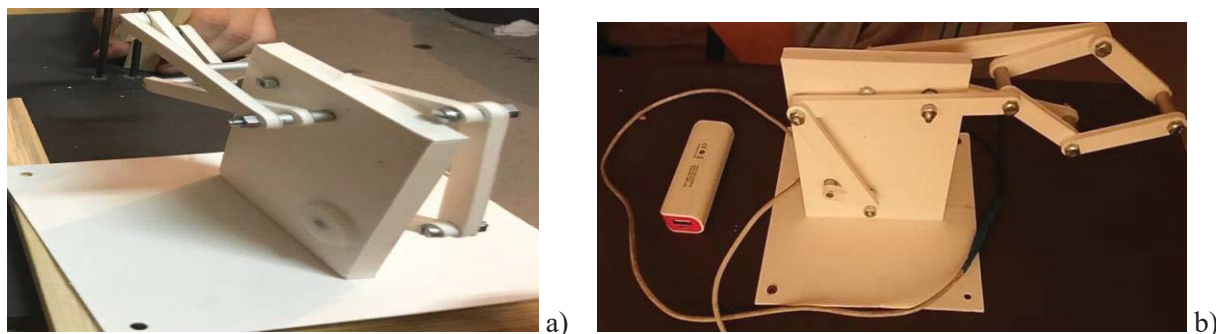


Fig. 8. Mecanismul asamblat

6. Concluzii

Printarea 3D este un procedeu tehnologic foarte avantajos. Dacă în trecut existau produse care se puteau obține exclusiv prin matrițare, printarea 3D a schimbat acest lucru. Procedul de imprimare 3D este accesibil și se pot obține piese și mecanisme de complexități ridicate.

7. Bibliografie

- [1]. Comănescu, A., Comănescu, D., Dugășescu I. și Boureci, A. (2010), *Bazele modelării mecanismelor*, Editura Politehnica Press, București;
- [2]. Pelecudi, C., Comănescu, A. s.a. (1985), *Analiza cinematică a mecanismelor - probleme*, UPB;
- [3]. Tempea, I., Dugășescu, I. și Neacșa, M. (2006), *Mecanisme*, Ed. Printech, ISBN (10) 973-718-560-9;
- [4]. Tempea, I. și Dugășescu, I. (2005), *Proiectarea Mecanismelor*, Ed. Printech, ISBN 973-718-246-4;
- [5]. Maican, E. (2006), *Solidworks, modelare 3D pentru ingineri*, Editura Printech, București, ISBN 973-718-544-7, 978-973-718-544-0;
- [6]. *** <http://www.printing3d.ro/avantaje/>;
- [7]. *** <https://cartusel.ro/blog/ce-este-o-imprimanta-3d-si-care-este-istoria-ei/>;
- [8]. *** http://www.theplot.ro/printare_3d/;
- [9]. *** <http://3dprintscan.ro/servicii/proiectare-3d/#1488981750027-5098cb7b-59e7>;
- [10]. *** https://en.wikipedia.org/wiki/Peaucellier%E2%80%93Lipkin_linkage;
- [11]. *** Marble Machine using Peaucellier's rotary to linear linkage mechanism ;
- [12]. *** <https://cartusel.ro/blog/wp-content/uploads/2013/09/imprimanta-3d-printers-array-02.jpg>;
- [13]. *** <https://www.engineering.com/DesignSoftware/DesignSoftwareArticles/ArticleID/14951/SOLIDWORKS-or-Solid-Edge.aspx>;
- [14]. *** <http://www.tlu.ee/~kivik/Solid/Tund14/SURF/mt01418-160.pdf>.

ANALIZA CINEMATICĂ ȘI REALIZAREA UNUI MECANISM PLAN MONOMOBIL

POPA¹ Bianca-Alexandra¹, RADU² Maria-Diana²,
RĂDUCANU³ Florian³ și BÎRLEANU⁴ Adrian-Florin⁴

⁴Facultatea: IMST, Specializarea: Inginerie Economică Industrială, Anul de studii: II,
e-mail: birleanu.adrian97@yahoo.com

Conducători științifici: Șl.dr.ing. **Ileana DUGĂEȘESCU**, As.dr.ing. **Elisabeta NICULAE**

REZUMAT: În aceasta lucrare s-a realizat analiza unui mecanism plan din punct de vedere structural și cinematic. Prin analiza structurală s-au pus în evidență cuplele și elementele cinematice, s-au calculat gradul de mobilitate (M), numărul contururilor independente, s-a elaborat modelul structural și schema de conexiuni. Cu ajutorul analizei cinematice s-au calculat parametrii dependenți de poziții, viteze și accelerații și s-au reprezentat grafic. Apoi a urmat modelarea elementelor cinematice și asamblarea acestora obținându-se mecanismul studiat. Următoarea etapă a fost realizarea practică a sistemului mecanic monomobil.

CUVINTE CHEIE: mecanism, analiza structurală – cinematică, modelare, asamblare

1. Introducere

Lucrarea are ca obiectiv analiza unui mecanism plan care realizează o mișcare bine determinată între componentele sale, fiind acționat de un singur motor (o singură grupă modulară activă inițială). Principiul său de funcționare este unul simplu, concret, acesta reprezentând o variantă constructivă. Se va parcurge fiecare etapă a calculului cinematic și a realizării mecanismului studiat.

2. Stadiul actual

Mecanismele au făcut studiul unor savanți încă din antichitate. Ne putem aminti de invențiile lui Arhimede și ale lui Leonardo da Vinci.

De asemenea se poate aminti manualul cu titlul *Principles of Mechanism: designed for the use of students in the universities and for engineering students generally* scris de Willis, Robert și publicat la Londra în anul 1841. H.I. Hochman și G. Koenigs sunt considerați fondatorii teoriei analitice moderne a structurii mecanismelor [2].

Dintre personalitățile care au avut contribuții importante în studiul mecanismelor amintim Pafnuti Lvovici Cebisev, Franz Grashof, Ludwig Ernst Hans Burmester, Ivan Ivanovich Artobolevski.

3. Analiza structurală a mecanismului monomobil

Analiza structurală are ca scop punerea în evidență a elementelor și cuplelor cinematice în vederea calculului gradului de mobilitate și a numărului de contururi independente.

S-au identificat elementele cinematice (s-au numerotat cu cifre arabe) și cuplele cinematice (s-au evidențiat cu ajutorul literelor romane). Astfel mecanismul [6] din figura 1 are în componență manivela 1, biețele 2, 3, 5, balansierul 4 și șapte cuple inferioare.

Gradul de mobilitate este unitar, deci este necesar un singur motor pentru acționarea întregului mecanism.

Se obțin două contururi independente, ceea ce indică numărul ecuațiilor pe care le putem scrie pentru un contur vectorial.

În figura 1 este prezentată schema cinematică a mecanismului care va face obiectul studiului acestui articol.

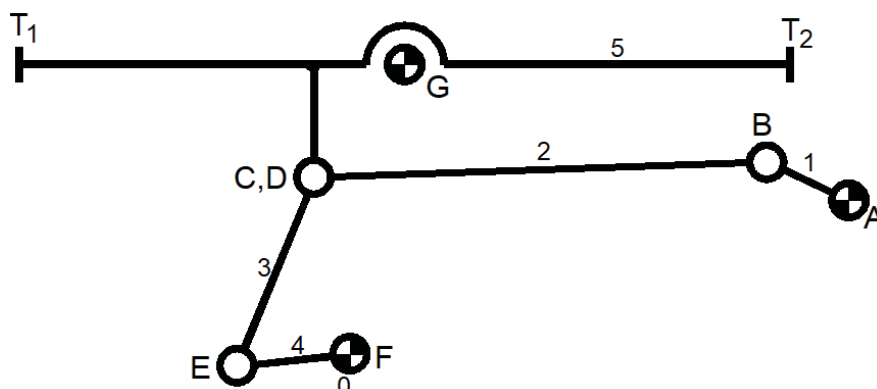


Fig. 1. Schema cinematică a mecanismului plan

Modelul structural [1,4,5] este o reprezentare simbolică ce nu ține cont de poziția mecanismului și de dimensiunea elementelor, dar are în vedere clasa elementelor și natura cuplelor mecanismului (rotație sau translație).

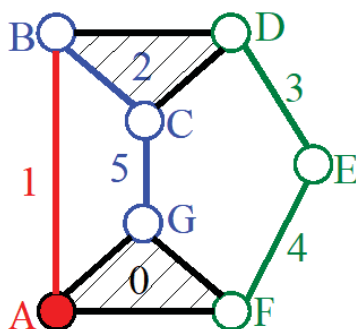


Fig. 2. Modelul structural pentru schema din figura 1

Conform modelului structural se va face împărțirea în trei grupe structurale. Grupele structurale ale modelului din figura 2 se regăsesc în figura 3. Relația structurală este:

$$\text{GMAI}(A,1)\text{-DIADA RRR}(2,5)\text{-DIADA RRR}(3,4).$$

Având în vedere modelul structural al mecanismului s-a efectuat schema de conexiuni.

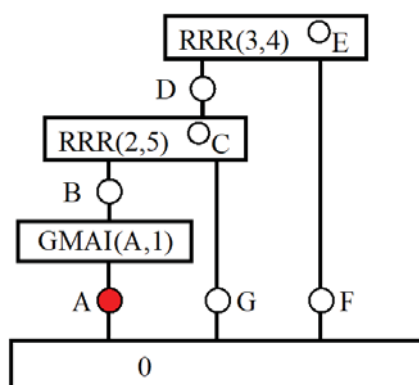


Fig. 3. Schema de conexiuni

4. Analiza cinematică a mecanismului monomobil

Conform schemei de conexiuni mecanismul este compus din grupa modulară activă și două grupe modulare pasive (figura 4).

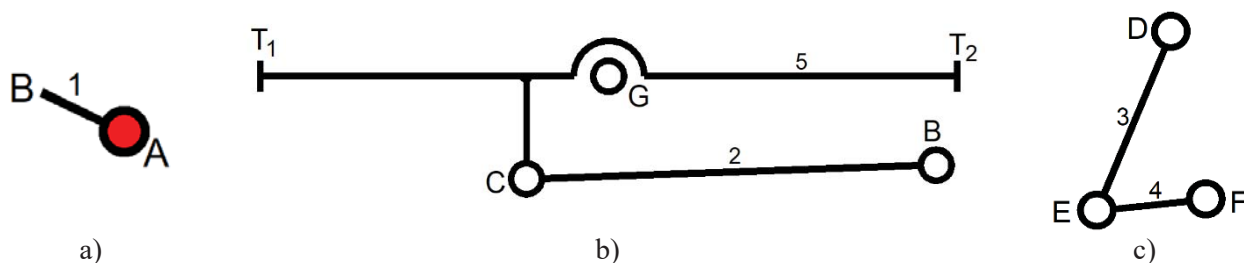


Fig. 4. a) Grupa modulară activă, b) Grupa modulară pasivă BCG, c) Grupa modulară pasivă DEF

Schema de conexiuni pune în evidență etapele de calcul cinematic.

În figura de mai jos s-au reprezentat parametri de poziții Φ_1 , Φ_2 , Φ_3 , Φ_4 și Φ_5 .

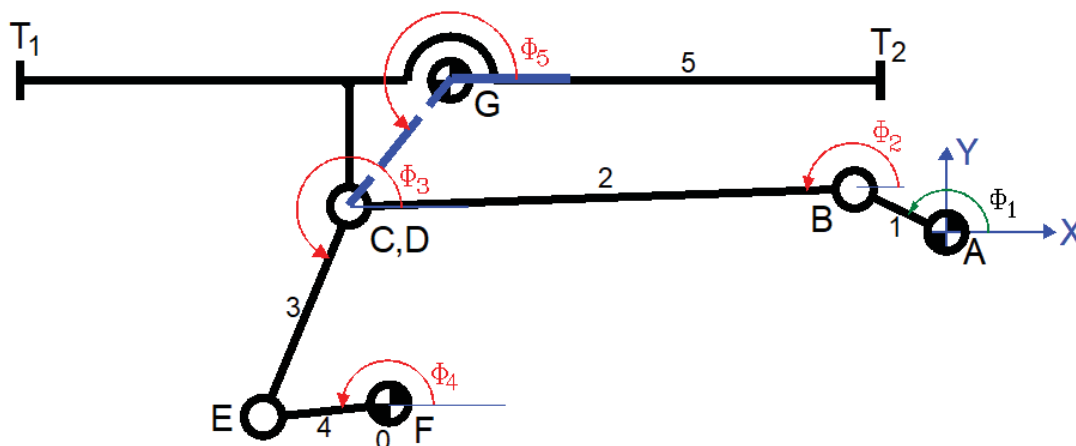
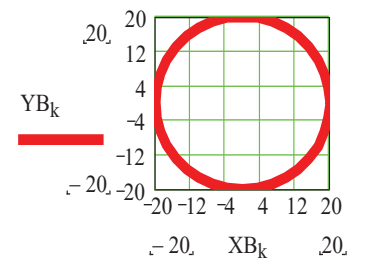


Fig. 5. Evidențierea parametrilor de poziții

În continuare se vor scrie ecuațiile de calcul ale parametrilor dependenți de poziții (PDP), viteze (PDV) și accelerații (PDA) ale punctului B [1,4], și se va reprezenta traiectoria descrisă de acesta (Tabelul 1).

Tabelul 1. Cinematica grupeii modulare active

Grupa modulară activă	Relații de calcul		Traiectoria descrisă de punctul B
	PDP	$XB_k := XA + AB \cdot \cos(\phi_{1k})$ $YB_k := YA + AB \cdot \sin(\phi_{1k})$	
	PDV	$X1B_k := -\omega_1 \cdot AB \cdot \sin(\phi_{1k})$ $Y1B_k := \omega_1 \cdot AB \cdot \cos(\phi_{1k})$	
	PDA	$X2B_k := -\omega_1^2 \cdot AB \cdot \cos(\phi_{1k})$ $Y2B_k := -\omega_1^2 \cdot AB \cdot \sin(\phi_{1k})$	

Pentru calculul parametrilor dependenți ai cuplelor interioare și de legătură se va folosi teoria bipletei de translație [1,4].

Calculul parametrilor dependenți ai grupelor modulare pasive componente acestui mecanism se va efectua utilizând teoria diadei RRR [1,4,5].

Pentru grupa modulară pasivă RRR – BCG parametrii dependenți de poziții sunt Φ_2 și Φ_5 .

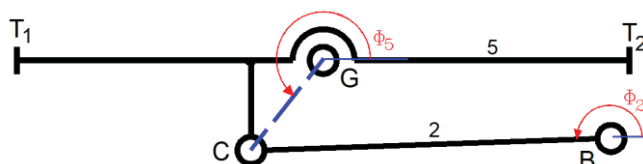


Fig. 6. Grupa modulară pasivă RRR – BCG

Tabelul 2. Cinematica grupei modulare pasive BCG

Relații de calcul ale grupei modulare pasive RRR – BCG	Reprezentare grafică
<i>Parametrii dependenți de poziții - Φ_2, Φ_5</i> $XB_k - XG + BC \cdot \cos(\phi_2) - GC \cdot \cos(\phi_5) = 0$ $YB_k - YG + BC \cdot \sin(\phi_2) - GC \cdot \sin(\phi_5) = 0$	
<i>Parametrii dependenți de viteze - ω_2, ω_5</i> $AD1_k := \begin{pmatrix} -BC \cdot \sin(\phi_{2k}) & GC \cdot \sin(\phi_{5k}) \\ BC \cdot \cos(\phi_{2k}) & -GC \cdot \cos(\phi_{5k}) \end{pmatrix}$ $CD1_k := \begin{bmatrix} -(X1B_k - X1G) \\ -(Y1B_k - Y1G) \end{bmatrix}$	
<i>Parametrii dependenți de accelerații - ε_2, ε_5</i> Accelerații $DD1_k := \begin{bmatrix} -[X2B_k - X2G - BC \cdot (\omega_{2k})^2 \cdot \cos(\phi_{2k}) + GC \cdot (\omega_{5k})^2 \cdot \cos(\phi_{5k})] \\ -[Y2B_k - Y2G - BC \cdot (\omega_{2k})^2 \cdot \sin(\phi_{2k}) + GC \cdot (\omega_{5k})^2 \cdot \sin(\phi_{5k})] \end{bmatrix}$	

Parametrii punctului C se calculează utilizând teoria bipletei de translație [1,4].

$$XC_k := XB_k + BC \cdot \cos(\phi_{2k})$$

$$YC_k := YB_k + BC \cdot \sin(\phi_{2k})$$

(1)

Parametrii dependenți de viteze:

$$X1C_k := X1B_k - \omega_{2k} \cdot BC \cdot \sin(\phi_{2k})$$

$$Y1C_k := Y1B_k + \omega_{2k} \cdot BC \cdot \cos(\phi_{2k}) \quad (2)$$

Parametrii dependenți de accelerații:

$$X2C_k := X2B_k - (\omega_{2k})^2 \cdot BC \cdot \cos(\phi_{2k}) - \varepsilon_{2k} \cdot BC \cdot \sin(\phi_{2k})$$

$$Y2C_k := Y2B_k - (\omega_{2k})^2 \cdot BC \cdot \sin(\phi_{2k}) + \varepsilon_{2k} \cdot BC \cdot \cos(\phi_{2k}) \quad (3)$$

Graficele corespunzătoare punctului C sunt prezentate în figurile de mai jos.

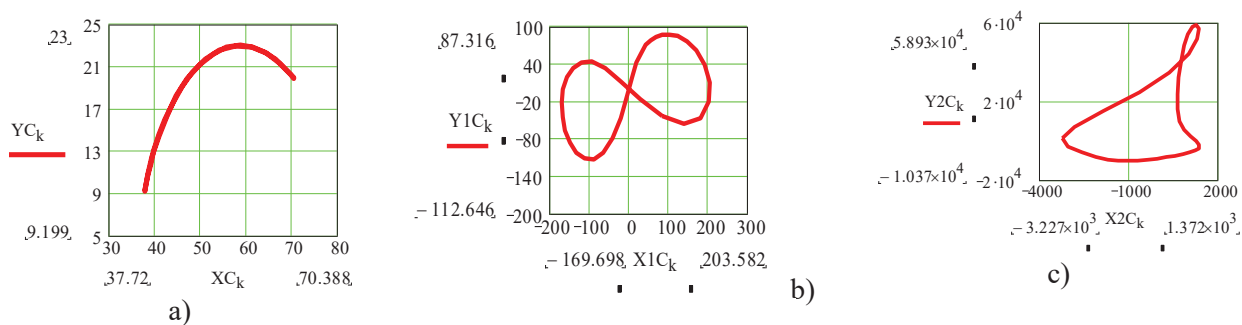


Fig. 7. a) Traectoria punctului C, b) Hodograful de viteze, c) Hodograful de accelerații

Similar se efectuează calculul diadei RRR – DEF prezentată în figura 8. Parametrii dependenți de poziții sunt Φ_3 și Φ_4 .

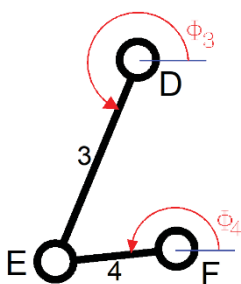


Fig. 8. Grupa modulară pasivă RRR – DEF

Graficele corespunzătoare diadei DEF sunt prezentate în figurile de mai jos.

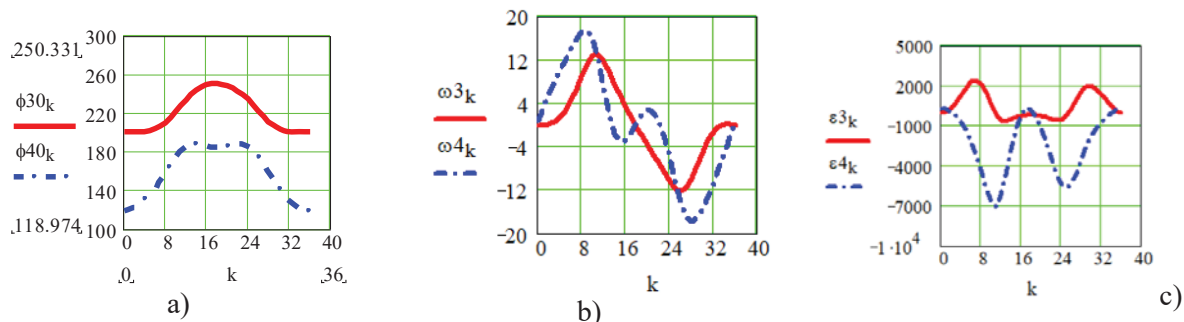


Fig. 9. a) Parametrii dependenți de poziții, b) Parametrii dependenți de viteze, c) Parametrii dependenți de accelerații

Parametrii punctului E se calculează utilizând teoria bipletei de translație [1,4].

$$\begin{aligned} XE_k &:= XD_k + DE \cdot \cos(\Phi_{3k}) \\ YE_k &:= YD_k + DE \cdot \sin(\Phi_{3k}) \end{aligned} \quad (4)$$

Parametrii dependenți de viteze:

$$\begin{aligned} X1E_k &:= X1D_k - \omega_{3k} \cdot DE \cdot \sin(\Phi_{3k}) \\ Y1E_k &:= Y1D_k + \omega_{3k} \cdot DE \cdot \cos(\Phi_{3k}) \end{aligned} \quad (5)$$

Parametrii dependenți de accelerații:

$$\begin{aligned} X2E_k &:= X2D_k - (\omega_{3k})^2 \cdot DE \cdot \cos(\Phi_{3k}) - \epsilon_{3k} \cdot DE \cdot \sin(\Phi_{3k}) \\ Y2E_k &:= Y2D_k - (\omega_{3k})^2 \cdot DE \cdot \sin(\Phi_{3k}) + \epsilon_{3k} \cdot DE \cdot \cos(\Phi_{3k}) \end{aligned} \quad (6)$$

Graficele corespunzătoare punctului C sunt prezentate în figurile de mai jos.

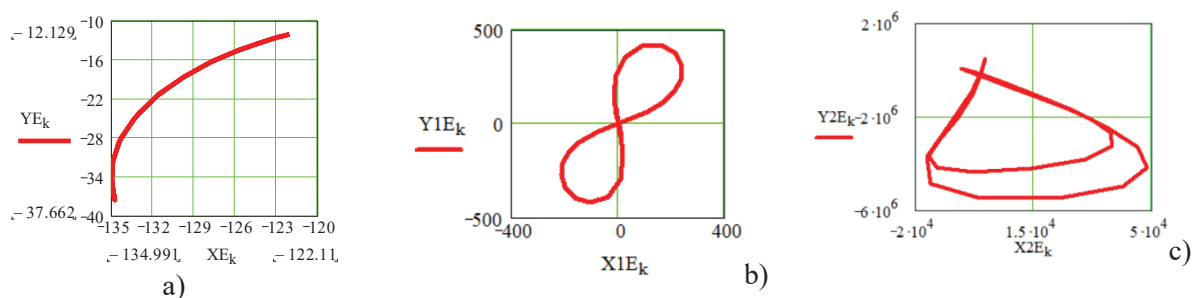


Fig. 10. a) Traectoria punctului E, b) Hodograful de viteze, c) Hodograful de accelerații

Parametrii dependenți de poziții [1,4] au extremităților end-efectorului 5 sunt calculați cu formulele:

$$\begin{aligned} XT1_k &:= XG + T1G \cdot \cos(\phi5_k - \alpha) & XT2_k &:= XG + T2G \cdot \cos(\phi5_k + \beta) \\ YT1_k &:= YG + T1G \cdot \sin(\phi5_k - \alpha) & YT2_k &:= YG + T2G \cdot \sin(\phi5_k + \beta) \end{aligned} \quad (7) \quad (8)$$

În figura de mai jos este prezentat graficul traiectoriilor descrise de extremitățile elementului cinematic 5, notate cu T1 și T2.

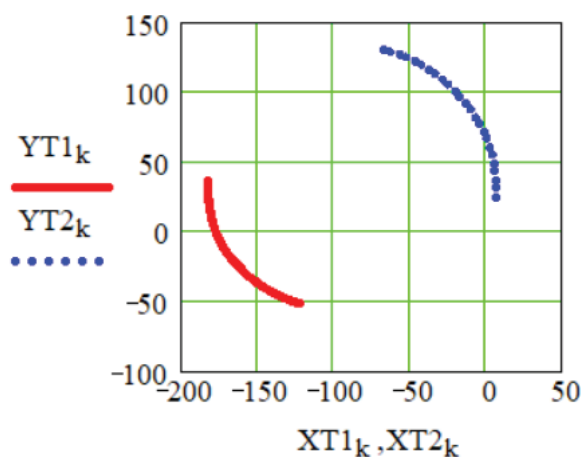


Fig. 11. Traectoriile punctelor T1 și T2

Hodografele de viteze și accelerații corespunzătoare punctelor T1 și T2 sunt prezentate în figurile de mai jos. Relațiile de calcul ale vitezelor și accelerațiilor punctelor extremităților elementului cinematic 5 se obțin prin derivare în raport cu timpul a ecuațiilor 7 și 8.

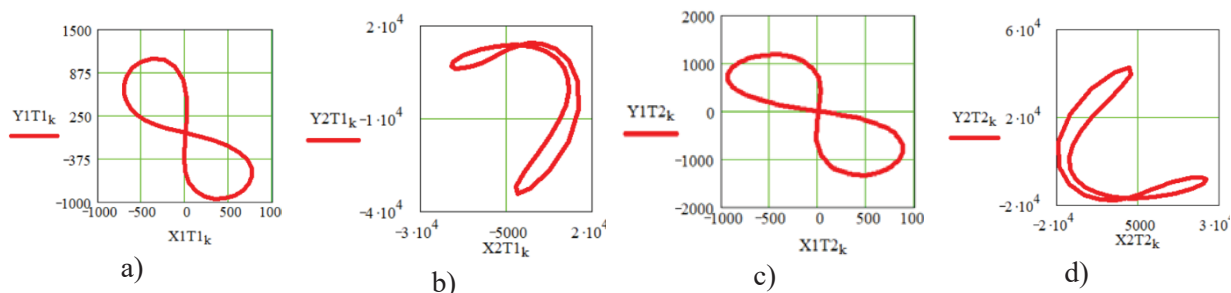
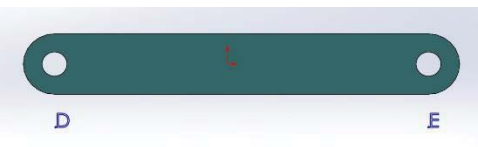
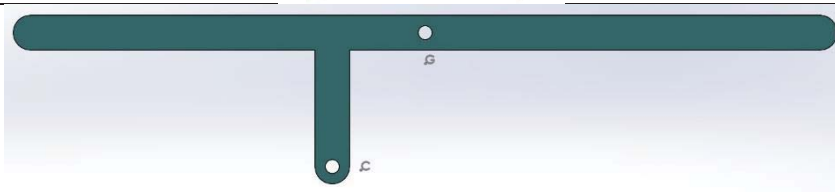


Fig. 12. a), c) Hodograful de viteze al punctelor T1 și T2, b), d) Hodograful de accelerații al punctelor T1 și T2

5. Modelarea și realizarea practică a mecanismului monomobil studiat

Elementele cinematice componente ale mecanismului modelate [3] sunt prezentate în Tabelul 3.

Tabelul 3. Elementele cinematice modelate CAD

Nr. crt.	Denumirea	Reprezentarea elementului cinematic
1	manivelă	
2	bielă	
3	bielă	
4	balansier	
5	end-efector	

În următoarea etapă s-au asamblat elementele cinematice modelate. S-a avut în vedere efectuarea constrângerilor dintre elemente, și anume: pentru două cercuri se pune condiția de concentricitate a acestora, iar pentru suprafețe de coincidență. Ansamblul obținut este prezentat în figura 19.

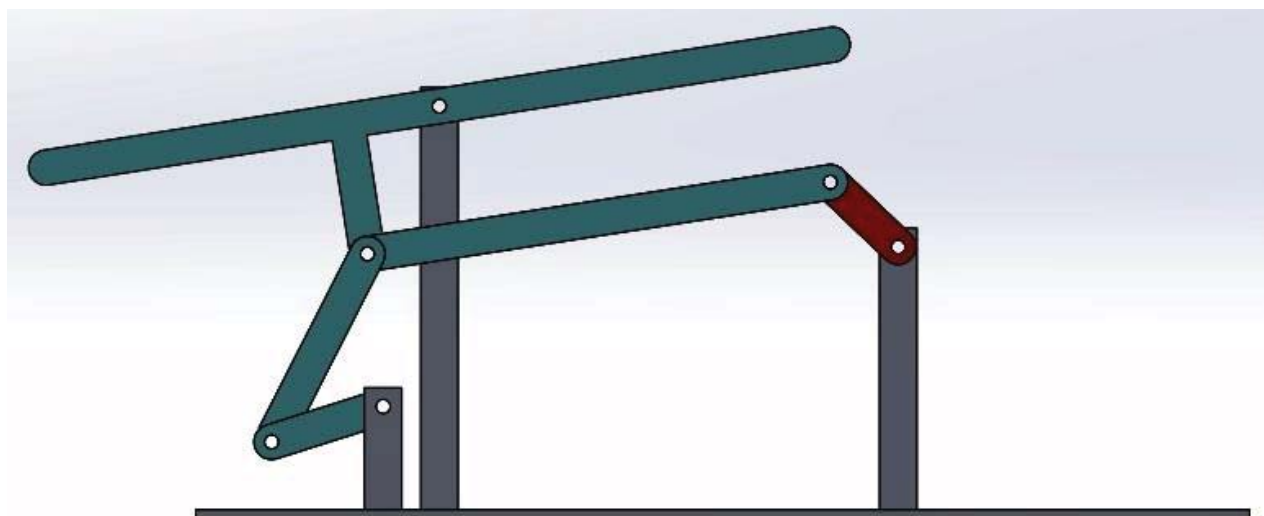
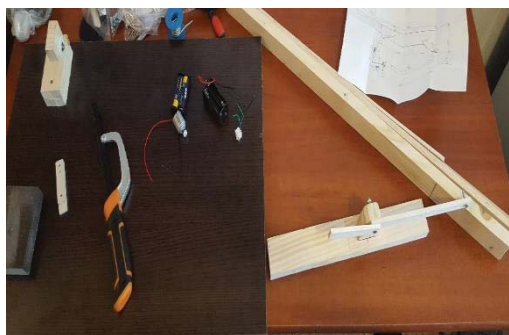


Fig. 13. Ansamblul mecanismului monomobil

Unele etape ale realizării practice ale mecanismului sunt prezentate în următoarele imagini.



a)



b)



c)



d)



e)



f)



g)



h)

Fig. 14. a) – h) Unele etape ale realizării practice a mecanismului

În figura de mai jos este prezentat mecanismul realizat practic.

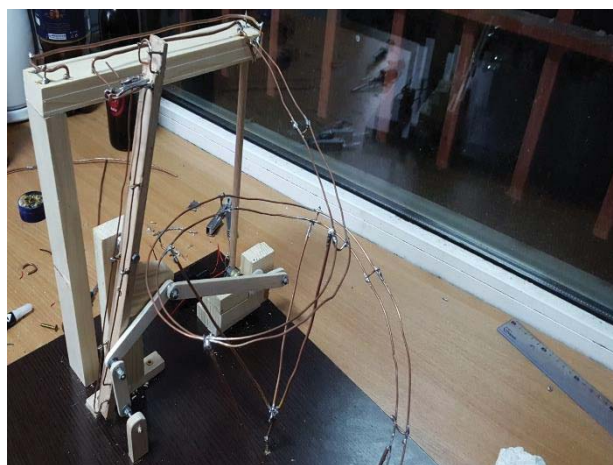


Fig. 15. Mecanismul studiat

6. Concluzii

În cadrul acestei lucrări s-a efectuat analiza structural-cinematică pentru mecanismul studiat. Pentru aceasta s-a elaborat modelul structural, schema de conexiuni și s-au determinat parametrii dependenți de poziții, viteze și accelerații, s-au proiectat elementele cinematice și apoi s-au asamblat. Următoarea etapă a fost realizarea practică a mecanismului monomobil.

7. Bibliografie

- [1]. Comănescu, A., Comănescu, D., Dugășescu, I., și Boureci, A. (2010), *Bazele modelării mecanismelor*, Editura Politehnica Press, București, ISBN 978-606-515-114-7;
- [2]. Crețu, S.M. (2010), *Mecanisme. Analiză structurală. Teorie și aplicații*, Editura SITECH Craiova;
- [3]. Maican, E. (2006), *Solidworks, modelare 3D pentru ingineri*, Editura Printech, București, ISBN 973-718-544-7, 978-973-718-544-0;
- [4]. Pelecudi, C. (1967), *Bazele analizei mecanismelor*, Editura Academiei Republicii Socialiste Romania;
- [5]. Tempea, I., Dugășescu, I. și Neacșa, M. (2006), *Mecanisme*, Ed. Printech, ISBN (10) 973- 718-560-9;
- [6]. *** <https://www.youtube.com/watch?v=xm4V7xq41T0>

8. Notății

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:

PDP = parametrii dependenți de poziții;

PDV = parametrii dependenți de viteze;

PDA= parametrii dependenți de accelerații;

X,Y = pozițiile punctelor pe cele două axe X, Y;

X1,Y1 = vitezele punctelor pe cele două axe X, Y;

X2,Y2 = accelerațiile punctelor pe cele două axe X, Y;

Φ = parametrul unghiular dependent de poziții;

ω = viteza unghiulară [rad/sec];

ϵ = accelerația unghiulară [rad/sec²].

ANALIZA STRUCTURAL-CINEMATICĂ ȘI MODELAREA UNUI MECANISM DE ȘTANȚARE

MIERLIȚĂ¹ Iulia Sorina¹ și DINU² Andrei-Bogdan²

¹Facultatea: IMST, Specializarea: Inginerie Economică Industrială, Anul de studii: II,
e-mail: sorina.iulia98@yahoo.com

Conducători științifici: Șl.dr.ing. **Ileana DUGĂEȘESCU**, As.dr.ing. **Elisabeta NICULAE**

REZUMAT: În această lucrare am efectuat analiza structural-cinematică și modelarea unui mecanism de ștanțare. Pentru început am realizat analiza structurală a mecanismului, schema de conexiuni corespunzătoare mecanismului am calculat parametrii dependenți de poziții, viteze și accelerații. În final am modelat elementele cinematice și am obținut ansamblul.

CUVINTE CHEIE: mecanism de ștanțare, poziții, viteze, accelerații, modelare

1. Introducere

Ștanțarea este operația mecanică de fasonare la cald sau la rece, fără așchiere, a unor obiecte de aceeași formă, din material cu una sau două dimensiuni mici față de celelalte (tablă, bandă, discuri, sârmă) efectuată prin tăiere cu ajutorul unor ștanțe, sau prin deformare plastic [5].

Obiectivul acestei lucrări este analiza structural-cinematică a unui mecanism de ștanțare, dar și modelarea acestuia.

2. Analiza structural-cinematică a mecanismului de ștanțare

2.1. Analiza structurală a mecanismului de ștanțare

În figura 1 este prezentată schema cinematică a unui mecanism de ștanțare [6].

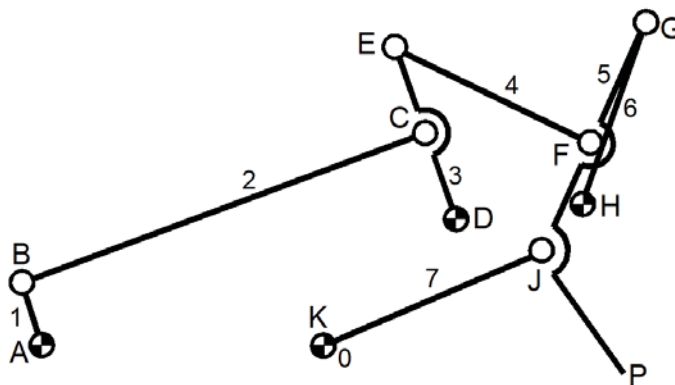


Fig. 1. Schema cinematică a mecanismului de ștanțare

Mecanismul din figura 1 [6] se compune din următoarele elemente cinematice: elementul fix (0), manivela AB (1), biețele 2,4, balansierele 3,6,7 și end-efectorul 5. Sistemul mecanic este format din șapte elemente cinematice mobile ($m = 7$), un element cinematic fix, numit batiu și zece cuple cinematice inferioare ($i = 10$).

În cazul mecanismelor plane relația de calcul a gradului de mobilitate este [1,3,4]:

$$M = 3 \cdot m - 2 \cdot i - s \quad (1)$$

În acest caz gradul de mobilitate este unitar.

Modelul structural este o reprezentare simbolică, independentă de poziția mecanismului și de dimensiunile elementelor cinematice [1,3,4]. Modelul structural asociat schemei cinematice din figura 1 este prezentat în figura 2.

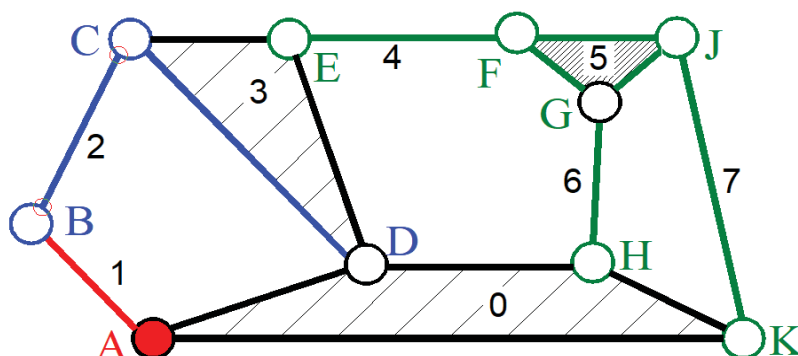


Fig. 2. Modelul structural corespunzător schemei cinematice

Modelul structural are în componența sa o grupă modulară activă inițială formată din cupla cinematică A și elementul 1, o grupă modulară pasivă de tip diada RRR și o triadă RR-RR-RR. Relația structurală este:

$$\text{GMAI}(A,1) - \text{Diada RRR}(2,3) - \text{Triada RR-RR-RR}(4,5,6,7)$$

În figura 3 este prezentată schema de conexiuni, care pune în evidență etapele calcului cinematic.

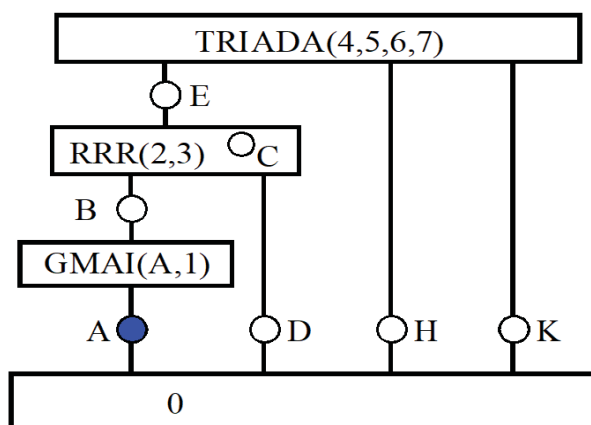


Fig. 3. Schema de conexiuni corespunzătoare mecanismului

Scopul elaborării schemei de conexiuni este de a pune în evidență etapele de calcul cinematic. Aceste etape sunt: $\text{GMAI}(A,1) - B - \text{RRR}(2,3) - C - E - \text{TRIADA}(4,5,6,7)$.

2.2. Analiza cinematică a mecanismului de ștanțare

Analiza cinematică are ca scop calculul parametrilor dependenți de poziții, viteze și accelerații. Parametrii dependenți pot fi liniari, în cazul mișcării de translație sau unghiulari, în cazul cuplurilor de rotație.

A). Grupa modulară activă

Grupa modulară activă inițială este alcătuită dintr-un element cinematic 1 și o cuplă activă de rotație, notată cu litera A. Relațiile de calcul se scriu conform teoriei de la bipla de translație [1,3].

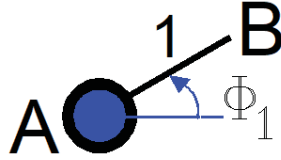


Fig. 4. Grupa modulară activă (GMAI)

Parametrii punctului B:

$$\begin{aligned} X_{B_k} &:= X_A + AB \cdot \cos(\phi_{1_k}) \\ Y_{B_k} &:= Y_A + AB \cdot \sin(\phi_{1_k}) \end{aligned} \quad (2)$$

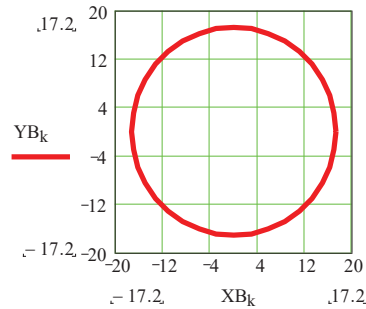


Fig. 5. Traiectoria punctului B

Parametrii dependenți de viteze:

$$\begin{aligned} X1_{B_k} &:= -\omega_1 \cdot AB \cdot \sin(\phi_{1_k}) \\ Y1_{B_k} &:= \omega_1 \cdot AB \cdot \cos(\phi_{1_k}) \end{aligned} \quad (3)$$

Parametrii dependenți de accelerații:

$$\begin{aligned} X2_{B_k} &:= -\omega_1^2 \cdot AB \cdot \cos(\phi_{1_k}) \\ Y2_{B_k} &:= -\omega_1^2 \cdot AB \cdot \sin(\phi_{1_k}) \end{aligned} \quad (4)$$

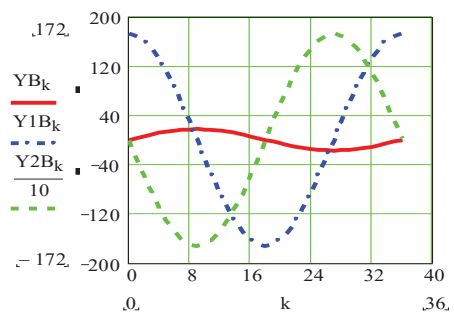
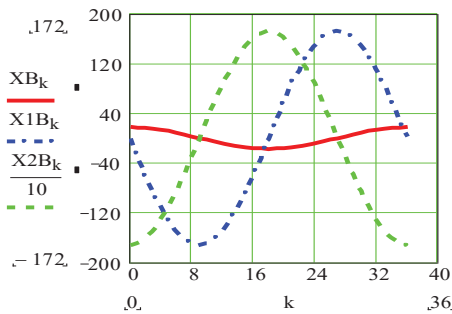


Fig. 6. Variația parametrilor dependenți de viteze și accelerații

B). Diada RRR (2,3)

În figura alăturată este prezentată diada formată din elementele cinematice 2 și 3. Pentru aceasta se vor calcula parametrii dependenți de poziții, viteze și accelerații.

Relațiile de calcul se vor scrie conform teoriei diadei RRR [1,3].

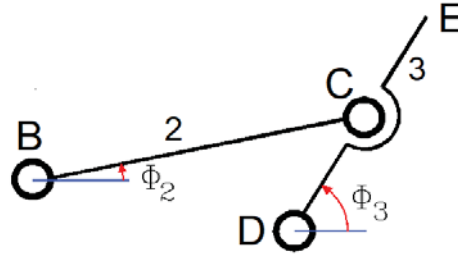


Fig. 7. Diada RRR (2,3)

Parametrii dependenți de poziții se calculează cu formulele:

$$\begin{aligned} XB_k - XD + BC \cdot \cos(\phi_2) - DC \cdot \cos(\phi_3) &= 0 \\ YB_k - YD + BC \cdot \sin(\phi_2) - DC \cdot \sin(\phi_3) &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

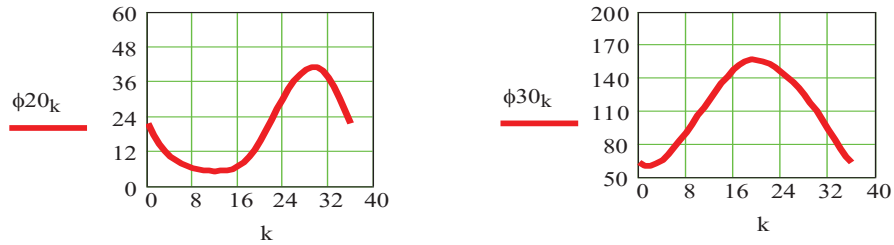


Fig. 8. Variația parametrilor dependenți de poziții

Parametrii dependenți de viteze se calculează cu ajutorul sistemului format din cele două matrici:

$$\begin{aligned} A1_k &:= \begin{pmatrix} -BC \cdot \sin(\phi_{2k}) & DC \cdot \sin(\phi_{3k}) \\ BC \cdot \cos(\phi_{2k}) & -DC \cdot \cos(\phi_{3k}) \end{pmatrix} \\ C1_k &:= \begin{bmatrix} -(X1B_k - X1D) \\ -(Y1B_k - Y1D) \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (6)$$

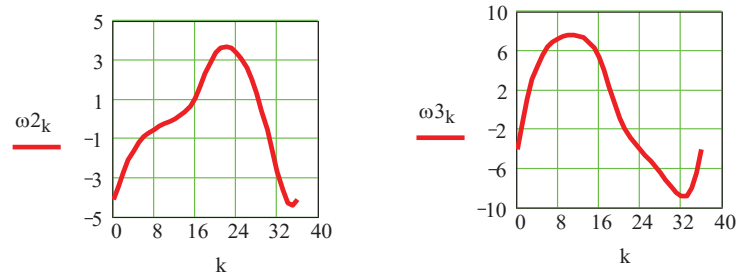


Fig. 9. Variația parametrilor dependenți de viteze

Parametrii dependenți de accelerații se calculează cu ajutorul sistemului format din matricile A1_k și D1_k:

$$D1_k := \begin{bmatrix} -[X2B_k - X2D - BC \cdot (\omega_{2k})^2 \cdot \cos(\phi_{2k}) + DC \cdot (\omega_{3k})^2 \cdot \cos(\phi_{3k})] \\ -[Y2B_k - Y2D - BC \cdot (\omega_{2k})^2 \cdot \sin(\phi_{2k}) + DC \cdot (\omega_{3k})^2 \cdot \sin(\phi_{3k})] \end{bmatrix} \quad (7)$$

Variația acestor parametri este prezentată în graficele alăturate.

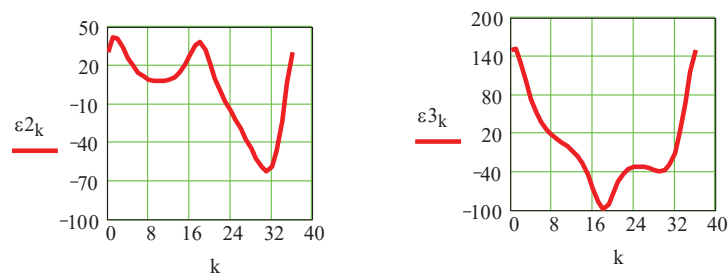


Fig. 10. Variația parametrilor dependenți de accelerații

Parametrii punctului C se calculează utilizând teoria bipletei de translație [1,4].

$$\begin{aligned} X_{Ck} &:= X_{Bk} + BC \cdot \cos(\phi_{2k}) \\ Y_{Ck} &:= Y_{Bk} + BC \cdot \sin(\phi_{2k}) \end{aligned} \quad (8)$$

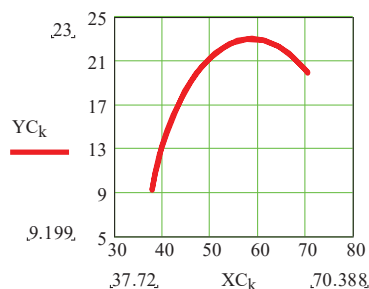


Fig. 11. Traectoria punctului C

Parametrii dependenți de viteze:

$$\begin{aligned} X1C_k &:= X1B_k - \omega_{2k} \cdot BC \cdot \sin(\phi_{2k}) \\ Y1C_k &:= Y1B_k + \omega_{2k} \cdot BC \cdot \cos(\phi_{2k}) \end{aligned} \quad (9)$$

Parametrii dependenți de accelerații:

$$\begin{aligned} X2C_k &:= X2B_k - (\omega_{2k})^2 \cdot BC \cdot \cos(\phi_{2k}) - \varepsilon_{2k} \cdot BC \cdot \sin(\phi_{2k}) \\ Y2C_k &:= Y2B_k - (\omega_{2k})^2 \cdot BC \cdot \sin(\phi_{2k}) + \varepsilon_{2k} \cdot BC \cdot \cos(\phi_{2k}) \end{aligned} \quad (10)$$

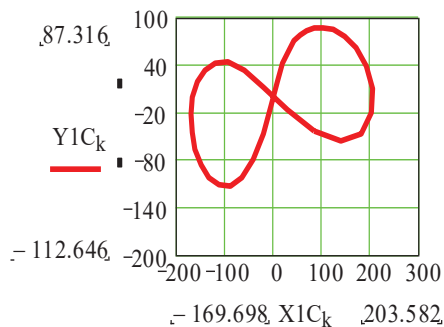
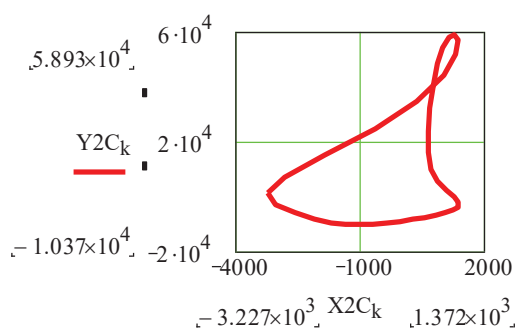


Fig. 12. Hodograful de viteze și accelerații

Relațiile de calcul ale parametrilor punctului E sunt [1,4]:

$$\begin{aligned} XE_k &:= XD + DE \cdot \cos(\phi_{3k}) \\ YE_k &:= YD + DE \cdot \sin(\phi_{3k}) \end{aligned} \quad (11)$$

Reprezentarea grafică a traiectoriei descrise de punctul E se poate vedea în figura 13.

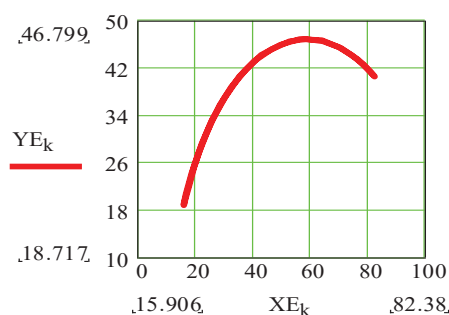


Fig. 13. Traiectoria punctului E

Parametrii dependenți de viteze:

$$\begin{aligned} X1E_k &:= X1D - \omega_{3k} \cdot DE \cdot \sin(\phi_{3k}) \\ Y1E_k &:= Y1D + \omega_{3k} \cdot DE \cdot \cos(\phi_{3k}) \end{aligned} \quad (12)$$

Parametrii dependenți de accelerații:

$$\begin{aligned} X2E_k &:= X2D - (\omega_{3k})^2 \cdot DE \cdot \cos(\phi_{3k}) - \varepsilon_{3k} \cdot DE \cdot \sin(\phi_{3k}) \\ Y2E_k &:= Y2D - (\omega_{3k})^2 \cdot DE \cdot \sin(\phi_{3k}) + \varepsilon_{3k} \cdot DE \cdot \cos(\phi_{3k}) \end{aligned} \quad (13)$$

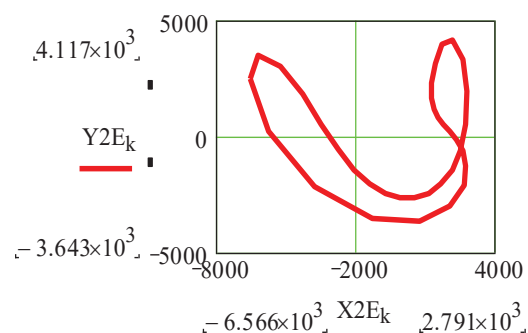
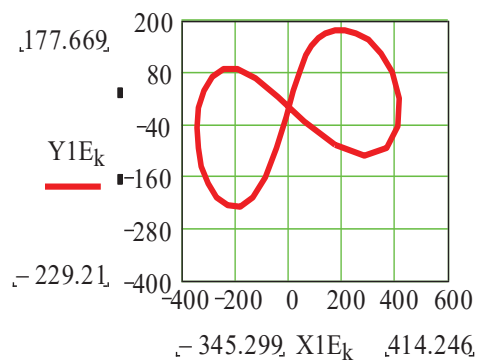


Fig. 14. Hodograful de viteze și accelerații

C). Grupa modulară tip triadă RR-RR-RR

În figura alăturată este prezentată grupa modulară pasivă tip triadă.

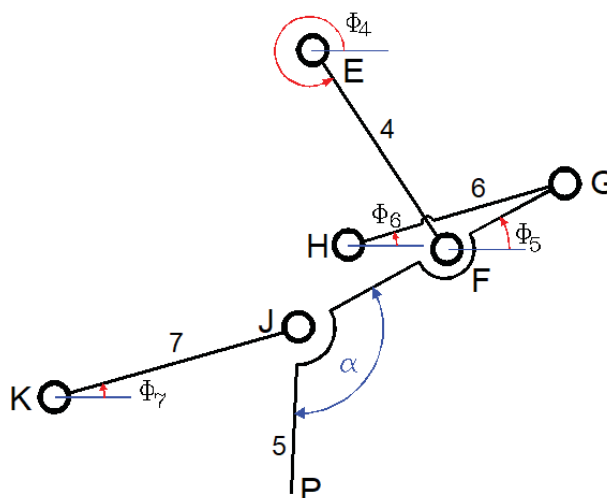


Fig. 15. Triada (4,5,6,7)

Pentru aceasta se cunosc lungimile elementelor cinematice 4, 5, 6, 7 și parametrii de poziții, viteze și accelerații ai cuplelor de legătură E, H, K. Se calculează:

- parametrii dependenți de poziții – $\phi_4, \phi_5, \phi_6, \phi_7$;
- parametrii dependenți de viteze – $\omega_4, \omega_5, \omega_6, \omega_7$;
- parametrii dependenți de accelerații – $\varepsilon_4, \varepsilon_5, \varepsilon_6, \varepsilon_7$.

Sistemul de ecuații pentru calculul parametrilor dependenți de poziții (PDP) [1,4] este:

$$\begin{aligned} XE_k - XH + EF \cdot \cos(\phi_4) + FG \cdot \cos(\phi_5) - HG \cdot \cos(\phi_6) &= 0 \\ YE_k - YH + EF \cdot \sin(\phi_4) + FG \cdot \sin(\phi_5) - HG \cdot \sin(\phi_6) &= 0 \\ XE_k - XK + EF \cdot \cos(\phi_4) + FJ \cdot \cos(\phi_5 + \beta) - KJ \cdot \cos(\phi_7) &= 0 \\ YE_k - YK + EF \cdot \sin(\phi_4) + FJ \cdot \sin(\phi_5 + \beta) - KJ \cdot \sin(\phi_7) &= 0 \end{aligned} \quad (14)$$

Variația parametrilor dependenți de poziții este prezentată în figura 16.

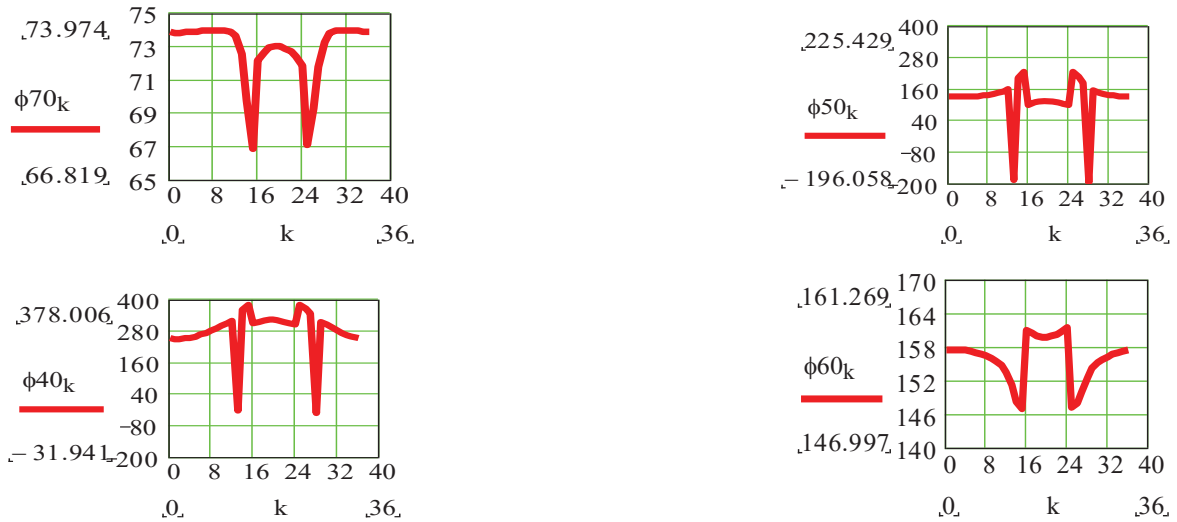


Fig. 16. Variația parametrilor dependenți de poziții

Parametrii dependenți de viteze (PDV) se obțin în urma rezolvării sistemului de matrici A_k, B_k [1,4]:

$$A_k := \begin{pmatrix} -EF \cdot \sin(\phi_{4k}) & -FG \cdot \sin(\phi_{5k}) & HG \cdot \sin(\phi_{6k}) & 0 \\ EF \cdot \cos(\phi_{4k}) & FG \cdot \cos(\phi_{5k}) & -HG \cdot \cos(\phi_{6k}) & 0 \\ -EF \cdot \sin(\phi_{4k}) & -FJ \cdot \sin(\phi_{5k} + \beta) & 0 & KJ \cdot \sin(\phi_{7k}) \\ EF \cdot \cos(\phi_{4k}) & FJ \cdot \cos(\phi_{5k} + \beta) & 0 & -KJ \cdot \cos(\phi_{7k}) \end{pmatrix} \quad (15)$$

$$B_k := \begin{bmatrix} -(X1E_k - X1H) \\ -(Y1E_k - Y1H) \\ -(X1E_k - X1K) \\ -(Y1E_k - Y1K) \end{bmatrix} \quad (16)$$

În figura 17 se pot observa graficele parametrilor ω_4 , ω_5 , ω_6 și ω_7 .

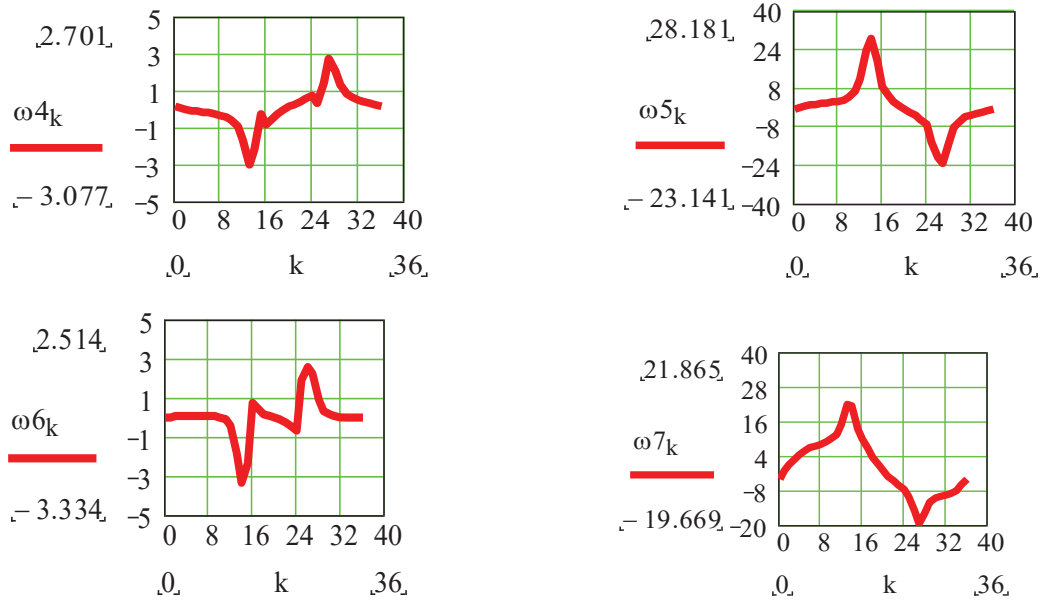


Fig. 17. Variația parametrilor dependenți de viteze

Parametrii dependenți de accelerații (PDA) se obțin în urma rezolvării sistemului de matrici A_k , C_k [1,4].

$$C_k := \begin{bmatrix} -(X2E_k - X2H - EF \cdot \omega_4 \cdot \cos(\phi_4) - FG \cdot \omega_5 \cdot \cos(\phi_5) + HG \cdot \omega_6 \cdot \cos(\phi_6)) \\ -(Y2E_k - Y2H - EF \cdot \omega_4 \cdot \sin(\phi_4) - FG \cdot \omega_5 \cdot \sin(\phi_5) + HG \cdot \omega_6 \cdot \sin(\phi_6)) \\ -(X2E_k - X2K - EF \cdot \omega_4 \cdot \cos(\phi_4) - FJ \cdot \omega_5 \cdot \cos(\phi_5 + \beta) + KJ \cdot \omega_7 \cdot \cos(\phi_7)) \\ -(Y2E_k - Y2K - EF \cdot \omega_4 \cdot \sin(\phi_4) - FJ \cdot \omega_5 \cdot \sin(\phi_5 + \beta) + KJ \cdot \omega_7 \cdot \sin(\phi_7)) \end{bmatrix} \quad (17)$$

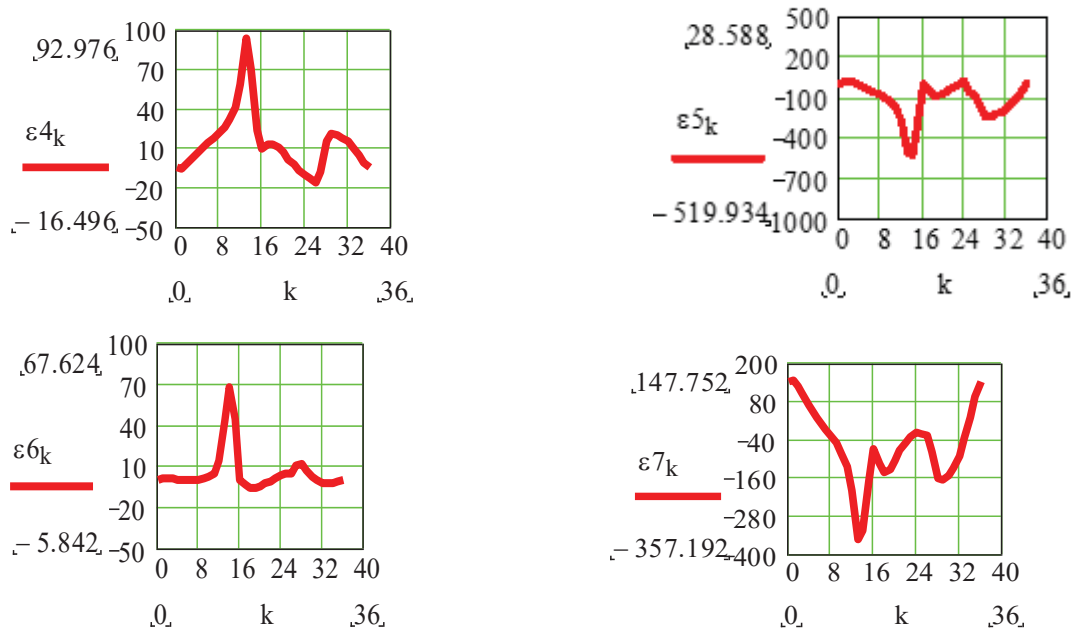


Fig. 18. Variația parametrilor dependenți de accelerații

Parametrii punctului J sunt calculați utilizând relațiile (18) [1,4].

$$\begin{aligned} X_{J_k} &:= X_K + KJ \cdot \cos(\phi_{7_k}) \\ Y_{J_k} &:= Y_K + KJ \cdot \sin(\phi_{7_k}) \end{aligned} \quad (18)$$

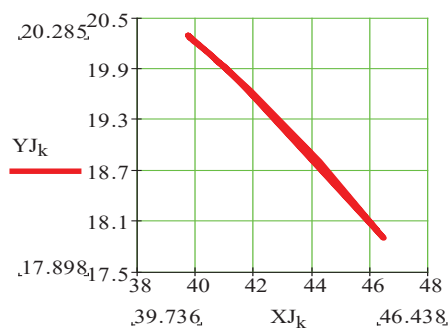
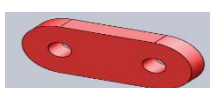


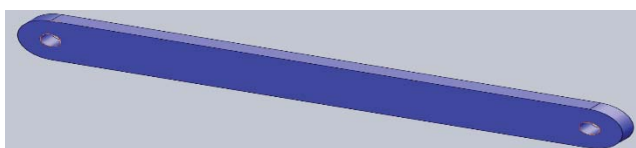
Fig. 19. Traectoria punctului J

3. Modelarea mecanismului de ștanțare

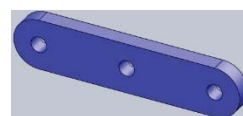
S-a efectuat modelarea fiecărui element cinematic și apoi s-a efectuat asamblarea finală [2]. Elementele cinematice modelate sunt prezentate mai jos.



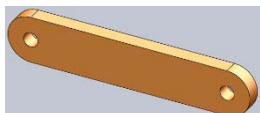
a) Elementul 1 (AB)



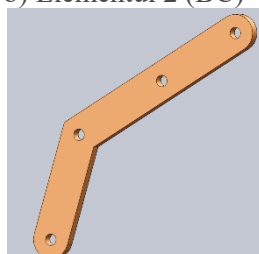
b) Elementul 2 (BC)



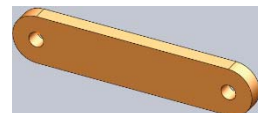
c) Elementul 3 (DCE)



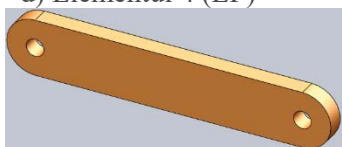
d) Elementul 4 (EF)



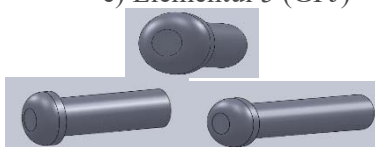
e) Elementul 5 (GFJ)



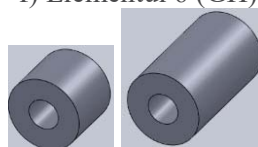
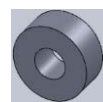
f) Elementul 6 (GH)



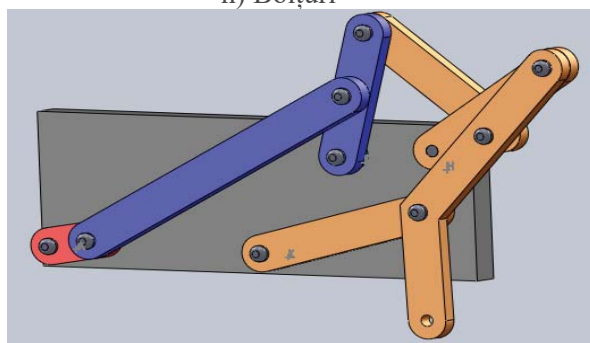
g) Elementul 7 (KJ)



h) Bolțuri



i) Bucșe



j)

Fig. 20. a) – i) Elemente cinematice modelate, j) Ansamblu final

4. Realizarea mecanismului de ștanțare

În figurile de mai jos sunt prezentate unele etape ale realizării practice a mecanismului de ștanțat.



Fig. 21. Instantanee din procesul de realizare a mecanismului



Fig. 22. Mecanismul de ștanțare

5. Concluzii

Mecanismul de ștanțat ușurează munca într-o întreprindere, iar ceea ce am modelat noi este o mică machetă, însă dacă este automatizat lucrurile o să meargă mai repede și mai eficient.

6. Bibliografie

- [1]. Comănescu, A., Comănescu, D., Dugășescu, I. și Boureci, A. (2010), *Bazele modelării mecanismelor*, Editura Politehnica Press, București, ISBN 978-606-515-114-7;
- [2]. Maican, E. (2006), *Solidworks, modelare 3D pentru ingineri*, Editura Printech, București, ISBN 973-718-544-7, 978-973-718-544-0;
- [3]. Pelecudi, C. (1967), *Bazele analizei mecanismelor*, Editura Academiei Republicii Socialiste Romania;
- [4]. Tempea, I., Dugășescu, I., și Neacșa, M. (2006), *Mecanisme*, Ed. Printech, ISBN (10) 973- 718-560-9;
- [5]. *** <https://ro.wikipedia.org/wiki/%C8%98tan%C8%9Bare>;
- [6]. *** <https://www.youtube.com/watch?v=pTXGwBNhvRY>.

7. Notății

X, Y = parametrii dependenți de poziții;
X1, Y1 = parametrii dependenți de viteze;
X2, Y2 = parametrii dependenți de accelerații.

SIMULAREA MECANISMELOR CAMĂ-TACHET

BOERESCU Vlad¹, NEACȘU Alexandru-Ionut², PĂTRAȘCU Bogdan³ și URSEI Marian-Claudiu⁴

¹Facultatea IMST, Specializarea: Tehnologia Construcțiilor de Masini, Anul de studii: II, e-mail: vladboerescu1997@gmail.com

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Constantin OCNĂRESCU**

REZUMAT: Arborele cu came, organul care comanda deschiderea și închiderea supapelor de admisie și de evacuare, la momentele optime conform ciclului motor, este prevăzut cu un număr de came egal cu dublul numărului cilindrilor, sau direct proporțional cu numărul supapelor, în cazul când distribuția este prevăzută cu mai mult de o supapă de același fel, la fiecare cilindru.

CUVINTE CHEIE: cama, tachet, mecanism.

1. Introducere

Mecanismele cu camă în mod special transformă o mișcare rotativă uniformă într-o mișcare rotativă neuniformă alternativă sau într-o mișcare liniară alternativă. În aceste mecanisme, în general, mișcarea se transmite de la elementul conducător profilat - cama - la elementul condus – tachetul – prin contact direct.

Rareori se întâmplă ca elementul camă să fie condus, sau chiar fix mecanismele cu came sunt larg răspândite în proiectarea ingineriei mecanice deoarece profilul camei poate avea aproape orice formă, în funcție de legea de mișcare care se dorește pentru tachet.

2. Clasificare mecanisme camă-tachet

Mecanismele cu came se pot clasifica după mai multe criterii:

2.1 După forma profilului camei:

- came plane, când curba profilului se află în planul mișcării
- came spațiale, când curba profilului nu se află în planul mișcării; camele spațiale pot fi: cilindrice, tronconice și hiperboloidale

2.2 După poziția de amplasare a profilului camei pot fi:

- exterioare (la care profilul de lucru se află la exteriorul camei)
- interioare (la care profilul de lucru se află la interiorul camei sub formă de caneluri);

2.3 După felul mișcării camele plane se împart în:

- came rotative
- came oscilante
- came translante
- came de rototranslație

2.4 După felul mișcării tachelului există:

- tacheți translanți
- tacheți oscilanți
- tacheți rototranslanți

2.5 După forma tacheților se deosebesc:

- tacheți cu vârf la care contactul camă tachet este într-un punct
- tacheți cu rolă (galet) la care contactul camă - tachet este o linie (rola este element cinematic pasiv)
- tacheți cu disc

2.6 După poziția tachețului față de camă pot fi:

- mecanisme cu tachet axial (centric)
- mecanisme cu tachet dezaxat (excentric)

3. Construirea mecanismului camă-tachet

Am pornit de la cunoașterea legilor de urcare și coborâre a tachețului și cu ajutorul relațiilor de calcul am reușit să realizăm graficele cu care am făcut un desen la scară ce ne-a ajutat să determinăm raza camei din condiția gabaritului minim.

Cu raza cunoscută am reușit prin intermediul unor relații de calcul să determinăm coordonatele polare R și β de pe profilul camei reale.

3.1 Calculul Funcțiilor de Transmitere

Am calculat funcțiile de transmitere pentru un mecanism cu camă de rotație, cu tachet de translație, cu rolă, la care se cunosc [1]:

$$h=37$$

$$r=4$$

$$e=4$$

$$\varphi_u = 100^\circ$$

$$\varphi_c = 90^\circ$$

$$\varphi_{SI} = \varphi_{SS} = 85^\circ$$

$$\alpha_{cr}^u = 40^\circ$$

$$\alpha_{cr}^c = 45^\circ$$

Tabelul 1. Deplasarea și viteza tachețului

URCARE				COBORARE			
Lege de mișcare: sinus				Lege de mișcare : cosinus			
$s = h * \left(\frac{\varphi}{\varphi_u} - \frac{1}{2 * \pi} * \sin \frac{2 * \pi * \varphi}{\varphi_u} \right)$				$s = \frac{h}{2} * \left(1 + \cos \frac{\pi * \varphi}{\varphi_c} \right)$			
$s' = \frac{h}{\varphi_u} \left(1 - \cos \frac{2 * \pi * \varphi}{\varphi_u} \right)$				$s' = - \frac{\pi * h}{2 * \varphi_c} * \sin \frac{\varphi * \pi}{\varphi_c}$			
Nr. Crt.	$\phi [^\circ]$	s [mm]	s' [mm]	Nr. Crt.	$\phi [^\circ]$	s [mm]	s' [mm]
1	0	0	0	1	0	37	0
2	10	0,23	4,04	2	10	35,88	-12,65
3	20	1,79	14,64	3	20	32,67	-23,04
4	30	5,49	27,75	4	30	27,75	-32,04
5	40	11,33	38,35	5	40	21,71	-36,43

6	50	18,5	42,39	6	50	15,28	-36,43
7	60	25,66	38,35	7	60	9,25	-32,04
8	70	31,5	27,75	8	70	4,32	-23,04
9	80	35,2	14,64	9	80	1,11	-12,65
10	90	36,76	4,04	10	90	0	0
11	100	37	0				

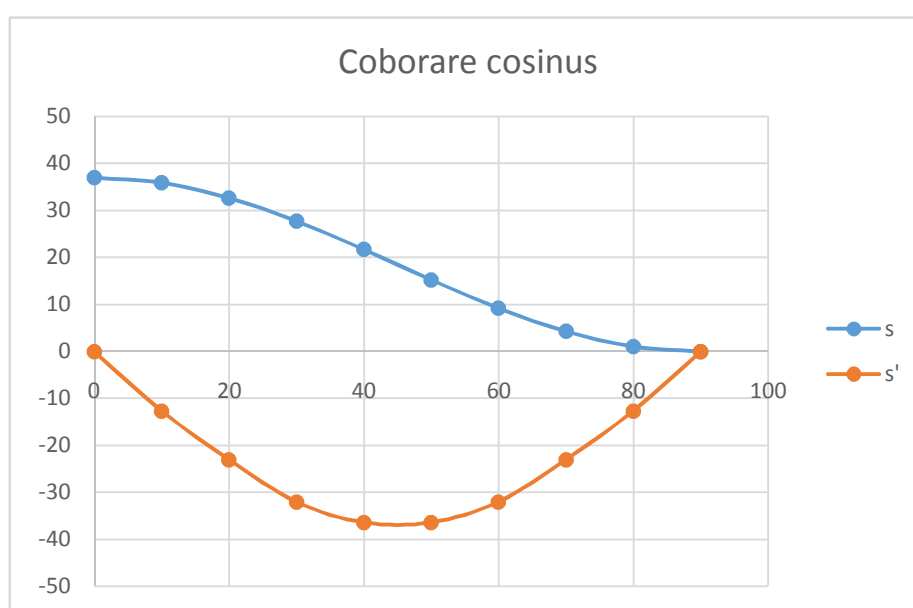


Fig. 1. Deplasarea și viteza tachetului la coborâre

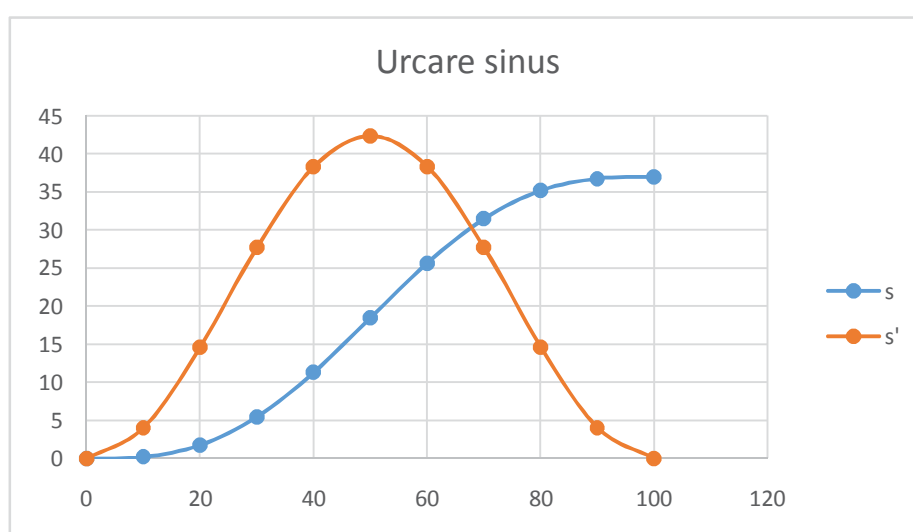


Fig. 2. Deplasarea și viteza tachetului la urcare

3.2 Determinarea coordonatelor polare

Cu ajutorul razei R_0 , am calculat următoarele coordonate:

$$R = \sqrt{(s + s_0)^2 + e^2}$$

$$\beta = \varphi - \arctg\left(\frac{e}{s+s_0}\right)$$

$$s_0 = \sqrt{R_0^2 - e^2}$$

Tabelul 2. Coordonatele polare ale profilului camei

URCARE				COBORARE			
Nr. Crt	φ	R[mm]	$\beta[^\circ]$	Nr. Crt	φ	R[mm]	$\beta[^\circ]$
1	0	33	-6,96	1	0	69,87	-3,28
2	10	33,23	3,09	2	10	68,75	6,66
3	20	34,78	13,40	3	20	65,55	16,50
4	30	38,46	24,03	4	30	60,64	26,22
5	40	44,27	34,82	5	40	54,61	35,80
6	50	51,41	45,54	6	50	48,20	45,24
7	60	59,55	56,15	7	60	42,20	54,56
8	70	64,38	66,44	8	70	37,29	63,84
9	80	68,07	76,63	9	80	34,10	73,26
10	90	69,63	86,71	10	90	33	83,04
11	100	69,87	96,72				

3.3 Construirea camei ideale

Pentru construirea camei ideale a fost nevoie de interpretarea și punerea în aplicare a rezultatelor obținute după calcularea coordonatelor R și β . Astfel am creat un sistem de coordonate xOy în care am trasat drepte de rază R corespunzător unghiul aferent β .

Pentru aceasta s-a utilizat software-ul AutoCAD în care s-au utilizat următoarele comenzi:

- Line
- Circle
- Point
- Arc
- Dim\Angular
- Text
- DXFout

După această etapă, am unit punctele obținute în urma trasării liniilor, cu arce de cerc, iar în final, după unirea tuturor punctelor, am obținut profilul camei ideale.

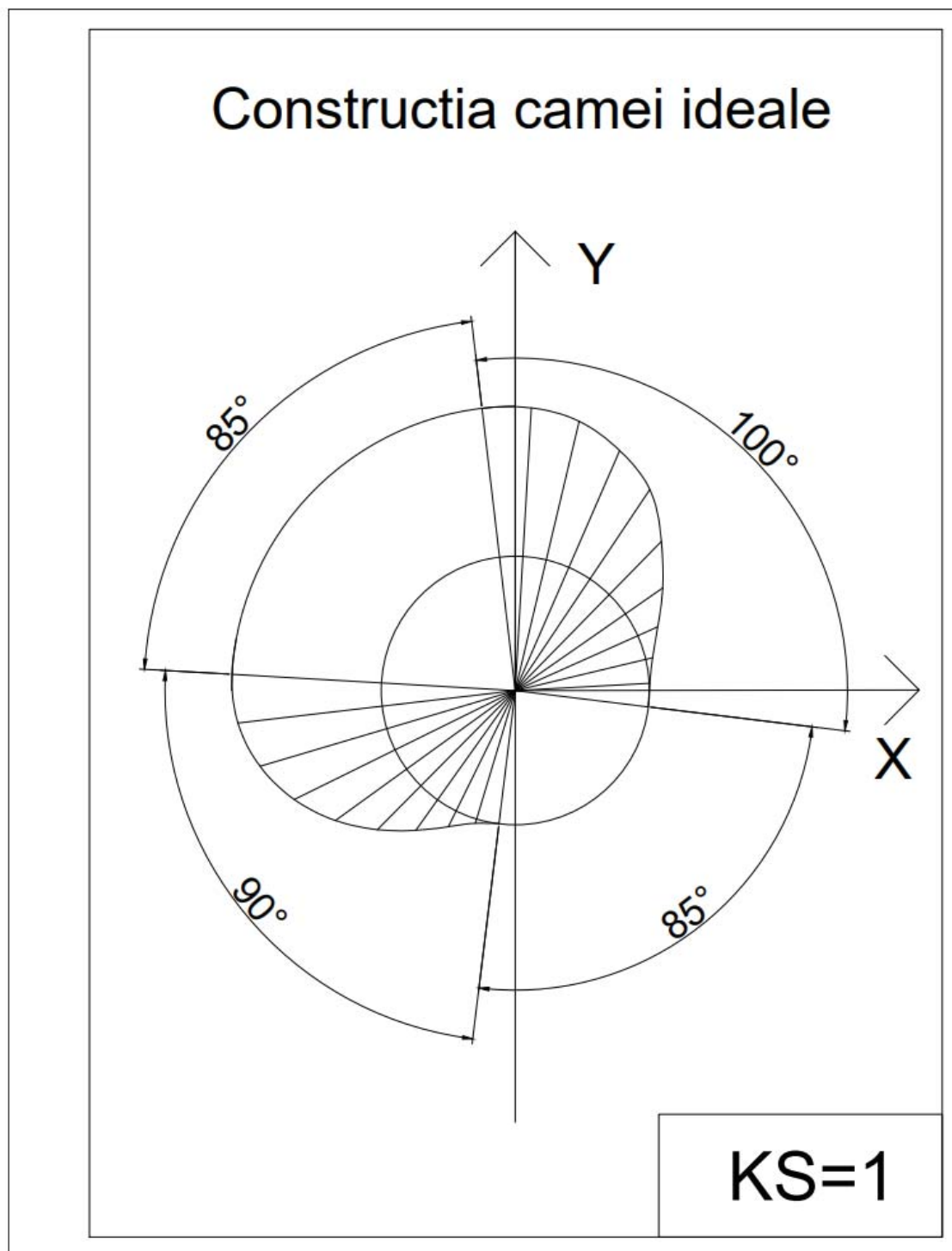


Fig. 3. Trasarea profilului camei ideale

3.4 Construirea camei reale

Pentru obtinerea profilului camei reale am trasat cercuri de raza $r=4$ pe întreaga circumferinta a camei ideale. Am unit tangente între cercuri și astfel am obtinut cama reala.

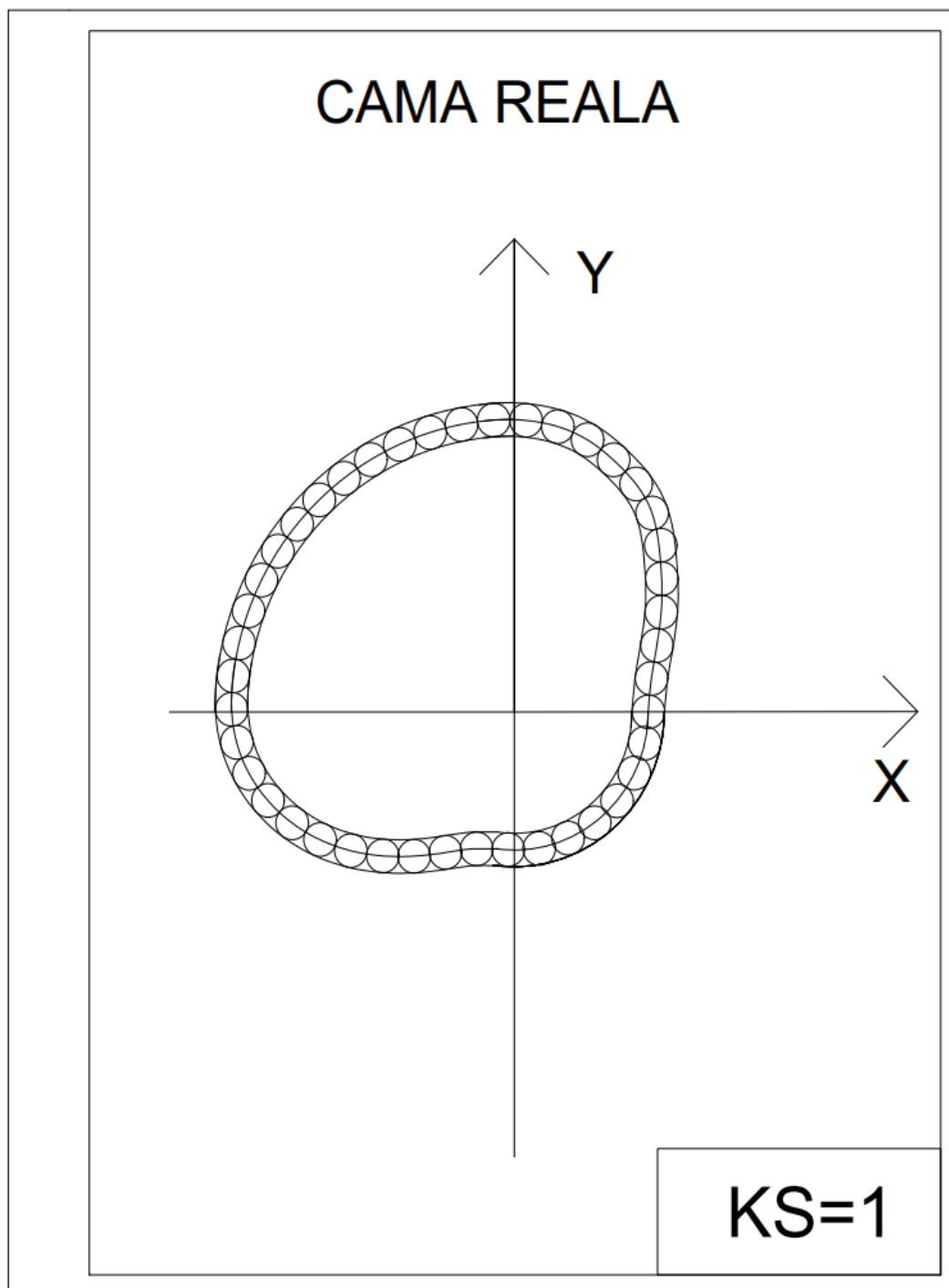


Fig. 4. Trasarea profilului camei reale

4. Analiza cinematică a mecanismelor cu camă

A realiza analiza cinematică a mecanismelor cu came înseamnă a determina deplasările, vitezele și accelerațiile tachetului în funcție de unghiul de rotație al camei, respectiv în funcție de timp. Pentru aceasta trebuie să se cunoască structura și geometria mecanismului (inclusiv profilul camei) și cinematica elementului conducător - cama.

Metodele folosite pentru calcul pot fi analitice sau grafo-analitice:

- metoda planului vitezelor și accelerațiilor
- metoda mecanismului înlocuitor
- metoda diagramelor cinematice

5. Concluzii

Mecanisme cu came sunt alcătuite dintr-un element profilat numit camă care transmite mișcarea, prin intermediul unei cuple superioare, unui element condus, numit tachet.

6. Mulțumiri

Mulumim domnului Prof.dr.ing. Constantin OCNĂRESCU pentru îndrumarea realizării acestei lucrări științifice.

Mulumim doamnei As.dr.ing. Cristina Luciana Dudici pentru indicațiile oferite .

Mulumim domnului Conf. dr.ing. Ovidiu-Dorin ALUPEI-COJOCARIU pentru îndrumarea proiectării în programul Inventor a simulării mecanismului cama tachet.

7. Bibliografie

- [1]. Cretu, S.M. (2013), *Came. Cinematica. Unghi de presiune*. - Note de curs.

8. Notății

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:

h = cursa tachetului [mm];

r = raza vectoare a camei [mm];

e = excentricitatea tachetului [mm];

φ = unghiul de poziționare al camei [°];

φ_u = unghiul de urcare a tachetului [°];

φ_c = unghiul de coborâre a tachetului [°];

s = deplasarea curentă a tachetului [mm];

s' = viteza redusă a tachetului [mm];

R = raza pentru obținerea profilului camei (coordonată polară) [mm];

β = unghiul pentru obținerea profilului camei (coordonată polară) [°];

s_0 = deplasarea inițială a tachetului [mm];

R_0 = raza cercului de bază al camei [mm].

STUDIUL UNUI MECANISM PLANETAR CU ROȚI DINTATE ASISTAT DE INVENTOR

CÎRSTINA Maria-Mihaela¹, DINU Andrei Alexandru², DOBRA-DUICAN Mihaela și DOGARU Adrian³

²Ingineria și Managementul Sistemelor Tehnologice, Specializarea: Tehnologia Construcțiilor de Mașini,
e-mail: dinuandrialexandru17@gmail.com

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Constantin OCNĂRESCU**

REZUMAT: În aceasta lucrare realizat un mecanism planetar cu roți dințate asistat de inventor. Pentru început am realizat programul de calcul al numărului de dinți, apoi calculul diametrelor și verificările aferente (acest lucru l-am realizat cu ajutorul programului Labview), pentru a putea începe modelarea cu ajutorul programului Inventor. Schema cinematică a mecanismului a fost realizată cu ajutorul Autocad-ului.

CUVINTE CHEIE: mecanism planetar cu roți dințate, numere de dinti, elemente geometrice.

1. Introducere

Mecanismele planetare cu roți dințate sunt mecanisme care au în componență cel puțin un angrenaj. Prin angrenaj înțelegem mecanismul elementar format din 2 roți dințate a căror poziție este invariabilă și la care roata conducătoare o angrenează pe cea condusă prin acțiunea dinților aflați succesiv și continuu în contact. Obiectivul acestei lucrări este realizarea unui mecanism planetar cu roți dințate. Modelarea acestuia fiind făcută cu ajutorul Inventor-ului.

2. Stadiul actual

S-a realizat un program de calcul în LabView pentru determinarea dimensiunilor elementelor geometrice și al numărului de dinți, urmat de proiectarea în Inventor al fiecărui element în parte. În final s-au asamblat piesele rezultate cărora le-au fost impuse anumite constrângeri.

3. Ecuații

$$J=11$$

$$|D_C| \leq 7\%$$

$$I_R = 10 + J \quad (1)$$

$$\frac{I_R}{I_R - 1} = \frac{Z_2 * Z_3}{Z_1 * Z_{2'}} \quad (2)$$

$$Z_1 + Z_2 = Z_{2'} + Z_3 \quad (3)$$

Relația (2) reprezintă ecuația cinematică a reductorului. Avem 2 ecuații cu 4 necunoscute, pentru aflarea necunoscutelor am elaborat un program de calcul. Pentru acest lucru am ales aleator Z_1 și Z_2 din intervalul [17...100]. Apoi am introdus Z_1 și Z_2 în relațiile (2) și (3) pentru aflarea numerelor de dinți ale



Fig. 2. Diagrama LabView

4. Tabel elemente geometrice

Tabelul 1. Elemente geometrice

Nr. Crt	Elemete geometrice	Simbol (STAS)	RD_1	RD_2	RD_2'	RD_3
1.	Număr de dinți	Z	40	45	44	41
2.	Pasul de divizare	P [mm]	6.283	6.283	6.283	6.283
3.	Diametrul de divizare	d [mm]	80	90	88	82
4.	Înălțimea capului dintelui	h_a [mm]	2	2	2	2
5.	Înălțimea piciorului dintelui	h_f [mm]	2.5	2.5	2.5	2.5
6.	Înălțimea dintelui	h [mm]	4.5	4.5	4.5	4.5
7.	Diametrul de cap	d_a [mm]	84	94	92	86
8.	Diametrul de picior	d_f [mm]	75	85	83	77

9.	Diametrul de bază	d_b [mm]	75	85	83	77
10.	Distanță axe	a	85	85	85	85
11.	Grad de acoperire	ϵ	1.674	1.674	1.674	1.674

5. Schema cinematica la a mecanismului

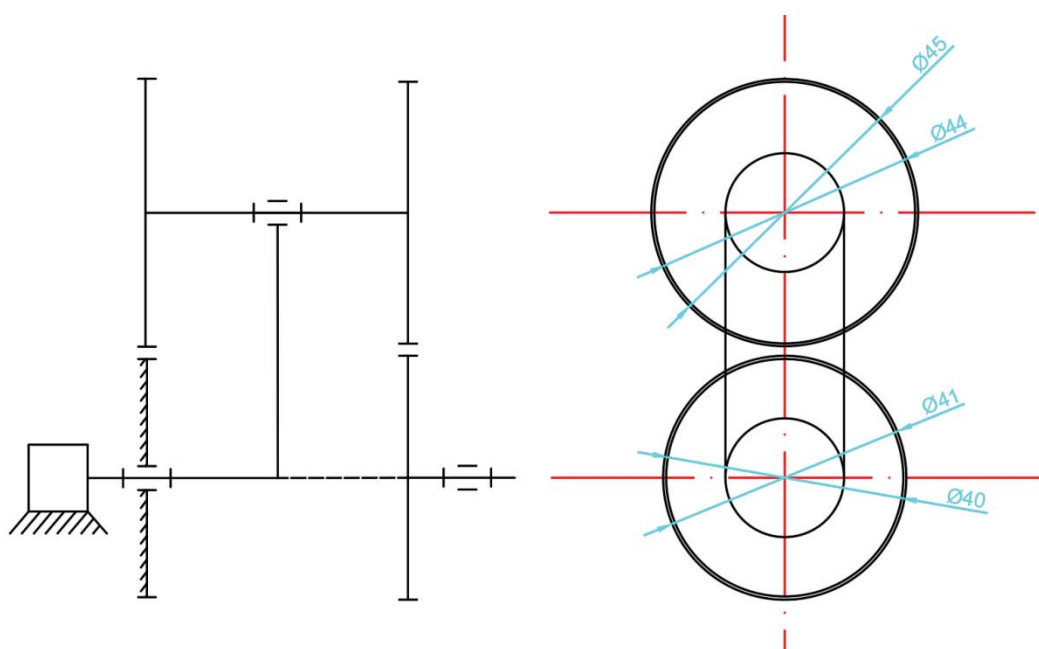


Fig. 3. Schema cinematica

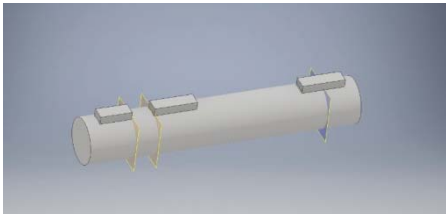
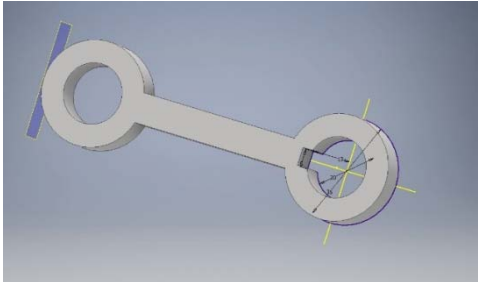
6. Modelarea mecanismului planetar cu roți dințate

Pentru a realiza acest mecanism planetar cu roți dințate s-a utilizat programul de modelare Inventor 3D. Etapele și pașii de care s-au ținut cont vă sunt prezentate în cele ce urmează.

➤ S-a început cu proiectarea roților dințate, într-un număr de patru bucăți. Procesul a pornit de la extrudarea unui cilindru, urmat de construcția unui dinte care s-a multiplicat prin comanda „CIRCULAR”. Următoarea etapă a constat în realizarea unui gauri folosind comanda „HOLE”. Etapa cu care s-a continuat procesul de proiectare a fost crearea unui sketch pentru realizarea canalului de pană plan-paralelă de tip B;

- Realizarea unor arbori pe care se vor monta penele pentru fixarea roților dințate;
- Proiectarea și dimensionarea carcasei;
- Asamblarea tuturor pieselor componente.

Tabelul 2. Modelarea elementelor

Nr. element	Denumire	FIGURĂ
1.	Roata dințată	
2.	Arbori	
3.	Bielă	
4.	Suport	

6. Concluzii

Aceasta lucrare a început pe baza unor formule de calcul doar pentru aflarea dimensiunilor elementelor geometrice și al numărului de dinți necesari roților dințate, iar etapa de proiectare a elementelor a fost realizată în întregime de noi.

7. Bibliografie

- [1]. Ocnărescu, C. (2017-2018) *Mecanisme* - note curs.
- [2]. Filipoiu, I.D. și Tudor, A. *Proiectarea transmisiilor mecanice* - îndrumar de proiectare.

MODELAREA, SIMULAREA ȘI PRINTAREA 3D. A UNUI MECANISM CU ROȚI DINȚATE DE TIP ANGRENAJ ȘI O APLICAȚIE A ACESTEIA

UȚĂ Mihai-Gigi ¹, IORGA Alexandru ², CERCHEZEANU Andrei ³ și PAȚILEA Alexandru Edward ⁴

¹ Ingineria și Managementul Sistemelor Tehnologice, Specializarea: Tehnologia Construcțiilor de Masini, Anul de studii: II, e-mail: utamihai_17@icloud.com

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Constantin OCNARESCU**, Sl.dr.ing. **Liviu-Marian UNGUREANU**

REZUMAT: În această lucrare se prezintă modelarea și simularea unui mecanism cu roți dințate iar în final pentru corelarea modelului CAD cu realitatea s-a realizat printarea 3D a angrenajului. Am urmărit ca prin utilizarea unui reductor să amplificăm cuplul motor. Aplicația constă în realizarea unui reductor, printat la o imprimantă cu filament PLA. Au mai fost printate carcasa și încă 2 piese ce asigură cuplajul dintre motor și sistemul de ridicare respectiv coborâre a unei jaluzele. Pentru acționare s-a folosit un motor pas cu pas 28BYJ-48 de 5V ce a venit însoțit de un driver ce asigură o funcționare mai eficientă. Componentele au fost conectate la placa compatibilă cu Arduino UNO prin intermediul unor conectori de tip mama-tata. Pentru programarea plăcii de dezvoltare s-a pornit de la un script open source ce a fost adaptat pentru a fi compatibil cu motorul pas cu pas și cu driverul. Alimentarea acestuia se face prin USB la 5V sau printr-un alimentator de 9V.

CUVINTE CHEIE: modelare, simulare, mecanism cu roți dințate, reductor, angrenaj.

1. Introducere

Alegerea unor jaluzele necesită documentare, pe toate planurile. Printre primele aspecte esențiale în alegerea unui sistem de strângere și desfăcere a unei jaluzele este prețul apoi se analizează calitatea, eficiența și rezistența unor astfel de produse. După aceea un alt aspect foarte important de luat în calcul este siguranța sistemului pentru copii, respectiv animale de companie. Un alt aspect ce poate fi analizat este materialul din care este confecționată jaluzeaua din aluminiu, PVC, plastic sau material textil. Fiecare dintre aspectele prezentate anterior au avantaje și inconveniențe, de aceea un sistem inteligent de strângere și desfăcere a unei jaluzele poate oferi opțiuni privind economii financiare întrucât sistemul ajută la un mediu controlat atât vara cât și iarna. Astfel făcând jaluzelele să acționeze în anumite zile la anumite ore ne putem bucura de lumină și căldură suficientă, vom face economii la factura de curent electric.

Obiectivul acestei lucrări este modelarea, simularea și respectiv validarea unui mecanism cu roți dințate prin realizarea fizică a acestuia folosind tehnologia de printare 3D. Implementarea acestui tip de angrenaj se face pentru o aplicație, respectiv strângerea și desfăcerea unei jaluzele. S-a folosit pentru modelarea și simularea mecanismului de strângere și desfăcere a jaluzelei softul Autodesk Inventor 2018.

2. Stadiul actual

Există diverse soluții tehnice de strângere și desfăcere a unei jaluzele dar majoritatea folosesc sisteme de ridicare de tip scripete folosind fir. În figura 1 este prezentat un astfel de sistem. De asemenea un alt tip de mecanism pentru strângere și desfăcere a jaluzelei este cel prezentat în figura 2 care este compus din două motoare care pot fi dimensionate în funcție de lungimea și lățimea jaluzelei și acest sistem funcționând tot pe baza de fir. Costul unor astfel de sisteme existente în România variază în funcție de dimensiunile jaluzelei, iar cel mai ieftin sistem ce deservește o suprafață de 0,5mp pornește de la 100 de euro și crește în funcție de materialul jaluzelei, de capacitatea sistemului de acționare și de modul în care sunt comandate.



Fig. 1. Sistem de strângere si desfacere a jaluzelei cu mecanism tip scripete cu fir [1]



Fig. 2. Sistem de strângere si desfacere a jaluzelei cu motoare [2]

3. Modelarea și simularea mecanismului cu roți dințate

Componentele mecanismului cu roți dințate au fost modelate 3D cu ajutorul softului Autodesk Inventor 2018 [3]. Sunt prezentate în figura 3 reperul carcasă inferioara respectiv superioară, în figura 4 angrenarea celor 2 roți, în figura 5 cei doi arbori iar în figura 6 sunt reperate asamblate în vederea realizării simulării mecanismului cu roți dințate.

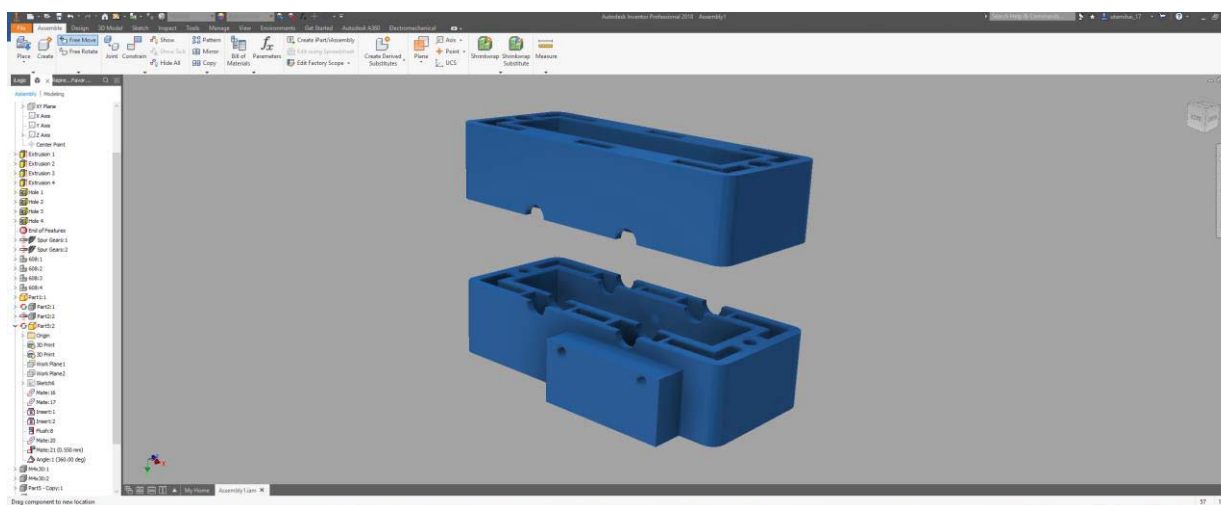


Fig. 3. Reper carcasă inferioara respectiv superioară

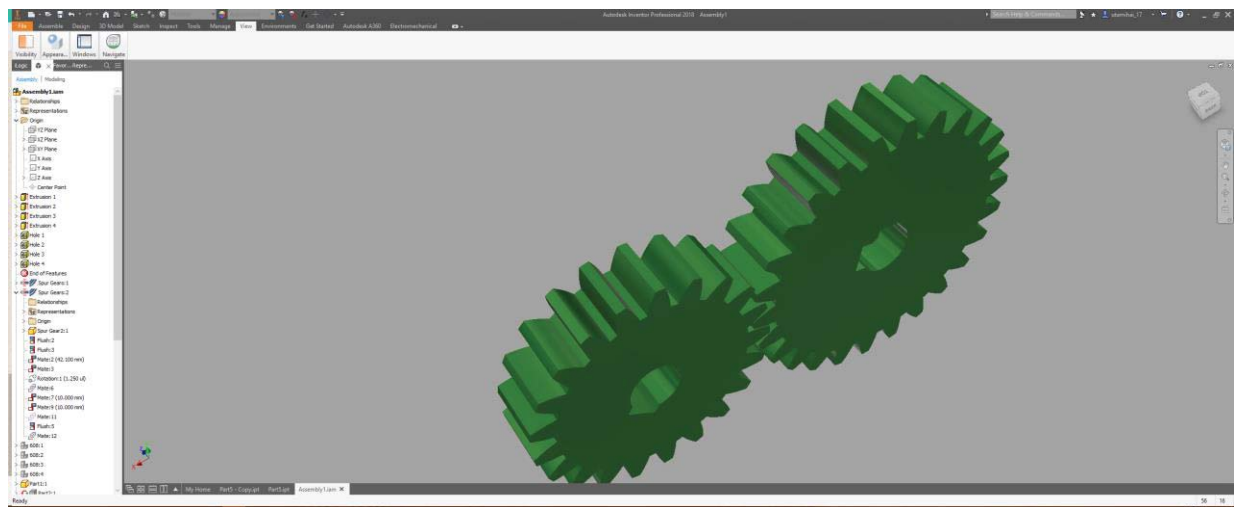


Fig. 4. Angrenarea celor 2 roți

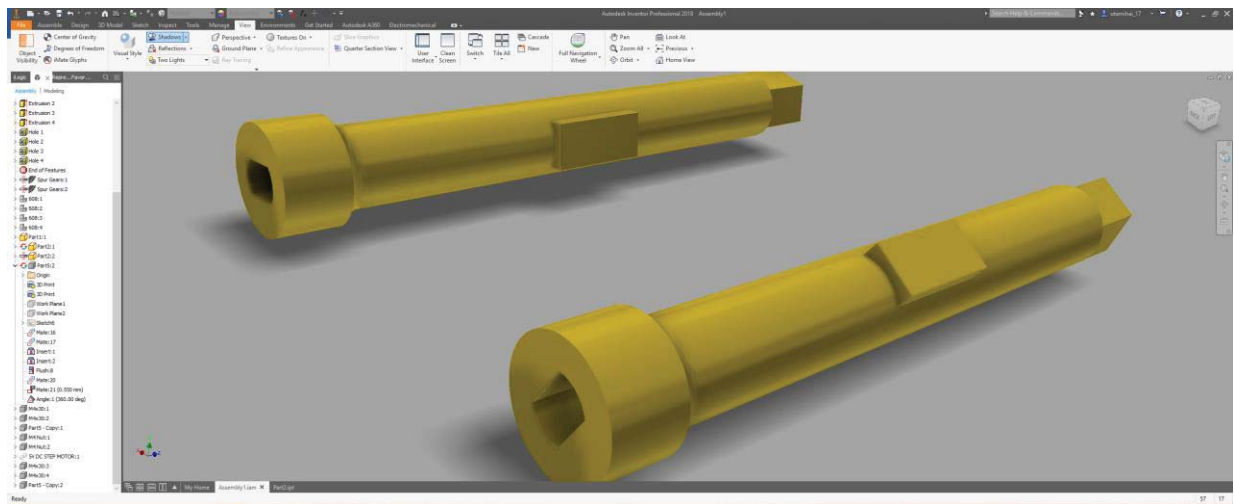


Fig. 5. Cei doi arbori

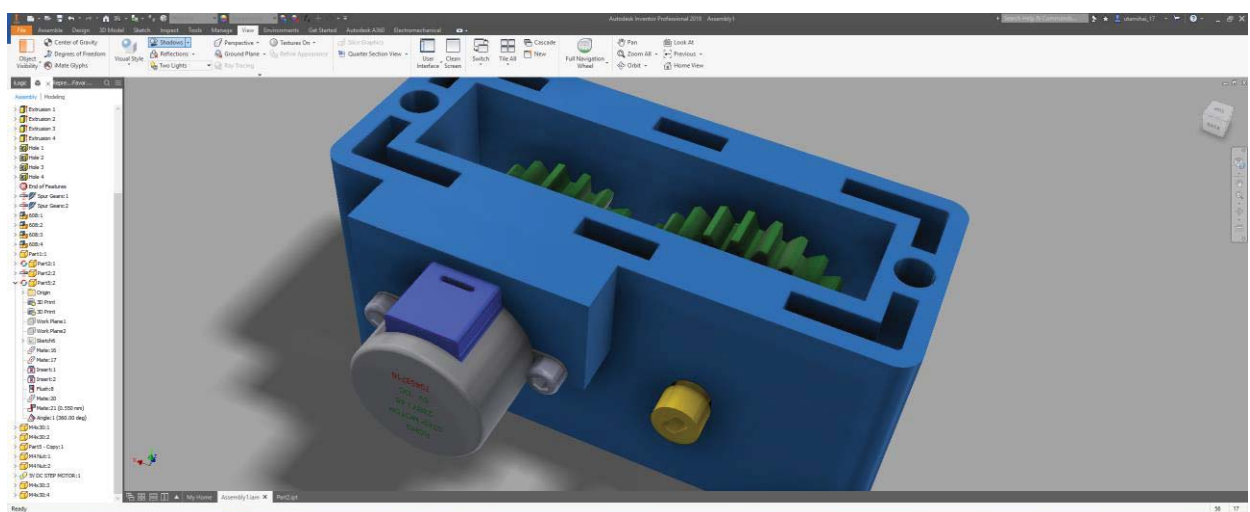


Fig. 6. Reperele asamblate în vederea realizării simulării mecanismului cu roți dințate

În modelarea cu ajutorul softului Autodesk Inventor 2018 s-au folosit 2 roți dințate, una amplasată pe arborele de acționare al motorului pas cu pas și are numărul de dinți $Z_1=21$ dinți iar cealaltă amplasată pe arborele 2 are $Z_2=26$ dinți

Având numărul de dinți putem calcula raportul de transmitere.[4]

$$i_{12} = -\frac{Z_2}{Z_1} = -\frac{26}{21} = -1,238 \quad (1)$$

În Autodesk Inventor 2018 pentru roțile dințate au fost utilizat modulul FastDesigner(spur gear) și modulul FastDesigner (spur gear) deoarece folosind aceste module am economisit timp.

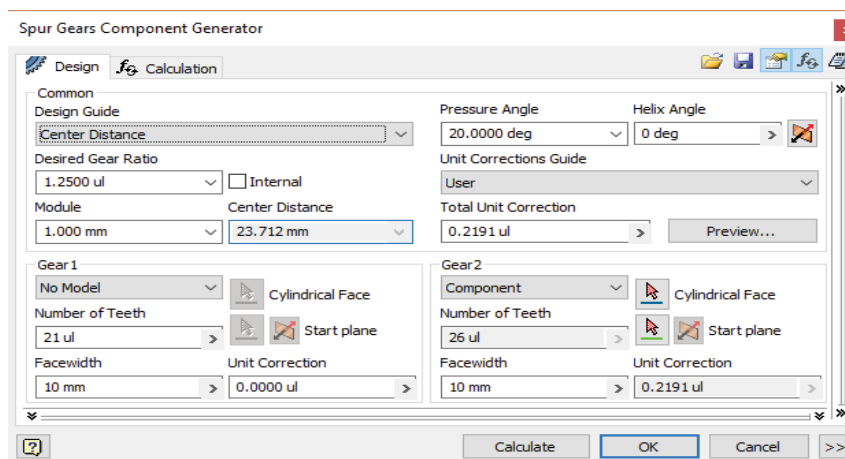


Fig. 7. Modulul FastDesigner (spur gear) al softului Autodesk

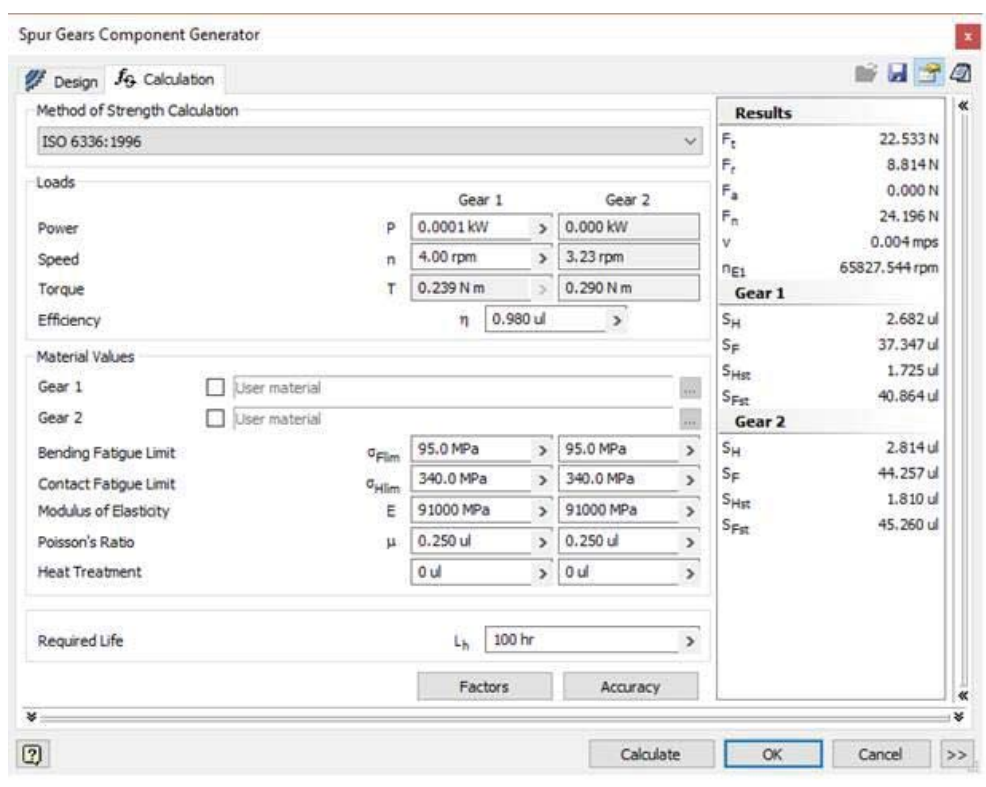


Fig. 8. Modulul FastDesigner(spur gear) al softului Autodesk

4. Implementarea efectivă a mecanismului cu roți dințate

S-a urmărit implementarea efectivă a mecanismului cu roți dințate, astfel componentele modelate au fost printate 3D folosind o imprimantă 3D GEEETech I3 cu Filament. Pentru acționarea angrenajului cu roți dințate s-a folosit motorul pas cu pas 28BYJ-48 de 5V care a venit însoțit de un driver ce a fost conectat la placa compatibilă cu Arduino. De asemenea în cadrul acestei teme de cercetare s-a urmărit programarea plăcii compatibile cu Arduino pentru automatizarea mecanismului cu roți dințate. Această aplicație presupune acționarea automată a jaluzelei, adică cea de strângere sau cea de desfacere. Din punct de vedere practic, această aplicație este folositoare având ca scop simplitatea și ușurința cu care aceasta se utilizează. Firele au fost conectate astfel: Firul verde: port IN1-pin 8; Firul Albastru: port IN2 – pin 9; Firul mov: port IN3- pin 10 ; Firul gri: port IN4 – pin 11; Firele Alb și negru sunt conectate în placa Arduino la porturile 5V(alb) și GND(negru).

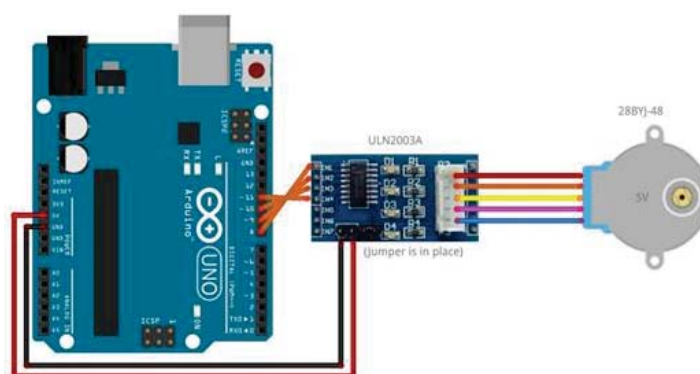


Fig. 9. Schema Conectare Placa de dezvoltare-driver-motor

Pentru programarea plăcii Arduino [5] s-a pornit de la un script open source care a fost modificat astfel încât să fie compatibil cu motorul pas cu pas. (a se vedea figura 8).

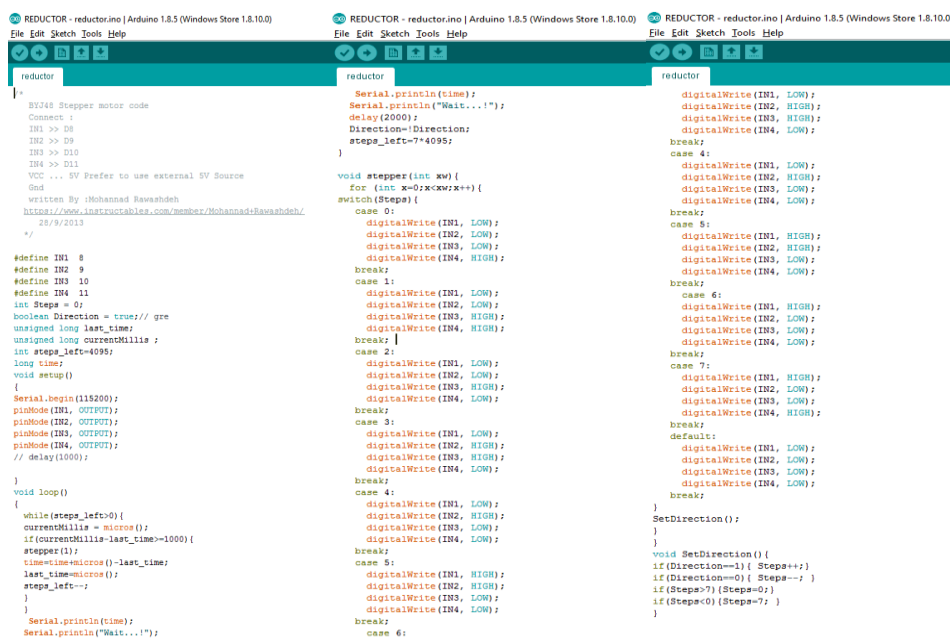


Fig. 10. Codul pentru placa Arduino

Din punct de vedere economic aceasta aplicație este una ieftină, totalul costurilor fiind de aproximativ 70 RON. (vezi tabelul 1). Pe piața actuală prețul unei astfel de jaluzele este în jurul sumei de 100-200 euro, preț fiind destul de mare. Diferența de buget este de peste 7 ori mai mare fapt ce ne face să apelăm mai degrabă la această aplicație decât să cumpărăm de pe piață același produs de 7 ori mai scump.

Tabelul 1. Cost implementare soluție extras din [6]

Produs	Cantitate	Pret unitar	Preț total
Placă de dezvoltare compatibilă cu Arduino UNO (ATmega328p și CH340) + Cablu 30 cm	1	22,99 lei	22,99 lei
Fire Colorate Mamă-Tată (10p) 20 cm	1	3,99 lei	3,99 lei
Alimentator Stabilizat 5 V 2000 ma Mufă 5.5 x 2.1 mm	1	19,99 lei	19,99 lei
Buton cu Capac Rotund Roșu	1	2,39 lei	2,39 lei
Buton cu Capac Rotund Alb	1	2,39 lei	2,39 lei
Set Motor Pas cu Pas 28BYJ-48 5V și Driver ULN2003 Albastru	1	16,97 lei	16,97 lei
Filament pentru Imprimanta 3D 1.75 mm PLA 1 kg - Verde Încălzit	1	72,99 lei	72,99 lei
141,71 lei			
0,00 lei			
141,71 lei			

Din filament am folosit 200g, costul fiind de aproximativ 14.6 lei. În continuare este prezentată aplicația.

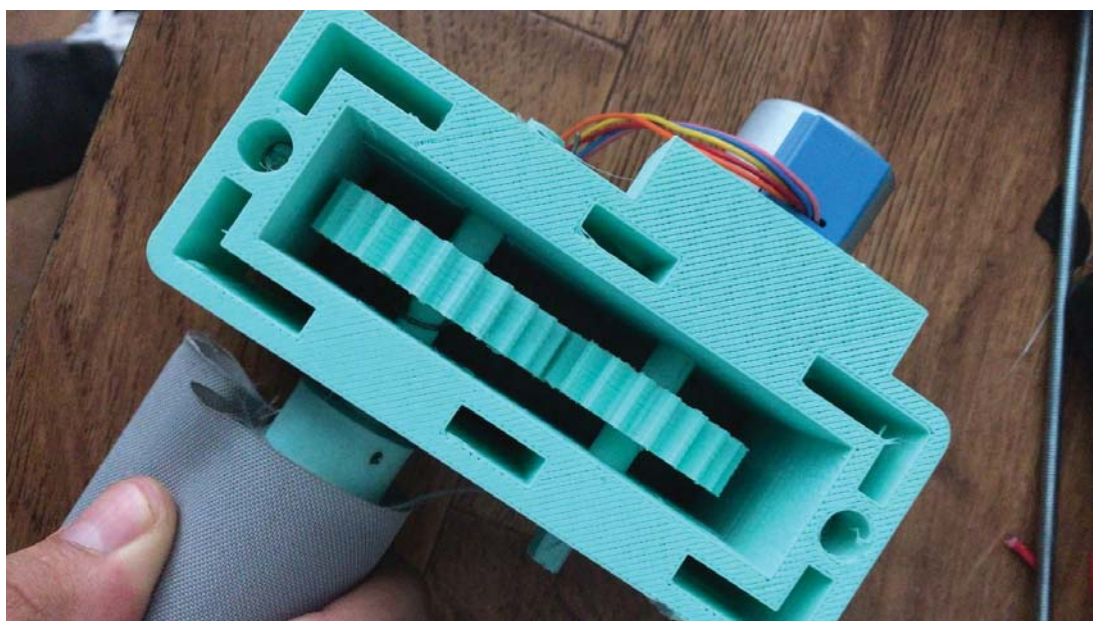


Fig. 11. Mecanism cu roți dințate model fizic

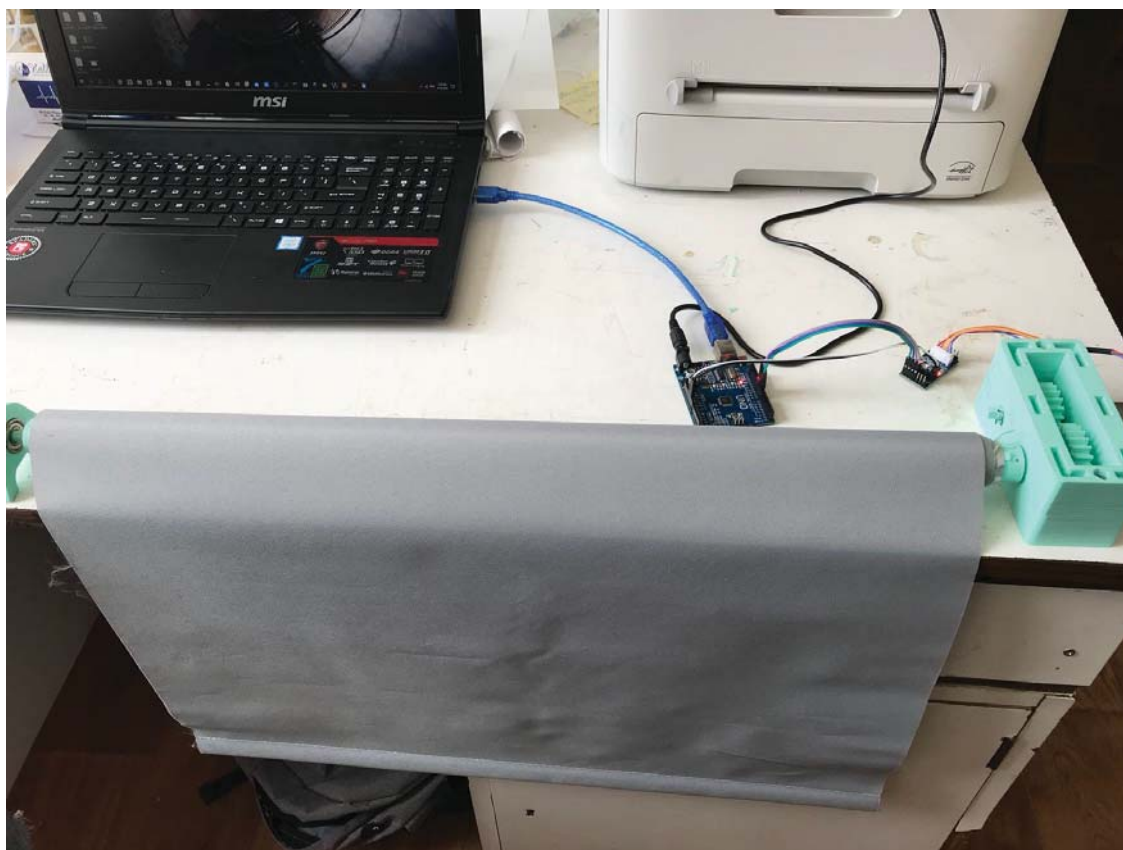


Fig. 12. Aplicație model fizic – testare

5. Concluzii

S-a urmărit implementarea efectivă a mecanismului cu roți dințate, astfel componentele modelate au fost printate 3D folosind o imprimantă 3D GEEETech I3 cu Filament PLA. Pentru acționarea angrenajului cu roți dințate s-a folosit motorul pas cu pas 28BYJ-48 de 5V care a venit însoțit de un driver ce a fost conectat la placa compatibilă cu Arduino. De asemenea în cadrul acestei teme de cercetare s-a urmărit programarea plăcii compatibile cu Arduino pentru automatizarea mecanismului cu roți dințate.

Am urmărit și am reușit să implementăm un mecanism cu roți dințate pentru a crește cuplul motor recodând turațiile. Prin această aplicație am încercat să realizăm ceva util astfel încât să avem costuri minime dar care să se poată apropia de rezultatul firmelor specializate.

Pe viitor sperăm să o dezvoltăm mai mult, să o putem acționa printr-o telecomandă sau poate chiar prin intermediul unui device (wireless). Ne dorim de asemenea să optimizăm sistemul astfel încât partea electrică să fie compactă pentru un design cât mai estetic.

Tema poate fi dezvoltată pe viitor prin realizarea unui sistem autonom în funcție de lumină.

6. Bibliografie

- [1]. *** <http://www.jaluzelealuminii.ro/PhotoAlbums/ORIZONTALE%20AUTOMATE/>
- [2]. *** http://www.videovox-security.ro/jaluzele_copertine.htm
- [3]. *** Autodesk Inventor 2018 <https://www.autodesk.com/products/inventor/overview>
- [4]. Ocnărescu, C. și Ocnărescu, M. (2012), *Mecanisme*, București, ISBN 973-648-383-5.
- [5]. *** Arduino <https://www.arduino.cc>
- [6]. *** <https://www.optimusdigital.ro/ro/>

CONSTRUCȚIA ȘI FUNCȚIONAREA UNUI ROBOT MOBIL

ARDELEANU¹ Bianca¹, CROITORU² Ninel-Florentin² și NICOLAE³ Andrei-Răducu³

¹Facultatea: Transporturi, Specializarea: Ingineria Transporturilor și a Traficului,
Anul de studii: II, e-mail: ardeleanu.bianca97@yahoo.com

Conducător științific: Conf.dr.ing. **Iulian Alexandru TABĂRĂ**

REZUMAT: În acest material vă vor fi prezentate "CONSTRUCȚIA ȘI FUNCȚIONAREA UNUI ROBOT MOBIL", istoria și modul în care funcționează roboții mobili. Robotul este un sistem automatizat de înalt nivel capabil să îndeplinească obiective în scopul suplinirii unor activități umane. Realizarea și implementarea aplicațiilor necesită cunoștințe din domenii diverse (mecanică, hidraulică, electrotehnică, electronică, informatică). Scopul lucrării este de a expune mișcarea roboților în prezența obstacolelor prin utilizarea unor tehnici inovative de detecție a acestora.

CUVINTE CHEIE: robot, mobil, senzori.

1. Introducere

Robotul mobil este un sistem complex care poate efectua diferite activități într-o varietate de situații specifice lumii reale. El este o combinație de dispozitive echipate cu servomotoare și senzori (aflate sub controlul unui sistem ierarhic de calcul) ce operează într-un spațiu real, marcat de o serie de proprietăți fizice și care trebuie să planifice mișcările astfel încât robotul să poată realiza o sarcină în funcție de starea inițială a sistemului și în funcție de informația apriori existentă, legată de mediul de lucru.

2. Caracteristici ale roboților mobili [1]:

- Sistemul de acționare utilizat este electric pentru sarcini mici și medii și hidraulic pentru sarcini mari;
- Sistemul senzorial utilizează senzori interni la nivelul articulațiilor, senzori externi pentru scanarea mediului și senzori de securitate (de proximitate, de prezență cu ultrasunete);
- Sistemul de comandă este ierarhizat, de obicei multiprocesor;
- Limbajele de programare utilizate sunt preluate de la roboții staționari.

3. Clasificarea roboților mobili

Roboții mobili se clasifică astfel:

- În funcție de dimensiuni:
 - macro,
 - micro,
 - nano-roboți;
 - În funcție de mediul în care acționează:
 - roboți terestri – se deplasează pe sol,
 - roboți subacvatici – în apă,
 - roboți zburători – în aer,
 - roboți extraterestri – pe solul altor planete sau în spațiul cosmic;
- În funcție de sistemul care le permite deplasarea în mediul în care acționează există de exemplu pentru deplasarea pe sol și subacvatică, roboți proiectați cu ambele sisteme de propulsie.

3.1 Roboți pe roți sau șenile



Fig. 1. Robot pe șenile

3.2 Roboți pășitori: bipezi, patrupezi, hexapozi, miriapozi



Fig. 2. Robot pășitor

3.3 Roboți târători: care imită mișcarea unui șarpe



Fig. 3. Robot târător

3.4 Roboți săritori, care imită deplasarea broaștelor

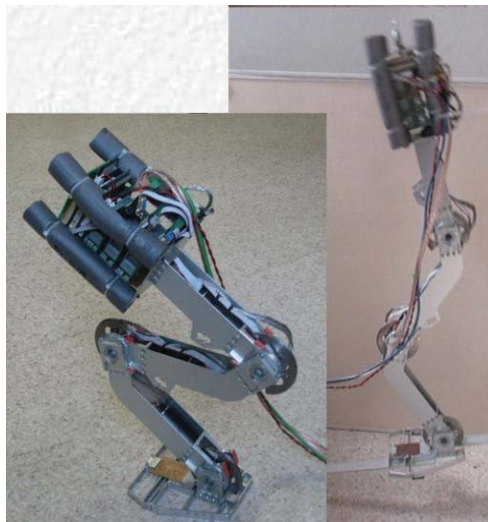


Fig.4. Robot săritor

4. Utilizări ale roboților mobili [2]

Utilizările pentru care au fost, sunt și vor fi concepuți roboții mobili sunt dintre cele mai diverse. Mulți roboți din zona micro își găsesc utilizarea în medicină, fiind capabili să se deplaseze de-a lungul vaselor și tuburilor corpului omenesc, în scopul investigațiilor, intervențiilor chirurgicale, dozării și distribuirii de medicamente etc. La fel de spectaculoase sunt și multe utilizări ale macro-roboților.

- În domeniul industrial roboții mobili sunt reprezentați de AGV-uri (Automated-Guided Vehicles), vehicule pe roți, cu ghidare automată, care transportă și manipulează piese, constituind o alternativă flexibilă la benzile de montaj.

- În domeniul militar: este luată în considerare de către armata americană perspectiva înlocuirii soldaților combatanți cu roboți, pentru a reduce riscul pierderilor umane în luptă; roboți mobili de cele mai ingenioase și robuste configurații sunt aruncați în clădiri și incinte din zone de conflict, în scopuri de investigare și chiar anihilare a inamicului.



Fig. 5. Robot militar

- În domeniul distractiv și recreativ: sunt roboții-jucării, roboții pentru competiții.
- În domeniul serviciilor: Există posibilități deosebite de largi de implementare. Sunt roboți pentru: deservirea bolnavilor în spitale; ajutorarea persoanelor bătrâne sau cu diferite handicapuri; ghidarea și informarea publicului în muzee aspirarea și curățirea încăperilor; spălarea geamurilor și a pereților clădirilor.

5. Structura mecanică a roboților mobili este formată din:

- Sistemul de locomoție (pe șenile sau roți), prin care se asigură deplasarea robotului pe o suprafață de lucru (în cadrul unei autonomii sporite);
- Sistemul de manipulare, care asigură poziționarea și orientarea organului de lucru.

Robotul mobil în procesul de deplasare pe o anumită traiectorie este caracterizat prin 3 funcții [3]:

1. funcția de locomoție;
2. funcția de percepție-decizie;
3. funcția de localizare.

6. Acționarea roboților mobili [4]

Se face cu motoare electrice de putere mică, cu moment de inerție redus, cu capacitate de suprasarcină, cu reductoare de raport mare ($i > 100$) și moment de inerție redus de tip procesional sau armonic. Se pot folosi și unități integrate motor-reductor

Motoare electrice cu inerție redusă utilizate:

- motoare de curent continuu cu pahar sau indus disc;
- motoare sincrone cu magneți permanenți;
- motoare pas cu pas cu reluctanță variabilă cu indus pahar și întrefier radial sau cu indus tip disc și întrefier radial;
- motoare sincrone cu magneți permanenți.

7. Sistemul senzorial

Robotul mobil este pus în situația de a desfășura acțiuni similare cu cele ale operatorului uman. Acest lucru determină existența unor anumite dispozitive prin care să se culeagă informații din mediul de lucru, care să realizeze interacțiunea robot-mediul cu ajutorul unor caracteristici ale mediului sau ale obiectelor din mediu și o unitate centrală care să prelucreză în timp real informația senzorială, să o transforme într-o formă utilă pentru sistemul de comandă.

Senzorii datorită caracteristicilor pe care le au pot explora zona de lucru, zona de contact, cea apropiată, cea îndepărtată, iar senzorii foarte puternici chiar și zone foarte îndepărtate.

Informațiile culese cu ajutorul sistemului senzorial servesc la construirea unui model al lumii în care evoluează robotul, model funcție de care aceasta își va genera planurile de acțiuni viitoare.

În general percepția se realizează în două etape:

- conversia proprietăților fizice într-un semnal, de obicei electric;
- prelucrarea acestui semnal în vederea extragerii informației care interesează.

Există mai multe criterii de clasificare a senzorilor utilizați în sistemele de comandă ale robotului industrial:

1. după cum vine sau nu în contact cu obiectul a cărui proprietate fizică o măsoară, distingem:
 - senzori cu contact;
 - senzori fără contact.
2. după proprietățile pe care le pun în evidență:
 - senzori pentru determinarea formelor și dimensiunilor (pentru evaluarea în mediu de lucru);
 - senzori pentru determinarea proprietăților fizice ale obiectelor (de forță, de cuplu, de densitate și elastici);

- senzori pentru proprietăți chimice (de compoziție, de concentrație, analizatoare complexe);
- după mediul de culegere a informației:
 - a) senzorii pentru mediul extern;
 - b) senzorii pentru funcția internă;
- după distanța la care sunt culese informațiile avem senzori de contact.

8. Exemplu practic

- În cele ce urmează o să prezentăm un robot controlat prin bluetooth cu ajutorul unui telefon. Robotul este programat să se oprească atunci când detectează un obstacol în fața lui. Pentru deplasare folosește două motoare, unul pe partea dreaptă, altul pe partea stângă. Merge pe principiul tancului pentru a-și schimba direcția și are încă o roată ajutătoare mobilă pentru sprijin.

- Componente necesare:

1. Șasiu: Șasiul este confecționat dintr-un placaj de lemn.
2. Placă de dezvoltare UNO R3 :Placa de dezvoltare este compatibilă cu Arduino. Arduino este o platformă de procesare open-source. Placa de dezvoltare Uno R3 este o versiune de Uno, cu o interfață USB nouă și îmbunătățită. Ca și Uno are slot de expansiune cu suport pentru 3,3 V, pin de RESET și un sistem de selecție automat pentru sursa de alimentare USB sau DC. Arduino este o placă de dezvoltare cu microcontroler pe 8 biți, din familia AVR – ATmega 328 P, care permite comunicație serială, comandă Pulse Width Modulation (PWM), achiziție analogică și comunicații Input / Output digitale. Include un microprocesor, un oscilator (cristal din cuarț) și un regulator liniar de 5 V.
3. Modul driver :motoare L298N Compatibil Arduino .Acest controller pentru motoare se bazează pe L298N, care pot fi utilizate pentru a controla două motoare de curent continuu de până la 2A fiecare, cu o tensiune între 5 și 35V DC sau un motor pas cu pas.
4. ModulBluetooth HC-06 compatibil Arduino Comunicar pe serial RX și TX fără fir la 2,4 GHz.
5. Senzor cu ultrasunete HC-SR04 :Senzorul cu ultrasunete HC–SR04 folosește unde sonice pentru a determina distanța până la un obiect, la fel ca lilieciul sau delfinii. Acest modul oferă o precizie excelentă și stabilă într-un pachet mic și ușor de utilizat. Operațiunea nu este afectată de lumina soarelui sau de culoarea materialelor.
6. Placă breadboard din plastic, cu 170 contacte nichelate pentru realizarea și testarea rapidă, fără lipire a conectorilor.
7. Motoare. Două motoare cu reductor și roată, de 5 volți.
8. Cabluri Dupont. Pentru proiecte fără lipire a circuitelor electrice și electronice.
9. Roată ajutătoare.

9. Produsul final

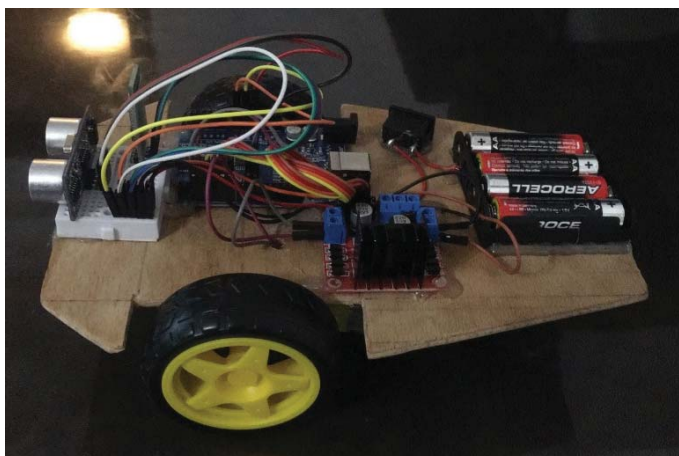


Fig. 6. Robotul mobil (vedere laterală)

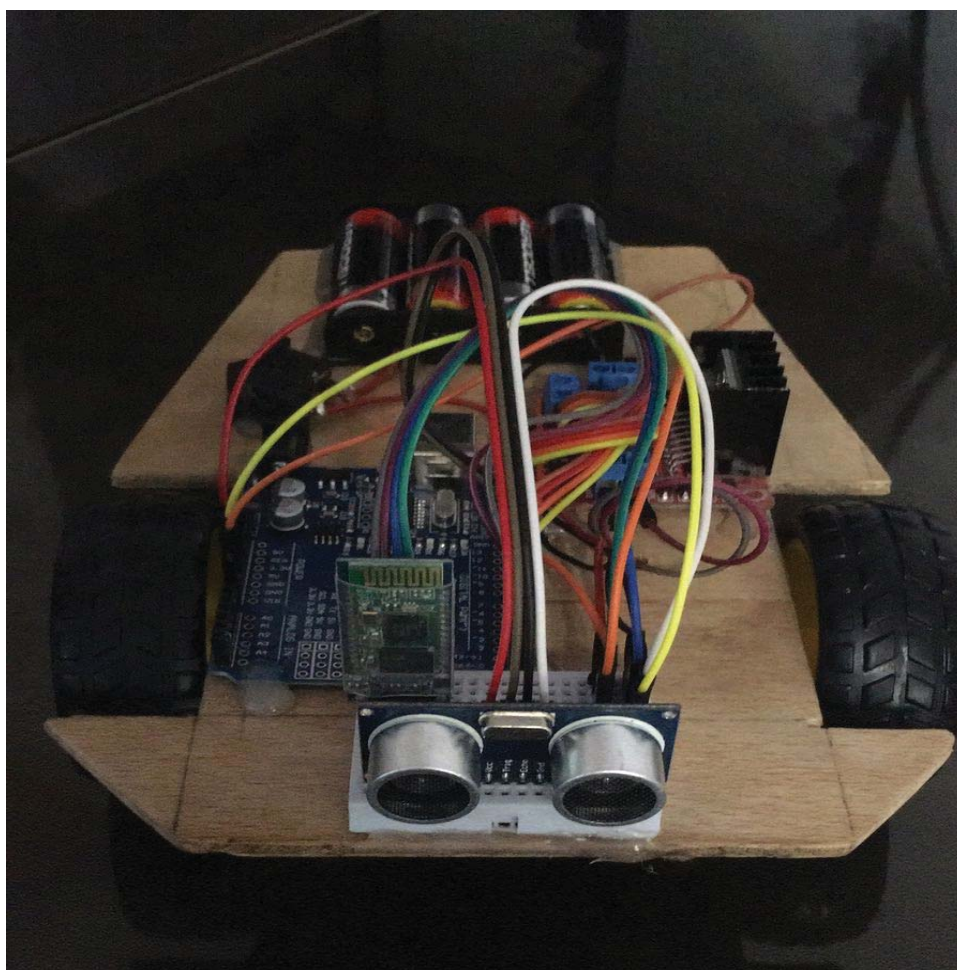


Fig. 7. Robotul mobil (vedere din față)

10. Concluzii

Roboții au un impact deosebit asupra vieții noastre de zi cu zi. Este uimitoare dezvoltarea lor, din punct de vedere al capacității operationale. Aceștia au devenit din ce în ce mai răspândiți în diferite industrii, de la fabricație, la asistență medicală până în domeniul militar. Multe beneficii ale lor par a fi cel mai vizibile în ceea ce privește productivitatea, siguranța și economia de timp și de bani dar nu în ultimul rând salvarea vieților umane.

11. Bibliografie

- [1]. *** <http://www.roboti.ro/>
- [2]. *** <https://ro.wikipedia.org/wiki/>
- [3]. *** <https://www.scribd.com/document/49636530/Roboti-mobili>
- [4]. *** http://www.cs.ubbcluj.ro/~lauras/test/docs/school/MIRPR/lectures/2013/05_robots.pdf

PROGRAMAREA SI SIMULAREA OFFLINE A UNUI SISTEM HIBRID DE PALETIZARE MIXTA INTEGRAND UN ROBOT PORTAL SIMPLU ECHIPAT CU EFECTOR POLIFUNCTIONAL UTILIZAND MEDIUL DE LUCRU PROCESS SIMULATE

RAUTOIU Andrei

Facultatea:IMST, Specializarea:Robotica, Anul de studii:Anul I Master, e-mail:rautoiu_andrei@yahoo.com

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Adrian NICOLESCU**

1. Introducere

În urma analizelor comparative a roboților și a aplicațiilor robotizate realizate anterior în care s-au prezentat celule de paletizare mixtă, utilizând diverse tipuri de arhitecturi de roboți, diferite tipuri de efectori și sisteme de transport ale reperelor s-a aratat faptul că se poate crea rapid, eficient și fără intervenția umană, stive cu produse de tipuri și dimensiuni diferite.

În celula de proiectat, robotul industrial de tip portal simplu GUDER ZP3 este integrat într-o celulă de paletizare mixtă. În spatele celulei există un software specializat de gestionare a produselor care selectează în funcție de cererea produsului, dimensiunea lui și a centrului de greutate al stivei, reperele care vor urma să fie puse în stivă. Aceste repere vor intra pe conveyorul de intrare dintr-o magazie automată din interiorul fabricii. Reperele vor fi scanate cu ajutorul unei camere VISION și vor fi aliniate cu ajutorul unei mașini portal dublu, pe un palet ce va crea fiecare strat. După terminarea unui strat, robotul portal simplu îl va ridica cu ajutorul unui efector polifuncțional și va fi așezat în stivă finală. După terminarea stivei, aceasta se va transporta în zona de infoliere, apoi iese din celulă.

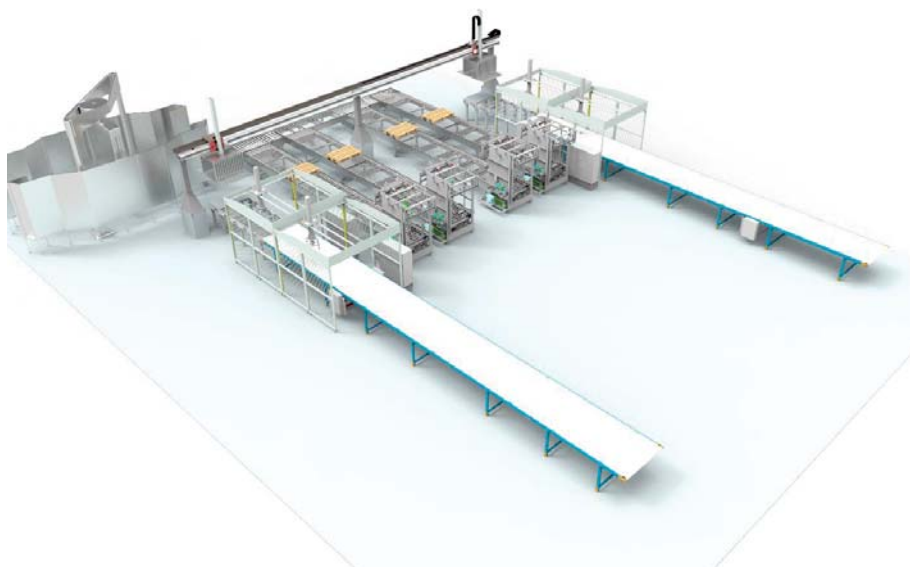


Fig.1. Vedere izometrică a celulei de proiectat

Dupa cum am precizat anterior, robotul de tip portal simplu are rolul de manipulare a fiecarui rand al stivei cu ajutorul unui efector polifunctional. Efectorul este format dintr-un cadru de baza si module de translatie de la firma PARKER HLE-RB pe directia Z si X pentru a face posibila manevrarea fiecarui element in spatiu pentru a facilita crearea stivelor din elemente de dimensiuni diferite.



Fig. 2. Vedere isometrica a efectorului polifunctional

In aceasta figura este prezentata o vedere isometrica a ansamblului celulei realizata in mediul de proiectare 3D NX10 si randata cu ajutorul softului KEYSHOT dupa adaugarea tuturor materialelor din care sunt confectionate toate echipamentele.

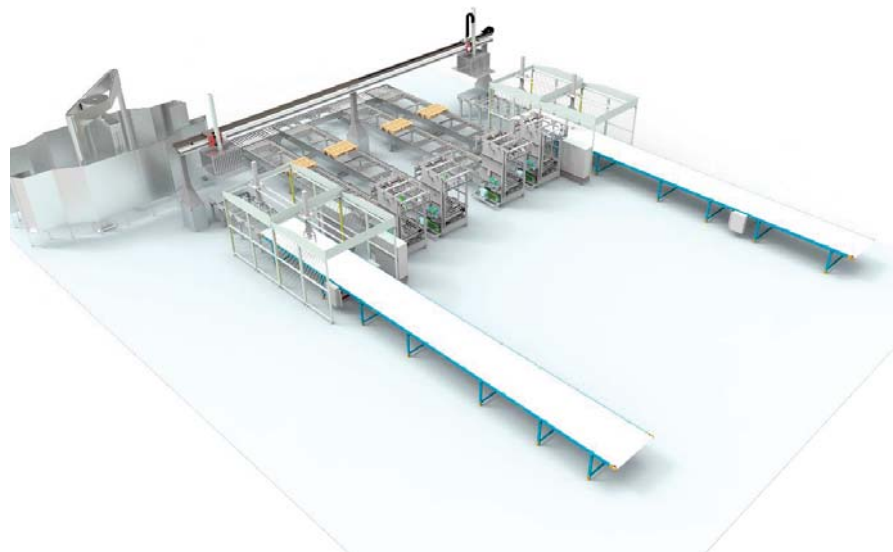
In urma analizelor tuturor softurilor s-a constatat faptul ca acestea sunt unelte puternice ce permit simularea, optimizarea si verificarea proceselor inainte ca acestea sa fie puse in productie. Acest lucru face posibila modificarea rapida a tuturor elementelor si validarea acestora pentru a fi siguri ca la punerea in functiune totul va functiona. Acest lucru va scade pretul de productie, eliminand costurile protipurilor si a eventualelor greseli.

Pentru simularea celulei s-a ales softul PROCESS SIMULATE deoarece, comparative cu alte softuri ca KUKA SIM, ABB robot studio, nu lucreaza cu o librerie proprie de roboti, echipamente si sisteme perirobotice, In Process Simulate avem libertatea de a importa orice fel de model 3d fara nicio restrictie iar dupa terminarea simularii, soft-ul permite si programarea offline a robotilor si transferul direct al programului in robot.

2. Stadiul actual

2.1. Proiectarea celulei si caracteristicile tehnice ale elementelor componente

In aceasta figura sunt evidentiata toate elementele componente ale ansamblului general al celulei robotizate efectuate in NX10



Elementele componente ale celulei:

1. Sistemul de infoliere
2. Sistemul de conveioare
3. Robot GUDEL ZP-3
4. Efectuator de tip gripper pentru paletizare
5. Robot de tip portal dublu
6. Conveior de intrare
7. Pallet dispenser
8. Podeaua celulei

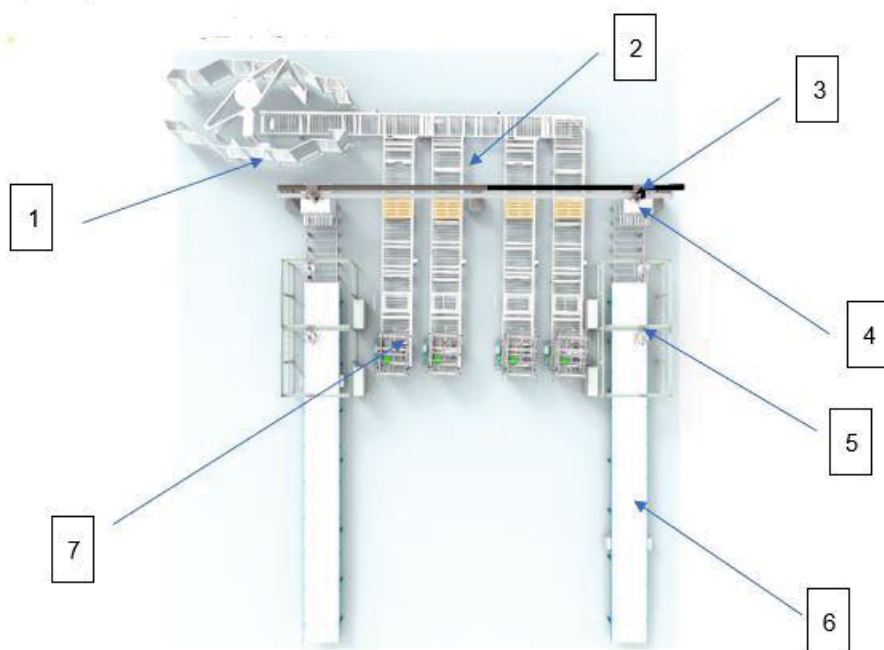


Fig. 3 Layout celula

1. Sistemul de infoliere este de la firma Lantech SL automatic si este unul foarte performant ce poate oferi forte de infoliere de 2 ori mai mari decat un sistem obisnuit. Este capabil sa mentina presiunea constanta de infoliere pe plan vertical si blocarea paletului in timpul infolierii.



Fig. 4 Sistem infoliere Lantech SL

2.Sistemul de conveyoare este format din conveyoare longitudinale si transversale cu role de la firma ASHLAND CONVEYOR. Acestea au capacitatea de a transporta greutatea pana la 400kg si este modular. Modulul de actionare, paletete, sectiunile de role, curbele, diverterele si sistemele de liftare si pozitionare pot fi alese dupa tipul aplicatiei.



Fig. 5 Conveior CDLR16F05S05

3.Robotul Gudel ZP3 este un robot de tip portal simplu ce permite pozitionarea flexibila a picioarelor. Acest lucru inseamna un avantaj imens in faza de planificare, atunci cand frecvent dimensiunile exacte ale masinilor si spatia necesara pentru unele procese din linia de productie automata pot fi determinate numai in ultimul moment.

Acest model de robot face posibila instalarea pe grinda a mai multor carucioare si poate avea o lungime de maxim 30m.

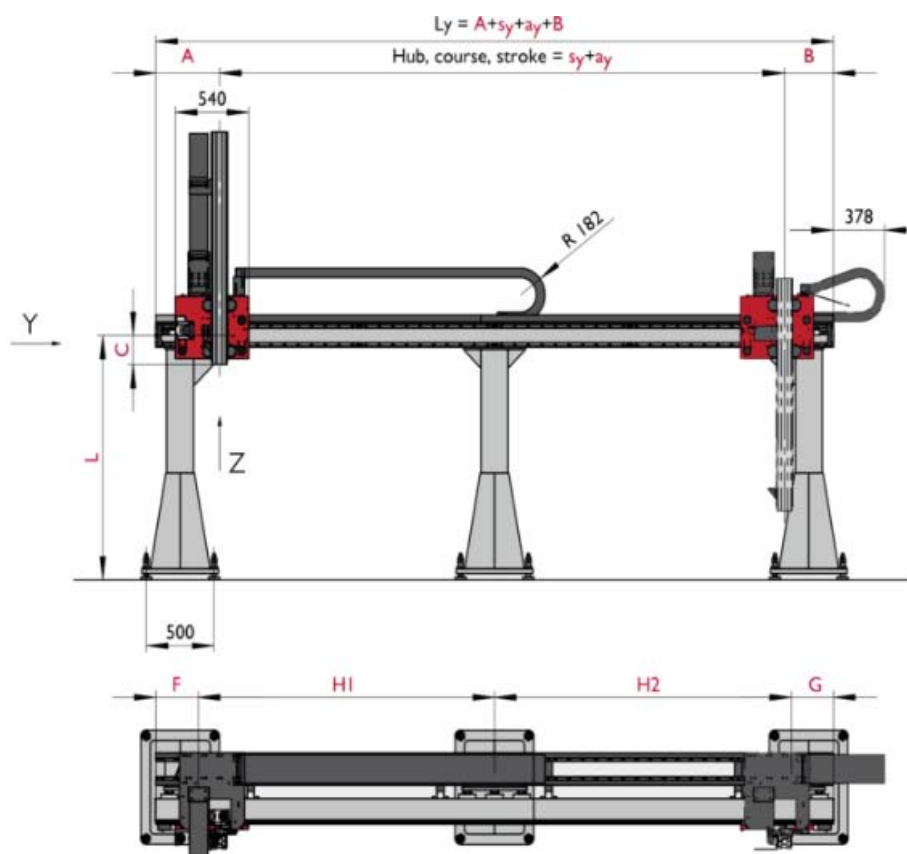


Fig. 6 Date gabarit si robot

4. Efectorul de tip gripper pentru paletizare este conceput din 26 de axe de translatie pentru axa Z si 26 de axe de translatie pentru axa X. Cele pentru axa Z au rolul de a lasa cutiile la nivele diferite pentru a falcita aranjamentul acestora iar cele pe X au rolul de a prelua reperele si depune reperele de pe europalet.

Cursele sunt de 40mm/parte pentru fiecare axa X pentru a folosi in totalitate spatial de stocare a unui europalet (1200x800mm) iar pentru Z o cursa de 200mm.

Modulele de translatie sunt de la firma PARKER si au o repetabilitate de 0.2mm si o sarcina portanta de 2235N fiecare.

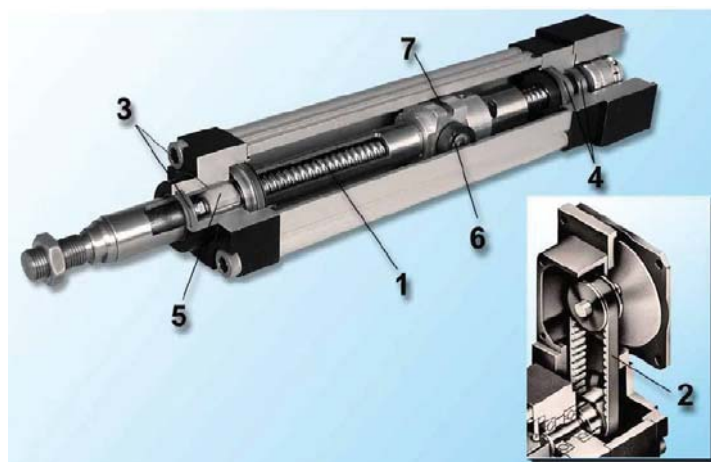


Fig. 7 Organologie modul translatie

Elementele componente ale modului de translatie utilizat (fig.7) sunt urmatoarele:

- 1-Piulita
- 2-Curea dintata
- 3-Capac
- 4-Rulmenti
- 5-Cilindru pentru mentinerea surubului pe pozitie
- 6-Rola
- 7-Piulita cu bile



Fig. 8 Vedere isometrica efector

5. Conveiorul de intrare este modelul LEWCO MDSB medium duty. Acest conveior poate oferi o modalitate sigura de transport al produselor in asamblare, sortare, testare si ambalare a aplicatiilor. Acesta foloseste role si o banda de caiuciuc aderenta ce faciliteaza miscarea rapida a reperelor.



Fig. 9 Conveior cu banda

6. Pallet dispenser-ul PALOMAT este proiectat pentru stivuirea paletelor și desfacearea în liniile de producție. Palomat inline poate fi amplasat pe toate tipurile de benzi transportoare și poate fi controlat cu ajutorul PLCurilor, acest lucru facilitând integrarea acestuia în sistemele principale de control ale automatizărilor.

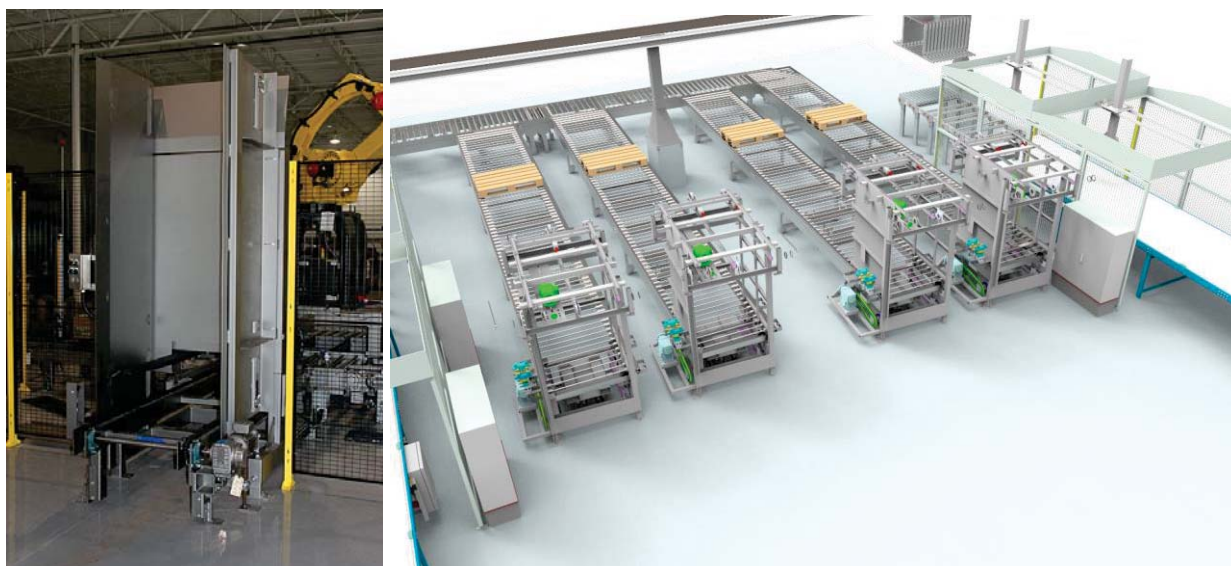


Fig. 10 Magaziile de paleti

2.2. Simularea și programarea offline a celulei în mediul de lucru PROCESS SIMULATE

După realizarea ansamblului complet al celulei în softul de modelare NX10, se vor converti în fișiere JT pentru a putea fi citite de PROCESS SIMULATE. După ce acestea au fost convertite, ele vor fi puse în folderul de SYSROOT al programului și se vor importa în noul studiu.

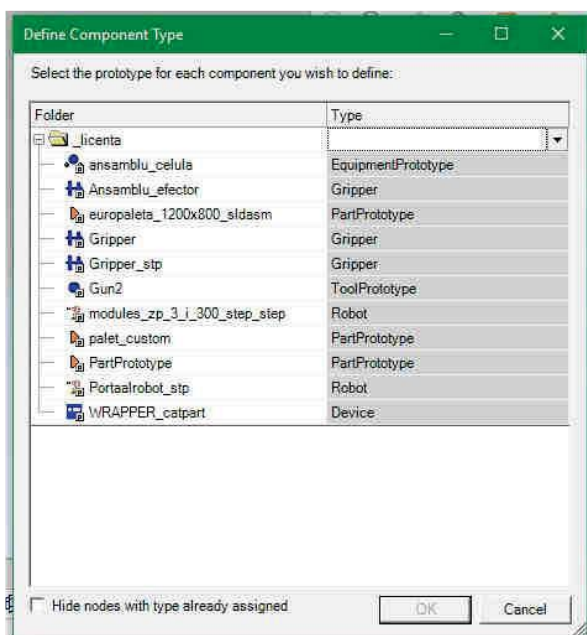


Fig. 11 Structura SYSROOT

Se vor alege tipurile de obiect ale tuturor elementelor importate ce urmeaza a fi folosite in studio.

Dupa acest pas, se vor aranja conform layout-ului celulei si se va incepe la cinematizarea tuturor elementelor. La acest pas este necesara si o fisa tehnica a tuturor elementelor ce se misca in celula deoarece putem afla cursele, vitezele pe fiecare axa a acestora. Acest lucru va face simularea sa fie cat mai apropiata de realitate.

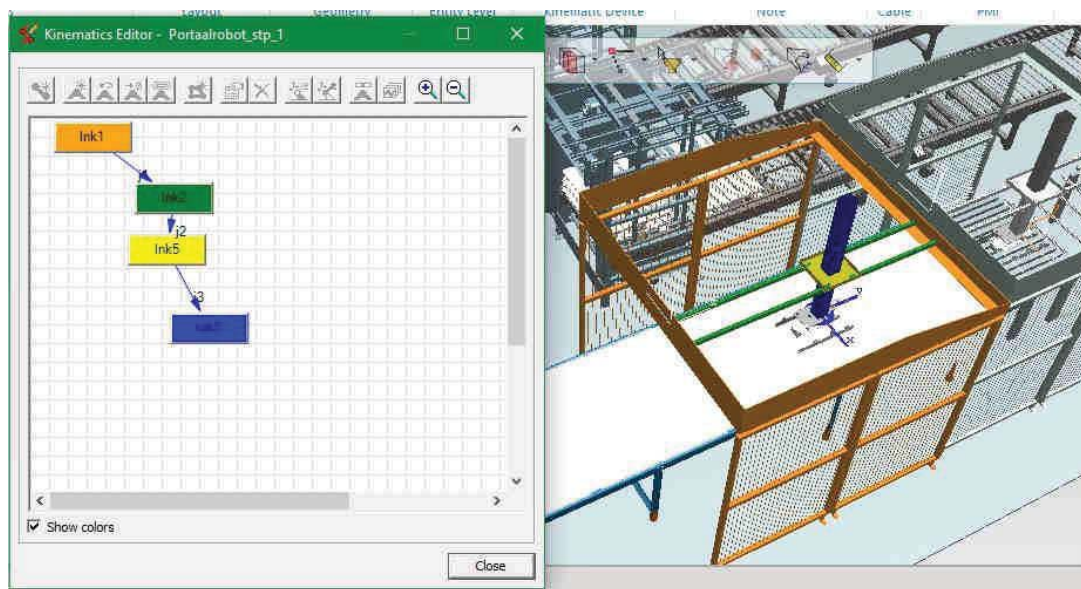


Fig 12 Cinematica robotului

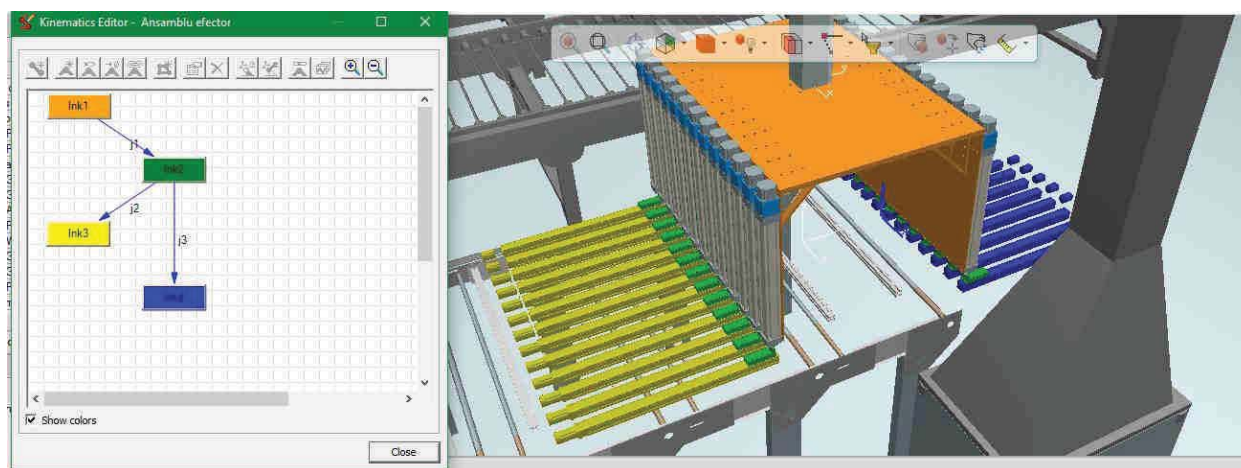


Fig 13 Cinematica efectorului polifunctional

Dupa terminarea cinematizarii tuturor elementelor, se va trece la crearea tuturor operatiilor, incepand cu intrarea reperelor in celula si terminand cu iesirea paletului complet infoliate pe conveiorul de iesire. Aceste operatii sunt de tip OBJECT FLOW pentru intrarea reperelor in celula si transportul acestora pe conveioare, unde se vor selecta locatiile de plecare si de final.

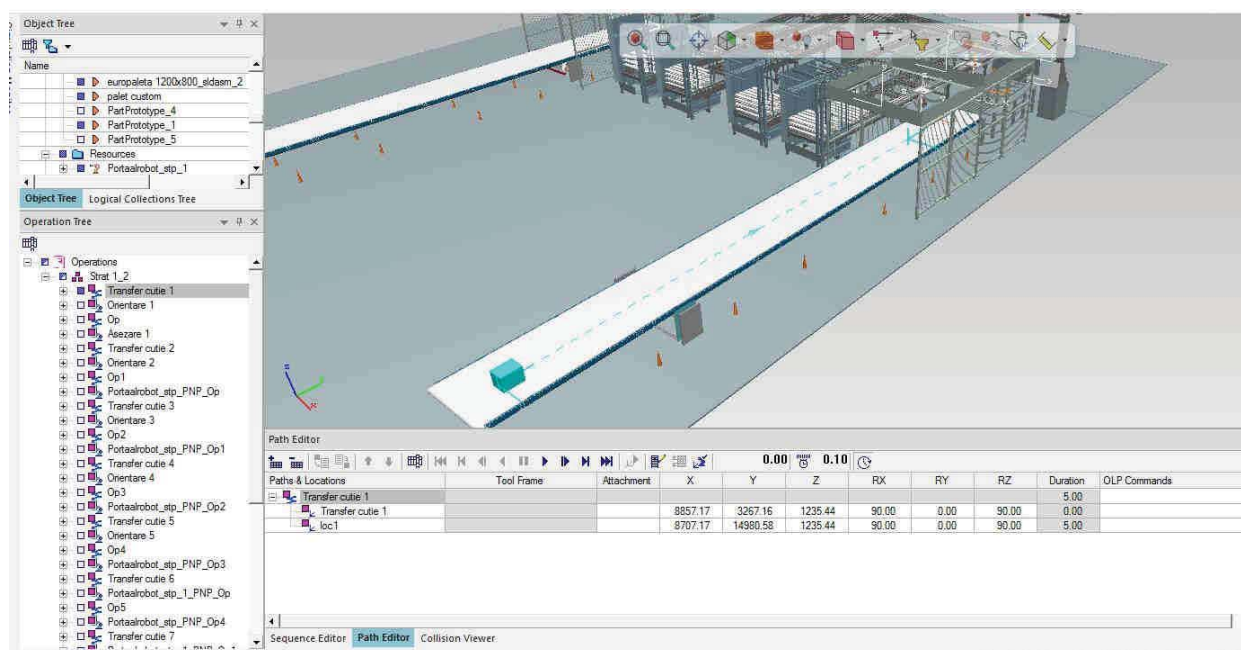


Fig. 2.11 Lista de operatii

3. Concluzii

A fost realizat modelul 3D al intregii celule si simularea in process simulate a tuturor operatiilor necesare pentru a putea produce stiva, de la intrarea reperelor in celula pana la infoliere si iesirea paletului complet din celula.

In continuare se vor implementa semnalele de intrare a camerelor vision de la secventa de aliniere a reperelor pe conveyor pentru formarea straturilor, traductorilor de pozitie de pe axelele efectorului si senzorilor de prezenta intr-un PLC.

Se va pune accent si pe partea de siguranta deoarece pentru a putea fi realizata fizic, aceasta trebuie sa fie conform standardelor de SAFETY.

8. Bibliografie

- [1] Nicolescu, A. – Implementarea Robotilor Industriali in Sistemele de Productie, note de curs si metodologii de proiectare, UPB, 2015
- [2] Roboti de tip portal simplu PARKER <http://ph.parker.com/us/en/gantry-robots-and-systems>
- [3] Roboti de tip portal simplu GUEDEL <http://www.gudel.com/products/linearaxis/zp>
- [4] Nicolescu, A. – Implementarea Robotilor Industriali in Sistemele de Productie, note de curs si metodologii de proiectare, UPB, 2016
- [5] Manual service PARKER

PROGRAMAREA SI SIMUAREA OFFLINE A UNEI CELULE DE PRELUCRAT PRIN ASCHIERE REPERE PRISMATICE INTEGRAND UN ROBOT CU CINEMATICA HIBRIDA SI UTILIZAND MEDIUL DE LUCRU PROCESS SIMULATE

STOIAN Silvia-Diana

Facultatea:IMST, Specializarea:Robotica, Anul de studii:Anul I Master, e-mail:silvia.stoian011@yahoo.com

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Adrian NICOLESCU**

1. Introducere

În urma analizei comparative a aplicațiilor robotizate realizata în capitolul anterior, unde au fost prezentate diverse celule de fabricație pentru încărcarea-descărcarea mașinilor unelte, cu roboți cu cinematică hibridă care manipulează obiecte ce urmează a fi prelucrate, se poate spune că datorită gradului de automatizare de 100%, timpul de realizare a pieselor finite este redus, facilitând astfel producția de serie mare și masă.

Celula de proiectat este o celulă de fabricație flexibilă pentru prelucrări prin aşchiere integrând un centru orizontal de prelucrare prin frezare cu comandă numerică model MAKINO a82 și un robot industrial braț articulat cu cinematică hibridă, ABB IRB 6620 LX.

Principalele operații ce descriu funcționalitatea celulei ce urmează să fie proiectată sunt următoarele:

- Piesele de tip semifabricat sunt introduse în celulă prin intermediul conveiorului cu role pline BOSCH REXTROH și sunt aduse în față mașinii de frezat prin intermediul unui conveior transversal.
- Robotul industrial ABB IRB 6620LX preia o pereche de două piese de pe paletul cu semifabricate și le transporta la centrul vertical de prelucrare prin frezare cu comandă numerică în vederea prelucrării acestora.
- După ce se efectuează încărcarea mașinii cu piesle semifabricat, mașină cu comandă numerică începe ciclul de prelucrare realizabil din prima prindere (frezare, centruire, găurire).
- După terminarea operațiilor de prelucrare, robotul industrial preia cele două piese și le așează pe sistemul de întoarcere; este necesar să fie întoarse în vederea prelucrării pe cea de a două prindere.
- Piesele astfel întoarse sunt încărcate din nou pe mașină de frezat cu comandă numerică pentru cea de a două serie de prelucrări (frezare).
- În timp ce se prelucrează, robotul industrial tip braț articulat cu cinematică hibridă se deplasează la celelate mașini ,urmând același ciclu de funcționare. conveiorul de intrare pentru preluarea unui nou semifabricat în cel de al doilea sistem pentru un timp redus al operației.
- După realizarea piesei finite pe centrul de frezat cu comandă numerică, această este debavurată de roborul industrial cu ajutorul efectorului polifuncțional.
- În timp ce o mașină realizează operații de prelucrare pe semifabricat, robotul industrial transporta piesă finită pe conveiorul de evacuare din sistem.
- Ciclul menționat se repetă până la finalizarea reperelor de prelucrat.

După cele menționate anterior, robotul industrial braț articulat cu cinematică hibridă are rolul de încărcare cu semifabricate a mașinii vertical de frezat cu comandă numerică,de descărcare a pieselor finite, dar și de debavurare a acestora . Complementar cu acestea, robotul mai are și rolul de a întoarcere piesă pe sistemul special de întoarcere a acesteia.Conveioarele cu role pline de la firma BOSCH REXROTH au rolul de introducere a pieselor de tip semifabricat în celulă, respective de evacuare din sistem a pieselor finite. Efectorul robotului este dotat cu o camera video ce asigura o preluare corectă a pieselor de pe palet cu ajutorul unui gripper SCHUNK PGB 125 ce are rolul de a asigura prinderea piesei și de a o putea susține în timpul operațiilor de manipulare.Totodată, efectorul

robotului este prevăzut cu patru ventuze ce sunt folosite în vederea manipulării separatoarelor dintre piese și cu o scula cu antrenare proprie pentru realizarea suplimentară a operației de debavurare a pieselor finite. Sistemul de întoarcere a piesei are rolul funcțional de a poziționa și de a susține piesă în vederea întoarcerii acesteia pentru preluarea de către robot în cea de a doua prindere. Compresorul are rolul de a furniza aerul comprimat necesar atât pentru antrenarea griperelor SCHUNK, cât și pentru mașină de frezat cu comandă numerică. Gardul de protecție oferă funcția de închidere a spațiului de lucru în care sunt executate ciclurile de lucru ale componentelor celulei de fabricație.

Dintre toate softurile analizate în capitolul anterior s-a constatat ca acestea sunt instrumente de simulare care permit dezvoltarea, simularea, optimizarea, validarea, și programarea offline a multiplelor dispozitive de robotică și procese automate de fabricație. Crearea unui model virtual complet al unui robot sau sistem prin simularea componentelor și a programelor de control poate avea un impact semnificativ asupra eficienței generale a unui proiect.

Dintre softurile prezentate, ROBOGUIDE, KUKA.Sim și ABB Robot Studio lucrează cu o bibliotecă a firmelor FANUC, KUKA și respectiv ABB, bibliotecă ce cuprinde roboți, sisteme perirobotice, efectori etc., lucru ce ușurează procesul de simulare programare offline. Pe de altă parte, Robot Master, Robcad și Process Simulate nu sunt softuri dedicate, deci nu au nevoie de conectare la un controller al unei anumite firme, devenind astfel softuri mult mai versatile, motiv pentru care unul dintre ele și anume Process Simulate a fost ales în vederea realizării temei propuse.

2. Stadiul actual

2.1 Proiectarea structurii complete a aplicației și identificarea caracteristicilor tehnice generale ale subsistemelor componente

În cadrul figurii alăturată este prezentată ansamblul general al aplicației robotizate realizată în mediul de proiectare 3D NX10.

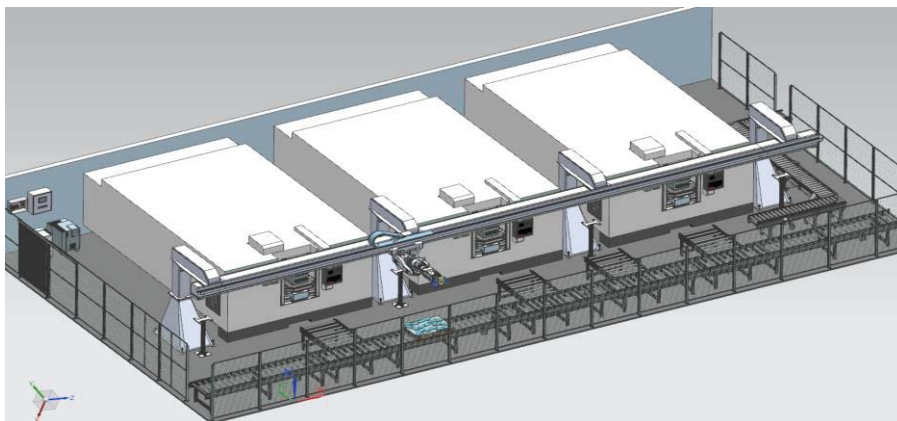


Fig.1 Vedere izometrică a celulei de proiectat

Elemente componente celulă:

1. Podea
2. Centrului de frezat orizontal Makino a82
3. Conveior longitudinal cu role pline Bosch Rexroth
4. Palet transportare piese semifabricat
5. Sistem de liftare Bosch Rexroth
6. Conveior transversal cu role pline Bosch Rexroth
7. Conveior cu role pline Bosch Rexroth de ieșire din system
8. Garduri de protecție Troax
9. Compresor KAESER SX 8T

- 10. Controler ABB IRC 5
- 11. Robot industrial braț articulat cu cinematică hibridă ABB IRB 6620LX
- 12. Echipament de control subsisteme auxiliare
- 13. Echipament de control pentru aparatură pneumatică

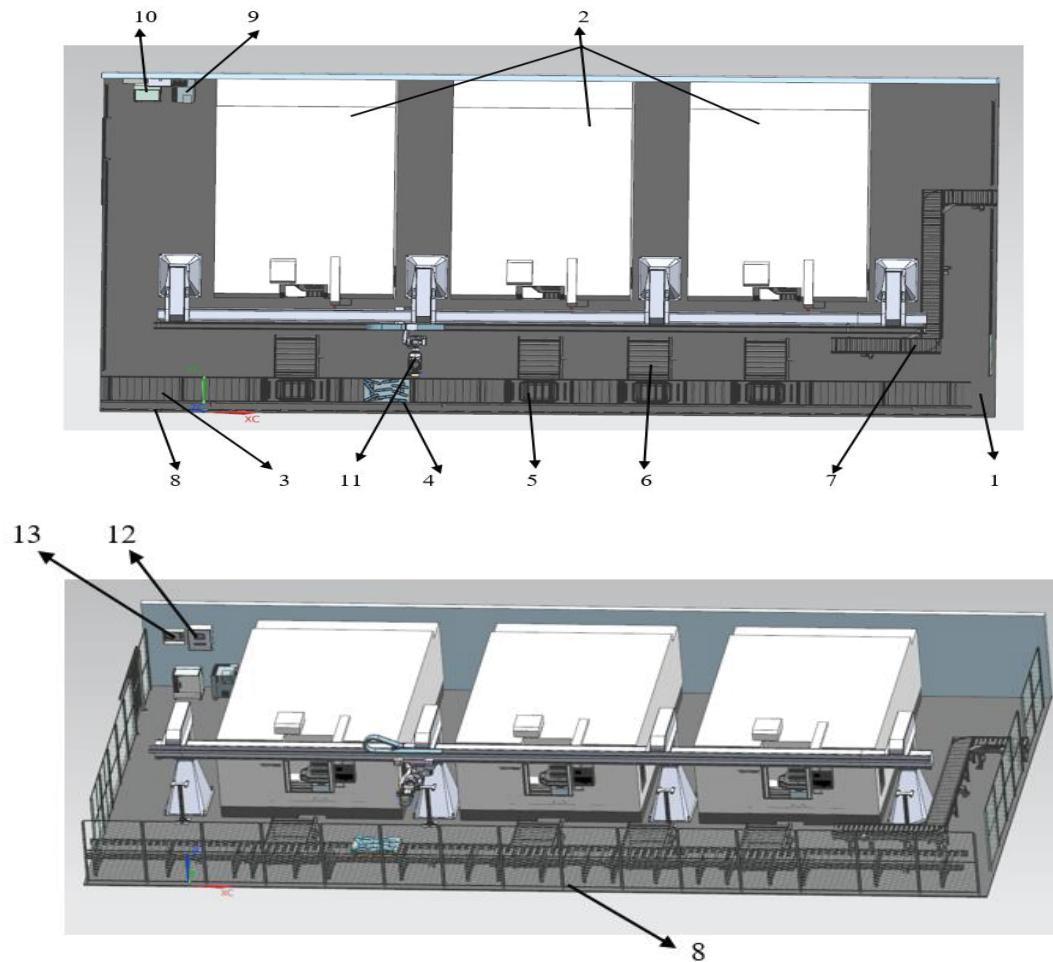


Fig. 2 Asamblul celulei, cu subsistemele componente

Modelul 3D al podelei a fost efectuat în softul NX10, iar apoi importat în mediul de lucru Process Simulate.

1. Centrul de prelucrare Makino A82 este un centru de prelucrare prin frezare vertical dotat cu o axa de rotație în jurul lui Y ce aduce un nivel nou de performanță pentru prelucrarea componentelor mici și mijlocii.



Fig. 3 Centrul de prelucrare Makino a82

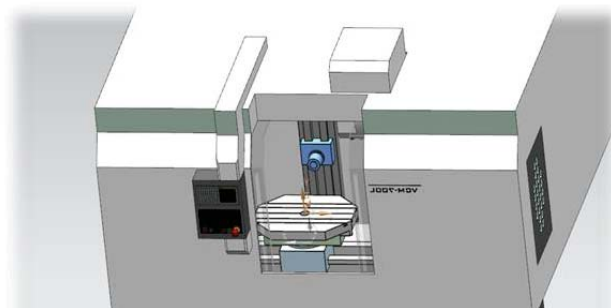


Fig. 4 Modelul 3D al centrului de prelucrare Makino a82

2.Sistemul de prindere modular. Un sistem de prindere asigura centrarea semifabricatului contribuind la definirea exacta a pozitiei acestuia in raport cu sistemul de coordonate al masinii pe care se realizeaza operatia respectiva. Mai important, un sistem de prindere asigura repetabilitatea in pozitie a reperelor ce urmeaza a fi montate pe acel sistem, astfel incat fiecare piesa prelucrta se va afla in aceeaasi pozitie rezultand de aici repetabilitatea operatiilor. I

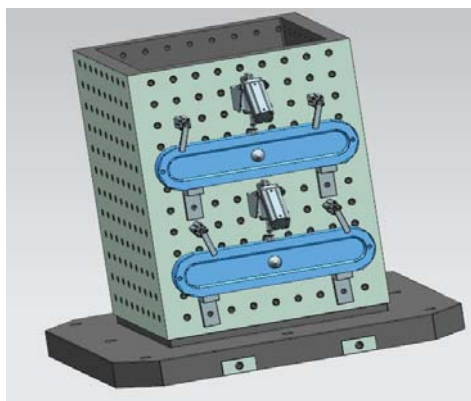


Fig. 2.6 Modelul 3D al sistemului de prindere modular

3.Conveiorul cu role este produs un sistem modular flexibil ce indeplineste cerintele din majoritatea industriilor de ambalare si transport. Conveiorul in cauza este de la firma Bosh Rextroh, fiind prevazut cu sistem de actiune cu motor electric.Structura suportilor de sustinere pe podea este realizata din otel. Este prevăzut cu tălpi de fixare pe podeaua celulei de fabricație si posibile elemente de ranforsare.

Modelul 3D al conveiorului a fost creat si exportat in format step din softul MTPro de la Bosh Rextroh

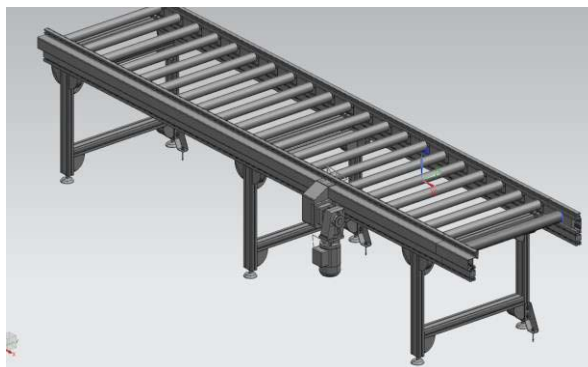


Fig. 5 Modelul 3D al conveiorului

4. Robotul IRB 6620LX se adresează aplicațiilor de manipulare a materialelor, inclusiv deservirea centrelor de prelucrare, a mașinilor de injectie cu mase plastice. În plus, IRB 6620LX este

bine-potrivit pentru aplicații cum ar fi de asamblarea motopropulsoarelor, sudarea cu arc electric și lipirea în vederea asamblării. Robotul montat pe grindă, deschide noi oportunități, cost efectiv mai mic față de utilizarea existentă a roboți industriali. [12]



Fig. 6 Robotul ABB IRB 6620LX

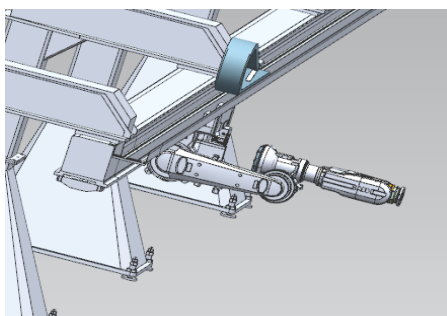
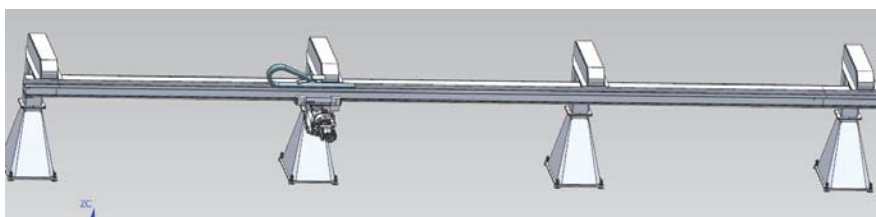


Fig. 7 Modelul 3D al robotului ABB IRB 6620LX

6. Efectorul robotului este modelat pe baza cerințelor celei de fabricație. Este un sistem de tip gripper dublu pentru preluarea a 2 semifabricate și depunerea acestora pe mașină de prelucrat dintr-un singur drum. Acesta este dotat cu un sistem vision, 4 sisteme de prehensiune de tip gripper, un sistem vacuumatic pentru paletizarea despărțitoarelor dintre piese și o scula cu antrenare proprie în vederea realizării operațiilor de debavurare.

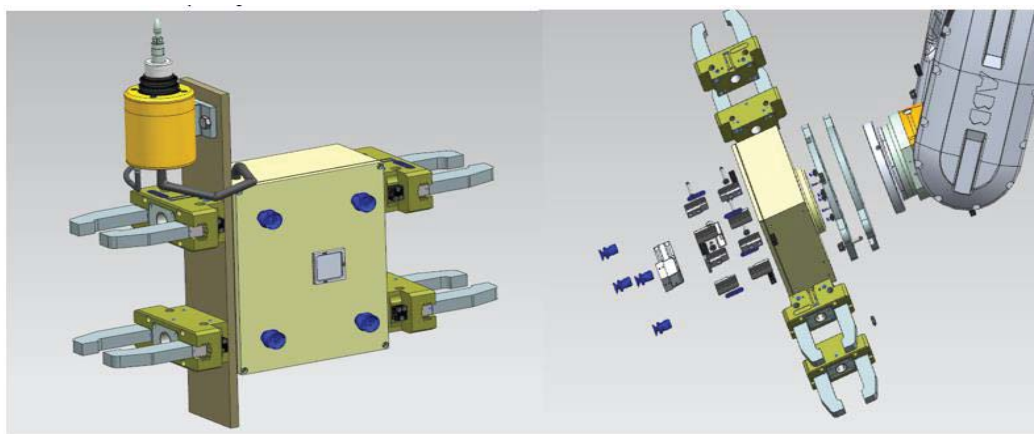


Fig. 8 Modelul 3D și vedere explodată a efecturului

2.2 Simularea si programarea offline a functionarii de ansamblu a aplicatiei intr-un mediu de lucru de tip solid modeling (Process Simulate)

Dupa cum a fost precizat anterior, pentru realizarea întregului ansamblu a fost utilizat un program de modelare 3D : Siemens NX10 CAD în care au fost modelate o parte din subsistemele ansamblului general al aplicației. Pentru programarea si simularea funcționării ansamblului aplicației, a fost utilizat un mediu de lucru specific, Process Simulate.

Dupa realizarea componentelor in format .JT si setarea unui System Root urmeaza inserarea propriu-zisa a componentelor in mediul de lucru. Dupa inserare, se stabileste tipul fiecarui component dupa cum urmeaza:

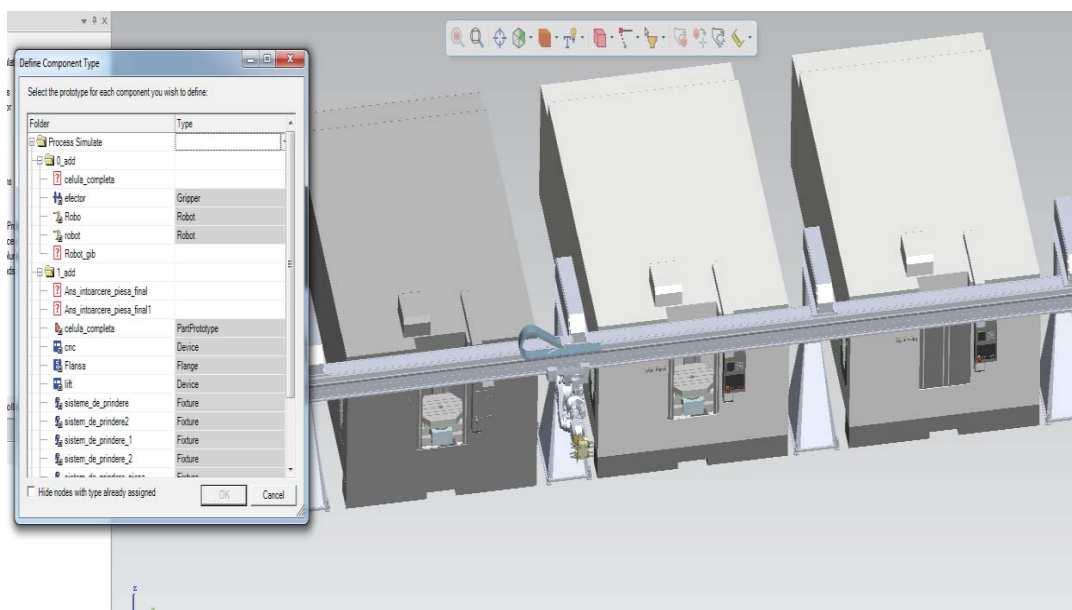


Fig. 9 Definirea tipului componentelor

După definirea întregii configurații a sistemului, pentru fiecare subsistem în parte a fost efectuată formarea mecanismelor de cinematizare.

Cinematizare Robot ABB IRB 6620LX

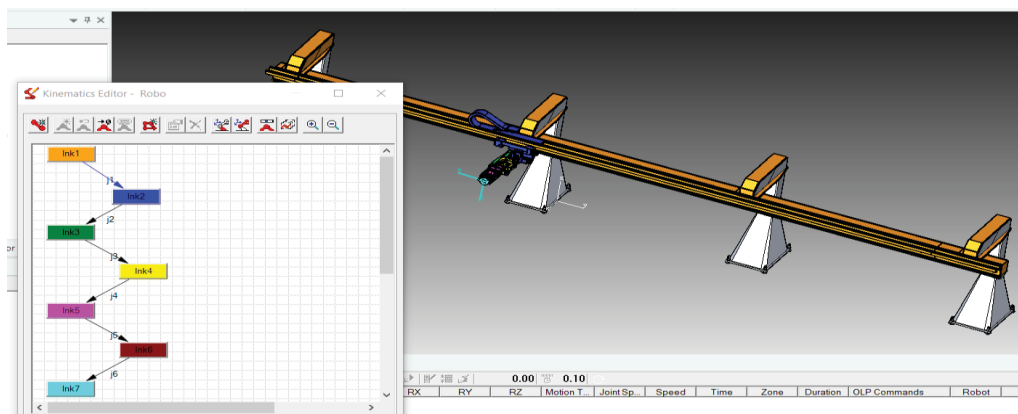


Fig. 10 Definirea cuplelor de rotatie/traslatie ale robotului ABB IRB 6620LX
Cinematizare efector

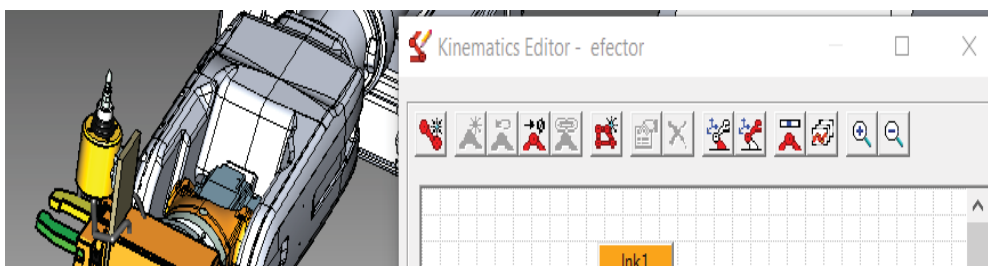


Fig. 11 Definirea mecanismelor de miscare a efectorului

Cinematizare Centru vertical de prelucrare prin frezare cu comanda numerica

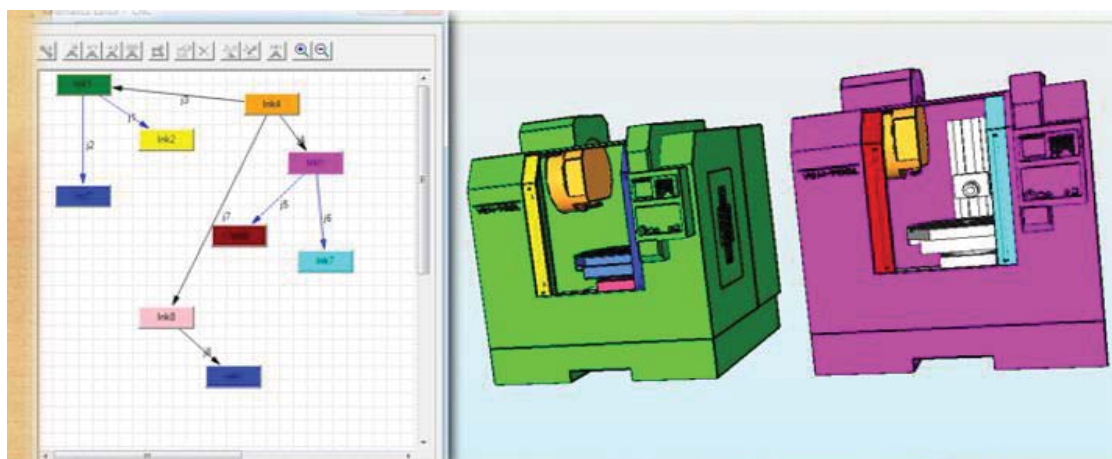


Fig. 12 Definirea mecanismelor de miscare a CNC-ului

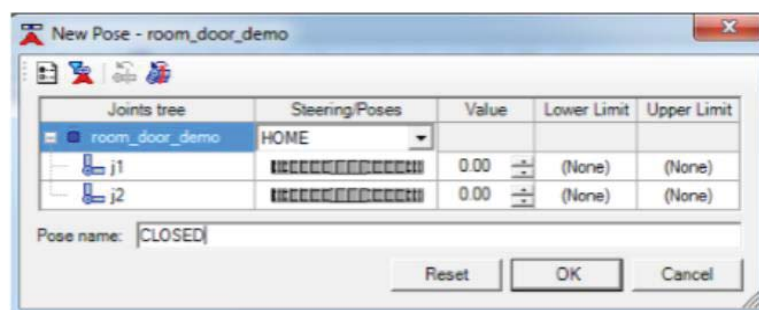


Fig. 13 Verificarea cuplelor de translatie pentru usile CNC-ului

Cinematizare Sistem de prindere modular

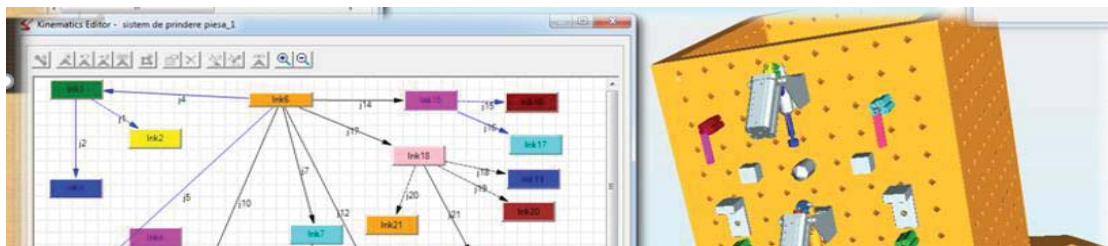


Fig. 14 Definirea mecanismelor de miscare a sistemului de prindere modular

Echiparea tehnologică a robotului constă în integrarea unui efector polifuncțional cărui i s-a definit sistemul de coordonate specific punctului caracteristic al efectorului (TCPF), precum și sistemul atașat flansei din sistemul de orientare al robotului (BASEFRAME). Apoi, utilizându-se comandă Mount Tool și prin alegerea acestora au fost definite cele două subsisteme: robotul, respectiv efectorul.

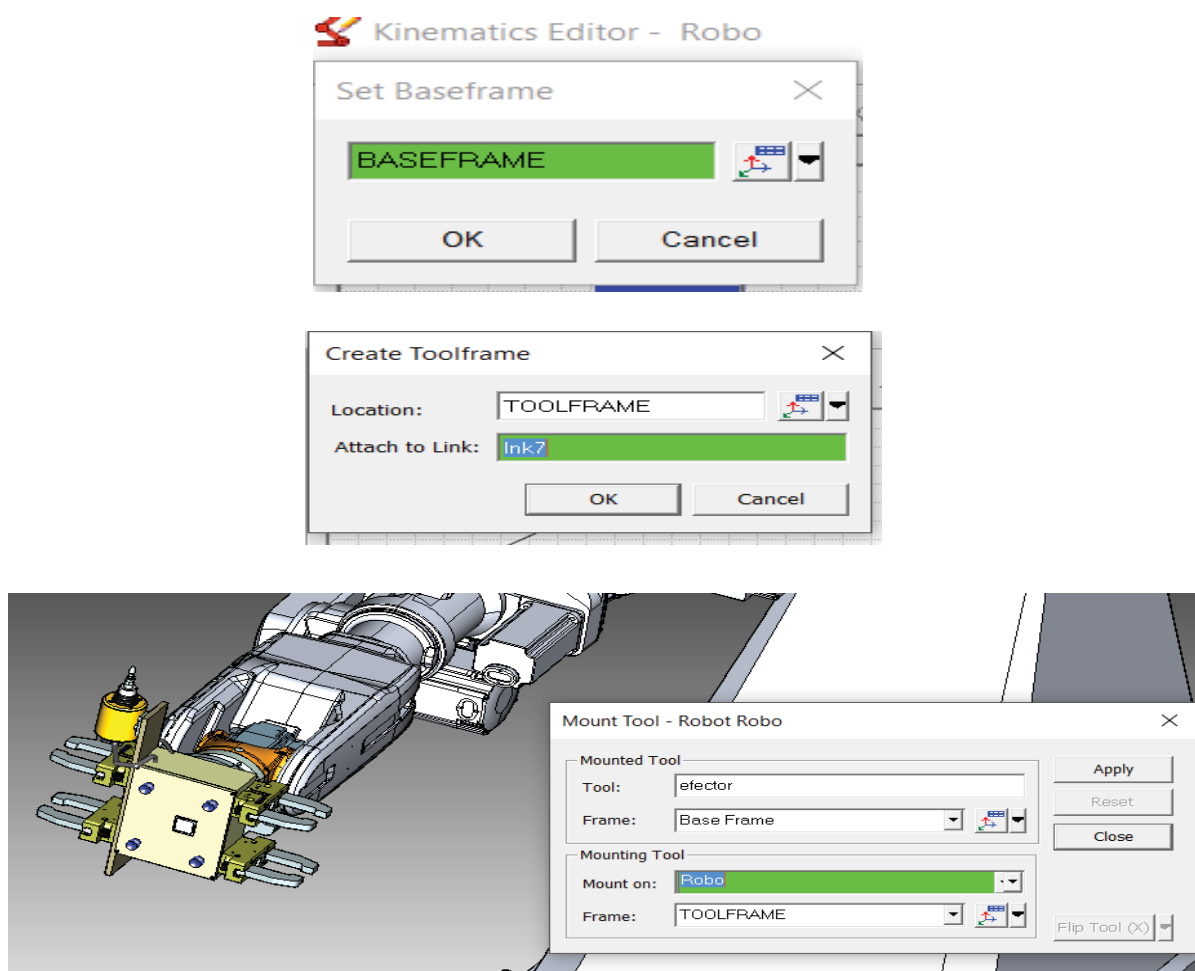


Fig. 15 Definirea și echiparea tehnologică a robotului

După definirea și echiparea tehnologică a robotului au fost create diferite tipuri de operații. Process simulate conține o varietate largă de opțiuni pentru realizarea diferitelor tipuri de operații ce se

regasesc in efectuarea completa a unui studiu al unei cellule robotizate, dupa cum se poate observa in imaginea de mai jos:

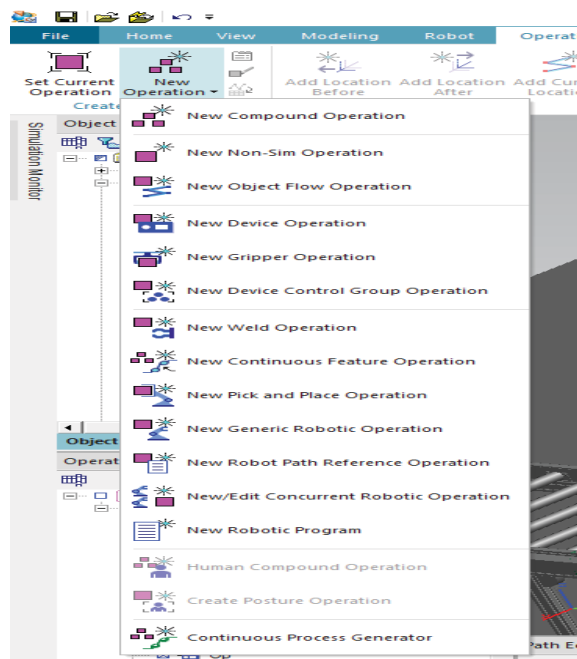


Fig. 16 Tipuri de operatii

In celula de proiectat au fost folosite o serie de operatii dintre cele mentionate anterior. Acestea au fost efectuate conform ciclului de lucru al celulei, de la intrarea pieselor semifabricat pe conveiorul de intrare pana la terminarea tuturor procedeelor de prelucrare asupra ieselor semifabricat si iesirea pieselor finite din celula.

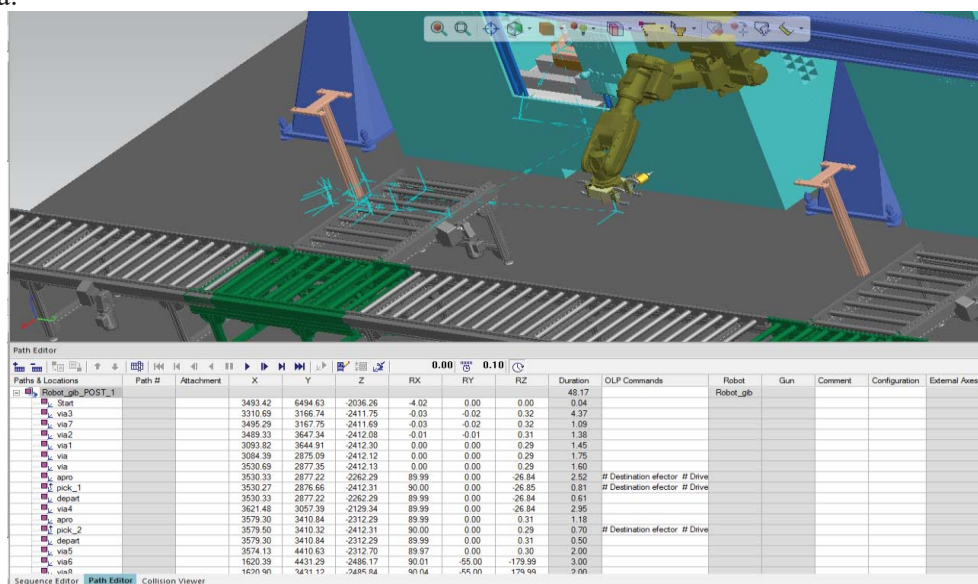


Fig. 17 Operatie de pick and place

Dupa ce au fost definite toate traiectoriile a fost efectuata o verificare a coliziunilor in timpul functionarii aplicatiei.

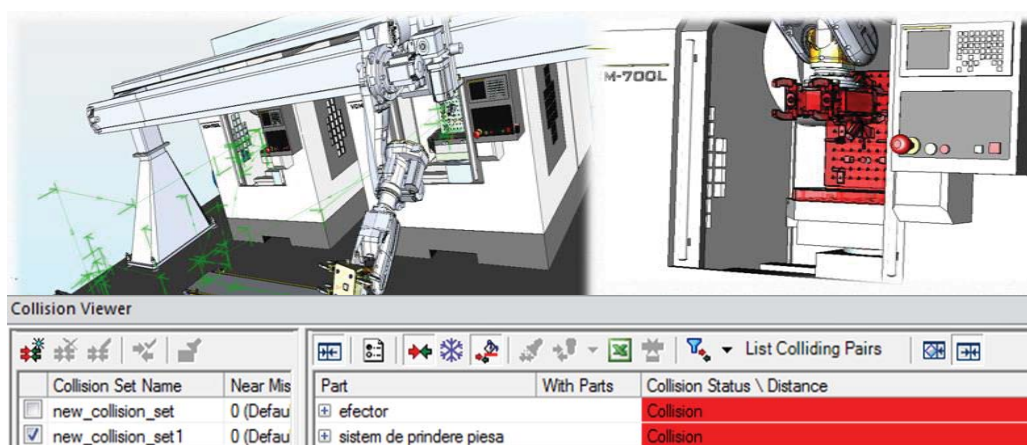


Fig. 18 Verificare coliziuni

După finalizarea traiectoriei si verificarea coliziunilor a fost stabilit tipul miscarilor pentru fiecare axa in parte. Astfel pentru punctele de tip via (intermediare) am ales o miscare a robotului de tip Joint iar pentru punctele de tip pick si place, de tip liniar. In cazul mișcărilor de tip joint , robotului nu i se aplica o constrangere reglata de modul in care ajunge pana la un anumit punct , spre deosebire de cele de tip liniar unde robotul executa o traiectorie rectilinie.

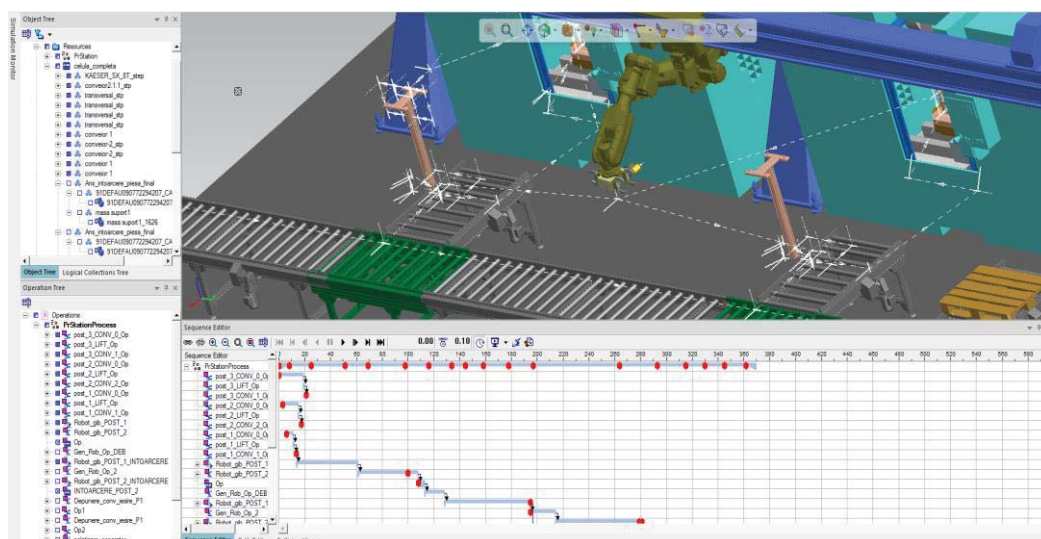


Fig. 19 Vedere completa celula

3. Concluzii

Astfel , au fost realizate atat modelul 3D Cad al aplicatiei cat si o parte din simularea sistemului , in continuare urmand sa se faca posibil controlul celulei cu ajutorul PLC-ului si a semnalele provenite de la camerele vision, senzorii de prezenta obiect, senzorii de prezenta paleta pe conveyor, opritori de cursa, etc. De asemenea vor fi prezentate si partea de semnale de safety, lucru important pentru primirea certificatelor si aprobarea punerii in functiune a celulei.

Bibliografie:

- [1] Nicolescu, A. – Implementarea Robotilor Industriali in Sistemele de Productie, note de curs si metodologii de proiectare, UPB, 2016
- [2] Ivan, M. – Proiectare asistata pentru sisteme de prindere modulare, note de curs, UPB, 2016
- [3] Popescu , D. – Proiectare asistata de calculator a sistemelor flexibile de fabricatie, note de curs, UPB, 2016

PROGRAMAREA ȘI SIMULAREA OFFLINE A UNUI SISTEM COMPLEX DE DEPALETIZARE ȘI REPALETIZARE MIXTĂ

DOBRE F. Alin-Mihai

Facultatea: IMST, Specializarea: Robotică , Anul de studii: 1 Master, e-mail: dobre_alin_mihai@yahoo.com

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Adrian NICOLESCU**

REZUMAT: Lucrarea are ca scop prezentarea activitatii realizate in scopul programarii și simulării offline a unei celule de depaletizare și repaletizare mixtă utilizand mediul de lucru ABB ROBOT STUDIO.

CUVINTE CHEIE: Programare, Simulare, Robot, Paletizare;

1. Introducere

Lucrarea urmărește realizarea unei celule robotizate ce are ca scop depaletizarea și repaletizarea unor obiecte paralelipipedice. Principalele etape ce trebuie atinse sunt alegerea robotului, alegerea mediului de lucru în care se va crea această celulă, introducerea elementelor necesare ca sistemul robotic să funcționeze și programare și simularea offline a celulei.

1.1. Prezentarea celulei

Având ca model soluția robotizată oferită de cei de la Bastian Solutions (prezentată în fig. 1) vom încerca să determinăm elementele componente pe care trebuie să le conțină o astfel de celulă și fluxul sistemului.

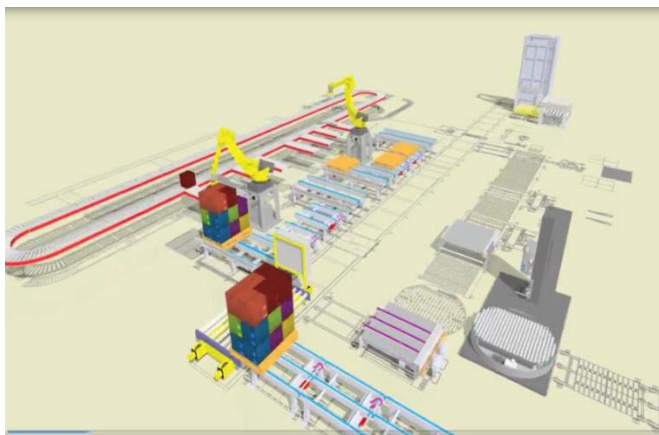


Fig. 1. Celulă robotizată de depaletizare și repaletizare mixtă-vedere izometrică [2]

În cele ce urmează se descrie fluxul de lucru al sistemului robotizat: aplicația își începe funcționarea în momentul în care paletii, umpluți cu diverse cutii de aceeași dimensiune, dar încărcături diferite (acest lucru fiind sesizabil datorită culorilor diferite ale cutiilor) intră în sistem aduși prin intermediul unui conveyer cu lanț. Cu ajutorul unui robocar (AGV) ce se deplasează longitudinal, paletul plin cu obiecte este adus în zona de lucru a celor 2 roboți de tip braț articulat, folosind de asemenea conveyoare cu lanț.

Din momentul în care paletul plin este poziționat în zona punctului de lucru, robotul de tip braț articulat începe descărcarea succesivă a cutiilor de carton pe conveyorul cel mai apropiat de palet (fig.2). Acest lucru este posibil datorită efectorului vacuumatic cu care robotul de tip braț articulat este echipat.

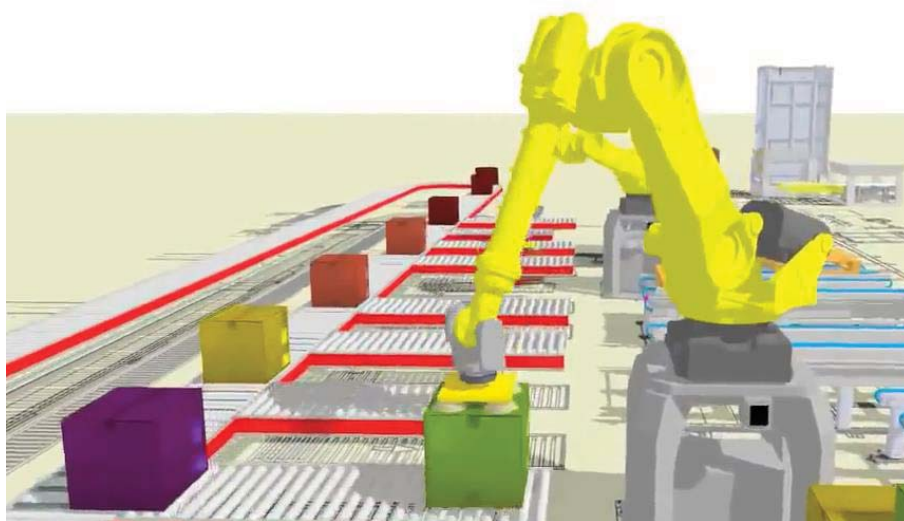


Fig. 2. Celulă robotizată de depaletizare și repaletizare mixtă-vedere izometrică[2]

Odată ajunse la capătul conveiorului, cutiile sunt ridicate (folosind un sistem de liftare) și intră pe traseul principal al conveiorului cu role, conveior ce are si rolul de a asigura recircularea cutiilor în cazul în care se acumulează cutii pe conveioarele de ieșire.

În momentul în care cutiile ajung în dreptul conveiorului de ieșire corespunzător, acestea sunt identificate și aduse în zona de lucru a robotului de tip braț articulat, de unde sunt preluate de acesta și poziționate pe palet. Atât conveiorul principal cat si cele de ieșire sunt conveioare cu role. Robotul are atât rolul de poziționa cutiile de același tip pe palet, dar și de a descărca în continuare cutiile diferite către conveiorul principal (de recirculare) .

Paleții pe care urmează sa fie poziționate si orientate cutiile de același tip sunt aduși în zona punctului de lucru cu ajutorul unor conveioare cu lanț și al AGV-ului. Paleții sunt aduși de către AGV la punctul de lucru al roboților, fiind preluați de la un post automat de stocare al paleților.



Fig. 3. Robotul depune obiectele de același tip pe paleți. Paleții sunt preluați de AGV[2]

După ce toate cutiile de același tip sunt poziționate pe palet, paletul este preluat de același robocar (AGV) și transportat către sistemul de înfoliere . Sistemul de înfoliere este echipat cu un platou rotativ. Platoul, cu paletul poziționat se rotește, iar sistemul de prindere al foliei se deplasează pe direcția axei Z pentru a acoperi toată suprafața obiectelor si astfel, a realiza o prindere sigură.

1.2. Alegerea robotului

Următorul pas este alegerea tipului de robot pe care îl vom folosi în aplicație. În funcție de aplicația căreia îi este destinat, se recomandă alegerea robotului cu o rază de deservire suficient de mare pentru a putea ajunge în toate zonele necesare îndeplinirii tuturor sarcinilor. Repetabilitatea și viteza maximă a axelor sunt de asemenea caracteristici importante pentru alegerea unui robot. Vom încerca să alegem pentru comparație roboți de la mai multe firme diferite.

Tabel 1. Tabel comparație roboți paletizare

<i>Comparație roboți</i>	ABB IRB 6700 150/3.20	Kawasaki CX210L	Comau NJ 130-2.0	Motoman MPL100 II
Raza de deservire	3.200 mm	2.169 mm	2.050 mm	3.149 mm
Sarcină portantă	145 kg	210 kg	130kg	100 kg
Număr de axe	6	6	6	5
Cursă axa 1	± 170°	± 160°	± 180°	± 180°
Cursă axa 2	+85° la - 65°	+88° la - 60°	+125° la - 60°	+76° la - 60°
Cursă axa 3	+70° la -180°	+95° la -75°	+0° la -165°	+40° la -147°
Cursă axa 4	± 300°	± 210°	± 280°	± 15°
Cursă axa 5	± 130°	± 120°	± 120°	± 210°
Cursă axa 6	± 360°	± 360°	± 2700°	-
Viteză axa 1	100°/s	125°/s	155°/s	125°/s
Viteză axa 2	90°/s	115°/s	105°/s	88°/s
Viteză axa 3	90°/s	115°/s	150°/s	125°/s
Viteză axa 4	170°/s	155°/s	200°/s	175°/s
Viteză axa 5	120°/s	160°/s	190°/s	265°/s
Viteză axa 6	190°/s	120°/s	230°/s	-
Repetabilitate	0.02 mm	0.02 mm	0.07 mm	0.02 mm

Analizând Tabelul 1, vom alege pentru sistemul complex de depaletizare și repaletizare mixtă integrând un robot industrial de tip braț articulat pe care îl avem de programat să folosim 2 roboți de la firma ABB, mai exact roboții IRB 6700 150/3.20. Cu o sarcină portantă de 145 de kilograme, cu o rază de deservire de 3.200 mm (cea mai mare din cele 4 opțiuni pe care le-am avut), precum și cu o repetabilitate foarte bună pentru operațiile de paletizare (0.02 mm), soluția de la firma ABB este cea mai bună alegere.

1.3. Alegerea mediului de lucru în care se va programa celula

Obiectivul principal al acestui capitol este selecția mediului de lucru în care se va realiza programarea și simularea offline a sistemului complex de depaletizare și repaletizare mixtă integrând roboți de timp braț articulat. Selecția se va face dintre mai multe medii de lucru specializate disponibile pe piața de profil.

Există 2 astfel de tipuri de medii de lucru:

- **Dedicate programării și simulării unei familii de roboți produse de o singură firmă** (exemple: Robot Studio- pentru roboții ABB, ROBOGUIDE-pentru roboții FANUC, KUKA.Sim-pentru roboții KUKA sau K-ROSET pentru roboții Kawasaki). Aceste medii de lucru oferă baze CAD pentru produsele realizate de firma respectivă. Ele permit, de asemenea, structurarea aplicației prin comenzi simple. Mediile de lucru dedicate unei singure familii de roboți dispun de funcții specifice diferitelor aplicații robotizate, ce simplifică utilizarea soft-ului;

- **Dedicate programării și simulării oricăror tipuri de roboți** (exemple: RobCAD, Process Simulate, RobotExpert, RobotMasters sau Delfoi). Toate aceste medii de lucru dispun de controllere virtuale pentru toate tipurile de roboți existente pe piață și au integrate baze CAD pentru majoritatea roboților. Unele medii de lucru de acest tip dispun de facilitatea definirii de către utilizator a unor roboți și integrarea lor (a roboților) în biblioteca soft-ului.

În cele ce urmează vor fi prezentate câteva dintre principalele medii de lucru disponibile pe piața industrială și ne vom axa pe facilitățile și beneficiile oferite de fiecare. Principalele funcții ce vor fi urmărite la un mediu de lucru sunt:

- Programare offline
- Existența catalogului de roboți și alte echipamente
- Posibilitatea importului CAD
- Detectarea coliziunii
- Analiza timpilor de realizare a ciclului
- Existența unui pachet integrat dedicat operației de paletizare
- Alocarea intrărilor/ieșirilor digitale
- Analiza posibilității atingerii poziției
- Controller virtual
- Posibilitatea integrării programului pe controller-ul real al robotului
- Posibilitatea definirii celulei robotizate

Urmărind aceste funcții, dar și altele, se va face selecția mediului de lucru în care se va realiza programare și simularea offline a sistemului de depaletizare și repaletizare mixtă integrând un robot de tip braț articulat.

Pentru a ne ușura alegerea, vom analiza fiecare software în parte și vom insera funcțiile pe care acesta le are în Tabelul 2..

Tabel 2. Comparație medii de lucru

Mediul de lucru Funcția	Robot Studio	Kuka. SIM	ROBOGUID E	RobCAD	Robot Expert	Process Simulate	K- ROSET
Programare offline	X	X	X	X	X	X	X
Simulare virtuală	X	X	X	X	X	X	X
Controller virtual	X	X	X	X	X	X	X
Existență catalog roboți	X	X	X	X	X	X	X
Pachet dedicat paletizare	X		X				X
Import fișiere CAD	X	X	X	X	X	X	X
Detectare coliziune	X	X	X	X	X	X	X
Analiza timpilor de ciclu	X	X	X	X	X	X	X
Export program controller real	X	X	X	X	X	X	X
Urmărire obiect pe conveyer	X						
Definire semnale digitale	X	X	X	X	X	X	X
Analiza atingerii poziției	X	X	X	X	X	X	X
Introd. modif. fără opr. proces	X		X				

Alegerea mediului de lucru în care vom realiza programare offline și simularea este acum mult mai ușoară. Beneficiind de toate funcțiile pe care le-am urmărit, ABB Robot Studio este mediul de lucru în care se va realiza proiectul de disertație.

Alegerea este cu atât mai ușoară întrucât cel mai bun robot pentru această aplicație s-a dovedit a fi robotul de tip braț articulat de la ABB, IRB 6600, modelul 150/3.20 .

1.4. Sinteza CAD a celulei

Primul pas în realizarea aplicației îl constituie crearea unei noi stații robotice. Putem realiza acest lucru urmărind secvența de comenzi din figura de mai jos:



Fig. 4 . Crearea unei stații de lucru în ABB Robot Studio

Definirea tipului de robot folosit în aplicație reprezintă un pas foarte important. În aplicația de depaletizare și repaletizare mixtă pe care încercăm să o programăm și să o simulăm, am stabilit că cel mai potrivit de utilizat ar fi robotul industrial de tip braț articulat ABB IRB 6700, modelul 150/3.20 (kg/m). Tot ce avem de făcut este introducerea lui în stația de lucru, urmărind pas cu pas secvența de comenzi din figura de mai jos:



Fig. 5. Secvență integrare robot ABB IRB 6700 în aplicație

Sistemul de conveioare cu role pe care circulă cutiile (obiectele transportate) pentru a fi repaletizate a fost realizat folosind programul MT PRO Light de la firma Bosch, iar elementele au fost descărcate de pe site-ul celor de la Bosch Rexroth. Au fost folosite secțiuni de conveioare, curbe la dreapta/stânga, drivere și sistem de liftare, picioare de susținere. Elementele componente vor fi prezentate în figura de mai jos.

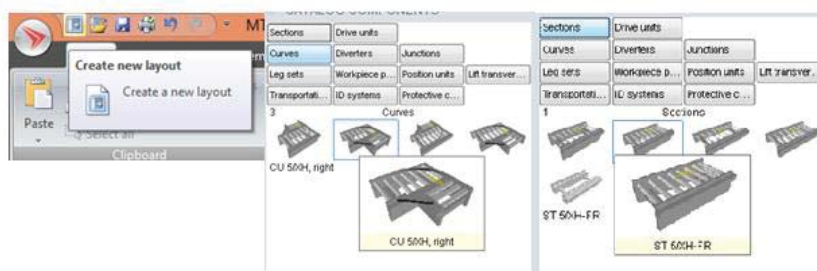


Fig. 6 . Elementele componente ale conveiorului. Modul în care a fost realizat

Sistemul de conveioare a fost importat în software-ul ABB Robot Studio urmărind secvența de comenzi de mai jos.: Import Geometry-Browse for Geometry.

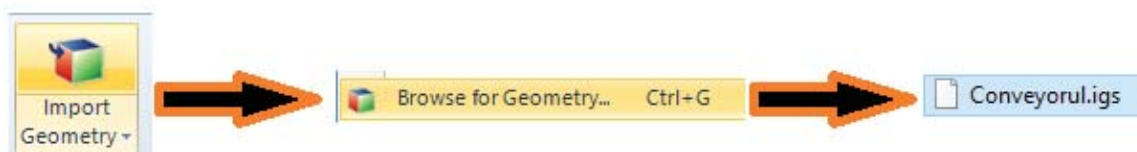


Fig. 7. Secvență import sistem de conveioare în ABB Robot Studio

Paletul utilizat în aplicația noastră are dimensiunile de 1200x800 mm și este un palet de tip EUR1. El este transportat de la stocatorul automat de paleți de către AGV. Paletul poate fi importat din biblioteca ABB Robot Studio urmărind secvența de mai jos.

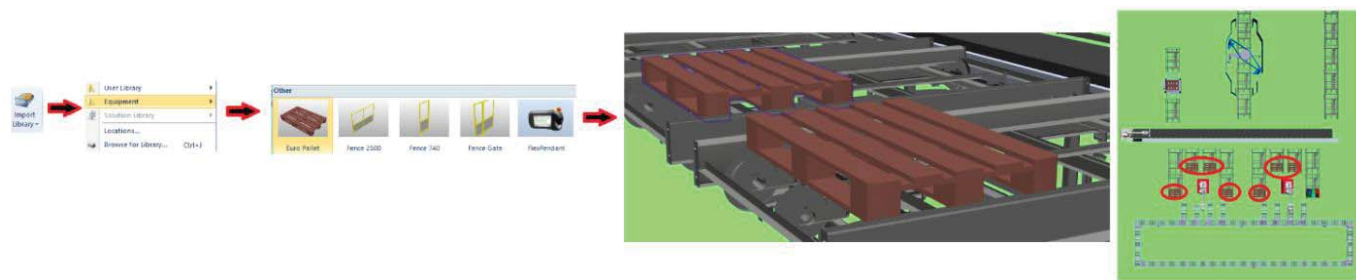


Fig. 8. Paletul EUR1 și Secvență import

Obiectele de paletizat au forma paralelipipedică. Astfel se poate face prinderea și manipularea lor foarte ușor de către roboți dotați cu un efector vacuumatic. Modelarea lor s-a făcut în software-ul ABB Robot Studio, folosind comanda Modeling-Solid-Box, după care se definesc lungimea, lățimea și înălțimea.

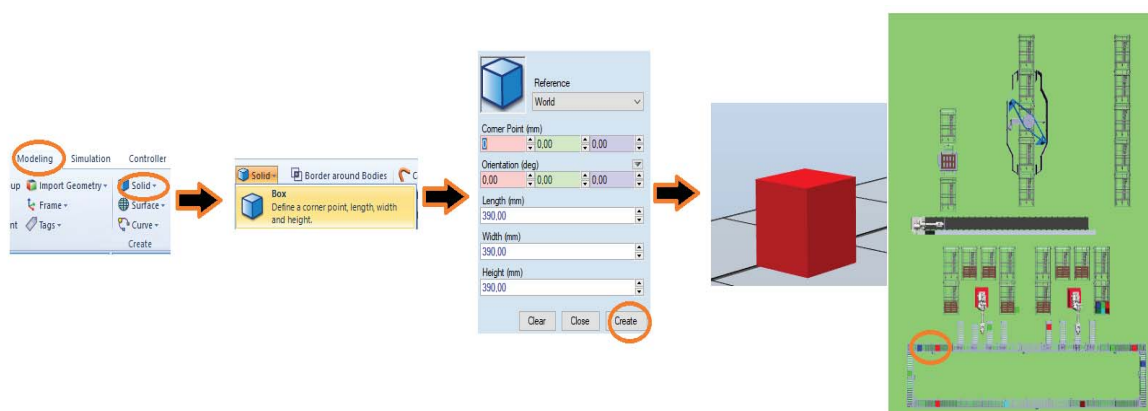


Fig. 9. Realizarea obiectelor de paletizat în software-ul ABB Robot Studio

Celelalte elemente au fost importate în celulă folosind comanda Import geometry. Componenta celulei create poate fi vizualizată în figura de mai jos.

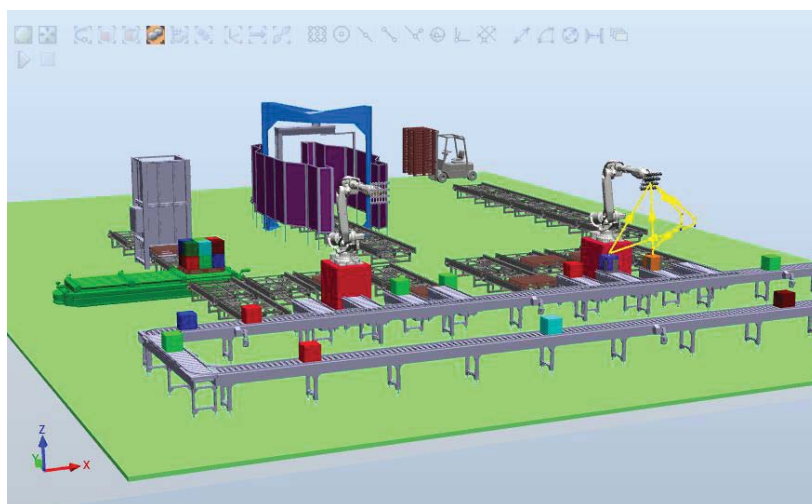


Fig. 10. Vederea izometrică a celulei create

1.5. Simularea și programarea offline

1.5.1. Generarea traiectoriilor robotului

Primul lucru ce trebuie făcut pentru a putea genera traiectorii este să inserăm un controller în sistem. Vom crea un controller pentru ambii roboți de tip braț articulat. Acest lucru se realizează urmărind secvența de etape prezentată în figura de mai jos.

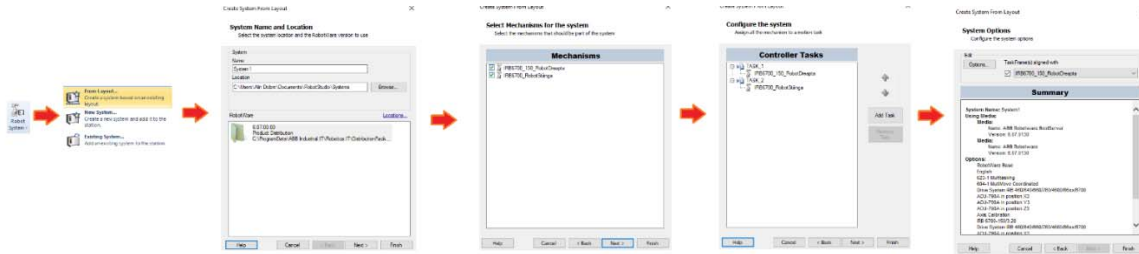


Fig. 11. Creare controller celulă pentru cei 2 roboți de tip braț articulat

Următorul pas este să realizăm traiectorii de mișcare pentru cei doi roboți. În cele ce urmează o să prezentăm fiecare etapă pentru realizarea acestor traiectorii. Folosind comenzi precum Create Target sau Teach Target învățăm punctele importante pentru mișcarea robotului. După ce acest lucru este realizat, vom crea o traiectorie folosind comanda Path și vom muta target-urile create folosind un simplu Drag&Drop. Pentru a verifica dacă robotul poate realiza traiectoria create, folosim comanda MovealongPath.

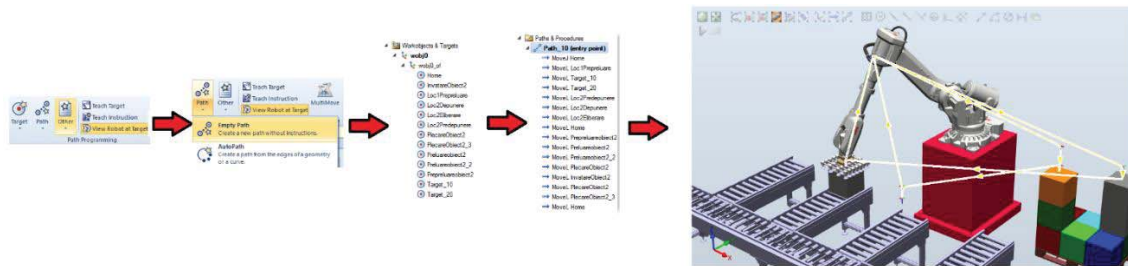


Fig. 12. Crearea target-urilor și generarea traiectoriei

Toate punctele traiectoriei pot fi atinse de robot așa că vom merge mai departe. În meniu Simulation vom accesa comanda Station Logic. În fereastra creată, folosim Add component pentru a adăuga elementele necesare realizării traiectoriei. Noi vom avea nevoie de un Atacher, un Detacher, 2 CollisionSensors și un Positioner. Setările pentru fiecare din aceste componente vor fi prezentate în figura de mai jos.

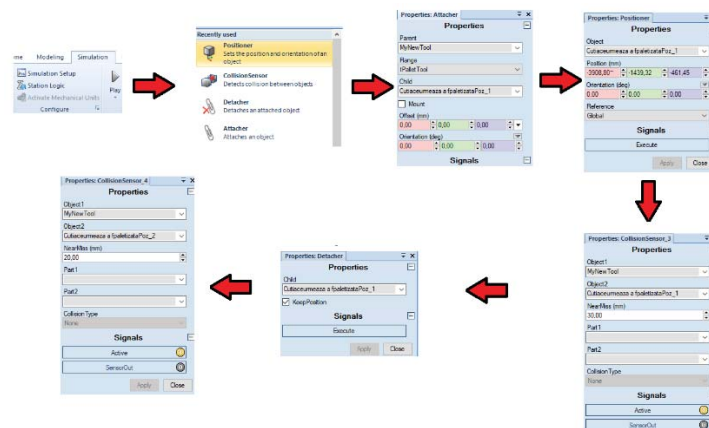


Fig.13. Setările elementelor ajutătoare

Intrând în vederea Design, vom crea un semnal de Restart (Input) căruia îi vom seta valoarea 1 și îl vom conecta la Pozitioner. Pentru Atacher și Detacher vom conecta câteun CollisionSensor. Schema creată poate fi vizualizată în figura de mai jos.

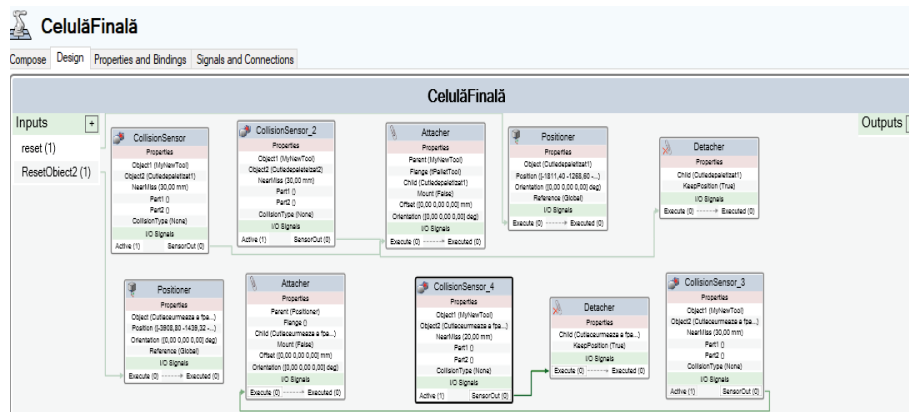


Fig. 14 . Design-ul elementelor ajutatoare

Tot ce mai avem de făcut este să sincronizăm traiectoria creată folosind comanda Synchronizeto RAPID, comandă ce nu face altceva decât să importe acțiunile la controller-ul creat folosind codul RAPID.

1.5.2. Crearea mecanismului pentru AGV

AGV-ul se deplasează pe o singură axă, în cazul nostru axa X. Astfel vom crea un mecanism prismatic. Pentru a crea un astfel de mecanism trebuie să folosim comanda Create Mechanism. Cum dorim să realizăm mecanismul pentru acest elemente vom alege ca Device tipul mecanismului. Vom crea Link-uri, folosind spațiul de lucru ca Link1 și Baselink, iar AGV-ul ca Link 2 și partea care se mișcă. De asemenea, vom crea și un Joint, vom selecta tipul prismatic și vom alege punctul de start și de sfârșit ale axei. În final, vom defini limitele deplasării AGV-ului și vom seta câteva puncte de interes. Secvența este prezentată mai jos.

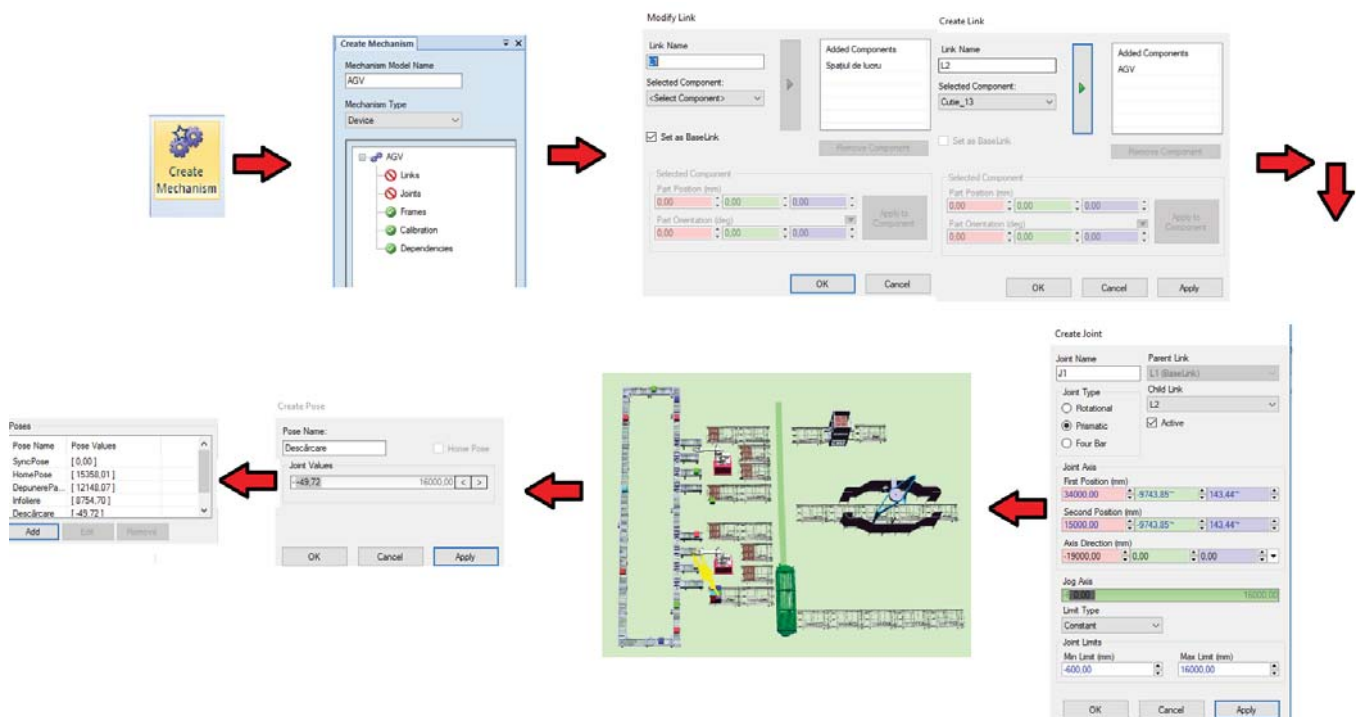


Fig. 15. Secvența de creare a mecanismului pentru AGV

2. Stadiul actual

Programarea și simularea offline prezentată în lucrare este punctul în care se află la acest moment proiectul de disertație. Am realizat cinematizarea și generarea traiectoriilor robotului și am creat mecanismul pentru AGV. De asemenea, am creat semnale pentru AGV.

3. Concluzie

În concluzie etapele realizate până în acest moment în cadrul temei propuse sunt referitoare la:

- Robotul ales pentru a fi utilizat în această aplicație este ABB IRB 6700 150/3.2 .
- Mediul de lucru în care se va realiza programarea și simularea offline este Robot Studio.
- Design-ul celei a fost realizat, folosind atât elemente importate de pe grabcad.com, cât și elemente proiectate de autorul referatului (efectorul vacuumatic, sistemul de recirculare a cutiilor, suportul de supraînălțare).
- A fost realizată traiectoria de mișcare a unui robot (pentru cazul în care preia cutii de pe stiva de paleți adusă în sistem și le depune pe conveiorul de recirculare), precum și mecanismul pentru AGV.

4. Bibliografie

- [1]. Nicolescu, A. – Implementarea Roboților Industriali în Sistemele de Producție, note de curs și metodologii de proiectare, UPB, 2016
- [2].
<https://www.youtube.com/watch?v=FbPWQ3RLmAg&index=23&list=PL80A41CFCDAEEB595>
- [3]. Manual Robot ABB IRB 6700 150/3.20
- [4]. <https://www.youtube.com/watch?v=92wHYjk9go8>
- [5]. <https://www.youtube.com/watch?v=uHP1St2CtEw>
- [6]. <https://www.youtube.com/watch?v=1saljYFVy-8&t=337s>
- [7]. <https://robotics.kawasaki.com/en1/products/robots/large-payloads/CX210L/>
- [8]. http://www.comau.com/Download/robot/nj130-20/Comau_Nj13020_Workingareas.pdf
- [9]. <https://www.motoman.com/industrial-robots/mpl100-ii>
- [10]. Nicolescu, A. – Concepția și Exploatarea Roboților Industriali, note de curs și metodologii de proiectare, UPB, 2016
- [11]. <https://library.e.abb.com/public/c32474784a0e4f4c9e38e2709f090898/3HAC032104en.pdf>

PROGRAMAREA ȘI SIMULAREA OFFLINE A UNEI CELULE ROBOTIZATE DE PALETIZARE INTEGRÂND DOI ROBOȚI DE TIP BRAȚ ARTICULAT ÎN MEDIUL DE LUCRU ABB ROBOT STUDIO

CIUCULETE Cosmin-Mihai¹

¹Facultatea: IMST, Specializarea: Robotică, Anul de studii: I, e-mail: ciuculetecosmin@gmail.com

Conducător științific: Prof. dr. ing. **Adrian NICOLESCU**

REZUMAT: În cadrul acestei lucrări s-a realizat sinteza 3D asistată de calculator a unei celule complete de paletizare robotizată având ca punct referință analiza comparativă a mai multor celule robotizate similare care sunt destinate aceluiași scop. Modelul virtual 3D a fost integrat într-un mediu de lucru dedicat, denumit ABB Robot Studio, în vederea efectuării unui studiu preliminar al posibilităților de programare și simulare offline. În acest scop au fost detaliate și ilustrate pas cu pas etapele principale de lucru cu această aplicație, plecând de la introducerea componentelor celulei robotizate și poziționarea acestora în spațiul de lucru, urmată de generarea de traiectorii și crearea programului de lucru în mediul de lucru ABB Robot Studio.

CUVINTE CHEIE: programare-simulare offline, celulă robotizată de paletizare, ABB Robot Studio.

1. Introducere

Paletizarea reprezintă operația de dispunere volumică ordonată, în plan orizontal (sub formă de straturi cu înălțime omogenă) și pe verticală (sub formă de straturi multiple) pe dispozitive de transport standardizate denumite paleți, a diferitelor categorii de obiecte (produse ambalate în cutii de carton cu formă paralelipipedică, saci cu material vrac de tip granule sau pulberi, seturi de obiecte multiple preînfoliate – sticle cu apă / ulei etc.) manipulate individual sau în grup de către roboți industriali sau mașini automate de paletizare. Paletizarea se realizează pe paleți cu dimensiuni reglementate prin standard internațional pentru a se facilita unificarea condițiilor de stocare, transport și manipulare a acestora. [1]

Celulele și sistemele de fabricație robotizată dedicate realizării operațiilor de paletizare au o structură diversificată, configurația specifică a acestora și scalarea sistemelor fiind dictate de necesitățile specifice ale fluxurilor de producție și ale beneficiarilor unde se implementează aceste sisteme. În acest sens, deși nu există soluții “standard” preconfigurate de realizare a unor astfel de sisteme, se pot totuși identifica câteva categorii majore de structuri cu frecvență maximă de apariție în aplicațiile de paletizare, o parte dintre acestea fiind prezentate în continuare [1]: aplicație de paletizare a unui singur tip de produs, cu un singur conveyor de aprovizionare și un conveyor de ieșire a produselor paletizate; aplicație robotizată cu un singur conveyor de aprovizionare și două conveyoare de paletizare; aplicație robotizată pentru paletizarea a trei tipuri de produse și un singur conveyor de paletizare; aplicație robotizată de paletizare cu trei conveyoare de aprovizionare și trei conveyoare de paletizare; aplicație de paletizare cu două intrări și două ieșiri.

2. Stadiul actual

În vederea dezvoltării modelului 3D virtual al aplicației robotizate de paletizare s-a început prin analizarea aplicațiilor similare din domeniu, apoi s-a realizat o celulă proprie care a fost programată și simulată offline prin intermediul mediului de lucru ABB Robot Studio.

2.1. Celule de paletizare similare celei de proiectat

În figura 1 este prezentată o celulă de paletizare modulară foarte flexibilă care poate fi adaptată cu ușurință pentru aproape orice amplasament dintr-o fabrică. Natura modulară a acestei celule îi oferă o versatilitate excelentă, părțile sale componente putând fi rearanjate dintr-o poziție într-alta a celulei cu ușurință deoarece au dimensiuni similare. În cadrul acesteia sunt integrați roboți de tip braț articulat cu arhitectură generală produși de firma FANUC ceea ce garantează performanțe sporite din punctul de vedere al vitezei de paletizare și al sarcinii portante ridicate. De asemenea, tot datorită faptului că celula este modulară, aceasta poate fi echipată cu mai mulți roboți industriali sau mai multe intrări/ ieșiri la cererea clientului. Efectorul cu care este echipat robotul este unul de paletizare polifuncțional, acesta fiind capabil să manipuleze atât obiectele (cutiile) de paletizat cât și paletul și separatoarele.



Figura 1. Celulă de paletizare modulară. [2]

În figura 2 poate fi observată o celulă care reprezintă o soluție proprie a firmei Pearson Packaging Systems, personalizată pentru a se potrivi unor cerințe de proiect specifice și unui amplasament anume în fabrică. Celula dispune de un robot industrial de tip braț articulat dedicat operațiilor de paletizare care are atașat un efectuator multifuncțional special ce permite celulei să acomodeze o gamă destul de largă de produse și scheme de paletizare.



Figura 2. Celulă de paletizare produsă de Pearson Packaging Systems. [3]

Celula aleasă ca model de referință este prezentată în figura 3. Aceasta prezintă o flexibilitate sporită în comparație cu celulele tratate anterior datorită numărului mare de conveioare de intrare și a structurii speciale a efectorilor polifuncționali montați pe cei doi roboți prezenți în aceasta. Roboții industriali utilizați sunt produși de firma ABB, având o arhitectură de tip braț articulat cu 6 axe comandate numeric și tipodimensiunea IRB 6640. Aceștia sunt caracterizați de un spațiu de lucru mare (raza maximă de lucru este de 3200 mm), viteze de mișcare mari având în vedere gabaritul și masa acestora (1400 kg), o sarcină portantă destul de mare (130 kg) și o repetabilitate de ± 0.07 mm la poziționare și ± 0.7 mm pe traiectorie. Efectorul cu care sunt echipați roboții este unul polifuncțional, capabil să prindă și să manevreze obiecte prismatice de diferite dimensiuni (prin intermediul unei soluții vacumatice combinată cu un sistem de strângere mecanic, cu bride rotative acționate pneumatic), putând să manevreze și separatoarele.



Figura 3. Modelul de referință pentru celula proiectată. [4]

2.2. Variante constructive similare de roboți industriali pentru operații de paletizare

S-a realizat un studiu comparativ a mai multor tipodimensiuni de RI care pot fi integrați în aplicația de paletizare ce urmează a fi programată și simulată în mediul de lucru ABB Robot Studio, modelele studiate fiind prezentate în figura 4 astfel: a-ABB IRB 6640, b-FANUC R-2000iC, c-Kawasaki BX130X, d-Yaskawa MH180, e-Kuka KR 120; caracteristicile acestora fiind expuse în tabelul 1. Robotul ales pentru celula proiectată este ABB IRB 6640.

Tabel 1. Caracteristicile tehnice ale modelelor de RI analizați

Model	IRB 6640 130/3.2	R-2000iC/165F	BX130X	MH180	KR 120 R2900
Parametru					
Nr. axe CN	6	6	6	6	6
Sarcină portantă [kg]	130	165	130	180	120
Întindere maximă [mm]	3200	2655	2991	2702	2896
Repetabilitate	± 0.07 mm	± 0.05	± 0.2	± 0.2	± 0.06
Montare	La podea	La podea	La podea	La podea	La podea
Controler	IRC5	R30iB	E02	DX200	KR C4
Masă [kg]	1310	1090	970	970	1084

Limite de cursă pentru fiecare axă CN					
Axa 1	+170°/-170°	370°	±160°	±180°	±185°
Axa 2	+85°/-65°	136°	+76°/-60°	+76°/-60°	-140°/-5°
Axa 3	+70°/-180°	312°	+90°/-75°	+90°/-147°	-120°/+155°
Axa 4	+300°/-300°	720°	±210°	±360°	±350°
Axa 5	+120°/-120°	250°	±125°	±130°	±125°
Axa 6	+360°/-360°	720°	±210°	±360°	±350°
Viteze radiale maxime pentru fiecare axă CN					
Axa 1	100°/s	130°/s	105°/s	125°/s	123°/s
Axa 2	90°/s	115°/s	90°/s	115°/s	115°/s
Axa 3	90°/s	125°/s	130°/s	125°/s	120°/s
Axa 4	170°/s	180°/s	200°/s	182°/s	292°/s
Axa 5	120°/s	180°/s	160°/s	175°/s	258°/s
Axa 6	190°/s	260°/s	300°/s	265°/s	284°/s



Figura 4. Tipodimensiunile de roboți studiați.

2.3. Programarea și simularea offline a celei de paletizare

În figura 5 este prezentată interfața mediului de lucru și principalele zone funcționale ale acesteia.

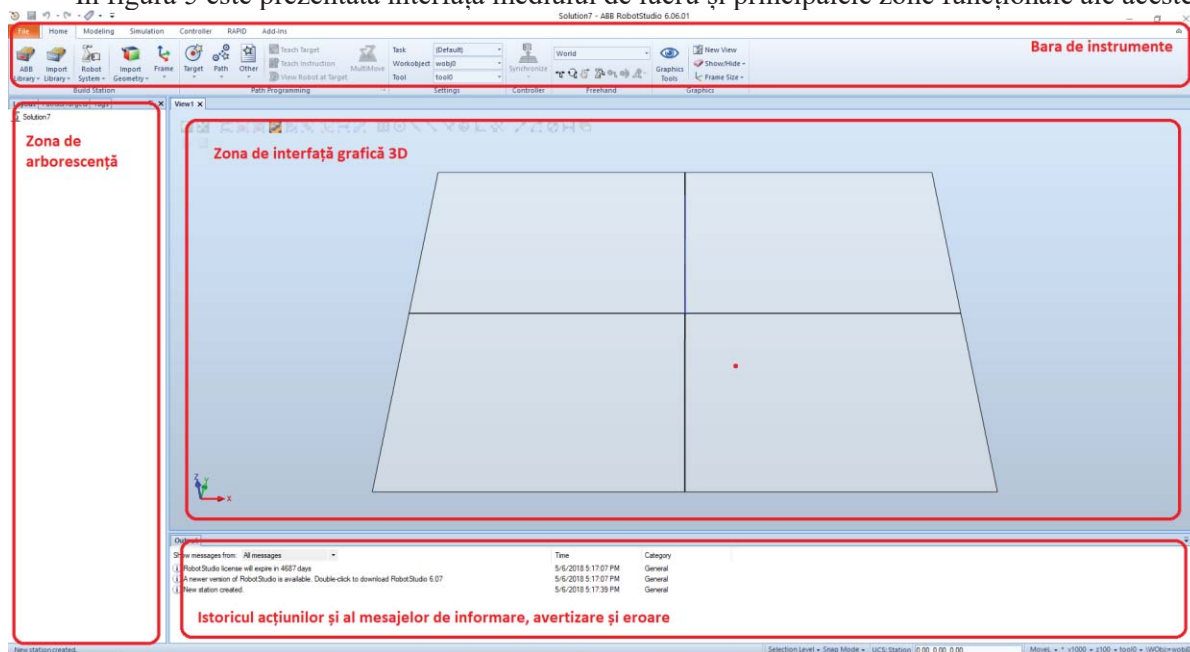


Figura 5. Interfața mediului de lucru ABB Robot Studio.

S-a început prin introducerea modelului 3D al celulei în ABB Robot Studio în formatul nativ SLDASM utilizat de aplicația SolidWorks în care a fost creat ansamblul celulei în cadrul proiectului de diplomă (figura 6).

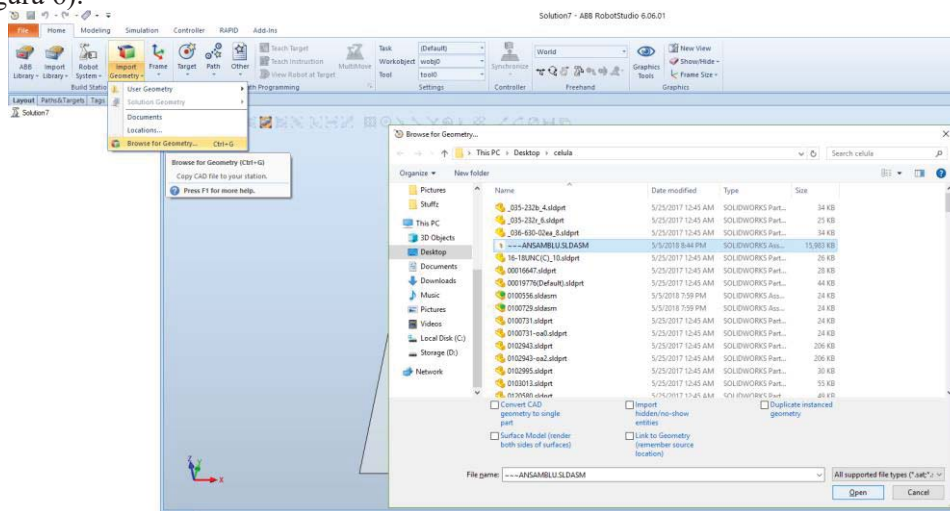


Figura 6. Introducerea geometriei în mediul de lucru.

Urmează a fi introduși roboții industriali din biblioteca programului, apoi aceștia sunt poziționați cu ajutorul comenzii Position-> Place-> Two Points (figura 7).

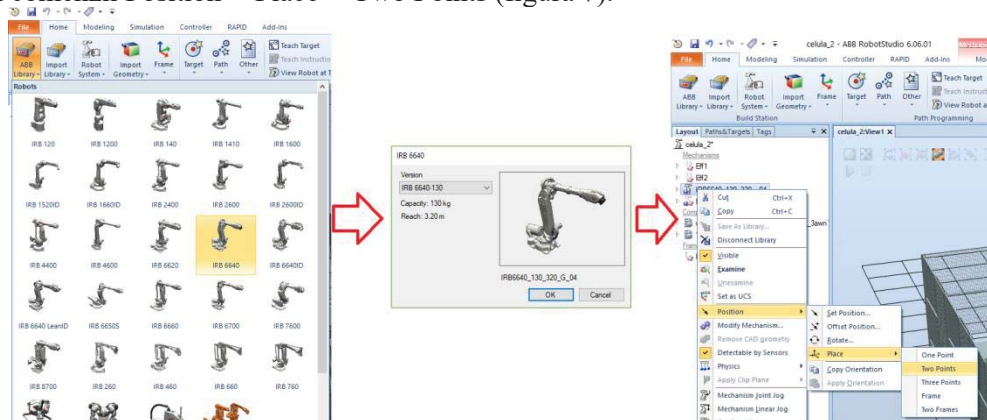


Figura 7. Introducerea și poziționarea roboților.

În continuare s-a introdus modelul 3D al efectorului de paletizare, I s-a setat referința și s-a creat un cadru care va fi folosit ulterior ca punct caracteristic (figura 8).

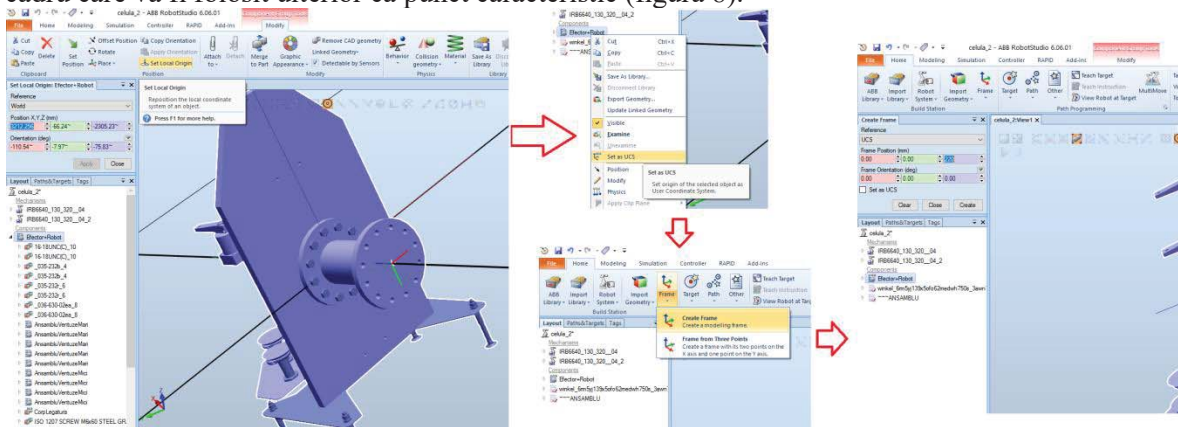


Figura 8. Introducerea efectorului.

După aceasta, se va crea efectorul RI utilizând comanda Tool (figura 9). Se creează controllerele virtual pentru ambii roboți (figura 10) iar în figura 11 este prezentat ansamblul cu efectorii atașați roboților.

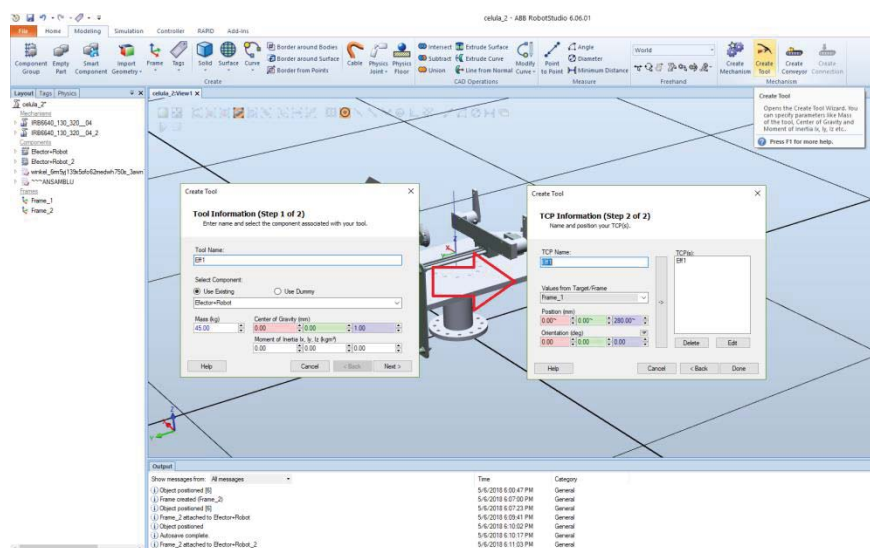


Figura 9. Definirea efectoreiului.

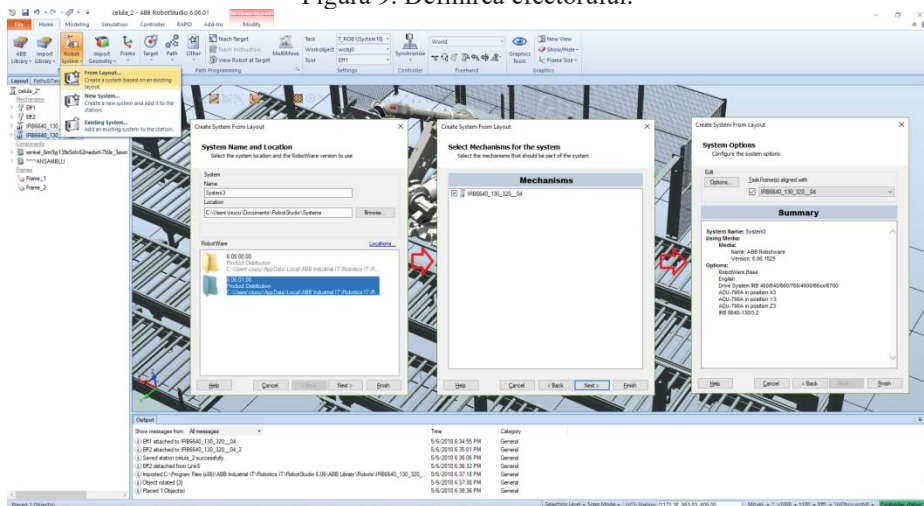


Figura 10. Crearea controllerelelor virtuale.

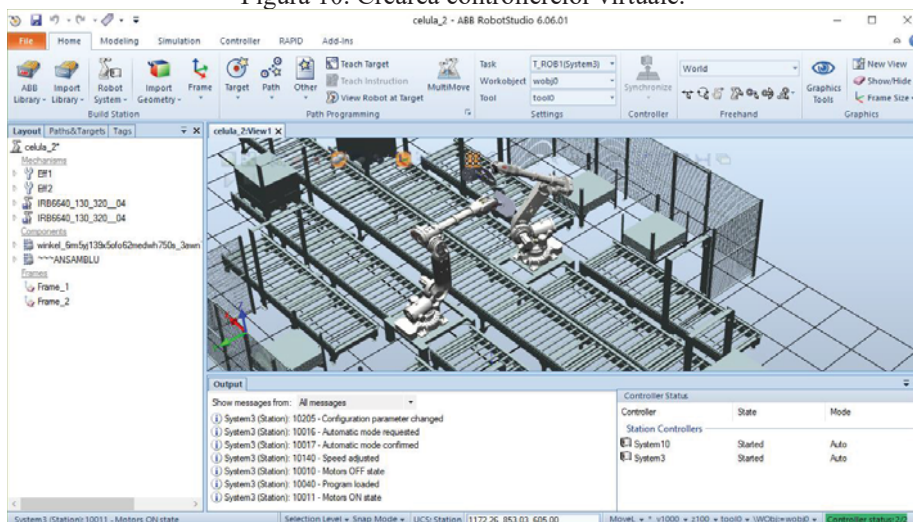


Figura 11. Ansamblul după atașarea efectoreiului.

Odată create controlerile, dispunem de opțiunea de mișcare interpolată liniară a roboților și rotire a efectorului în jurul punctului caracteristic (figura 12).

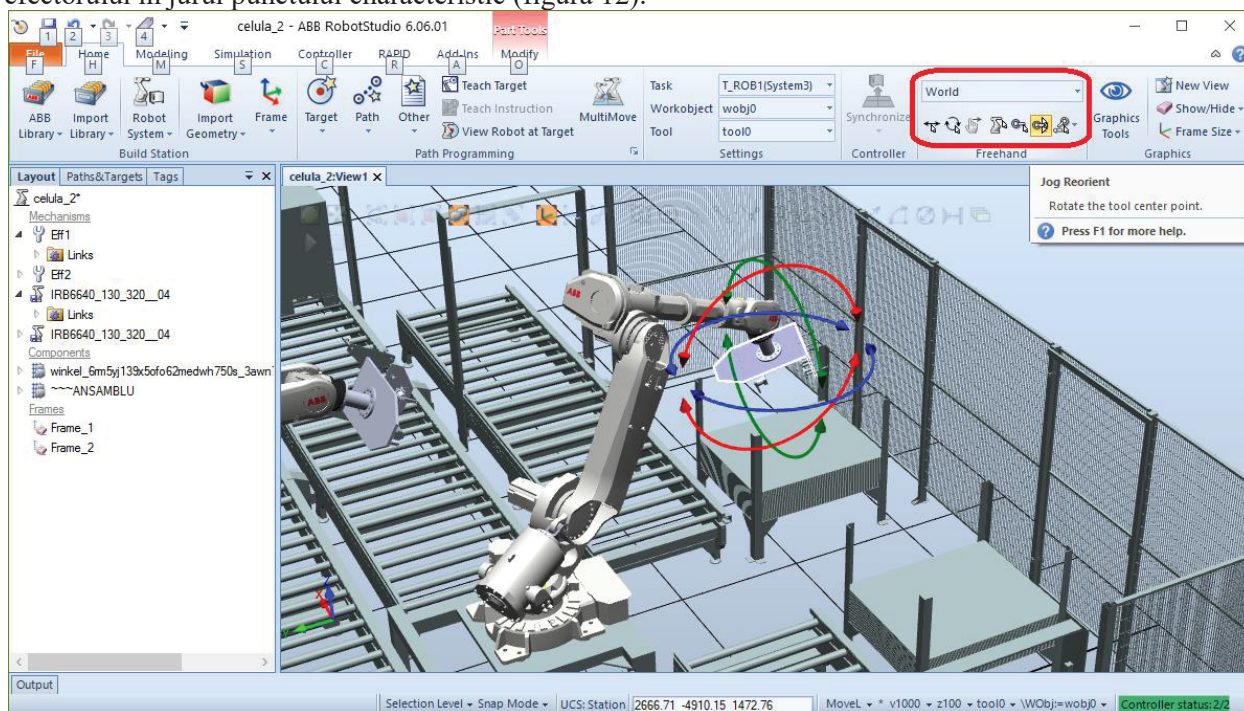


Figura 12. Mișcarea interpolată a efectorului.

Se creează semnale pentru preluarea și depunerea cutiilor pe și de pe paleți (figura 13) apoi se definesc evenimente controlate de aceste semnale pentru atașarea cutiilor pe efector (figura 14).

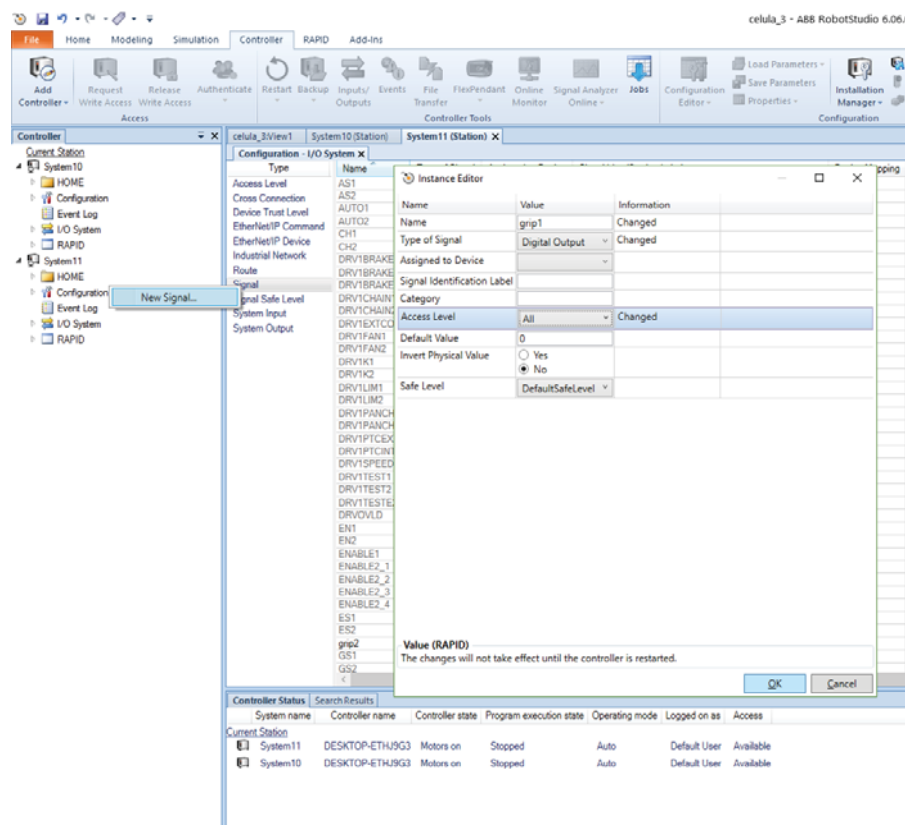


Figura 13. Crearea de semnale pentru preluare/depunere cutiilor.

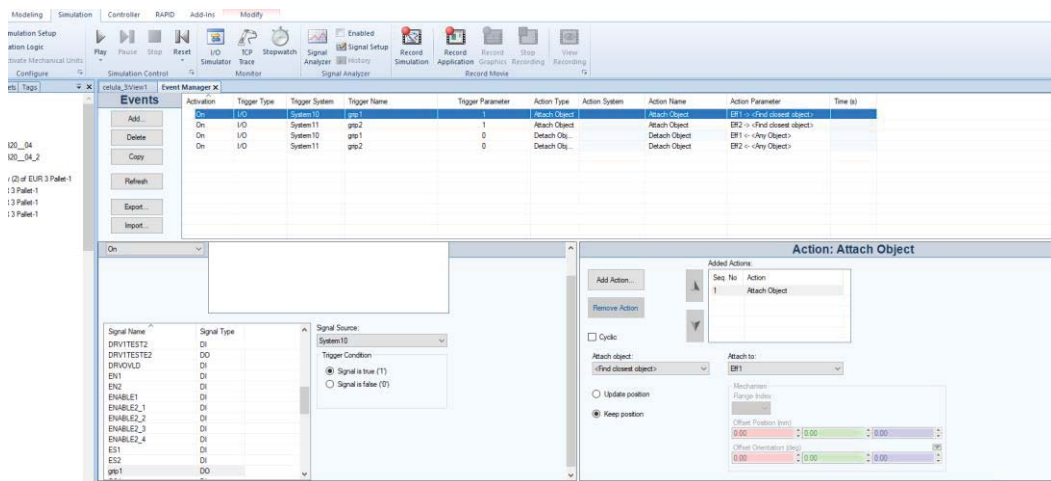


Figura 14. Evenimente pentru preluarea/depunerea cutiilor.

Se definește conveiorul de ieșire din celulă (figura 15). Odată creat, paletul poate fi mutat liber pe parcursul acestuia prin comanda Jog (figura 16).

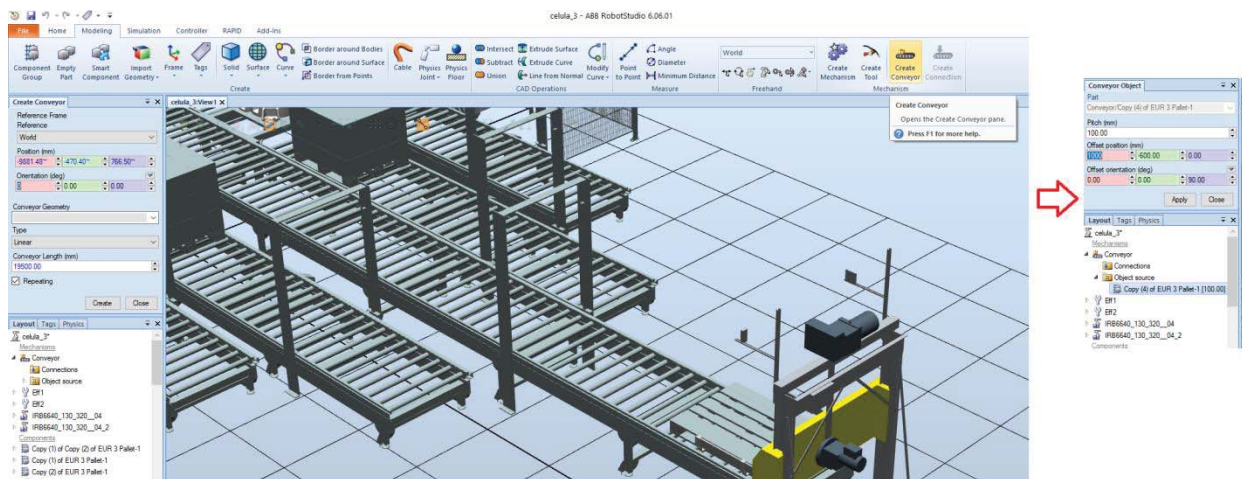


Figura 15. Crearea conveiorului și atașarea paletului la acesta.

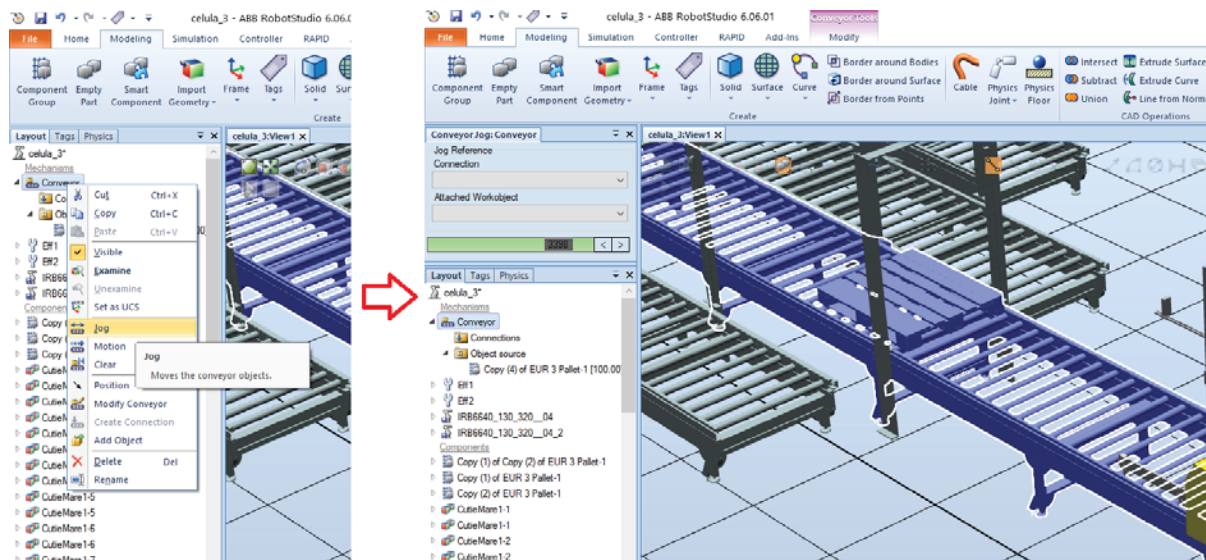


Figura 16. Deplasarea paletului pe conveior.

În final, traiectoria de mișcare a robotului este creată prin utilizarea comenzii Teach Target împreună cu preluarea și depunerea cutiilor prin intermediul semnalelor precizate în figura 13, după cum poate fi observat în figurile de mai jos.

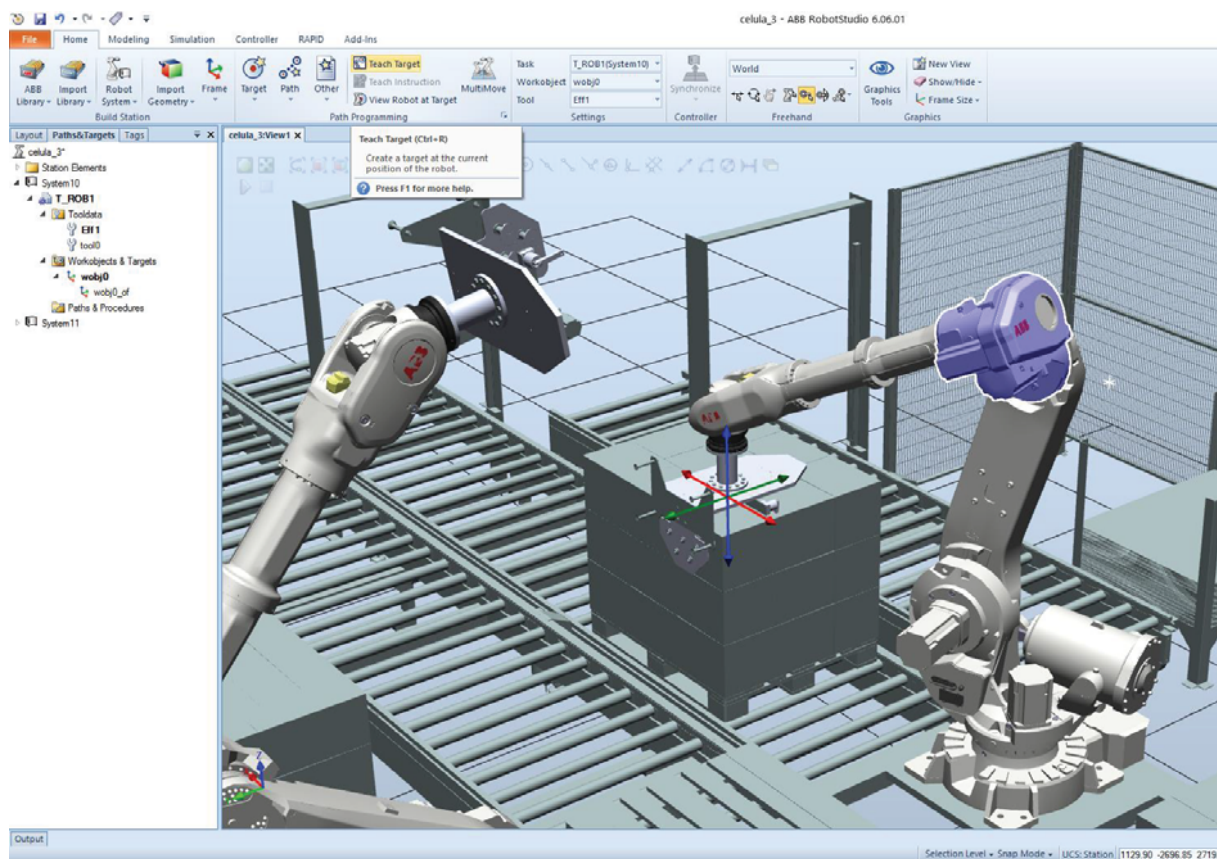


Figura 17. Poziția de preluare a unei cutii.

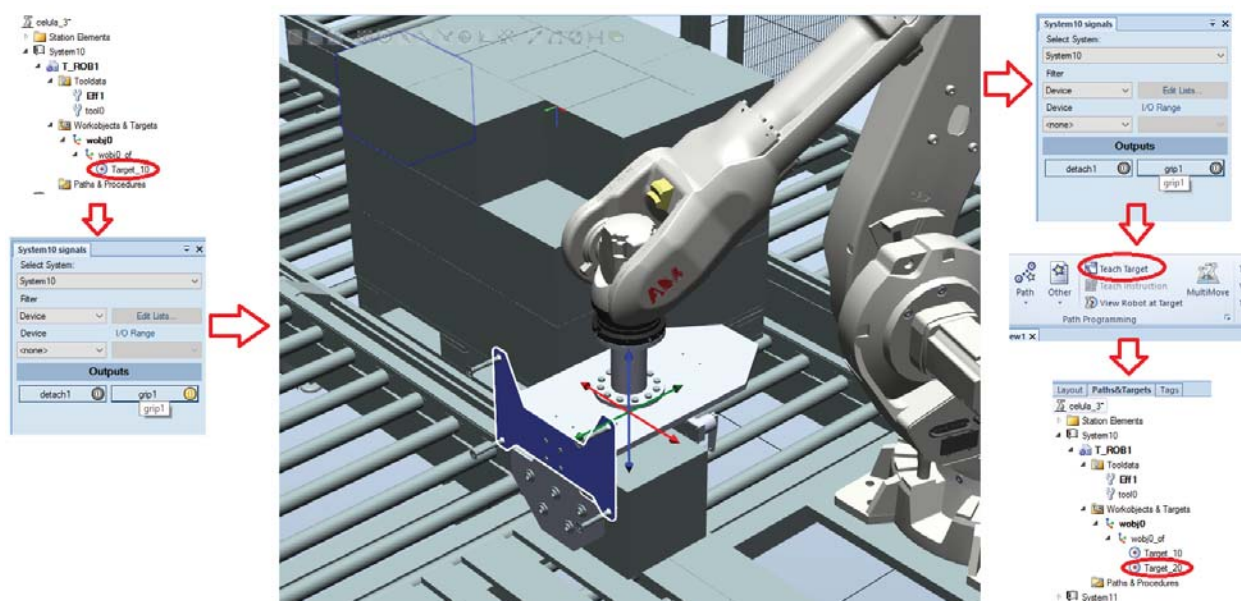


Figura 18. Învățarea punctelor traiectoriei.

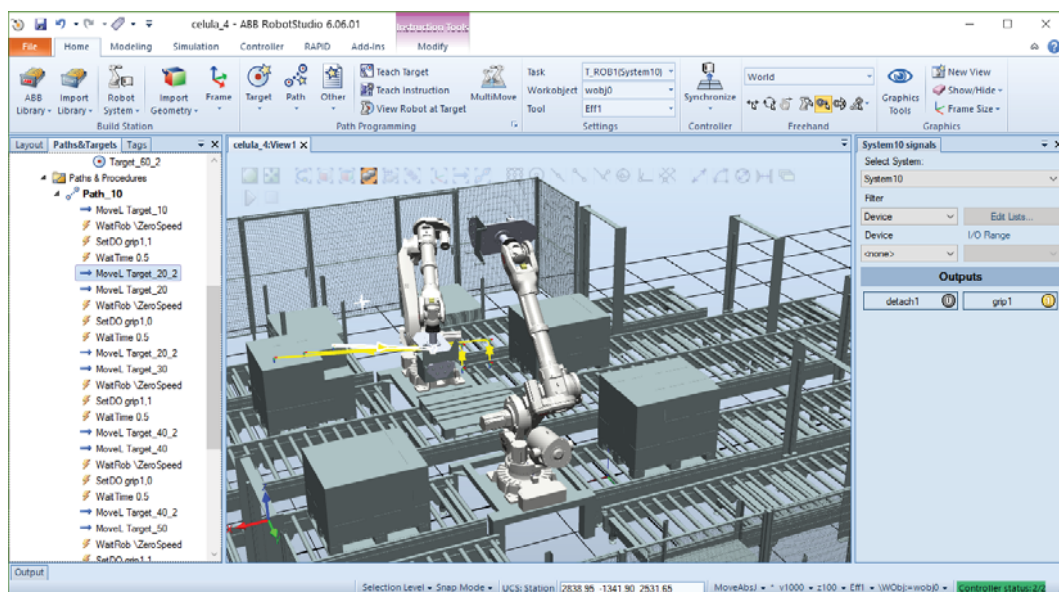


Figura 19. Definirea programului de lucru.

3. Concluzii

În cadrul lucrării au fost studiate diversele variante constructive de celule robotizate de paletizare și s-a realizat modelarea și parametrizarea variantei optime utilizând mediul de lucru ABB RobotStudio, urmând ca în lucrări viitoare să fie dezvoltat programul de lucru complet pentru întreaga celulă robotizată.

4. Bibliografie

- [1]. Nicolescu, Adrian, Notițe de curs, Implementarea Roboților Industriali în Sisteme de Producție, UPB, 2016
- [2]. Premier Tech Chronos, Robotic Modular Palletizer, <http://www.ptchronos.com/en-pa/products/robotic-palletizing/robotic-case-palletizer/robotic-modular-palletizer/> , (25 mai 2017)
- [3]. Pearson Packaging Systems, RPC, <http://pearsonpkg.com/products/palletize/robotic-palletizer/rpc> , (25 mai 2017)
- [4]. Patois associates, Display cases mixed load ranibow pallet robotic palletizer, <https://www.youtube.com/watch?v=aRF0jNc9UVk> , (25 mai 2017)
- [5] <http://abbib.cloudapp.net/public/default/product/9AAC132059/presentation> , ABB Robotics, IRB 6640, (17 iunie 2017)
- [6] <http://www.fanuc.eu/~media/corporate/products/robots/r2000/generic/400x600/int-ro-pr-r2000165f-l-1.jpg?w=400> , FANUC Robotics, R2000iC/165F, (17 iunie 2017)
- [7] <https://robotics.kawasaki.com/userAssets1/productsImages/medium/BX130X.png> , Kawasaki robotics, BX130X, (17 iunie 2017)
- [8] https://www.motoman.com/hs-fs/hubfs/Blog_Robots/Application_Robot_Page_Images/img_MH180_600px.jpg?t=1497641791757&width=300&name=img_MH180_600px.jpg, Yaskawa, MH180, (17 iunie 2017)
- [9] Kuka, KR 120 R2900, https://media.robots.com/robots/1476361724_1.png , (17 iunie 2017)

5. Notații

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:
 RI = robot industrial.

SIMULĂRI MULTIPHYSICS PRIVIND COMPORTAREA GRIPPERELOR VACUUMATICE

MARIN Ionuț-Gabriel¹

¹Facultatea: IMST, Specializarea: Robotică, Anul de studii: IV, e-mail: gaby.exel23@gmail.com

Conducător științific: Prof. dr. ing. **Cristina PUPĂZĂ**, Prof. dr. ing. **Adrian NICOLESCU**

REZUMAT: Lucrarea de față își propune să analizeze comportarea multiphysics a gripperelor polifuncționale asociate cu ventuze din silicon cauciucat pentru manipularea reperelor de tip cutii de carton. Analiza reprezintă un cuplaj între comportarea dinamică a fluidelor (CFD – Computational Fluid Dynamics), în speță a efectului de vacuum și o analiză statică privind modul de deformare a materialelor hiperelastice ce sunt supuse depresurizării și acțiunii forțelor exterioare de compresie. Cele două analize au fost efectuate cu ANSYS Workbench 19.

CUVINTE CHEIE: materiale hiperelastice, vacuum, gripper, CFD, multiphysics

1. Introducere

Lucrarea prezintă aspecte legate de comportarea materialelor hiperelastice din care sunt alcătuite ventuzele vacuumatice des utilizate în concepția gripperelor polifuncționale de manipulare a cutiilor de carton. Gripperul utilizat este conceput special pentru o anumită aplicație, fiind utilizate doar componente mecanice tipizate de la firma SCHMALZ din Germania.

Pentru a putea fi realizate simulările trebuie cunoscute aspectele legate de dinamica fluidelor și respectiv a comportării statice în general. În ceea ce privește curgerea fluidelor, sunt posibile două tipuri: laminară sau turbulentă. Curgerea laminară este o curgere înceată, vâscoasă ce se regăsește de obicei în cazul uleiurilor, în timp ce, curgerea turbulentă se desfășoară cu viteze mari și vâscozitate mică.[1]

Uzual, pentru determinarea tipului de curgere se calculează numărul lui Reynolds, care măsoară rezistența relativă a forțelor de inerție și a forțelor vâscoase. Acest număr se calculează utilizând formula:

$$Re = \frac{\rho \cdot (v \cdot L_c)}{\mu} \quad (1)$$

$$L_c = \frac{4 \cdot (\text{Aria_Secțiunii_Transversale})}{\text{Perimetrul}} \quad (2)$$

Dacă numărul Reynolds este peste 4000, acesta indică o curgere turbulentă, iar dacă este sub 2100 o curgere laminară. Domeniul care corespunde unui număr Reynolds între 2100 și 4000 se consideră ca fiind de tranziție.

După finalizarea simulărilor de dinamica fluidelor sunt necesare câteva elemente de teorie pentru analiza statică pe baza Metodei Elementelor Finite. Analiza statică studiază tensiunile echivalente apărute într-o structură (utilizând criteriul Von Mises), respectiv deformațiile totale ale structurii supuse unor forțe și restricții.[2]

Pentru a putea utiliza criteriul Von Mises este necesar să se folosească anterior starea spațială de tensiuni definită de legea lui Hooke prin relația numărul 3. Prin prelucrarea ecuațiilor se calculează tensiunea echivalentă dată de criteriul Von Mises, respectiv deformațiile totale cu formulele 4 și 5.

$$\{\sigma\} = \{D\} \cdot \{\varepsilon\} \quad (3)$$

$$\varepsilon_e = \sqrt{\frac{1}{2}[(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2]} \quad (4)$$

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} \quad (5)$$

Etapă următoare a fost de pre-procesare, sau de simplificare a geometriei pentru a putea fi utilizată în aplicația de analiză cu elemente finite ANSYS Workbench v.19, utilizând doar ventuzele vacuumatice.

2. Modelul gripperului

Ansamblul general al gripperului este alcătuit din 8 celule vacuumatice, pe fiecare dintre acestea fiind atașate câte 55 de ventuze. Pentru a scădea timpul efectiv de calcul s-au utilizat 5 ventuze, al căror profil interior a fost realizat conform cu specificațiile producătorului. Utilizarea integrală a celor 55 ventuze ori 8 celule vacuumatice, ar fi fost neconcludentă, pentru că comportarea acestora ar trebui să fie în mare parte simetrică, toate fiind supuse acelorași forțe de depresurizare și de compresiune exterioară. După etapa de simplificare, modelul a fost exportat în format .STEP214 și importat în ANSYS Workbench v.19. Pentru analiza de dinamica fluidelor a fost suficientă utilizarea unei singure ventuze, depresurizarea acestora făcându-se identic pentru fiecare.

Pentru simularea curgerii interne, a fost necesar numai volumul interior al ventuzei, care modelează „camera” în care intră și ies fluidele, așa cum este prezentat în Fig. 1.

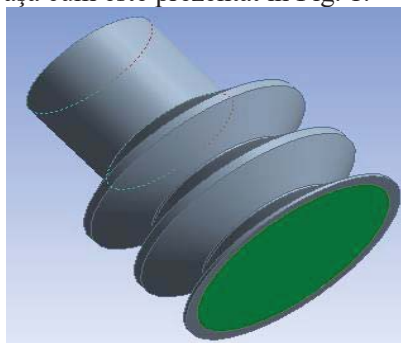


Fig. 1. Volumul interior al ventuzelor

Analiza cu elemente finite se realizează cu ajutorul unei rețele virtuale, care împarte efectiv un solid în mai multe părți denumite elemente finite. Pentru aceasta a fost necesară stabilirea unei dimensiuni de element adecvată pentru o calitate bună a discretizării. Forma ascuțită a volumul interior, greu de aproximat geometric a condus la o dimensiune de 0,5 mm, cu un coeficient de calitate global al elementelor de 0,84. Această discretizare poate fi observată în Fig. 2.

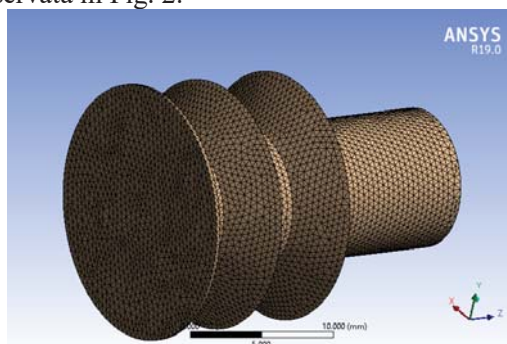


Fig. 2. Discretizarea unei ventuze

Condițiile de simulare a fluidelor utilizate sunt următoarele: presiunea la intrare este una statică de 0,25 bar, deoarece, conform cu fișa tehnică a celulelor vacuumatice SCHMALZ, presiunea de vacuum minimă are această valoare, iar la ieșire presiunea este de 0 bari, fiind astfel simulat efectul de vacuum. Definirea intrării și ieșirii se poate observa în Fig. 3

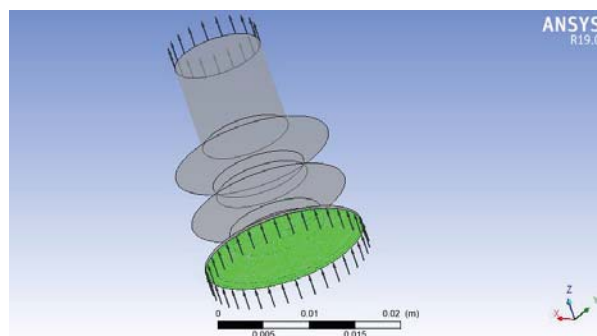


Fig. 3. Definirea condițiilor limită

După rularea simulării au fost obținute rezultatele care au fost transferate într-o analiză statică. Printre aceste rezultate se poate menționa presiunea pe conturul ventuzei, care este de maxim 27309 Pa, adică 0,27 bari, minim -9916 Pa, adică -0,099 bari. Se creează astfel o depresurizare - culoarea albastră pe figură. Rezultatul este unul așteptat, presiunea cea mai mare fiind pe prima suprafață de contact dintre fluid și ventuză (Fig.4).

Vitezele fluidului se încadrează între limita inferioară, cu o valoare de 0,065 m/s și cea superioară cu o valoare de 674,148 m/s. Diferența dintre aceste viteze este mare, putându-se anticipa o curgere turbulentă. În realitate aceasta este una laminară. Intensitatea turbulențelor este mică și apare doar datorită formei geometrice ascuțite.

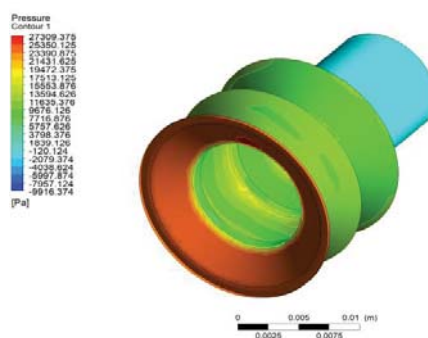


Fig. 4. Rezultate - Presiunea pe contur

Pe baza rezultatelor obținute s-a continuat cu o analiză statică, pentru stabilirea modului de deformare al ventuzelor și a tensiunilor care apar în material. Fiind vorba de un material hiperelastic (silicon cauciucat), deformările sunt mari, dar tensiunile au valori cuprinse între 1 și 25 MPa.

Ca și în analiza CFD este necesară o discretizare cu o calitate medie bună, fapt ce a condus la o dimensiune de element de 1,5 mm, cu o funcție de control adaptivă, a elementelor de tip tetraedru. Discretizarea finală este reprezentată în Fig. 5. Dintre elementele de teorie anunțate în capitolul 1, se regăsește legea lui Hooke, care utilizează proprietățile de material. Din acest considerent, pentru a putea rezolva analiza, a fost necesară definirea proprietăților de material ale siliconului cauciucat. Acestea au fost preluate din biblioteca online MatWEB.

Condițiile simulări statice pornesc de la definirea încărcărilor și a restricțiilor. Au fost folosite ca încărcări presiunile obținute anterior și o deplasare de 8 mm axială, dinspre zona de contact cu suprafața cutiei. Restricțiile au fost încastrarea capătului superior al ventuzei. Încărcările se pot observa în Fig. 5.

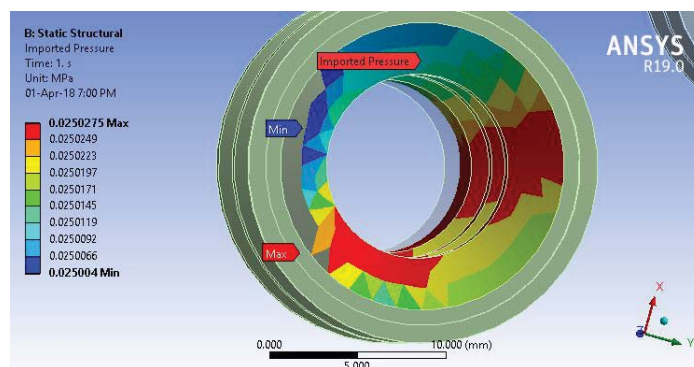


Fig. 1. Presiuni obținute din analiza CFD

În timpul procesului de rezolvare a analizei statice s-a evaluat permanent convergența rezultatelor după criteriul forței, pentru a observa dacă problema converge la un rezultat concludent. Tensiunile echivalente maxime obținute în timpul simulării au fost de 10,991 MPa, valoare care este mult mai mică decât tensiunea admisibilă de rupere a siliconului cauciucat de 87 MPa. Energia de deformare care apare în timpul simulării este una cu o valoare acceptabilă de 0,2673 mJ maxim, dar apare numai într-un anumit moment.

3. Concluzii

Ca urmare a acestor simulări s-a observat faptul că deformabilitatea ventuzelor în timpul funcționării este una bună. Tensiunile echivalente care apar nu ridică probleme la nivel de integritate a materialului din care sunt confecționate.

4. Bibliografie

[1] Pupăză C – Inginerie Asistată de Calculator 2 – Analiză CFD, note de curs, UPB 2017

[2] Pupăză C – Inginerie Asistată de Calculator 2 – Analiza în regim static, note de curs, UPB 2018

[3] Bibliotecă de materiale MatWEB – Silicon Cauciucat, disponibilă la:

<http://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?matguid=cbe7a469897a47eda563816c86a73520&ckck=1>

Accesat la data: 09.05.2018.

5. Notății

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:

Re = numărul lui Reynolds [adimensional];

ρ = masa volumică a fluidului [kg/m^3];

ν = vâscozitatea cinematică a fluidului [m^2/s];

μ = vâscozitatea dinamică a fluidului [$Pa \cdot s$];

$\{\sigma\}$ = matricea tensiunilor;

$\{D\}$ = matricea de elasticitate;

$\{\epsilon\}$ = vectorul deformațiilor.

REALIZAREA PRACTICA LA SCARA REDUSA A UNUI ROBOT IN COORDONATE CARTEZIENE PENTRU APLICATII DE CULTIVARE A LEGUMELOR

STAN Laurentiu-Alexandru¹

¹Facultatea: IMST, Specializarea: Robotica, Anul de studii: III, e-mail: sla.ro@hotmail.com

Conducător științific: s.l. dr. ing. **Mario IVAN**

REZUMAT: Realizarea unui robot industrial de tip portal dublu cu arhitectura serială pentru cultivarea legumelor, în exemplu este dat castravetele. La realizarea practica se mai adaugă un software de comanda și control și un mediu virtual de simulare și programare a robotului industrial.

CUVINTE CHEIE: Robotica, Integrare, Software, Programare.

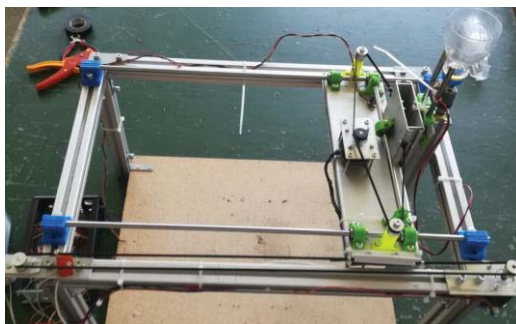
1. Introducere

Din DEX '09 (2009), CULTIVĂRE, cultivări, s. f. Acțiunea de a (se) cultiva. 1. Lucrarea pământului. 2. Fig. Educare, instruire, dezvoltare. – V. cultiva. [1] Deci, robotul industrial ales are ca scop lucrarea pământului, înlocuind munca manuală a omului. În exemplul din această aplicație a fost aleasă ca legumă castravetele.

Castravetele (*Cucumis sativus*) este o plantă legumicolă din familia Cucurbitaceae care include dovlecelul, dovleacul, pepenele galben și cel verde etc., și este cultivat pe scară largă. Castravetele cere apă mai ales în timpul înfloririi și formării fructelor. Trebuie de menționat că castravetele poate fi udat dimineața până la amiaza. [2]

Pentru cultivarea castravetilor (plantare, udare zilnic, verificare temperatură, etc) se poate utiliza un robot industrial cu arhitectura serială de tip portal dublu. Robotii industriali sunt întâlniți din ce în ce mai des în domeniul agricol deoarece crește productivitatea și nevoia de personal prezent permanent pe teren.

2. Stadiul actual



Figură 1 - Realizarea practică a robotului industrial

Realizarea practica a temei de cercetare este finalizată în proporție de 80%. În realizarea practică se regăsește un robot industrial cu arhitectura serială de tip portal dublu model machetă de realizare proprie, în stadiul actual robotul are 2 axe comandate numeric, un efector destinat udării cu apă a culturii. Urmează a se finaliza și cea de a treia axă comandată numeric, integrarea unor senzori de temperatură/umiditate, a unui sistem vacuumic de preluare și depunere.

Pe lângă realizarea practica, a fost realizat un software de comanda și control al robotului industrial denumit „GCBot” și integrarea robotului într-un mediu virtual experimental robotizat denumit „V-REP”.

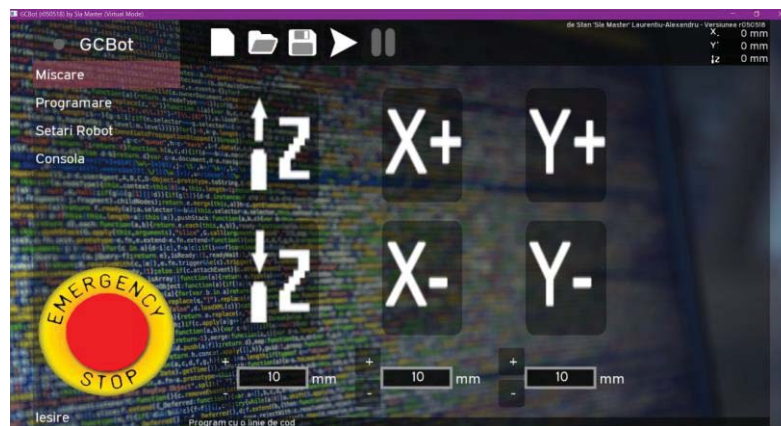
2.1. Obiectivele temei de cercetare

Obiective ce vor fi atinse în cadrul acestei teme de cercetare:

- Integrarea unui software propriu (bazat pe programul ControlJEL) pe un RI de tip portal dublu
- Utilizarea bibliotecii GRBL pentru RI de tip portal dublu
- Extinderea bibliotecii GRBL pentru suport pentru senzori și efectori specifici roboților industriali
- Utilizarea limbajului PTP (din ControlJEL) și Lua în programarea roboților industriali de tip portal dublu
- Integrarea modelului IoT (Internet Of Things) pe sistemul robotizat pentru statistică și control la distanță
- Statistică în timp real din aplicația de programare
- Simularea offline al robotului industrial pe platforma de simulare V-REP

3. Documentație

3.1. Software-ul de comandă și control „GCBot”



Figură 2 - Interfața principală a programului GCBot

„GCBot” este un software realizat propriu pentru comanda și controlul robotului industrial de tip portal dublu utilizat în aplicație, acesta a fost scris în limbajul de programare Lua, utilizează cadrul de standarde „Love2D”, suporta sistemele de operare Microsoft Windows, Linux și Android. Pentru conectarea directă la robot se utilizează portul USB și protocolul de comunicație COM.

Programul are o interfață prietenoasă, ușor de utilizat și de învățat. Scopul acesteia este de a minimaliza interacțiunea utilizatorului cu programul și de a crește productivitatea.

3.1.2 Limbajul Lua

Lua este o limba de programare dezvoltată de Universitatea Pontificală Catolică din Rio de Janeiro din Brazilia. Lua înseamnă ‘Lună’ în portugheză. Acest limbaj de programare este inclus în multe aplicații din toate industriile în care este nevoie de programare.

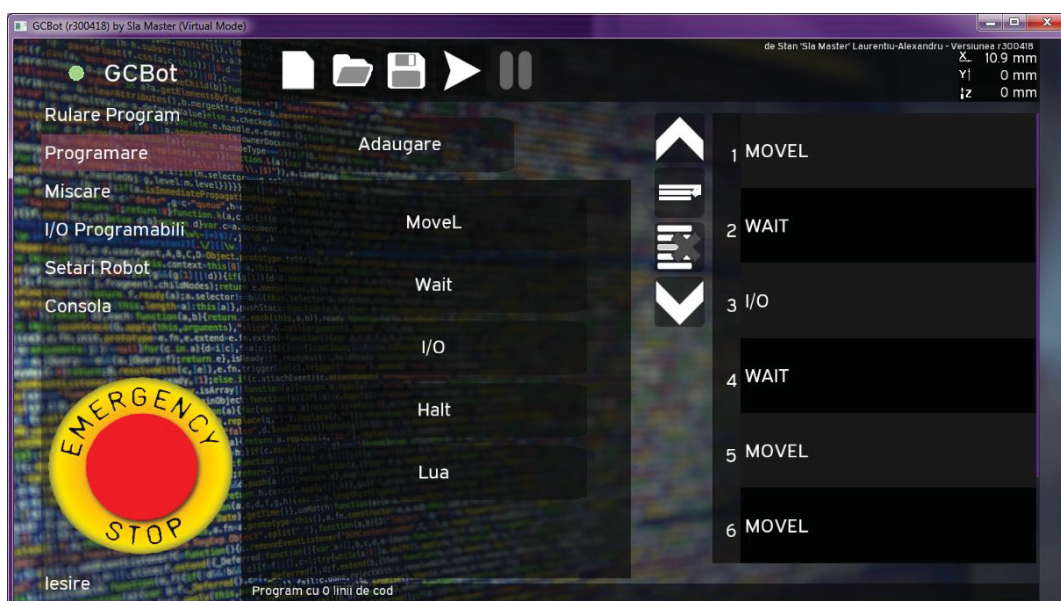
Principalele avantaje ale acestei limbi sunt portabilitatea ridicată, rapiditatea de dezvoltare a programului, nu necesită compilare, poate fi extins cu mai multe biblioteci, tot odată are un dezavantaj, fiind o limbă care nu se compilează în assembly este mai încetă decât limbajele ce se compilează în assembly, de exemplu C++.

3.1.3 Framework-ul Love2D

Love2D este un framework (cadru de standarde) pentru redare de grafica 2D, sunete și input în special pentru jocuri. Este realizat pentru arhitectura x86/x64 (Windows, Mac, Linux) și arhitectura ARM (Android și iOS). Tot odată este gratuit și cu sursă deschisă.

Un exemplu de joc realizat cu Love2D este jocul „Mari0” a celor de la „Stabyourself.com”, a reinterpretare unică a jocului „Super Mario Bros.” de la „Nintendo” împreună cu jocul „Portal” de la „Valve”.

3.1.4 Programarea robotului



Figură 3 - Exemplu de program în „GCBot”, acest program poziționează robotul în puncte prestabilite și acționează releul de la efector.

Programarea robotului se realizează direct în software-ul de comandă și control „GCBot”, acesta are un sistem integrat de programare denumit PTP (Point to Point), se pot adauga comenzi de bază precum MOVEL, WAIT, I/O, Halt dar și limbaj avansat de programare precum Lua.

Actual, limbajul PTP nu suportă condiții de tip IF/ELSE/GOTO/WHILE/etc, pe viitor acestea vor fi incluse în următoarea iterație al limbajului.

```
// Program PTP realizat cu GCBot by Sla Master
HOME
MOVEL A W 5 5 5
MOVEL A W 100 67 0
MOVEL A W 100 67 64
IO EF 1
WAIT 1
IO EF 0
```

Exemplu de program realizat cu GCBot, fișierul sursa „ptp” care este interpretat de către program și rulat de sus în jos linie cu linie, la linia 1, se se poziționează robotul la poziția inițială de start, urmează sa fie poziționat în spațiu la o locație, ulterior este utilizat releul efectorului, acesta rămâne activ timp de o secunda.

3.2. Robotul industrial cu arhitectura seriala de tip portal dublu



Figură 4 - Robot industrial cu arhitectură serială de tip portal dublu de la GUEDEL

Robotul industrial cu arhitectura seriala de tip portal dublu are 3 axe comandate numeric pentru sistemul de pozitionare al sistemului de orientare. Sistemul de coordonate este unul cartezian de tipul X, Y, Z.

Principalul producator de RI de tip portal dublu este GUEDEL.

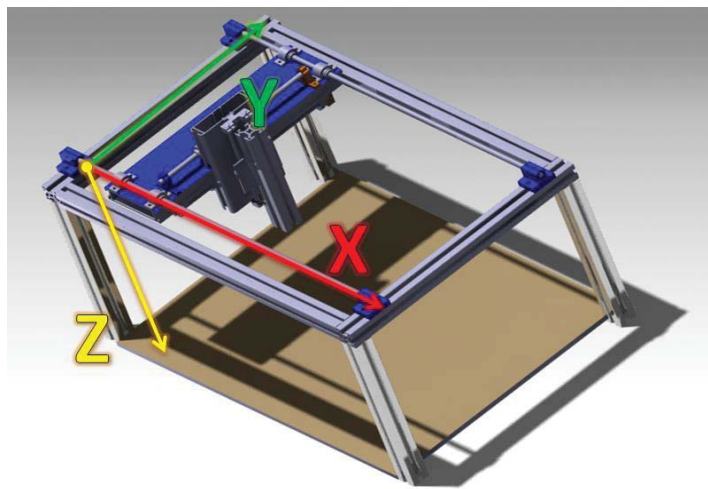
Principalul avantaj este costul redus, dimensiunile spatiului de lucru mare, nu are pozitii de singularitate. Dezavantajul acestora este neposibilitatea de realizare a unor pozitii ale sistemului de pozitionare si orientare a efectorului reducând posibilitatea de integrare în unele aplicații.

3.2.1 Tabel cu detalii tehnice

Detalii Tehnice	Robot Industrial de tip Portal dublu
Dimensiune spatiu de lucru	360x140x90 mm
Dimensiune robot	695x440x430 mm
Greutate	10 kg
Axe comandate de	Motoare de tip pas cu pas (Stepper)
Comunicare via	USB/Bluetooth
I/O Programabili	Intrare: 2 analogici si 2 digitali Iesire: 2 PWM
Controller/Microprocesor	Arduino MEGA 2560
Software de programare	GCBot (software propriu)
Mod de lucru	Online sau Offline (V-REP)
Limbaj de programare	PTP (Point to Point) si Lua

Tabel 1 – Detalii tehnice ale robotului industrial realizat practice

3.2.2 Reprezentarea grafică a axelor comandate numeric



Figură 5 - Reprezentarea grafică a axelor comandate numeric pe robotul industrial

Robotul industrial de tip portal dublu machetă, are trei axe de translație, din care prima axă comandată numeric X în lungul robotului, fiind axa cu dimensiunea cea mai mare, urmată de axa Y în lățimea acestuia, respectiv axa Z pe înălțime.

3.2.3 Componente mecanice utilizate în construcția acestuia

Structura principală a robotului industrial este din 8 profile de aluminiu de dimensiunea 30x30mm ce formează un paralelipiped pe care sunt așezate axele robotului, la baza robotului este un blat de lemn de care este fixat robotul și rigidizat.



Figură 6 -Rulment liniar LM8UU [3]

Prima axa comandată numeric are în componență 4 piese printate 3D pentru susținerea tijelor de precizie. Sania mobilă a axei este formată dintr-un profil de aluminiu lat de 30x100mm pe care sunt montați rulmenții liniari LM8UU utilizați pentru ghidarea și susținerea axei.

Următoarea axă are susținerea pe axa precedentă, ca și precedenta axa comandată numeric are în componență tijele de precizie, rulmenții liniari LM8UU. Cea de a doua axă are sania din profil de aluminiu pe care este montată ultima axă.

Cea de a treia axă comandată numeric ca și precedenta cu ghidaje și rulmenți liniari de același tip.

Toate axele sunt acționate cu curea dințată de către un motor pas cu pas pe fiecare axă.

Efactorul robotului este unul destinat stropirii cu apă, are în componență o electrovalvă. Efactorul se află pe ultima axă comandată numeric.

3.2.4 Componente electronice utilizate în construcția acestuia

Sursa de energie electrică este dată de o sursă de tensiune de 12V de curent continuu (de calculator) conectată la o sursă de tensiune de rețea de 240V de curent alternativ la 50Hz.



Figură 7 - Placă de dezvoltare Arduino MEGA 2560 (ch340) [4]

Controller-ul utilizat este un placă de dezvoltare Arduino MEGA programată cu o bibliotecă compatibilă cu Gcode denumită „GRBL”, aceasta interpretează comenzile sosite de la calculator și le execută, comandând motoarele pas cu pas.



Figură 8 - Driver A4988[5]

Motoarele pas cu pas sunt comandate de către un driver de motoare pas cu pas „A4988” pe un shield”.



Figură 9 - Releu 1 canal [6]

În componența efectorului se află o electrovalvă de 12V acționată de un releu de 5V de la controller.

3.2.5 Biblioteca GRBL pentru Arduino MEGA



Figură 10 - Biblioteca GRBL utilizată de către controllerul robotului [7]

GRBL este o bibliotecă open source compatibilă cu GCode, utilizat pe mașinile cu comandă numerică industriale. Aceasta este încărcată pe controller. Rolul bibliotecii este de interpretare a comenzilor trimise prin COM/USB de la programul GCBot care rulează pe un calculator.

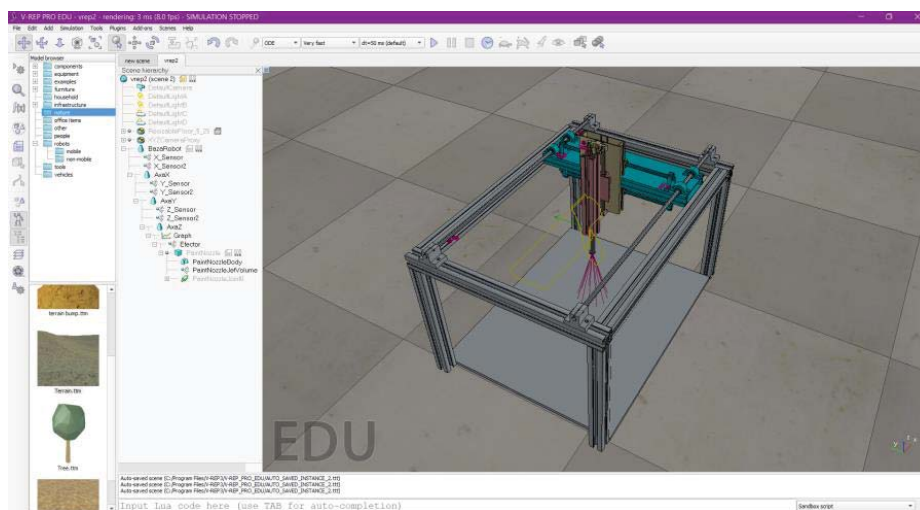
Exemplu de cod GCode este următorul

```
G01 X5.0 Y0.0 Z10.0
G02 X0
M03
G01 X1.0
M05
```

Comenzi non-modale	G4, G10L2, G10L20, G28, G30, G28.1, G30.1, G53, G92, G92.1
Moduri de mișcare	G0, G1, G2, G3, G38.2, G38.3, G38.4, G38.5, G80
Moduri de rată de alimentare	G93, G94
Moduri de unitate	G20, G21
moduri de distanță	G90, G91
Arc IJK moduri de distanță	G91.1
Modele de selectare a planului	G17, G18, G19
Modurile de offset ale lungimii uneltelor	G43.1, G49
Modurile de compensare a tăierii	G40
Moduri de sistem de coordonate	G54, G55, G56, G57, G58, G59
Moduri de control	G61
Comenzile programului	M0, M1, M2, M30 *
Controlul lichidului de răcire	M7 *, M8, M9
Controlul axului principal	M3, M4, M5
Cuvinte valabile fără comenzi	F, I, J, K, L, N, P, R, S, T, X, Y, Z

Tabel 2 - Lista de coduri G suportate în Grbl [7]

3.3. Modul offline de programare si simulare utilizând mediul virtual V-REP



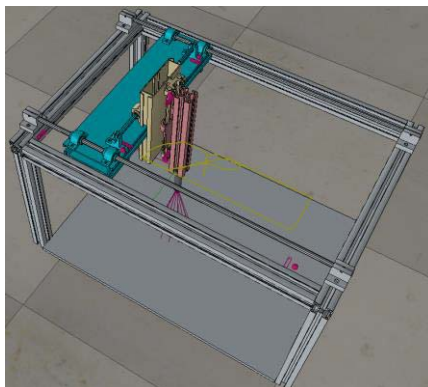
Figură 11 - Programul V-REP de simulare a aplicațiilor robotizate și robotul machetă

V-REP este un software avansat de simulare a aplicațiilor robotizate industriale, utilizează limbajul de programare Lua pentru funcționalitatea aplicațiilor, este scris în limbajul de programare C++.

Software-ul are incluse modele 3D de la principalii producători de roboți industriali, precum Kuka, ABB, Universal Robots etc.

Întreaga celulă robotizată poate fi simulată, de la cinematica roboților, sistemelor perirobotice până la mișcarea operatorilor în cadrul celulei. Simularea se petrece în timp real cu precizie variabilă în funcție de setările date de utilizator. Include modelul geometric invers pentru roboți industriali, sistem de coliziune avansată, senzori de diferite tipuri, precum laser sau vision, rețelistică prin intermediul TCP sau UDP, se pot importa modele 3D de tip STEP în program.

3.3.1 Integrarea modelului robotului în software-ul de simulare



Figură 12 - Fotografie a robotului machetă

Modelul 3D al robotului industrial de tip portal dublu a fost realizat în CATIA V5r21 și exportat ca fișier STEP, ulterior importat în programul de simulare V-REP. Axele au fost exportate separat și întregite în program pentru a avea posibilitatea cinematică activă în program.

A fost scris un interpretator de GCode simplificat pentru simularea programului, acesta interpretează comenzile primite de la software-ul GCBot și le execută rând pe rând. A fost scris în limbajul de programare Lua și utilizează TCP/IP local pentru comunicarea dintre cele 2 software-uri.

Avantajele simulării este foarte mare, fiind model 3D la scară, această simulare poate fi rulată înainte de rularea pe robotul industrial real, prevenind greșeli de programare și poziționare în spațiu pentru o funcționare cât mai optimă, programatorul nu are nevoie să se conecteze la robotul real pentru a programa și testa programul aceasta ducând la un timp redus de execuție a programului, ce rezultă într-o productivitate mare fără necesitatea de oprire a procesului industrial.

3.3.2 Integrarea interpretatorului de Gcode în program

GCode este un standard de comenzi utilizate pe mașinile în coordonate cu comandă numerică industriale. Deoarece robotul industrial de tip portal dublu are o structură similară unei mașini în coordonate cu comandă numerică a fost utilizat GCode ca protocol standardizat.

Pentru a simula cât mai corect programul pe simulatorul V-REP, a fost nevoie de scrierea unui interpretator de cod GCode pentru mediul virtual.

4. Concluzii

În concluzie, a fost realizat practic o machetă a unui robot industrial de tip portal dublu, un software de comandă a acestuia, integrarea modelului 3D în software-ul de simulare V-REP.

Obiective de atins pe viitor în cadrul cercetării științifice

- Finalizarea axei comandate numeric Z a RI-ului.
- Utilizarea unui calculator dedicat de tip Raspberry Pi pe RI-ul realizat practic
- Optimizarea procesului
- Integrarea senzorilor de temperatură/umiditate în aplicație.

5. Bibliografie

- [1]. Dex Online, Cultivare – Definiție. Adresa:
<https://dexonline.ro/intrare/cultivare/64735>
- [2]. Wikipedia, Castravete. Adresa:
<https://ro.wikipedia.org/wiki/Castravete>
- [3]. UndaTech. Imagine Adresa:
<https://magazin.unda.tech/rulmenti-liniari/378-rulment-liniar-lm8uu.html>
- [4]. UndaTech. Imagine Adresa:
<https://magazin.unda.tech/arduino/387-placa-de-dezvoltare-arduino-mega-2560-ch340.html>
- [5]. UndaTech. Imagine Adresa:
<https://magazin.unda.tech/driver-motoare-pas-cu-pas/872-driver-a4988.html>
- [6]. UndaTech. Imagine Adresa:
<https://magazin.unda.tech/relee/61-releu-1-canal.html>
- [7] GRBL Github. Adresa:
<https://github.com/grbl/grbl>
- [8] GCode - Wikipedia. Adresa:
<https://en.wikipedia.org/wiki/G-code>

CONSTRUIREA ȘI PROGRAMAREA UNUI ROBOT MOBIL INTEGRAT ÎNTR-O APLICAȚIE DE PARCURGERE A UNUI LABIRINT

DEAC George Antoniu¹, NĂSTASE Robert Paul² și ANCUȚA Andrei Alexandru³

¹Facultatea: IMST, Specializarea: Robotică, Anul de studii: 1, e-mail: chessroby@yahoo.com

Conducător științific: S. I. dr. ing. Andrei Mario IVAN

REZUMAT: Aceasta lucrare are ca scop implementarea unui robot autonom ce va rezolva și mapa un labirint. Maparea inițială a labirintului se realizează printr-un algoritm de brute-force similar cu DFS (Depth First Search) într-un sistem de graf bidirecțional cu 4 direcții posibile în fiecare nod, cu o matrice de "stack" ce vizează nodurile vizitate și un sistem de orientare similar cu cel din algoritmul LSRB[2] (Left Straight Right Back) sau RSLB[2] (Right Straight Left Back). După maparea inițială, deplasarea între oricare 2 puncte arbitrare din labirint se va putea realiza pe cel mai scurt drum prin algoritmul lui Dijkstra[1]. Orientarea robotului se realizează relativ în funcție de orientarea inițială de la start a primului nod descoperit. Mișcarea și măsurarea distanței parcurse se realizează printr-un sistem de "chunk-uri" (pătrate) cu dimensiune ajustabilă.

CUVINTE CHEIE: algoritm brute+force, telecontrol, robot mobil, mapare de labirint.

1. Introducere

Un labirint reprezintă un puzzle ce constituie o rețea de drumuri cu un punct de pornire și unul sau mai multe puncte de finish, care pot fi legate prin unul sau mai multe drumuri.

Obiectivul implementării noastre, față de alte metode mai simple de rezolvare (precum wall follower, regula mainii drepte/stangi), este de a mapa și rezolva un labirint ce poate avea mai multe puncte de finish, cu mai mult de un drum posibil între acestea și urmarea celei mai scurte rute în urma mapării. O altă problemă rezolvată de soluția noastră o reprezintă prezența buclelor în labirint sau a pereților nefixați de margine, un algoritm mai simplu, fără mapare de tipul wall follower ar ramane blocat în buclă în aceste condiții, neputând discerne diferența dintre nodul actual și nodurile deja vizitate.

Detectarea peretilor se realizează pe bază de proximitate, prin rotirea unui senzor ultrasonic în 3 direcții perpendiculare pe axele centrale ale gabaritului (față, stânga, dreapta) encodeate în regim absolut prin 2 fotocelule pentru poziționare.

O altă caracteristică a robotului este posibilitatea de telecontrol prin protocolul bluetooth, implementarea curentă suportând joystick-uri wireless precum DualShock3, DualShock4 (v1 și v2), Xbox One sau alte controllere care folosesc o schema similară de comunicație în protocolul HID (human interface device).

2. Strategia abordată

În prima etapă (vezi figura 1), robotul mapează toate nodurile labirintului (un nod este determinat când există cel puțin o schimbare de direcție sau se întâmpină o fundătură). Aici robotul străbate labirintul într-o manieră similară cu algoritmul LSRB[2], dar cu câteva diferențe:

1. Se ține cont de nodurile deja descoperite pentru evitarea buclelor. În cazul întâmpinării unei bucle, robotul o interpretează precum o fundatură. Atât în cazul întâmpinării fundăturilor cât și a buclelor, robotul revine la ultimul nod mapat nevizitat și continuă maparea de acolo [2].

2. Decizia de selectare a direcției într-un nod este aleatoare pentru a oferi o probabilitate mai bună de atingere mai rapidă a finishului (cel puțin în cazul labirinturilor cu un singur finish)

3. În cazul atingerii punctului de finish, robotul nu se oprește, ci continuă maparea (se oprește doar în cazul în care se precizează dinainte la parametrii ca labirintul are o singură rezolvare).

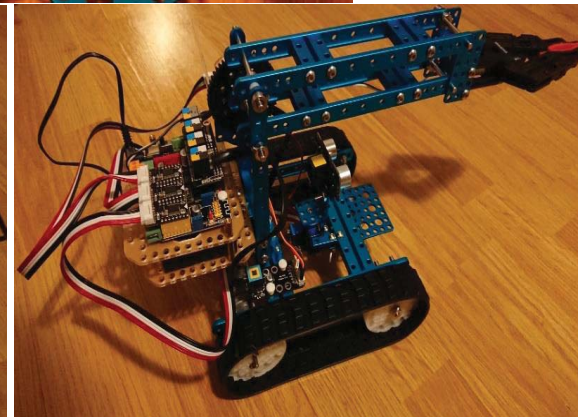
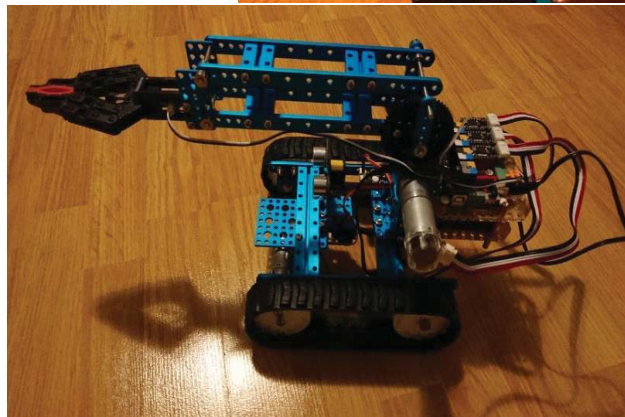
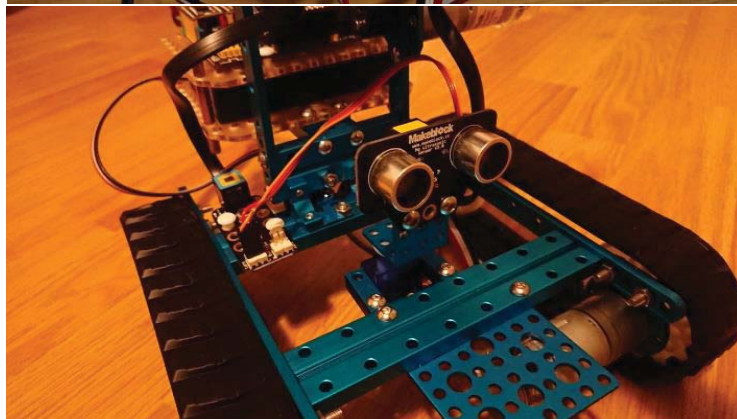
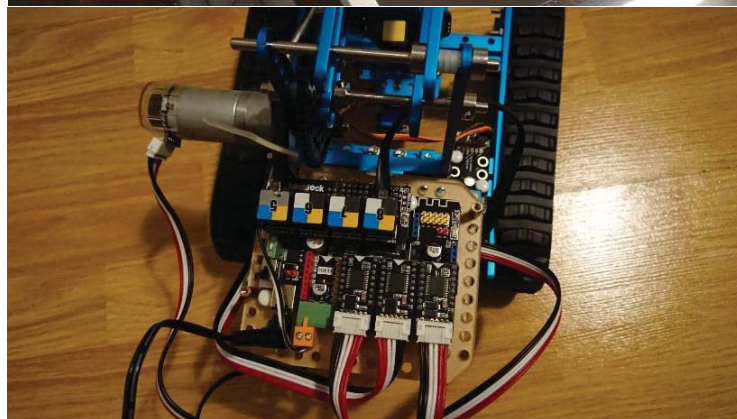


Fig. 1. Prototipul labirintului si al robotului

4. În cea de-a doua etapă, navigarea între oricare 2 puncte arbitrare se poate realiza pe cel mai scurt drum prin algoritmul lui Dijkstra [1] ce are ca “weights-uri” distanța dintre noduri.

De asemenea, în cea de-a doua etapă este posibilă implementarea de task-uri secundare folosind suita de senzori disponibili, de exemplu: manipularea obiectelor prin prehensiune, deosebirea între obiecte folosind senzorul de culoare etc.

Din punct de vedere mecanic, robotul dispune de un braț articulat cu o axă de rotație pe y și un gripper pentru prehensiune. Deplasarea se efectuează pe 4 roți dințate: 2 active (acționate prin servomotoare) și 2 pasive, legate între ele printr-o curea de cauciuc de tip șenilă. Robotul dispune în total de 3 servomotoare cu encodere rotare cu rația 1:46 la șenile, respectiv 1:75 la braț, un motor 1:50 pentru acționarea griperului și un motor cu reductor încorporat fără encoder la flanșa senzorului ultrasonic. Toate motoarele, mai puțin cel de la flanșa senzorului ultrasonic, au o tensiune nominală de 12V. Motorul de la senzor, neavând o sarcină mare solicitantă, este acționat la 5V fără driver dedicat, direct din pinii analogici de pe PCB.

3. Probleme întâmpinate și optimizări aduse

Datorită iregularităților mari între motoare și a fenomenelor mecanice imprevizibile, corectia PID (proportional, integral, derivative) inclusă în librăria standard nu este eficientă pe distanțe mari. Apare atât problema abaterii de la direcție, cât și problema abaterii de la distanța unitate (pasul encoder-ului rotar)

Posibilele soluții prevăzute sunt:

1. Implementarea unui sistem de “chunk-uri”, pătrățele cu unitate predefinită. Astfel după fiecare chunk parcurs, robotul se oprește și își corectează pe loc traiectoria în funcție de micropașii numărați de encoder-ul rotar

2. Folosirea unei accelerații mai mici prin a varia parametrul de viteză (prevăzut în librăria folosită) în timp sau direct prin modificarea dinamică a modulației prin pulsuri (PWM) a driverelor motoarelor

3. Plănuirea dinainte a vitezei fiecărui motor pentru mișcarea în următoarea zonă în funcție de distanța dintre pereți și senzorul ultrasonic, iar dacă robotul nu se află între 2 pereți vom avea un caz similar, care este de asemenea prevăzut (vezi figura 2).

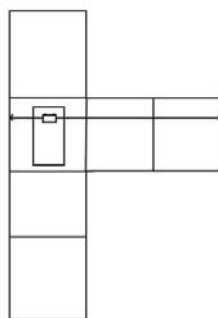


Fig. 2. Planificarea vitezei pe zone

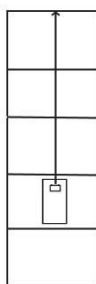


Fig. 3. Corectarea distanței

4. Pentru corectarea distanței se poate efectua o ajustare dinamică în fiecare zonă în funcție de distanța din fața robotului (vezi figura 3).

Datorită memoriei SRAM limitate de 8KB a microcontroller-ului ATmega2560 și mărimea semnificativă a librăriilor utilizate: pentru encodere, PWM, senzori și pentru shieldul USB[4] (ce oferă posibilitatea de a comunica prin bluetooth cu device-urile de tip HID), s-a ridicat problema reducerii memoriei folosite activ (în cazul labirinturilor mari) .

Posibilele soluții prevăzute sunt:

1. Reducerea numărului de noduri: nu se mapează fiecare unitate parcursă din “chunk” ca nod, doar când se întâmpină o schimbare de direcție sau o fundătură. Așadar fiecare nod va conține 4 pointeri și 4 distanțe, iar dacă se va dori navigarea într-o anumită porțiune de drum care nu este nod, aceasta se va realiza prin numărarea chunk-urilor de la unul dintre cele 2 noduri care constituiesc drumul până în aceea regiune [3].

2. Implementarea unui sistem de swap, care să mapeze labirintul într-o memorie flash externă și să încarce dinamic porțiunile vecine chunk-ului curent

De asemenea, pot apărea iregularități ocazionale ale senzorului ultrasonic. Posibilele soluții prevăzute se referă la întocmirea mediei aritmetice între mai multe citiri și reluarea citirilor diferite cu mai mult de N% față de media celorlalte (procentul ar putea fi modificat în funcție de distanța citită, deoarece variațiile neprevăzute cresc odată cu apropierea de range-ul maxim al senzorului).

În momentul de față lucrarea se află în următorul stadiu (vezi figura 4):

1. Sistemul de deplasare în chunk-uri unitate este aproape gata (trebuie adăugate metodele de corecție dinamică descrise mai sus)

2. Telecontrolul prin joystick este funcțional din punct de vedere al codului, trebuie extinsă interfața de comunicare SPI a plăcii de bază [4] pentru a mai suporta un port serial software (viteza limitată de comunicare poate reprezenta o altă posibilă problemă) (figura 4.)

3. Codul pentru rotirea senzorului ultrasonic trebuie testat și trebuie montate fotodiodele

4. Algoritmul lui Dijkstra [1] trebuie adaptat pentru structura specială a grafului (4 pointeri diferiți pentru fiecare obiect de tip nod)

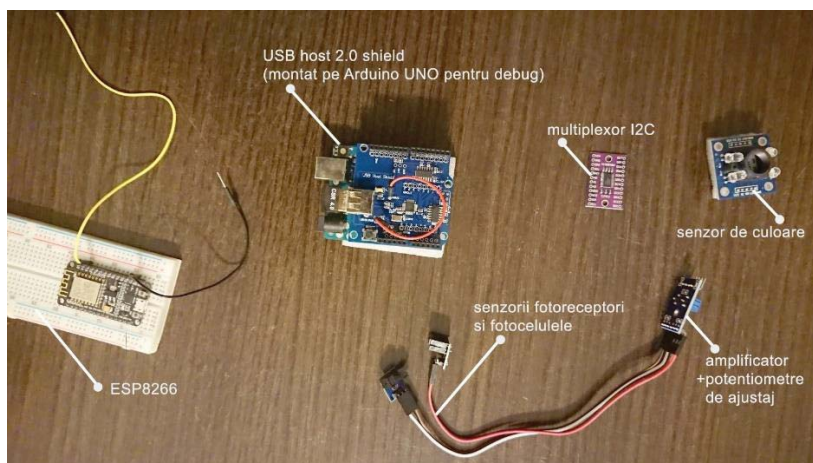


Fig. 4. Componente integrate

Calculul distanței senzor ultrasonic – perete se realizează astfel:

Viteza sunetului la 1atm, 25°C:

$$v \approx 340 \text{ m/s} = 0,034 \text{ cm}/\mu\text{s} \quad (1)$$

$$t = x/v = 10/0,034 = 294 \mu\text{s} \quad (2)$$

Distanța (vezi figura 5):

$$x = t * 0,034 / 2 \text{ (semnalul se reflectă înapoi, parcurgând } 2*x) \quad (3)$$

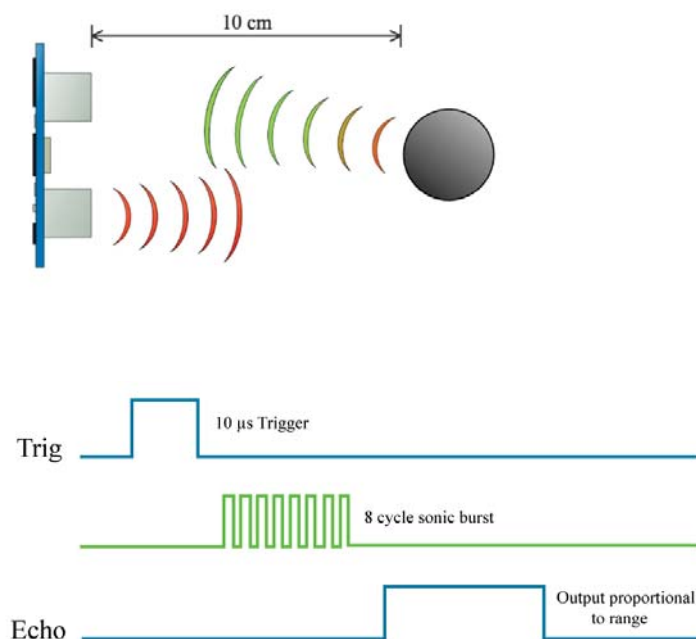


Fig. 5. Reflexia semnalului ultrasonic

4. Concluzii

Algoritmul implementat rezolvă o problemă esențială, proiectul poate fi extins la scală mai mare în diverse aplicații. Robotul va fi capabil să rezolve orice tip de labirint și să aleagă cel mai scurt drum între oricare 2 puncte.

Algoritmul propus este optimizat să aibă o complexitate mică a spațiului și dispune de proceduri de corectare a eventualelor erori ce ar putea fi întâmpinate.

Am modificat un kit standard ce dispunea de o structură modulară cu piese din aluminiu anodizat, plănuim pe viitor să extindem capacitatea hardware limitată a kit-ului prin adăugarea unui microcontroller secundar espressif ESP8266 pentru implementarea unei interfețe web de configurare a parametrilor și vizualizare a traseului mapat, un multiplexor I2C pentru extinderea numărului de adrese (în cazul adăugării de senzori adiționali).

5. Bibliografie

8. Bibliografie

- [1]. https://en.wikipedia.org/wiki/Dijkstra%27s_algorithm
- [2]. [http://www.ijmer.com/papers/\(NCASG\)%20-%202013/20.pdf](http://www.ijmer.com/papers/(NCASG)%20-%202013/20.pdf)
- [3]. https://en.wikipedia.org/wiki/Maze_solving_algorithm
- [4]. <https://www.circuitsathome.com/store/usb-host-shield-2-0-released/>

9. Notății

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:

v = Viteza sunetului la 1atm, 25°C [cm/μs]

x = distanța senzorului ultrasonic [cm]

t = timpul de răspuns al senzorului ultrasonic [μs]

PROTOTIP VIRTUAL SI REALIZARE PRACTICA PENTRU UN SISTEM DE TRANSFER CUTII CU SETURI DE COMPONENTE AUTO PENTRU OPERAȚII DE ASAMBLARE MONTAJ IN INDUSTRIA AUTOMOBILELOR

**FIRETEANU Horia¹, MIRON Valentin¹, ANDREI Alexandru¹,
RADU Dana¹ și PURECE ANDREI¹**

¹Facultatea: Ingineria si Managementul Sistemelor Tehnologice, Specializarea: Robotica, Anul de studii: IV,
e-mail: purece.andrei@gmail.com

Conducător științific: As. drd. ing. **Cozmin CRISTOIU**

REZUMAT: Lucrarea prezinta etape din timpul proiectarii cat si a realizarii practice a unui sistem automat de transport-transfer pentru cutii cu componente auto dintr-o zona de asamblare din industria automobilelor. Conceptia acestui sistem este una originala iar realizarea prototipului virtual a fost realizat in intregime de autorii acestei lucrari. Acestia au avut o participare activa pe intreaga desfasurare a proiectului de la faza de idee/conceptie pana la proiectare, realizare practica cat si integrarea sistemului la beneficiar.

CUVINTE CHEIE: sistem automat transport-transfer.

1. Introducere

Tema proiectului a presupus proiectarea unui sistem automat de incarcare/descarcare si de transport si transfer a unor cutii cu componente („componente de kitting”) necesare pentru o linie de asamblare din industria automobilelor. Transportul acestor cutii se face de catre vehicule ghidate automat (AGV) ce urmeaza o banda magnetica si care se opresc in diverse posturi din care rand pe rand anumite piese din cutii sunt preluate si utilizate pentru asamblarea planselor bord. Pe circuitul acestor AGV-uri exista si un post in care cutiile goale sunt descarcate iar in locul acestora se incarca cutii care contin componente. Aceasta operatie de descarcare a cutiilor goale si incarcare a cutiilor noi era initial efectuata de catre un operator uman. Cutiile goale erau apoi purtate/impinse (tot de catre operatori umani) pe linii de transport prevazute cu role neantrenate. Aceste linii de transport erau dipuse pe doua randuri, pe unul dintre randuri facandu-se si incarcarea cu componente a cutiilor goale. S-a dorit realizarea unui sistem automat de incarcare/descarcare a cutiilor de pe AGV-uri cat si automatizarea sistemului de transport a cutiilor pe circuitul de incarcare cu componente. Pentru realizarea acestui proiect, numeroase versiuni ale sistemului au fost discutate si realizate preliminar ca prototip virtual (CAD) pana la stabilirea variantei finale. Solutia de realizare a acestui sistem este una originala si pe langa etapele de proiectare in intregime a intregului ansamblu, autorii au participat la toate etapele de realizare practica cat si la implantarea efectiva a intregului sistem la beneficiar.

2. Realizarea modelului virtual

În prima etapă s-a conturat un model 3D concept, care a fost întâi prezentat responsabililor din uzina și care și-au dat acceptul pentru continuarea ideii. Conceptul inițial este prezentat în următoarele figuri:

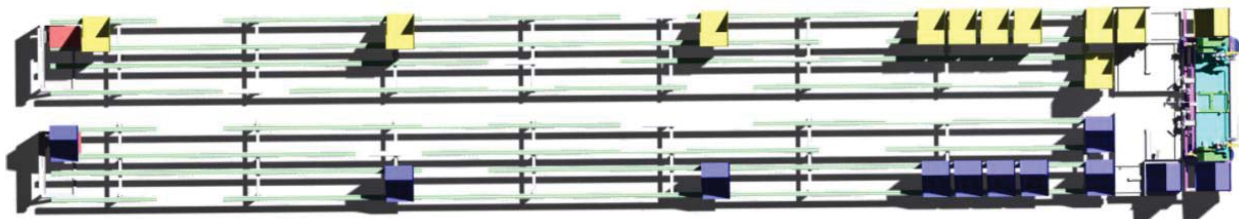


Fig. 1 Versiune inițială a prototipului inițial

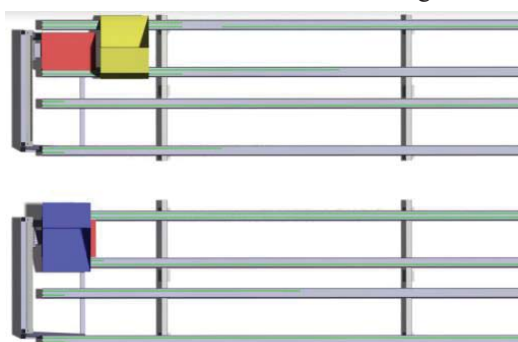


Fig. 2 Detaliu prototip virtual inițial – transfer spată

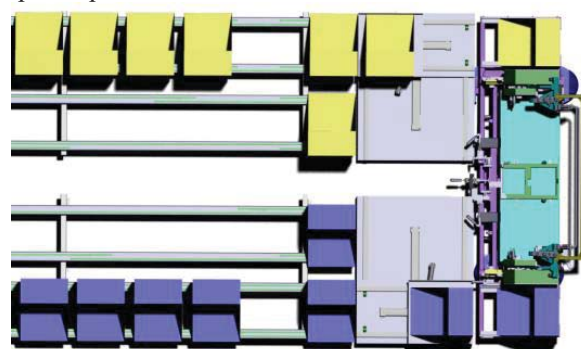


Fig. 3 Detaliu prototip virtual inițial – transfer față

Atât din motive economice cât și datorită unei bune relații cu furnizorul de componente pneumatice SMC ne-am concentrat în mare parte pe soluții de acționare pneumatică. Conceptul inițial a suferit modificări în ceea ce privește posturile de transfer din față și din capatul conveyoarelor. În aceste 2 zone s-au configurat conveyoare cu role cu pinion dublu și cu antrenare prin lanț. În cadrul acestor conveyoare cu role fiind integrați și cilindrii pneumatici care asigură deplasarea și transferul cutiilor. Conveyoarele lungi sunt acționate de motoreductoare electrice iar lanțul integrat este unul de concepție specială (marca SEDIS) numit și „lanț cu acumulare”. Acest tip de lanț prezintă 2 rânduri de zale și un rând de role libere între acestea. În momentul în care un obiect este oprit pe conveyor (utilizând o butee simplă) lanțul se poate deplasa în continuare fără probleme pe sub obiect.

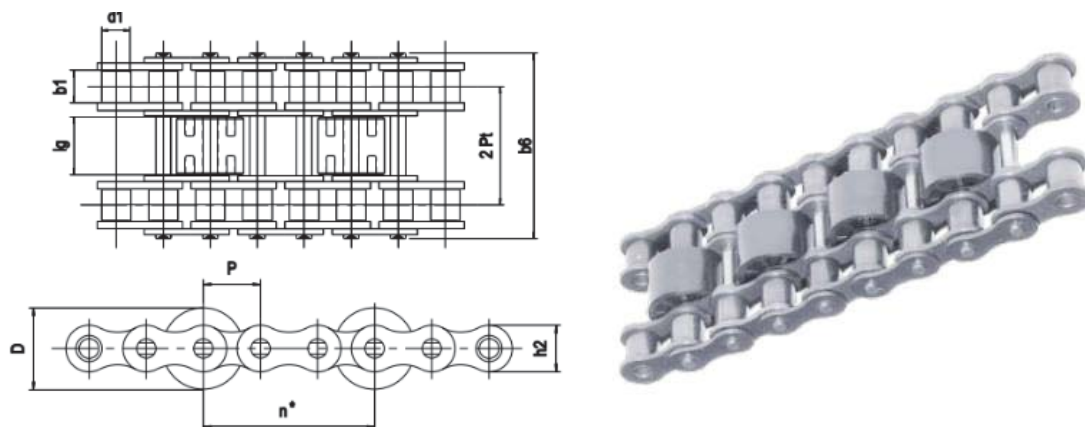


Fig. 4 Modelul lanțului utilizat pentru conveyoare – lanț cu acumulare [1]

Perioada de definitivare a solutiilor si de proiectare a fost una indelungata (aproximativ 4 luni) din cauza a multor restrictii de care am fost informati ulterior sau datorita schimbarii unor componente din cauza termenelor de livrare de catre furnizori sau din alte motive. Modelul 3D prezentat infigurile urmatoare surprinde solutia finala, cea care a fost implementata si fizic in uzina in luna mai (2018).

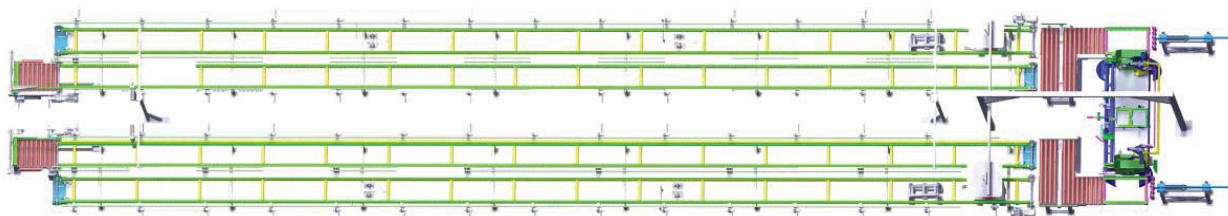


Fig. 5 Vedere de sus a prototipului virtual final

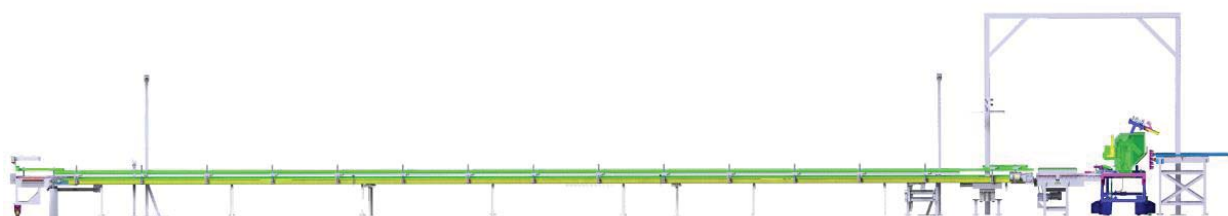


Fig. 6 Vedere din lateral a prototipului virtual final

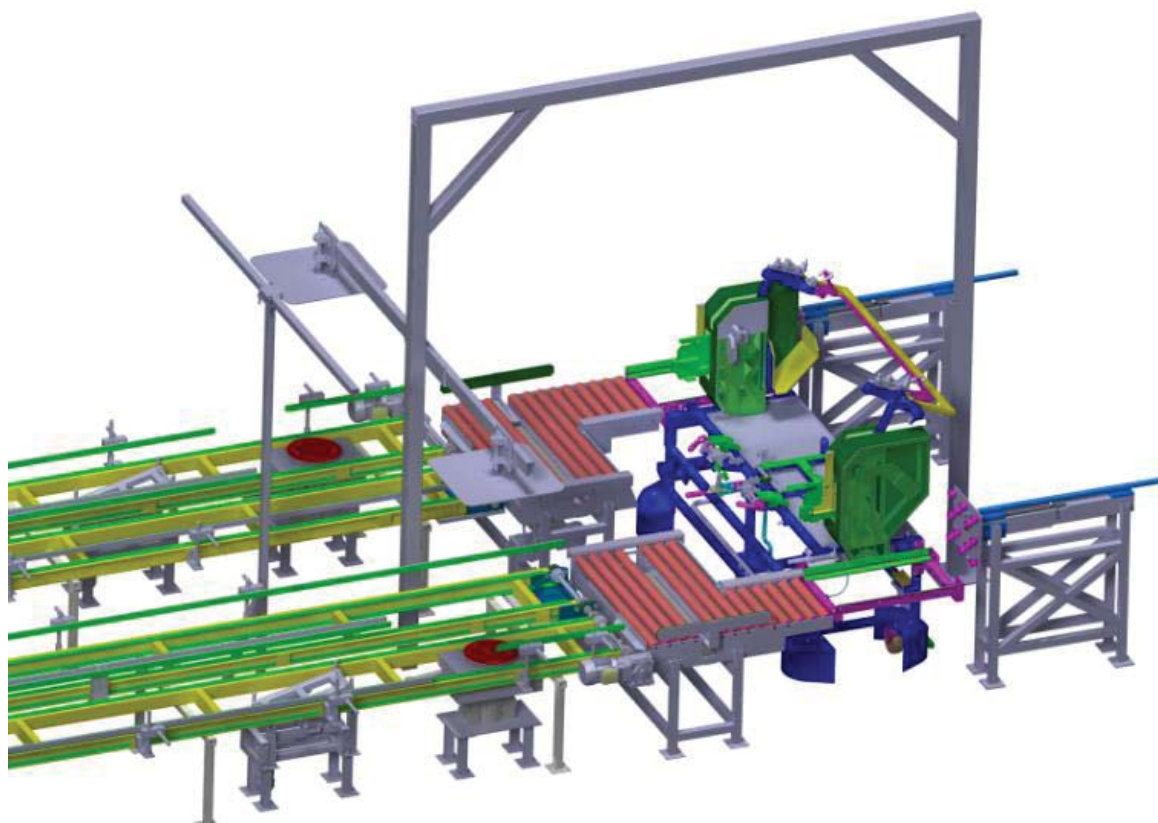


Fig. 7 Vedere isometrica a prototipului virtual in zona de parcare a AGV-ului pentru incarcare/descarcare

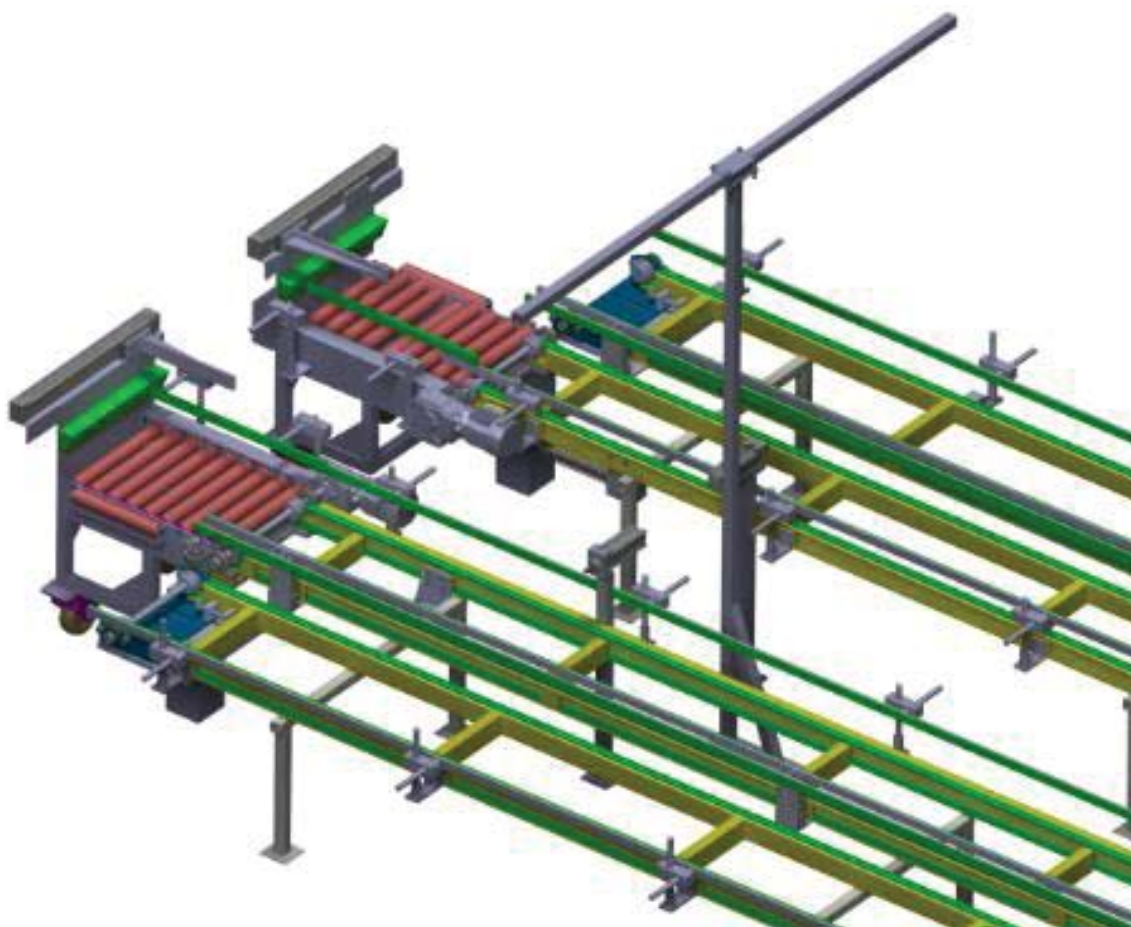


Fig. 8 Vedere isometrică a prototipului virtual în zona de întoarcere a cutiilor la capăt de conveyer

Pe această linie de transport momentan se regăsesc 33 de AGV-uri, fiecare transportând câte 2 cutii (1 albă și 1 galbenă). Pentru a reduce timpul de încărcare-descărcare a cutiilor de pe/pe AGV, o parte din lungimea conveyerului este utilizată pentru acumularea de cutii pline cu piese. Acumularea se face cu ajutorul unui opritor/selector mecanic acționat tot pneumatic. În fiecare post în care operatorii încarcă cutiile cu piese, a fost necesară integrarea unui opritor mecanic cu validare manuală (manetă).



Fig. 9 Model opritor manual



Fig. 10 Model selector manual cutii

Pentru incarcarea cutiilor prile inapoi pe AGV a fost nevoie de realizarea unui sistem de ridicare si rotatie pentru a schimba orientarea cutiei (initial cu fata catre operatorii care completeaza cu piese si necesar a fi orientate cu spatele catre AGV-uri pentru incarcare. Incarcarea si descarcarea cutiilor de pe AGV-uri se face cu ajutorul unui „pusher” cu elemente vacuumatice.

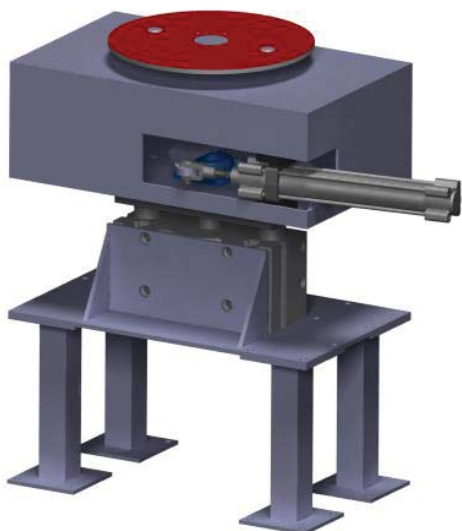


Fig. 11 Sistem de ridicare si rotire a cutiilor



Fig. 12 Sistem vacuumatic de incarcare/descarcare

3. Prototipul fizic real

In imaginile urmatoare se pot observa elemente din cadrul ansamblului general din timpul executiei/montajului in atelier cat si in uzina.



Fig. 13 Opritor manual si conveioarele in timpul testelor din atelier



Fig. 14 Sistemele de incarcare/descarcare si posturile de transfer din fata

Bibliografie

- [1] Catalog de produs, SEDIS – Accumulator Chains <https://www.sedis.com/>
- [2] SMC Product Catalog – ISO Cylinders <https://www.smc.eu>
- [3] SMC Product Catalog – Directional control Valve <https://www.smc.eu>
- [4] Y-bearing flanged units – SKF.com

EFFECTORI VACUUMATICI ÎN CONSTRUCȚIE MODULARĂ PENTRU OPERAȚII AMBALARE-ÎMPACHETARE. PROIECTAREA ASISTATĂ A EFECTORILOR. REALIZAREA PRACTICĂ A INSTALAȚIEI DE PRODUCERE A VACUUMULUI SI A UNOR EFECTORI DE ACEST TIP SI TESTAREA FUNCȚIONALĂ A ACESTORA

CRISTIAN¹ Georgiana Alexandra ¹POPA² Alexandru-Marian²,

¹Facultatea:Ingineria si Managementul Sistemelor Tehnologice, Specializarea:Robotică, Anul de studii:II, e-mail:alexandracristian2797@yahoo.com

Conducător științific: Prof. dr. ing. Adrian NICOLESCU

REZUMAT: Lucrarea de față a fost concepută ca incluzand 3 etape majore. Prima dintre acestea prezinta proiectarea asistată a unor efectori vacuumatici in construcție modulară pentru aplicații robotizate de ambalare-impachetare. Ea fost realizată cu ajutorul unei aplicatii spoftware (configuratorului online) a producatorului specializat in acest domeniu, (firma SCHMALZ), si este ilustrata prin etapele majore de proiectare a unui singur tip de efector. Cea de a doua etapă a constat in realizarea practică a ansamblului unui stand experimental necesar pentru furnizarea de vacuum, (etapa fiind prezentată in detaliu in paragraful 6 al lucrarii). Cea de a treia etapă a constat in realizarea efectiva (din componente modulare) a 2 efectori, unul dintre ei fiind cel construit in configurator iar cel de-al doilea fiind o variantă alternativă de realizare a acestuia, si respectiv testarea functionala a intregului sistem.

CUVINTE CHEIE: efector vacuumatic, gripper in constructie modulara, proiectareasistata , realizare fizica si testare functionala

1. Introducere

În ultimii ani, tehnica vacuumului a înregistrat o creștere considerabilă a aplicativității în domeniul industrial. Lucrarea de față prezintă modalități de proiectare asistată și posibilități de realizare practică a unor efectori vacuumatici în construcție modulară cu ventuze de tip burduf utilizabili în procese robotizate de ambalare și împachetare.

Această tehnologie este folosită în toate zonele de împachetare: de la ventuzele folosite pe fluxurile de producție pentru dispunerea bomboanelor de ciocolată în tăvițe cu ajutorul unor grippere de manipulare individuală a fiecărui obiect (fig.1), la efectori și grippere compacte pentru plasarea pungilor pline cu diferite tipuri de produse în cutii din carton sau respectiv la efectori compleși utilizabili în operațiile finale de paletizare automatizată în celule de fabricație robotizate (fig.2).



Fig.1



Fig.2

2. Stadiul actual

Industria ambalării reprezintă o piață foarte mare. Produsele ambalate cum ar fi alimentele, băuturile și alte bunuri de consum, necesită o varietate largă de soluții de ambalare. Bunurile trebuie protejate împotriva deteriorării și contaminării, păstrându-și în același timp și maniera atractivă din punct de vedere vizual a acestora. Solid, lichid sau de tip pudră produsele ambalate au nevoie de soluții speciale de ambalare în tuburi, găleți, cutii din carton sau pachete de tip blister. Acest lucru implică o varietate largă de materiale de ambalare, mașini și tehnologii de lucru automatizate, din acest punct de vedere în industria alimentară fiind preferată manipularea acestor produse cu ajutorul exclusiv al efectorilor vacuumatici.

3. Prezentarea structurii generale a unui efector vacuumatic în construcție modulară

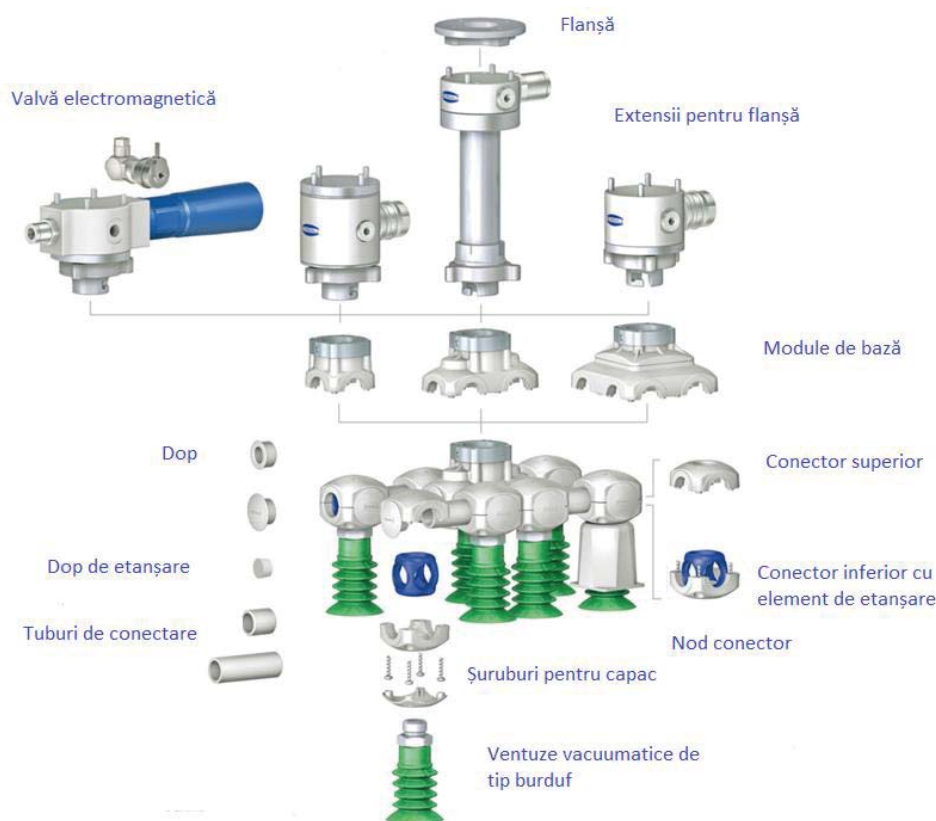


Fig. 3

Din punct de vedere constructiv, un efector vacuumatic în construcție modulară este constituit din: ventuze vacuumatice conectate prin intermediul niplurilor de nodul conector, la rândul lui acesta fiind alcătuit dintr-un element de etanșare și 2 conectori, unul inferior și unul superior. Aceste noduri sunt conectate apoi la modulul de bază prin tuburi de diferite dimensiuni, iar în locurile în care aceste posibilități de conectare nu sunt utilizate, tuburile se înlocuiesc cu dopuri de etanșare. Modulul de bază

este conectat la generatorul de producere a vacuumului prin intermediul flanșei și a extensiilor acesteia urmând ca apoi efectorul vacuumatic astfel obținut să fie atașat unui robot folosit pentru operații de ambalare-împachetare.

4. Proiectarea asistată a efectorilor

Cu ajutorul configuratorului on-line al celor de la firma Schmalz, s-a realizat proiectarea asistată a efectorului vacuumatic prezentat în fig 4 ... fig.10. Cele 4 etape majore în realizarea ansamblului funcțional al efectorului în construcție modulară sunt următoarele:

4.1. Alegerea numărului de ventuze în vederea asamblării

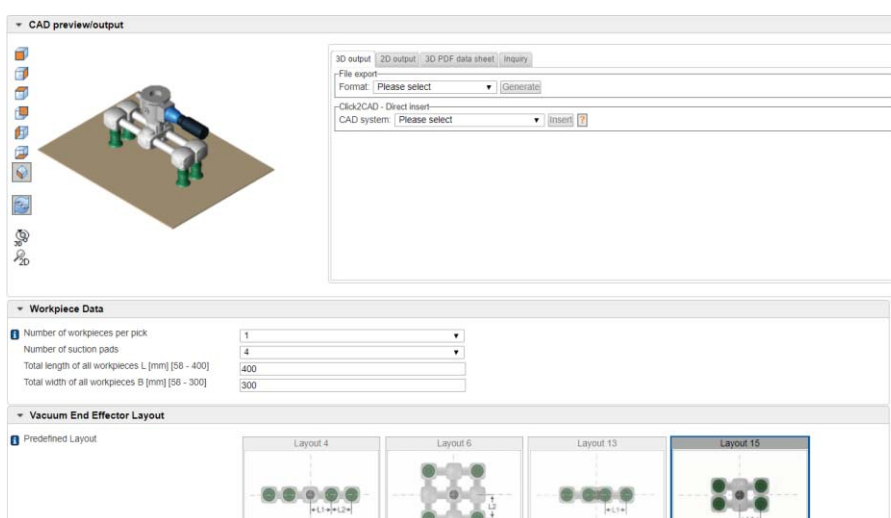


Fig.4

4.2. Alegerea diverselor tipologii de montaj al efectorilor

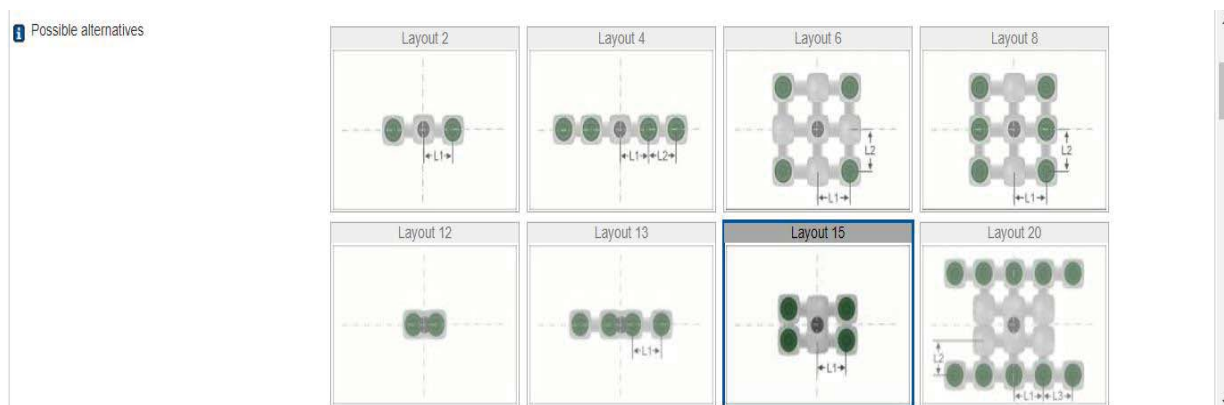


Fig.5

4.3. Selectarea tipurilor de ventuze și a diametrelor acestora



Fig.6

4.4. Alegerea modului de baza și a tipului de flanșă



Fig.7

Vederile principale și de perspectivă ale efectorului realizat importat în programul de proiectare AutoCAD sunt prezentate în figurile de mai jos:

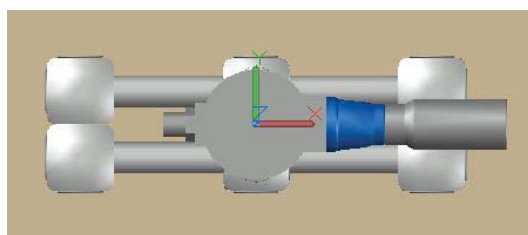


Fig.8

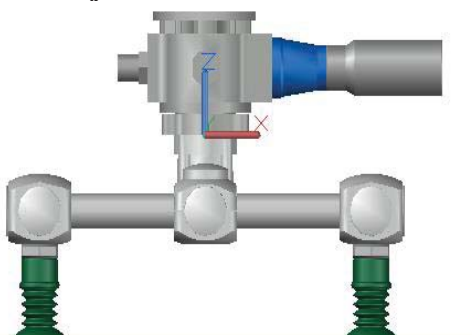


Fig.9

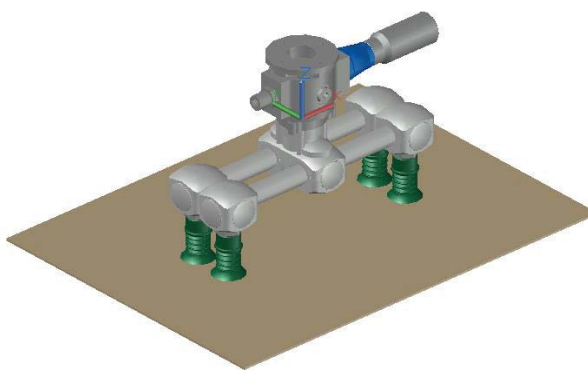


Fig. 10

5. Realizarea efectivă a efectorilor în construcție modulară asamblați din componentele din kitul de efectori vacuumatici modulari

Procedeul de asamblare se face conform punctului 3 prezentat anterior. După finalizarea acestuia, au fost realizați 2 efectori vacuumatici, unul prezentând 4 ventuze de tip burduf și montaj în construcție dreptunghiulară, iar cel de-al doilea 3 ventuze și montaj în 'T'.



Fig. 11



Fig. 12



Fig. 13



Fig. 14

6. Realizarea practică a instalației de producere a vacuum-ului – schema simplificată

Pentru a realiza ansamblul de vacuum, se pleacă de la diagrama de circuit simplificată, prin simboluri și legături specifice fiecărei componente în parte.

Diagrama de circuit simplificată este reprezentată astfel:

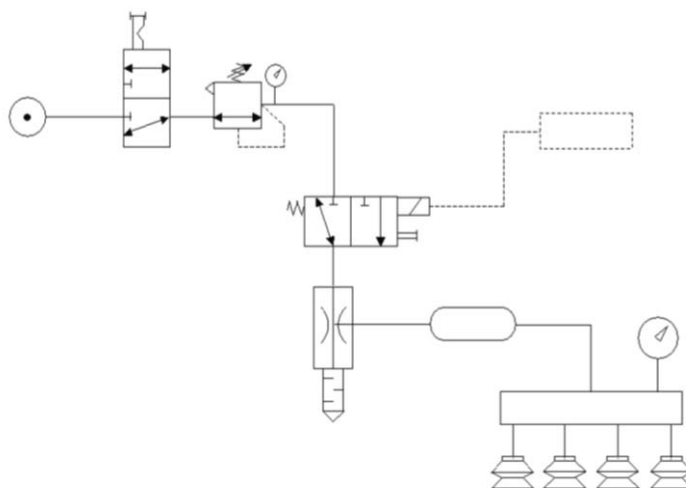


Fig. 15

Gripper-ul se poate realiza prin asamblarea componentelor din primul kit. Primul pas pentru realizarea instalației de alimentare cu vacuum a efectorului vacuumatic este atașarea conectorilor pe suportul acestuia cu ajutorul unor piulite hexagonale. Ulterior, pentru realizarea circuitelor de alimentare cu vacuum se conectează niplurile pe racordul central și direct pe ventuze. Se conectează apoi furtunurile din kit cu conectorii pentru a realiza ansamblul din figura următoare:



Fig. 16

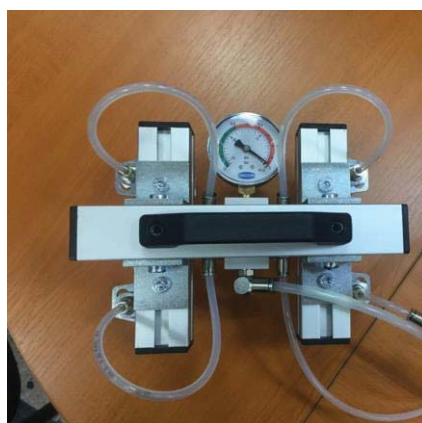


Fig. 17

Placa de lucru se găsește în formatul alăturat, urmând a fi atașate ventilul de reducere a presiunii, cele 3 ejectoare, volumul de stocare de capacitate 1l, contorul de timp de evacuare, supapa electromagnetică.

Instalația de producere a vacuumului este prezentată în imaginea următoare:



Fig. 18

7. Aplicații cu efectori vacuumatici

Efactorii de acest tip sunt utilizați în mai multe domenii, de la industria alimentară până la cea farmaceutică. Câteva exemple de obiecte manipulate cu ajutorul acestor efectori se regasesc in imaginile de mai jos.



Fig.19



Fig.20



Fig. 21

8. Concluzii

Considerăm că lucrarea de față și-a atins toate obiectivele propuse, de la etapa de proiectare asistată până la realizarea practică a sistemelor ce urmează a fi testate (care va fi posibilă după achiziționarea unui compresor de talie mică).

9. Bibliografie

- [1]. Autor, A.. Chambers (1984), *Basic Vacuum*,
- [2]. www.Schmalz.com,
- [3]. www.Robital.ro

STANDURI EXPERIMENTALE PENTRU ACȚIONĂRI ELECTRICE CU MOTOARE DE C.A. / C.C.

PETROVICI Constantin-Andrei¹, MIHAI Lucian¹, NEDELEA Ionut¹

¹Facultatea: IMST, Specializarea: Robotică, Anul de studii: 2, e-mail: petrovicicosti@yahoo.com

Conducători științifici: Prof.dr.ing Adrian Nicolescu, S.I. dr. ing. Cezara COMAN

REZUMAT: In aceasta lucrare ne-am propus sa luam contact mult mai repede cu programarea unui PLC (automat programabil) al firmei PANASONIC cu integrat intr-unul dintre standurile pentru actionari electrice de mecatronica si robotica realizate in colaborare cu firma ELECTROZEP.

Derularea acestui proiect a cuprins atat o etapa de conceptie a unui program de tip cod de baza pentru PLC cat si o etapa de realizare practica a unui nou stand experimental complementar primului pe care am amplasat tot echipamentul necesar unor demonstratii experimentale a functiilor posibil a fi realizate prin diferite cablari ale convertizoarelor.

1. Introducere

Dezvoltarea de catre autori a prezentei teme de cercetare a inceput din dorinta de a pune in practica o parte din cunostintele asimilate la disciplina de "Actionari electrice pentru mecatronica si robotica". In acest scop pentru inceput ne-am propus sa realizam controlul turatiei unui motor de curent alternativ trifazic, utilizat pentru actionarea unui conveior de palete cu lant amplasat in cadrul unuia dintre laboratoarele de robotica ale Facultatii IMST - Departamentul MSP, prin intermediul unui prim stand pus la dispozitie de catre firma Electrozep (care contine PLC si doua convertizoare statice de frecventa pentru comanda si reglarea parametrilor functionali ai motoarelor asincrone de curent alternativ).

2. Stadiul actual

Standul realizat in colaborare cu firma Electrozep, este precablat, in componenta acestuia intrad 2 convertizoare de frecventa, un automat programabil (PLC) al firmei Panasonic, un ecran de vizualizare a modului de lucru al PLC-ului denumit HMI, un grup de relee intermediare, riglete de conexiuni si cablajele aferente. Intr-o prima etapa acest stand a fost conectat la motorul de actionare a conveiorului de palete asociat robotului industrial Kawasaki FS 10E pentru a deservi o aplicatie robotizata de prelucrare a unor semifabricate din mase plastice. Pentru acest stand activitatile desfasurate au vizat in primul rand, realizarea conexiunilor dintre motorul de actionare si standul Electrozep (pentru cuplarea convertizorului static de frecventa cu motorul) si respectiv a conexiunilor dintre limitatoarele electrice de cursa utilizate pentru programarea marimii curselor paletii de pe conveior precum si programarea automatului programabil Panasonic si respectiv a ciclurilor de lucru definite pe acesta in asociere cu utilizarea unuia dintre cele doua convertizoare statice de frecventa

Totodata s-a conceput si s-a realizat si un al doilea stand experimental alcatuit din doua motoare de curent alternativ si al doilea panou complet de comanda de la firma Electrozep similar celui utilizat pentru actionarea conveiorului. Acest al doilea stand va putea fi pus astfel la dispozitia studentilor pentru studierea in cadrul laboratorului de AEMR a modului de control si comanda al acestor tipuri de motoare (de curent alternativ, asincrone) foarte des utilizate in industrie. In prezent suntem stfel capabili de controlul motoarelor de c.a. implementate in diferite aplicatii industriale.

3. Pregatirea standului

Imediat dupa ce ne-au fost inmanate standul de la ELECTROZEP si limitatoarele de cursa, ne-am apucat sa studiem manualul de lucru al automatului programabil si al convertizoarelor de frecventa.

Am realizat ca pentru indeplinirea anumitor functii aveam nevoie de o cablare suplimentare a unor relee deja existente pe stand.

4. Pregatirea conveiorului si montarea limitatoarelor de cursa pe acesta

In cadrul acestei etape am amplasat in concordanta cu necesitatile modului de functionare al conveiorului limitatoarele de cursa. Totodata a fost necesara si o legarea a semnalelor provenite de la acestea la stand.

5. Tabele de adevar

In acest paragraf vom prezenta principalele tabele pe care le foloseste programul FPWing, acestea fac referire la algebra booleana si constituie datele de intrare, respectiv datele de iesire in cadrul sistemului.

Tabel 1. Variabilele folosite la conveior

	Class	Identifier	Type	Initial	Comment
0	VAR	sens	BOOL	TRUE	
1	VAR	viteza	BOOL	TRUE	
2	VAR_EXTERNAL	STOP	BOOL	FALSE	
3	VAR	TP1	TP		
4	VAR	home	BOOL	FALSE	
5	VAR	TP2	TP		
6	VAR				

In Tabelul 1 sunt aratate variabilele folosite in cadrul programului ce controleaza conveiorul, precum sens-memoreaza directia de mers a motorului, viteza-acceseaza vitezele presetate ale motorului, STOP-actioneaza functia motorului de a se opri instant, home-seteaza pozitia de “acasa” a platoului atasat conveiorului.

Tabel 2. Variabilele folosite la standul experimental				
Class	Idenumer			
0	VAR	Etapa1	BOOL	TRUE
1	VAR	da1	BOOL	TRUE
2	VAR	TON1	TON	
3	VAR	TON2	TON	
4	VAR	TON3	TON	
5	VAR	Etapa	BOOL	TRUE
6	VAR	Etapa2	BOOL	TRUE
7	VAR	da2	BOOL	TRUE
8	VAR	Etapa3	BOOL	TRUE
9	VAR	da3	BOOL	TRUE
10	VAR	TON4	TON	
11	VAR	TON5	TON	
12	VAR	TON6	TON	
13	VAR	TON7	TON	
14	VAR	TON8	TON	
15	VAR	TON9	TON	
16	VAR	faza1	BOOL	TRUE
17	VAR	faza2	BOOL	FALSE
18	VAR	faza3	BOOL	FALSE
19	VAR	TON11	TON	
20	VAR	TON21	TON	
21	VAR	TON31	TON	
22	VAR	Etapa11	BOOL	TRUE
23	VAR	da11	BOOL	TRUE
24	VAR	TON32	TON	
25	VAR	TON22	TON	
26	VAR	TON12	TON	
27	VAR	m1i	BOOL	FALSE
28	VAR	m2i	BOOL	FALSE
29	VAR	m1n	BOOL	FALSE
30	VAR	m2n	BOOL	FALSE
31	VAR			

In Tabelul 2 sunt definite mult mai multe variabile, multe dintre acestea sunt de tip BOOL, inasa apar si variabile de tip TON(adica temporizatoare de timp).

6. Programul pentru ciclul de lucru al conveiorului

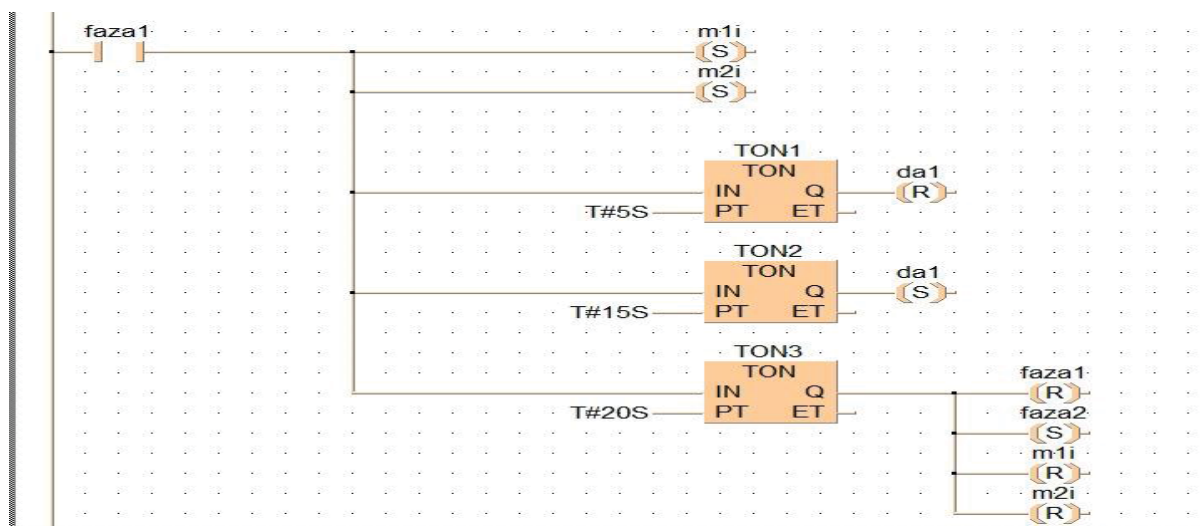


Fig.1 Faza 1 de functionare a standului

Programul utilizeaza variabila principala “faza 1” pt a determina ciclul de lucru actual si a preveni interferenta altor comenzi.Odata activata “faza 1” se activeaza si nodurile “m1i”,”m2i” si 3 comenzi TON cu diferite durate de temporizare.Dupa finalul primei temporizari de 5 secunde se va reseta nodul da1 iar dupa cea de-a 2 temporizare se va reactiva da1.La finalul ultimei temporizari(15 secunde) se va reseta “faza 1” inchizand comenzile actuale ,se va activa “faza 2” si se for inchide nodurile “m1i”,”m2i”.

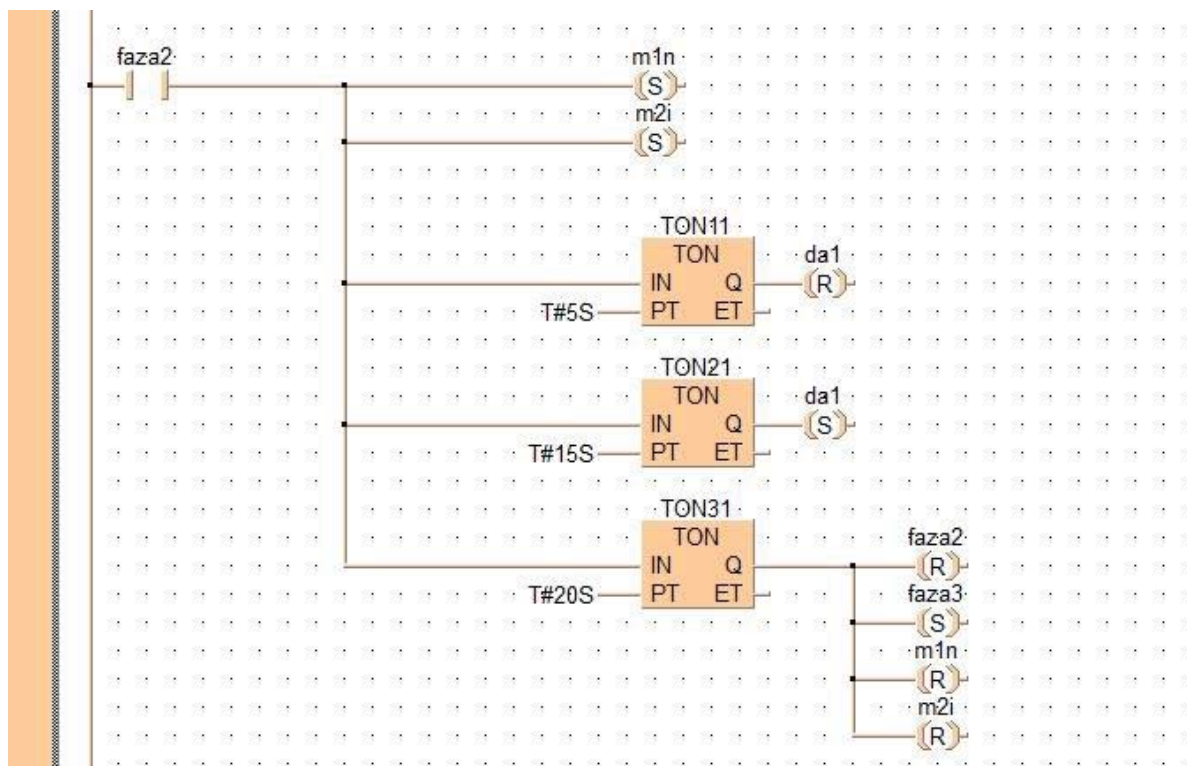


Fig.2 Faza a 2-a de functionare a standului

Programul utilizeaza variabila principala “faza 2” pt a determina ciclul de lucru actual si a preveni interferenta altor comenzi.Odata activata “faza 2” se activeaza si nodurile “m1n”,”m2i” si 3 comenzi TON cu diferite durate de temporizare.Dupa finalul primei temporizari de 5 secunde se va reseta nodul da1 iar dupa cea de-a 2 temporizare se va reactiva da1.La finalul ultimei temporizari(15 secunde) se va reseta “faza 2” inchizand comenzile actuale ,se va activa “faza 3” si se for inchide nodurile “m1n”,”m2i”.

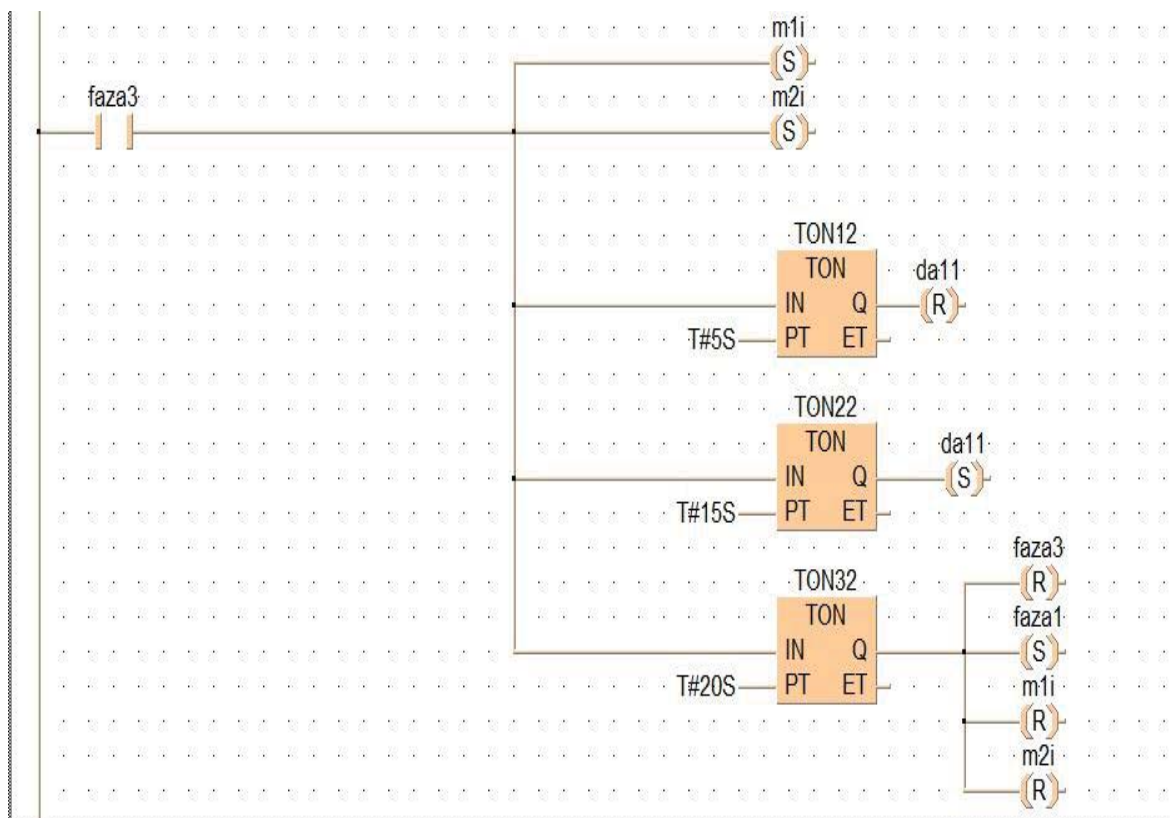


Fig.3 Faza a 3-a de functionare a standului

Programul utilizeaza variabila principala “faza 3” pt a determina ciclul de lucru actual si a preveni interferenta altor comenzi.Odata activata “faza 3” se activeaza si nodurile “m1i”,”m2i” si 3 comenzi TON cu diferite durate de temporizare.Dupa finalul primei temporizari de 5 secunde se va reseta nodul “da11” iar dupa cea de-a 2 temporizare se va reactiva “da11”.La finalul ultimei temporizari(15 secunde) se va reseta “faza 3” inchizand comenzile actuale ,se va activa “faza 1” si se for inchide nodurile “m1i”,”m2i”.

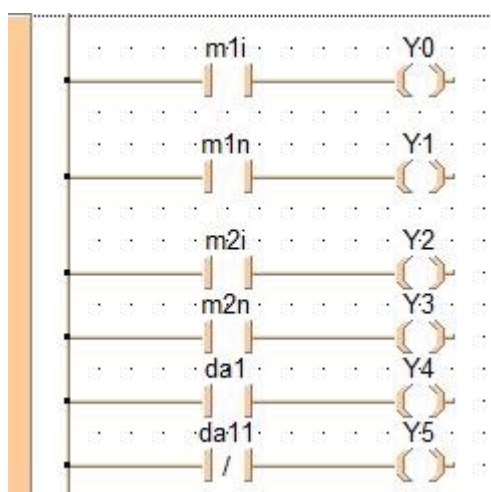


Fig.4 Comenzi cablare

Comenzile sunt cablate astfel Y0-primul motor merge inainte; Y1-primul motor merge inapoi; Y2-al doilea motor merge inainte; Y3-al doilea motor merge inapoi; Y4- functia JOGG pt motorul 1; Y5-functia STOP pt motorul 2;
 Acestea sunt blocate din a actiona de catre nodurile aferente pt a garanta ca nu vor functiona in afara intervalelor dorite.

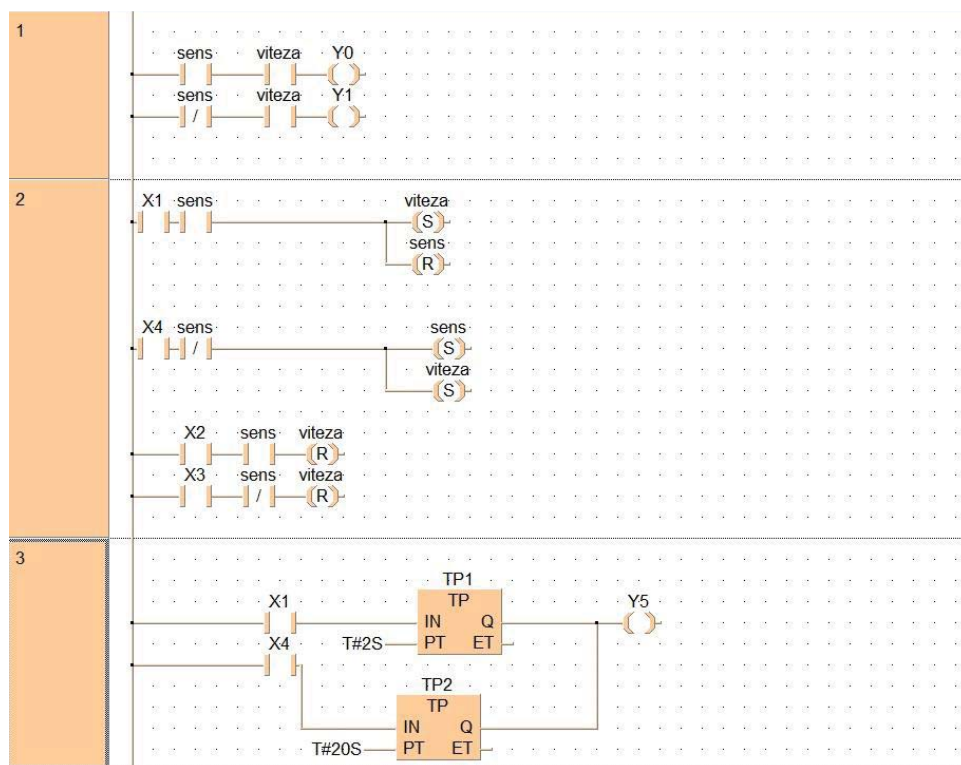


Fig.5 Programul de lucru al conveiorului

Codul functioneaza in un ciclu inchis conditionat de variabilelele :”viteza “ si “sens” .Acestea conditioneaza miscarea motorului prin combinarea lor. Limitatoarele de cursa sunt cablate la contactele X1,X2,X3,X4 .Prin combinarea acestoa cu variabila sens se poate verifica pozitia platoului si ce trebuie facut in continuare,accelerarea ,decelerarea sau stopul.Stopul are 2 perioade diferite pt cele 2 pc exxtreme,unul cu stationare 2 secunde si unul cu 20 de secunde.

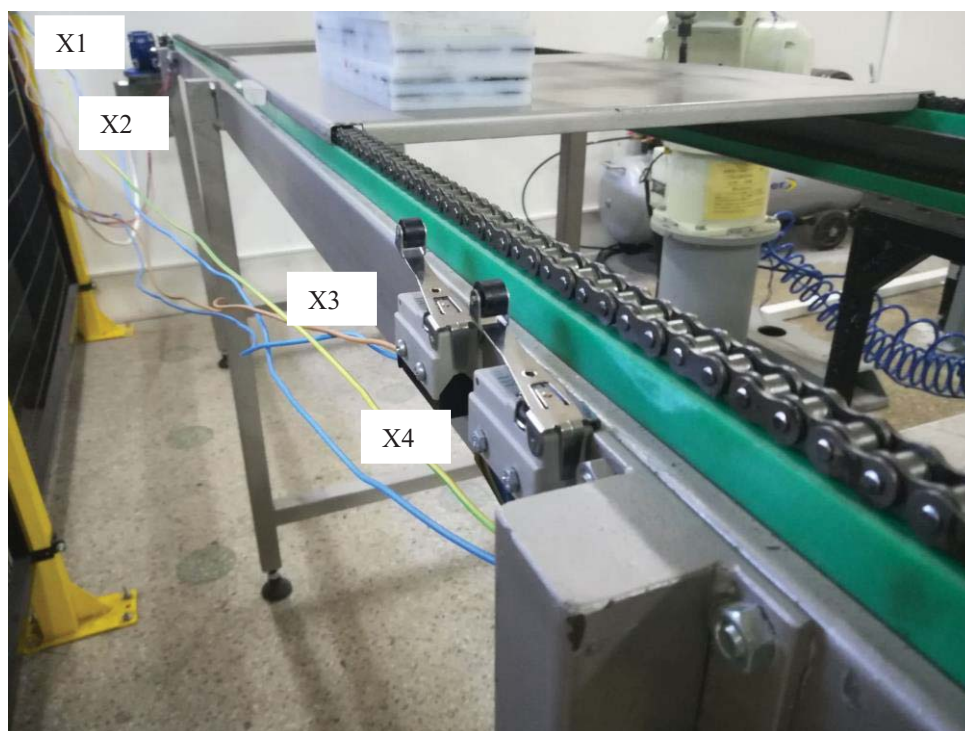


Fig.8 Limitatoare cursa

Limitatoare sunt cablate in ordinea X1-X4 cel mai indepartat fiind X1 si restul urmand ordinea crescatoare.

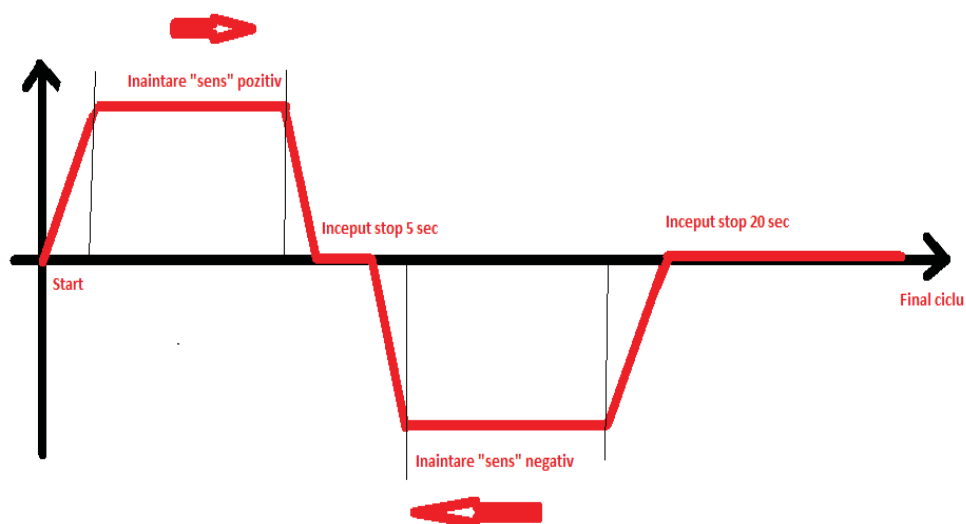


Fig.9 Ciclograma de lucru

Ciclul de lucru se realizeaza in jurul celor 2 pct extreme unde se realizeaza pauzele de 5 si 20 de secunde, intre acestea se va merge cu viteza maxima setata a motorului si la atingerea limitoarelor interne X2,X3 se vor realiza miscari de incetinire in prealabil opriri motorului.

7. Standul experimental

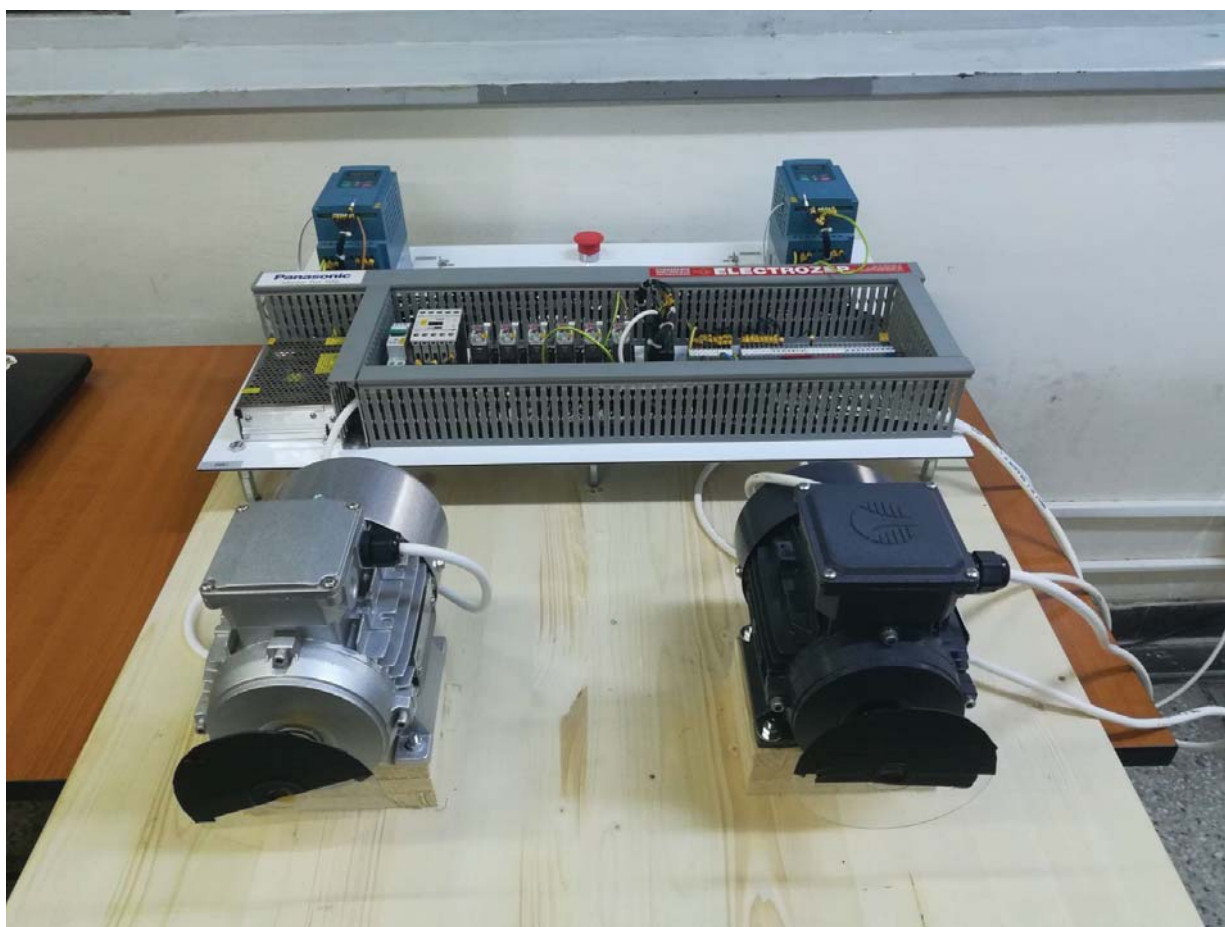


Fig.6 Standul experimental

În cadrul realizării standului experimental pe care am instalat două motoare de c.a. am folosit o placă de susținere confecționată din lemn cu dimensiunile 1000x800x20 (Lxlxh) și două suporturi de suprainaltare (baza de amplasare a talpii motorului) având dimensiunile fiecare de 100x100x60 (Lxlxh). Aceste suporturi au fost necesare deoarece am conectat la capetele arborilor motoarelor două discuri de diametru 100, ceea ce ar fi condus la o interferență între elementele mobile și platou.



Fig.7 Convertizorul de frecventa

Cele 2 convertizoare au fost cablate diferit pt a putea exemplifica functiile JOGG si STOP pe 2 motoare diferite ,ele fiind diferite prin amblasare unui singur cablu.

8. Concluzii

In concluzie, am reusit sa invatam modul de lucru si comanda al unui automat programabil (PLC), totodata suntem capabili si de un control al frecventei de lucru al motoarelor de c.a. in concordanta cu instruirea unui ciclu de lucru bine definit.

Pe viitor dorim sa putem controla procesul de lucru si cu ajutorul sau prin intermediul HMI-ului atasat standului, mai precis sa putem controla motoarele fara a mai fi necesara o conexiune la o sursa de tip PC.

9. Bibliografie

- [1] Manual Convertizor E1000-[https://electrozep.ro/uploads/E1000 user manual RO.pdf](https://electrozep.ro/uploads/E1000%20user%20manual%20RO.pdf)
- [2] Manual utilizare PLC-[http://electrozep.ro/documentatie/PANASONIC, SUNX, NAIS, MATSUSHITA/PLC%20AUTOMATE%20PROGRAMABILE/fpsigma.pdf](http://electrozep.ro/documentatie/PANASONIC,%20SUNX,%20NAIS,%20MATSUSHITA/PLC%20AUTOMATE%20PROGRAMABILE/fpsigma.pdf)

TEHNICI AVANSATE DE OPTIMIZARE A SOLUȚIILOR CONSTRUCTIVE ALE ROBOȚILOR DE TIP PICK & PLACE

IONIȚĂ Iris Maria

Facultatea: Ingineria și Managementul Sistemelor Tehnologice, Specializarea: Robotică,

Anul de studii: IV, e-mail: ionitairis@gmail.com

Conducător științific: Prof. dr. ing. **Cristina PUPĂZĂ**

REZUMAT: *Lucrarea constă într-o optimizare de topologie efectuată pe brațul unui robot industrial de tip SCARA, model ABB IRB 910SC/0.65. Plecând de la un model plin, s-au urmărit reducerea deformațiilor totale și a masei brațului prin eliminarea de material. Pentru a obține rezultate cât mai bune au fost definiți o serie de parametri: regiunile care urmează a fi optimizate și cele care trebuie excluse, suportul fix al structurii, punctul de aplicare al încărcării și valoarea forței care solicită structura, precum și direcția după care va fi eliminat materialul.*

CUVINTE CHEIE: *optimizare, topologie, braț, robot, geometrie*

1. Introducere

Proiectarea asistată convențională, bazată pe experiență și intuiție este înlocuită în prezent de strategii care combină simularea cu procedurile de optimizare, analiza probabilităților și calculul statistic. Rezultatul este proiectarea într-un mediu virtual, în care se generează automat o soluție optimizată [1]. După numărul criteriilor de optimizare, procedurile pot fi uni sau multicriteriale.

Criteriile de optimizare sunt de multe ori contradictorii. De exemplu, se poate urmări maximizarea rigidității, a factorilor de siguranță, dar și minimizarea greutateii și a costurilor. De aceea, optimizarea multicriterială este, de fapt, un compromis între diferitele criterii și constrângeri, care conduc la un „cel mai bun” set de parametri ce satisfac cerințele utilizatorului.

După modul de lucru, procedurile de optimizare se împart în două mari categorii (Fig. 1)[1]:

a) proceduri directe, care se bazează pe simulare prin analiză structurală, cum sunt optimizările de formă, topologie și topografie

b) proceduri de optimizare indirecte bazate pe meta-modele, care folosesc pentru găsirea optimului un model obținut prin aproximare. Meta-modelul este un înlocuitor care este optimizat fără a mai recurge la analiza structurală cu elemente finite.



Fig. 1. Proceduri de optimizare directă [1]

În proiectare, la realizarea unui produs, tehnicile de optimizarea structurală prin MEF se accesează de mai multe ori și anume: optimizarea topologiei - în faza de început, pentru stabilirea formei constructive, optimizarea formei - la elaborarea detaliilor, sau la reproiectarea produsului - optimizarea multicriterială [1]. În Fig. 2 sunt reprezentate etapele de realizare a unei componente de la ideea inițială, la modelul CAD necesar fabricației.

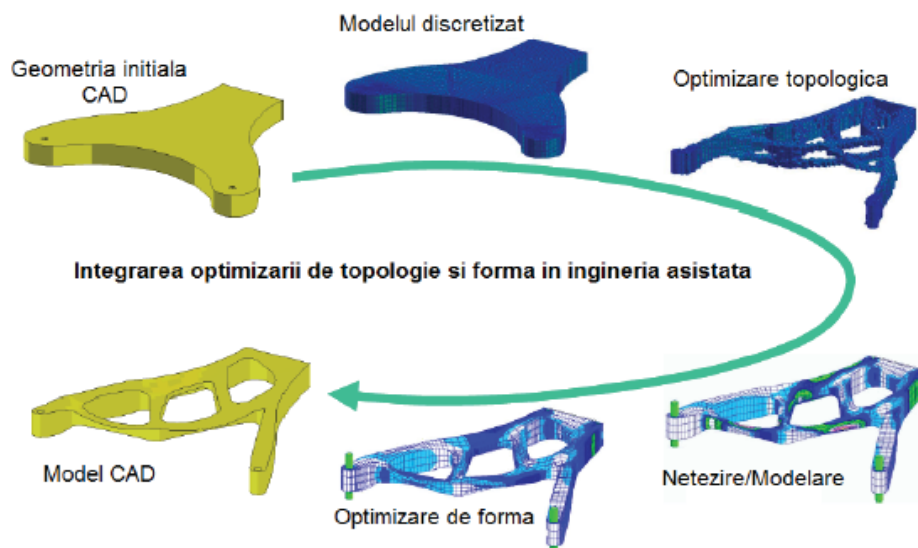


Fig. 2. Integrarea optimizării directe în ciclul de proiectare [2]

2. Modelul virtual

Modelul CAD al robotului industrial de tip SCARA, ABB IRB 910SC/0.65 a fost importat de pe site-ul firmei ABB în format STEP. În Fig. 3 este marcat cu negru conturul brațului care urmează să fie optimizat. Forma constructivă adoptată de firma ABB pentru brațul robotului (Fig. 4) a fost considerată un model de referință.

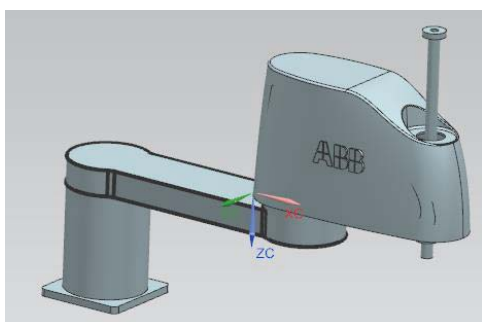


Fig. 3. Robotul ABB IRB 910SC/0.65

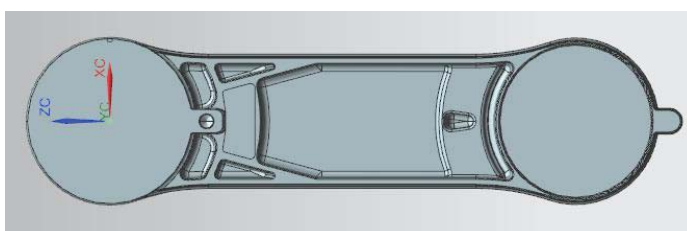


Fig. 4. Forma brațului 1 al robotului oferită de producător

În Fig. 5 este reprezentat modelul construit pentru analiza de topologie a brațului robotului, care respectă caracteristicile dimensionale ale modelului importat, dar nu conține detalii constructive, constituind un volum plin.

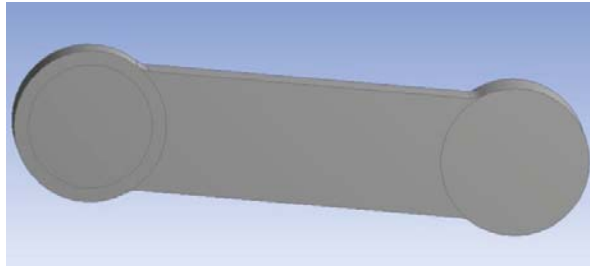


Fig. 5. Brațul 1 modelat pentru analiza topologică

3. Simulări preliminare

Etapă următoare a studiului a constat în optimizarea de topologie a segmentului al doilea al robotului, prin care s-a urmărit reducerea masei și a deformațiilor totale ale structurii. Figura 6 cuprinde proiectul construit în ANSYS Workbench, cu modulele de simulare folosite și modul în care aceste module au fost cuplate.

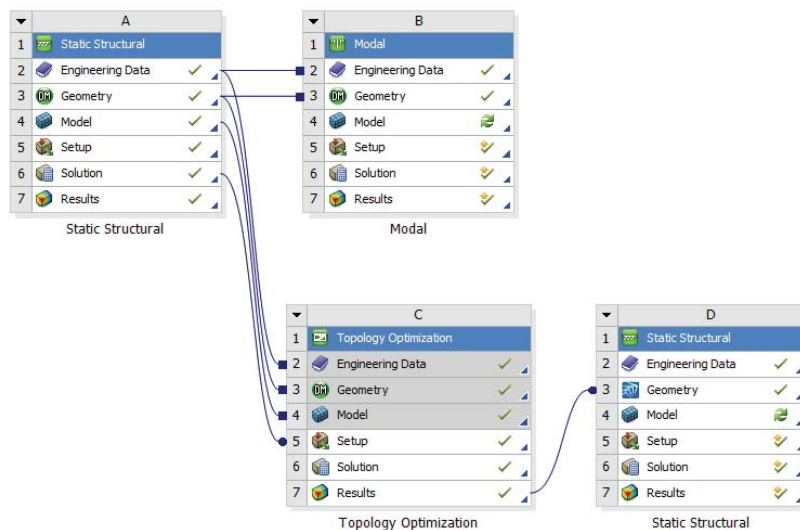


Fig. 6. Module ANSYS Workbench. Succesiunea analizelor

Geometria a fost importată în analiza statică, unde s-au calculat deformațiile totale și tensiunile echivalente inițiale, pentru structura neoptimizată.

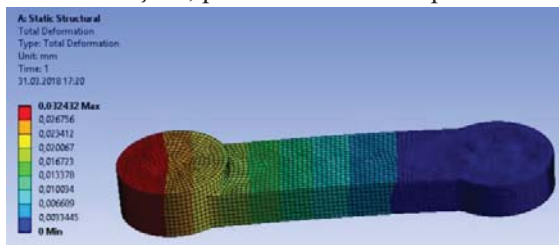


Fig. 7. Deformații totale ale modelului inițial

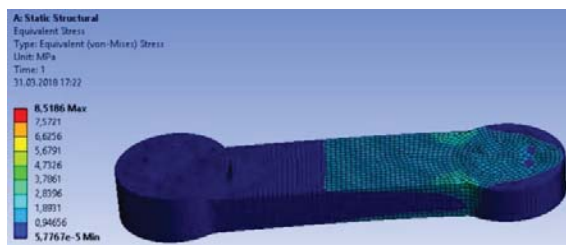


Fig. 8. Tensiuni echivalente ale modelului inițial

Se poate observa faptul că deformațiile inițiale maxime sunt de 0,032 mm, iar tensiunile de 8,5 MPa. Valorile deformațiilor inițiale nu sunt mari din punct de vedere structural, dar ele influențează precizia de poziționare a robotului. Analiza statică a fost continuată cu o analiza modală prestransă, pentru a determina modurile proprii de vibrații, frecvențele proprii și factorii de participare. Această analiză este necesară pentru verificarea rezonanțelor la frecvențele de lucru ale robotului.

Rezultatele din cele două analize au fost transferate în analiza de topologie (Topology Optimization). Aici au fost definite regiunile care urmează a fi optimizate și cele care trebuie excluse, suportul fix al structurii și punctul de aplicare și valoarea forței care solicită structura, calculată însumând masa portantă maximă a robotului cu masa ultimului segment al robotului.

4. Optimizarea topologiei

Pentru realizarea optimizării de topologie a fost folosit modulul dedicat din programul ANSYS v.18.0 [2]. În Fig. 9 sunt reprezentate condițiile în care a fost realizată optimizarea topologiei brațului.

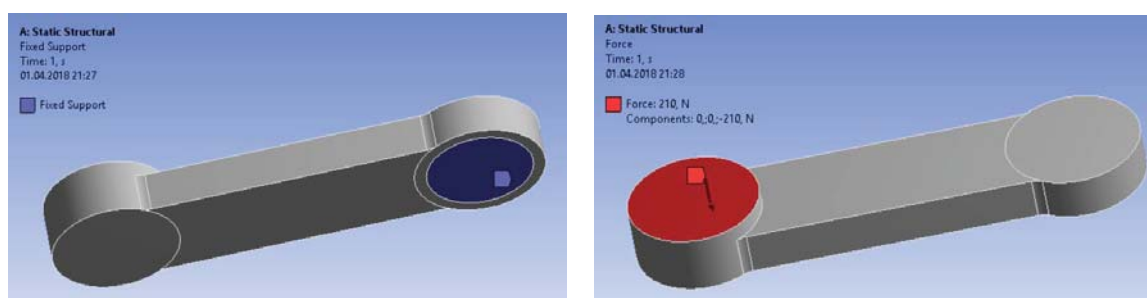


Fig. 9. Restricții și încărcări preluate din analiza statică

În Fig. 10 sunt marcate entitățile geometrice care sunt considerate în procesul de optimizare, precum și suprafețele înghețate în acest proces.

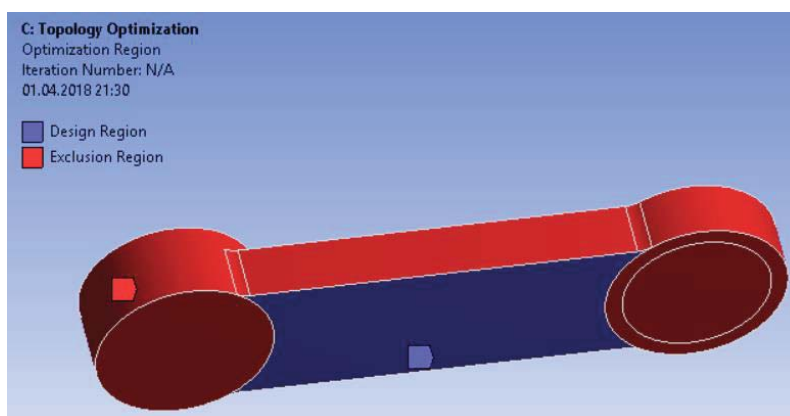


Fig. 10. Regiuni pentru optimizare definite

Ultimul pas în definirea parametrilor optimizării de topologie a fost definirea constrângerilor pentru reducerea masei și a deformațiilor totale, direcția după care se va elimina material, precum și dimensiunea minimă a segmentului robotului, parametri esențiali prin care s-a constrâns optimizarea.

Importante și deosebit de eficiente în determinarea formai constructive o constituie constrângerile de fabricație care au fost de asemenea incluse în optimizare.

Rezultatele optimizării sunt prezentate în Fig. 11. Forma discretă rezultată a fost filtrată și importată în modulul SpaceClaim pentru refacerea geometriei. Reconstruirea se face proiectând curbele obținute pe un alt plan și extrudarea acestora. In final se pot crea muchii, teșituri sau raze de racordare pentru o geometrie continuă, cu o formă realizabilă din punct de vedere tehnologic.

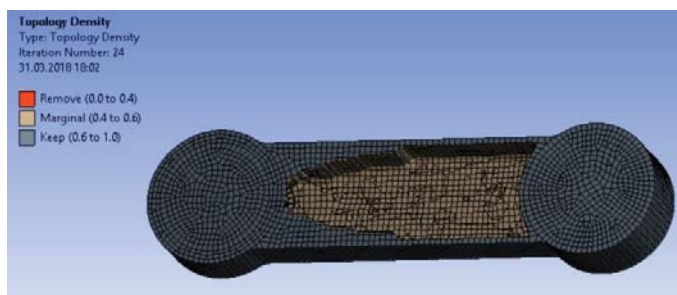


Fig. 11. Geometria obținută

Pentru a putea utiliza această geometrie în programele de modelare 3D, aceasta trebuie transferată în modulul SpaceClaim pentru recuperare. Recuperarea constă în reconstruirea geometriei proiectând curbele obținute într-o anumită secțiune pe un alt plan și extrudarea acestora (Fig. 12). De asemenea, în acest modul, se pot crea muchii, teșituri sau raze de racordare pentru a obține o geometrie continuă.

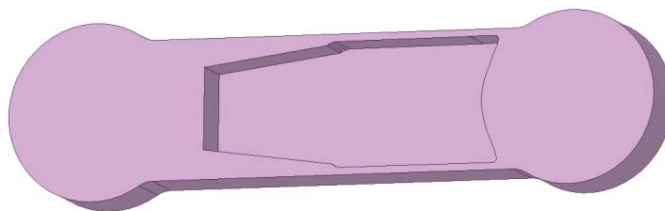


Fig. 12. Geometria recuperata in modulul SpaceClaim

Ultima etapă a fost validarea modelului obținut, prin transferarea rezultatelor din analiza de topologie într-o nouă analiză statică. Aici s-a constatat că masa segmentului a fost redusă cu cât s-a cerut prin constrângeri, iar deformațiile totale și tensiunile echivalente au fost reduse semnificativ și localizate în zone mai restrânse.

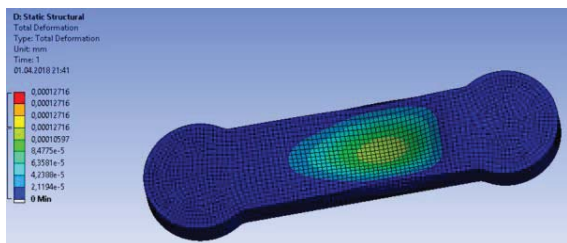


Fig. 13. Deformații totale ale modelului optimizat

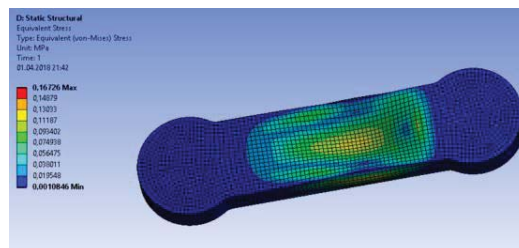


Fig. 14. Tensiuni echivalente ale modelului optimizat

5. Concluzii

În urma optimizării de topologie s-a obținut o geometrie mai simplă, cu o masă mult redusă față de modelul inițial, fapt ce va reduce valorile forțelor de inerție în timpul funcționării robotului. Totodată, prin optimizarea structurii s-au obținut și valori mult mai mici ale tensiunilor echivalente și ale deformațiilor totale, fiind inferioare ca ordin de mărime valorilor impuse de precizia de poziționare a brațului robotului.

Noutatea cercetării constă în folosirea unor capabilități noi de optimizare implementate în sistemele CAE care conduc rapid și precis la definirea unor forme constructive realizabile din punct de vedere tehnologic, în condițiile intervenției minime a utilizatorului. Prin acest studiu, etapa de refacere a formei constructive a fost redusă la câteva comenzi simple de postprocesare a rezultatelor optimizării de topologie.

Optimizarea prin simulare este o strategie nouă de proiectare. Ea începe printr-o analiză structurală, urmează apoi găsirea relației dintre performanțele cerute și parametri de proiectare. Studiul poate fi continuat prin evaluarea influenței deformațiilor elastice ale brațului robotului în punctul de lucru și compensarea acestora prin program.

Bibliografie

- [1] C. Pupăză, *Modelare CAD-FEM*, Editura POLITEHNICA PRESS, ISBN 978-606-515-519-0, București, 2013.
- [2] *** ANSYS v. 18.0 User's Manual, 2017

INTEGRAREA PLC IN PROGRAMAREA SI SIMULAREA OFFLINE A UNEI LINII DE REPARARE PALEȚI DIN LEMN UTILIZÂND PROCESS SIMULATE, TIA PORTAL ȘI PLCSIM ADVANCED

Eugen Mihai ZOSIM

Facultatea: IMST, Specializarea: Robotică, Anul de studii: Master AN II, e-mail: zosim.mihai857@gmail.com

Conducător științific: Prof. dr. ing. **Florin Adrian NICOLESCU**

REZUMAT: În această lucrare am realizat simularea și programarea unei linii de reparare a paleților din lemn, care integrează în componența ei patru celule și patru roboți industriali de tip braț articulat. În primul rând am să prezint celulele care fac parte din componența acestei linii, după care o să prezint simularea și programarea offline a aplicației.

Prototipul virtual al acestei aplicații a fost realizat în programul Siemens NX, iar simularea și programarea offline au fost realizate în programul Tecnomatix Process Simulate. Pentru a conecta simularea la un PLC, am folosit TIA Portal și PLCSIM Advanced.

CUVINTE CHEIE: Process Simulate, reparare paleți, simulare, programare offline, TIA Portal.

1. Introducere

Linia realizată face parte dintr-o aplicație de reparare a paleților din lemn, scopul ei fiind tăierea elementelor deteriorate din componenta unui palet de lemn și repararea acestora.

În această lucrare am detaliat capitolul de programare offline folosind TIA Portal, acest capitol fiind o continuare a proiectului de diploma ” Robot industrial de tip braț articulat integrat într-o celulă de reparare paleți din lemn” susținut în anul 2016, dar și a temei susținute în cadrul SCSS 2017 ”Simularea si programarea offline a unei linii de reparare paleti din lemn utilizand produsul software Process Simulate si automate programabile”.

2. Stadiul actual

Robotii folosiți în acest tip de aplicații au doar rol de manipulare al paletului, toata operația de dezmembrare realizându-se folosind mașini speciale.

În majoritatea cazurilor pentru a realiza o celulă/linie nu se realizează o programare offline a acesteia, ci doar o simulare ciclică (time based).

Etapele de simulare au fost realizate utilizând pachetul de aplicații Siemens Tecnomatix Process Simulate, fiind detaliate aspecte constructiv funcționale care guvernează relația dintre componenta fizică a celulei în concordanță cu semnalele de intrare provenite de la senzorii dispuși în mediul tehnologic și semnalele de ieșire care provin de la unitatea PLC. Mai departe s-au configurat conexiunile între Process Simulate, OPC Server și TIA Portal, urmând ca apoi să se realizăm liniile de program PLC în conformitate cu semnalele din Process Simulate.

3. Descrierea aplicației

În cadrul acestui capitol este prezentată linia de reparare a paleților, realizată într-un mediu de proiectare 3D, programul folosit fiind Siemens NX 10. Acest capitol a fost prezentat în detaliu în lucrarea ”Simularea si programarea offline a unei linii de reparare paleti din lemn utilizand produsul software Process Simulate si automate programabile” din anul 2017.

Pentru vizualizarea amplasării elementelor componente din cadrul liniei, dar și pentru înțelegerea modului de lucru, în figura 1 este prezentată linia.

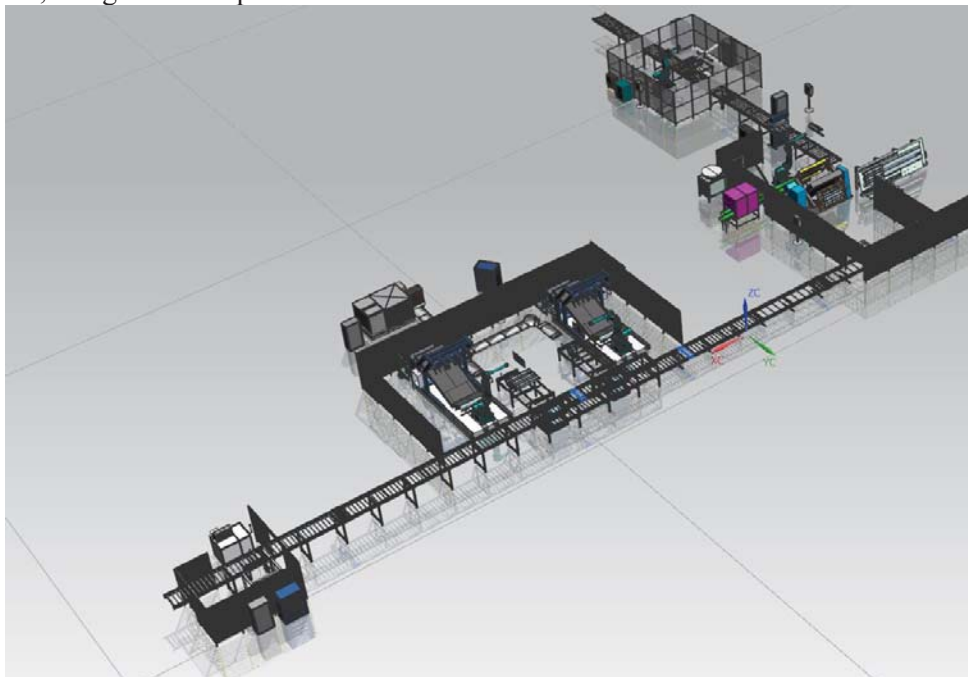


Fig. 1. Vederea izometrică a liniei

4. Specificul simulării

Proiectarea subsistemelor componente ale celulei s-a realizat în programul de modelare NX 10 , acestea fiind salvate în format special (.jt) pentru a fi importate într-un soft specializat pentru simularea și programarea offline a celulelor robotizate, și anume Process Simulate.

Process Simulate este un soft folosit pentru design-ul și simularea celulelor robotizate. În Process Simulate, simularea procesului se realizează cronologic sau pe baza de semnale digitale. Process Simulate este un design workcell și instrument de simulare care permite dezvoltarea, simularea, optimizarea, validarea și programarea offline a multiplelor dispozitive de robotică și procesele automate de fabricație. Aceste machete de celule de fabricație și sistemele de producție complete, într-un mediu 3D oferă o platformă pentru optimizarea proceselor și calculul ciclurilor de-a lungul diferitelor etape ale timpilor de dezvoltare, de la concept până la implementare.

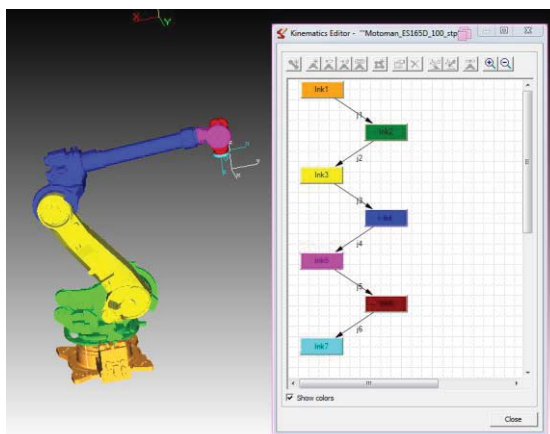


Fig. 2. Schema cinematică a robotului

5. Specificul programării

Robotul este echipat cu un efector dedicat de manipulare paleți din lemn. La definirea acestuia am stabilit punctul caracteristic între bacurile de prindere. Tot pentru efector am stabilit și pozițiile de închis și deschis pentru preluarea paletului.

Definirea traiectoriilor prin care robotul urmează să treacă cu punctul caracteristic de pe efector, este cea mai importantă etapă. Pentru a prelua paletul, robotul trebuie să coboare, apoi să manipuleze paletul până la mașina de dezmembrat. După efectuarea tuturor operațiilor de către mașina de dezmembrat, robotul depune paletul pe un conveyor, după care se întoarce pentru a prelua următorul palet de pe conveyor.

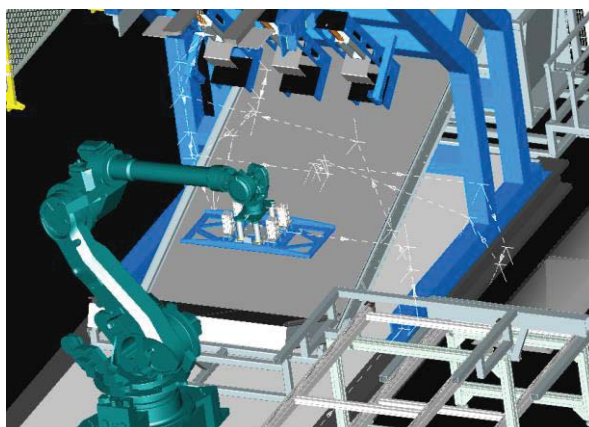


Fig. 3. Definirea traiectoriilor

Programul Process Simulate este capabil să realizeze și o simulare a modului în care un controller programabil logic controlează întreaga operație din cadrul unei celule realizate, în cazul de față toate componentele celulei prezentate sunt controlate prin intermediul semnalelor.

6. Programarea offline folosind TIA Portal

Pentru a realiza conexiunea dintre Process Simulate și TIA Portal, am început prin exportul de semnale de tip input și output din Process Simulate în Excel, după care aceste semnale au fost importate în TIA Portal v14.

hold_pallet_insp	☐	BOOL	0.1	I0.1	☒		
hold_pallet_taiere_1	☐	BOOL	0.2	I0.2	☒		
2_Celula_de_taiere_mtp_celula_taiere_lift_upper_1_down	☒	BOOL	0.1	Q0.1	☒		2_Celula_de_taiere
Celula_de_taiere_at_lift_upper_1_down	☐	BOOL	0.3	I0.3	☒		2_Celula_de_taiere
2_Celula_de_taiere_mtp_celula_taiere_lift_upper_1_up	☒	BOOL	0.2	Q0.2	☒		2_Celula_de_taiere
Celula_de_taiere_at_lift_upper_1_up	☐	BOOL	0.4	I0.4	☒		2_Celula_de_taiere
2_Celula_de_taiere_mtp_celula_taiere_centrare_opened	☒	BOOL	0.3	Q0.3	☒		2_Celula_de_taiere
Celula_de_taiere_at_centrare_opened	☐	BOOL	0.5	I0.5	☒		2_Celula_de_taiere
2_Celula_de_taiere_mtp_celula_taiere_centrare_closed	☒	BOOL	0.4	Q0.4	☒		2_Celula_de_taiere
Celula_de_taiere_at_centrare_closed	☐	BOOL	0.6	I0.6	☒		2_Celula_de_taiere
2_Celula_de_taiere_mtp_celula_taiere_centrare_intermediar	☒	BOOL	0.5	Q0.5	☒		2_Celula_de_taiere
Celula_de_taiere_at_centrare_intermediar	☐	BOOL	0.7	I0.7	☒		2_Celula_de_taiere
2_Celula_de_taiere_mtp_celula_taiere_depunere_down	☒	BOOL	0.6	Q0.6	☒		2_Celula_de_taiere
Celula_de_taiere_at_depunere_down	☐	BOOL	1.0	I1.0	☒		2_Celula_de_taiere
2_Celula_de_taiere_mtp_celula_taiere_depunere_up	☒	BOOL	0.7	Q0.7	☒		2_Celula_de_taiere
Celula_de_taiere_at_depunere_up	☐	BOOL	1.1	I1.1	☒		2_Celula_de_taiere
2_Celula_de_taiere_mtp_celula_taiere_lift_lower_up	☒	BOOL	1.0	Q1.0	☒		2_Celula_de_taiere
Celula_de_taiere_at_lift_lower_up	☐	BOOL	1.2	I1.2	☒		2_Celula_de_taiere
2_Celula_de_taiere_mtp_celula_taiere_lift_lower_down	☒	BOOL	1.1	Q1.1	☒		2_Celula_de_taiere
Celula_de_taiere_at_lift_lower_down	☐	BOOL	1.3	I1.3	☒		2_Celula_de_taiere

Fig. 4. Semnale în Process Simulate

Integrarea PLC in programarea si simularea offline a unei linii de reparare paleți din lemn utilizând Process Simulate TIA portal și PLCSIM Advanced

3		hold_pallet_insp	Default tag table	Bool	%I0.1	☐	☒	☒	☒
4		hold_pallet_taiere_1	Default tag table	Bool	%I0.2	☐	☒	☒	☒
5		Celula_de_taiere_at_lift_upper_.	Default tag table	Bool	%I0.3	☐	☒	☒	☒
6		Celula_de_taiere_at_lift_upper_.	Default tag table	Bool	%I0.4	☐	☒	☒	☒
7		Celula_de_taiere_at_centrare_o.	Default tag table	Bool	%I0.5	☐	☒	☒	☒
8		Celula_de_taiere_at_centrare_c.	Default tag table	Bool	%I0.6	☐	☒	☒	☒
9		Celula_de_taiere_at_centrare_i.	Default tag table	Bool	%I0.7	☐	☒	☒	☒
10		Celula_de_taiere_at_depunere_.	Default tag table	Bool	%I1.0	☐	☒	☒	☒
11		Celula_de_taiere_at_depunere_.	Default tag table	Bool	%I1.1	☐	☒	☒	☒
12		Celula_de_taiere_at_lift_lower_.	Default tag table	Bool	%I1.2	☐	☒	☒	☒
13		Celula_de_taiere_at_lift_lower_.	Default tag table	Bool	%I1.3	☐	☒	☒	☒

Fig. 5. Semnale în TIA Portal

Pentru a creea secvențe de program în TIA Portal am mapat semnalele introduse din Process Simulate pe blocurile de program.

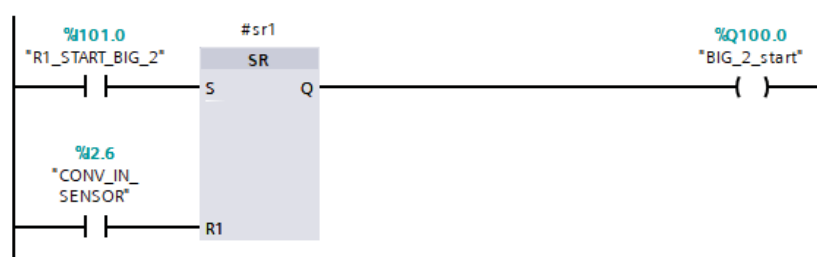


Fig. 6. Object flow

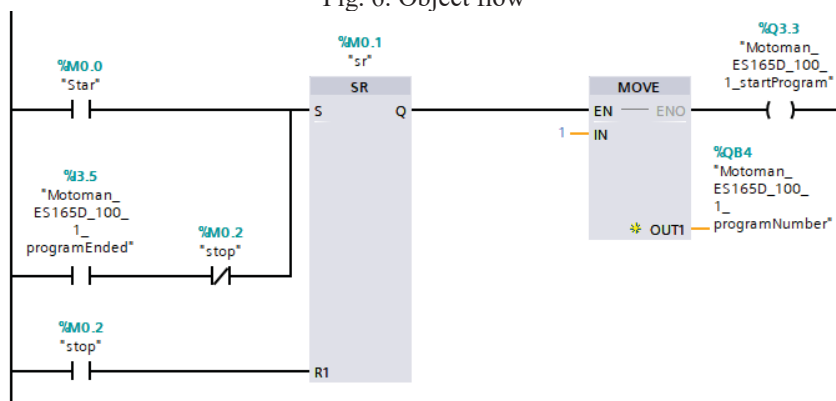


Fig. 7. Secvență de start pentru robot

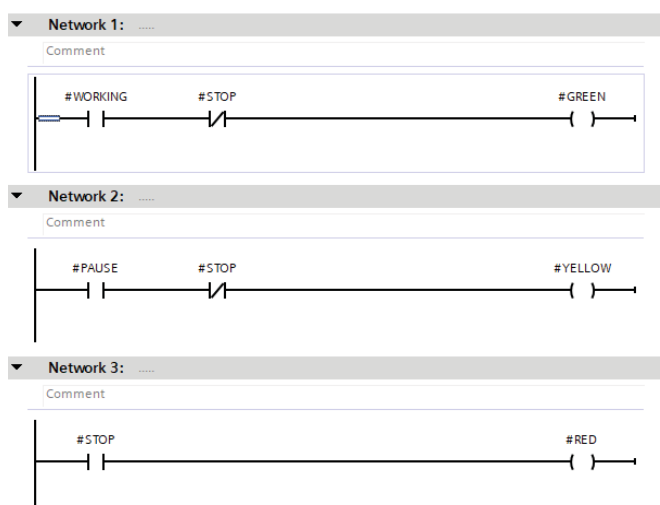


Fig. 8. Bloc de program pentru semafor

SAFETY

În această parte de program este prezentată partea de siguranță (safety), ce au ca obiect prevenirea defecțiunilor și reducerea timpului de detecție a acestora. Procedurile de safety au folosit atât pentru roboți, cât și pentru celelalte echipamente de pe linie.

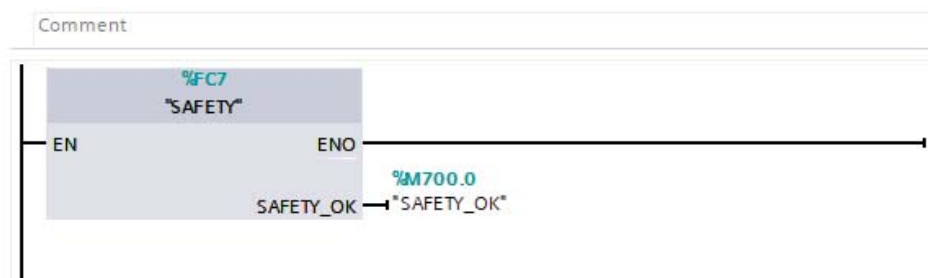


Fig. 9. Bloc de program MAIN pentru verificare SAFETY

În figura 9 este prezentat blocul de program MAIN care verifică starea de SAFETY folosind următoarele blocuri:



Fig. 10. Bloc de program SAFETY

În figura 10 sunt verificate stările la care se află componentele de siguranță.

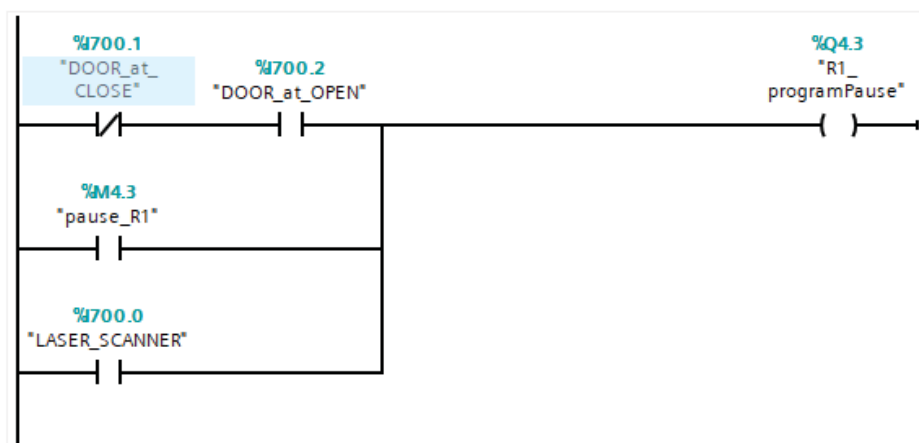


Fig. 11. Bloc de program SAFETY Robot 1

În figura 11 sunt verificate stările in care se află componentele de siguranță, dar și robotul 1.

PROGRAM MAIN

În figura 12 este prezentată schema de start pentru conveyorul principal.

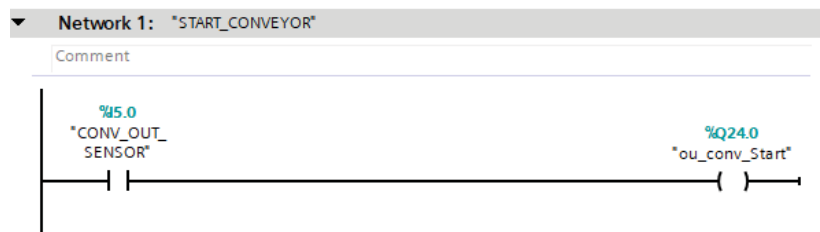


Fig. 12. Start conveyor

Pentru pornirea roboților este necesară realizarea unei secvențe de schimburi de semnale. În primul rând, robotul are nevoie de un număr de program asociat operațiilor încărcate în controller, robotul trimite înapoi numărul pe care îl primește, pentru a putea verifica dacă nu au apărut interferențe pe calea de transmitere a semnalului. După ce se face această verificare, se poate trimite semnalul de comandă pentru START.

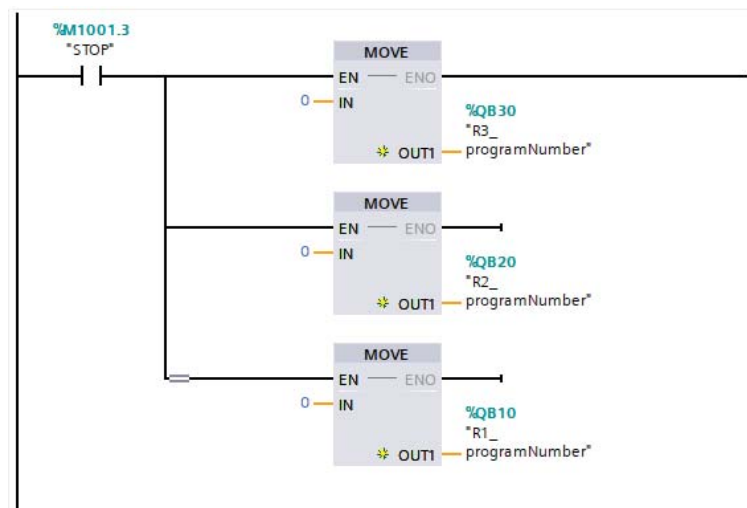


Fig. 13. Stop roboți

Prin activarea STOP-ului, roboții intră într-un proces de oprire de tip „soft”, el își termină programul în curs de executare și nu va reîncepe un program nou. Toți roboții folosesc aceleași semnale pentru oprire și pornire.

STAȚIA DE INSPECȚIE

În figura 14 este prezentat blocul de program care verifică starea de SAFETY pentru stația de inspecție:

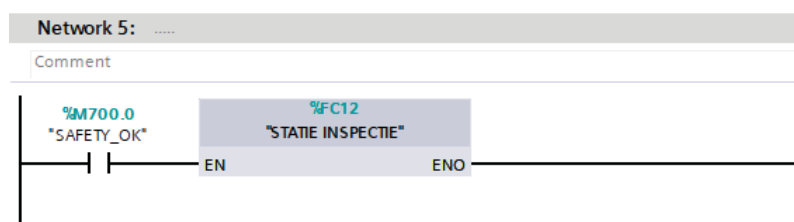


Fig. 14. SAFETY pentru stația de inspecție

În figurile de mai jos sunt prezentate schemele de acționare pentru câteva din componentele stației de inspecție. Când senzorul I6.0 detectează paletul, acesta trimite comanda de închidere pentru Q8.5 – stop gate-ul stației de inspecție.

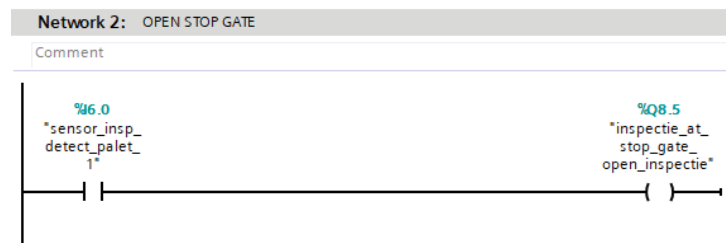


Fig. 15. Deschidere stop gate

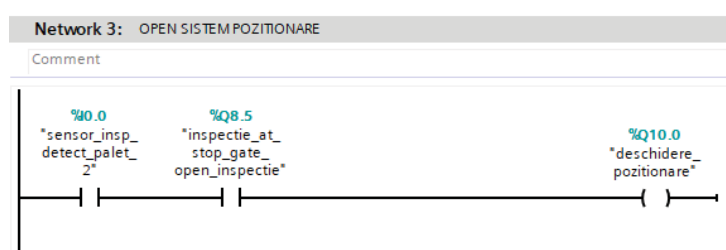


Fig. 16. Deschidere sistem de poziționare

În figura 17 sunt comandate toate închiderile pentru componentele stației de inspecție.

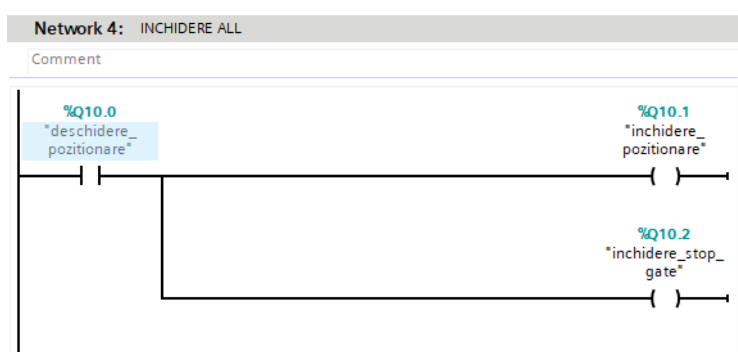


Fig. 17. Închidere pentru toate echipamentele

CELULA DE DEZMEMBRARE

Atunci când semnalul "sensor_insp_detect_palet_3" este activat, stop gate-ul de pe conveyor se închide și oprește piesa deasupra sistemului de transfer.

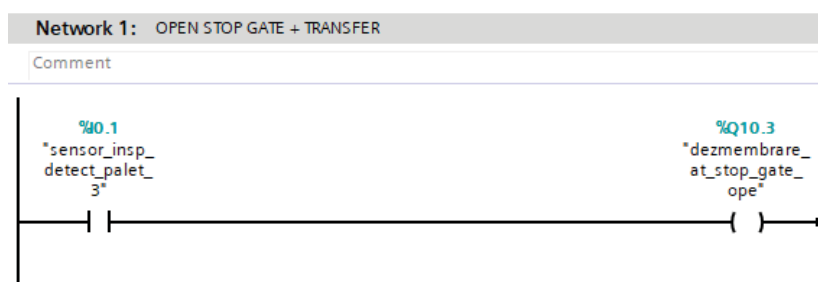


Fig. 18. Deschidere stop gate

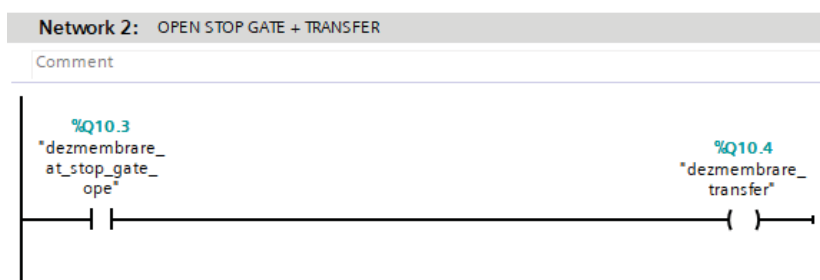


Fig. 19. Transfer între conveyoare

Pentru pornirea conveyorului cu lanț transversal este nevoie de activarea semnalului "dezmembrare_transfer".

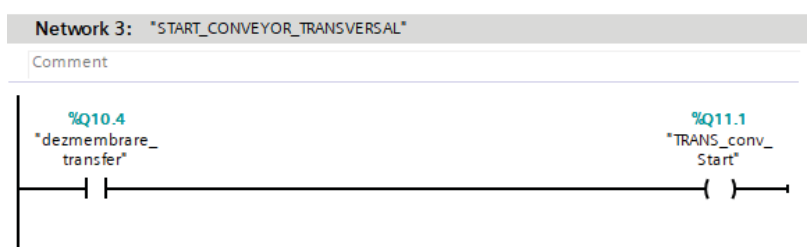


Fig. 20. Start conveyor transversal

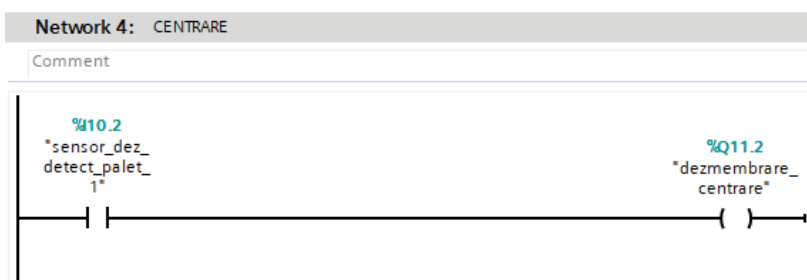


Fig. 21. Centrare palet

Pentru a începe ciclul de manipulare a piesei, robotul are nevoie de confirmare care este livrată prin intermediul semnalului „CLEAR_TO_PICK_R1”. Acest semnal se activează în momentul în care senzorul „dezmembrare_centrare” este activat de către prezența piesei, dar și de semnalul „R1_REQUEST_CLEAR” trimis de robot în momentul în care ajunge în poziția de preluare.

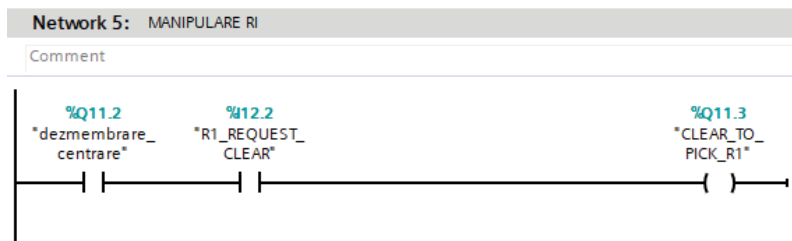


Fig. 22. Start program robot 1

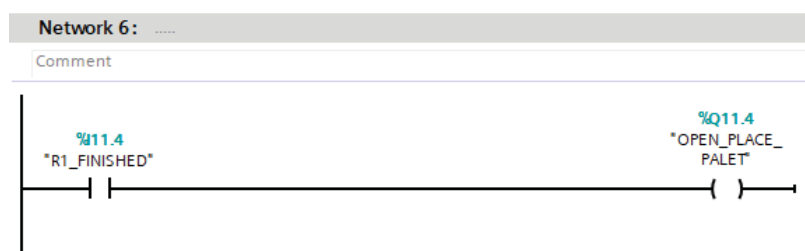


Fig. 23. Depunere palet

În primă instanță am realizat configurația în TIA Portal astfel încât proiectul să funcționeze atât în mediul real, cât și în cel emulat.



Fig. 24. Configurația PLC din TIA Portal

Componentele folosite sunt:

1. Sursă de alimentare 70W (cod Siemens: 6EP1332-4BA00);
2. Procesor S7-1511-1 PN (cod Siemens: 6ES7 511-1AK01-0AB0);
3. Modul Intrări Digitale 16x24VDC HF (cod Siemens: 6ES7 521-1BH00-0AB0);
4. Modul Ieșiri Digirale 16x24VDC/0.5A (cod Siemens: 6ES7 522-1BH01-0AB0);

Codul PLC a fost scris în TIA Portal V14 SP1, iar limbajul de programare folosit este Ladder. Logica Ladder este o modalitate foarte simplă de a programa procesele de producție, ea bazându-se pe logica controlului cu relee, fiind folosit la scală largă și în prezent.

Pentru a valida codul PLC într-o simulare bazată pe evenimente este necesară simularea și tranziția lină dintre mediul virtual și cel fizic.

Pe lângă validarea mediului tehnologic, a traiectoriilor robot și a timpului de ciclu, Process Simulate permite conectarea simulării la PLC-ul emulat și la alte unități hardware externe (butoane de Emergency Stop, barieră luminoasă, semafor), rezultatul fiind o confirmare a funcționării corecte atât a componentelor mecanice cât și a celor electrice și de control.

Integrarea PLC in programarea si simularea offline a unei linii de reparare paleți din lemn utilizând Process Simulate TIA portal și PLCSIM Advanced

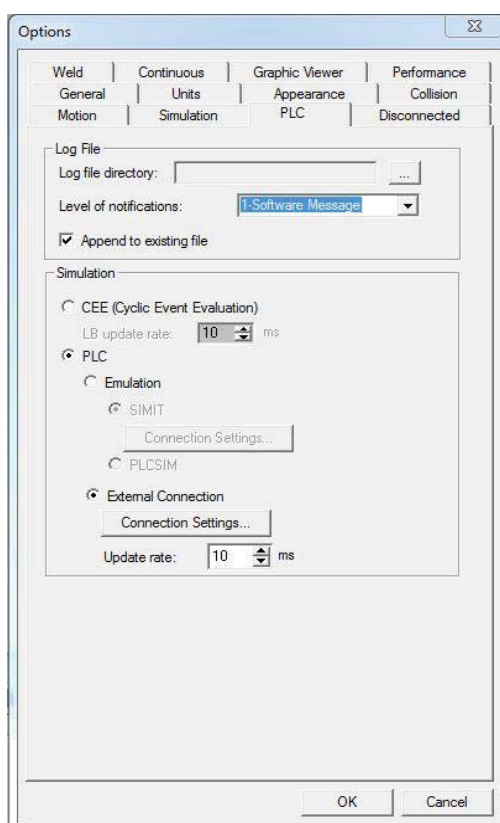


Fig. 25. Conectarea la OPC server

Integrarea simulării cu programul PLC printr-o interfață OPC, necesită următoarele etape:

1. Definirea și mapare de semnale pentru stabilirea comunicării PLC – echipamente;
2. Creare de blocuri logice pentru elementele automatizate ale mediului tehnologic și roboți;
3. Verificarea corectitudinii mapării semnalelor în PLC;
4. Creare de senzori fotoelectrici, de proximitate și de recunoastere ;
5. Validarea logicii programului PLC;
6. Validarea sistemului de siguranță prin conectarea hardware-ului extern;

Process Simulate poate folosi emulator PLC, ce cuprinde platforma SIMIT si PLCSIM. PLCSIM se conectează direct la interfața Process Simulate, acesta se comportă ca un client de OPC. TIA Portal nu poate face diferența dintre un PLC real și cel emulat.

Pentru a conecta PLC-ul la Process Simulate este necesară parcurgerea următoarelor etape:

1. Instalarea TIA Portal;
2. Conexiunea PLC la TIA Portal;
3. Instalarea de OPC Server;
4. Crearea conexiunii PLC la OPC Server;
5. Crearea conexiunii OPC la Process Simulate;
6. Definirea și maparea semnalelor conectate la PLC în Process Simulate;

Integrarea PLC in programarea si simularea offline a unei linii de reparare paleți din lemn utilizând Process Simulate TIA portal și PLCSIM Advanced

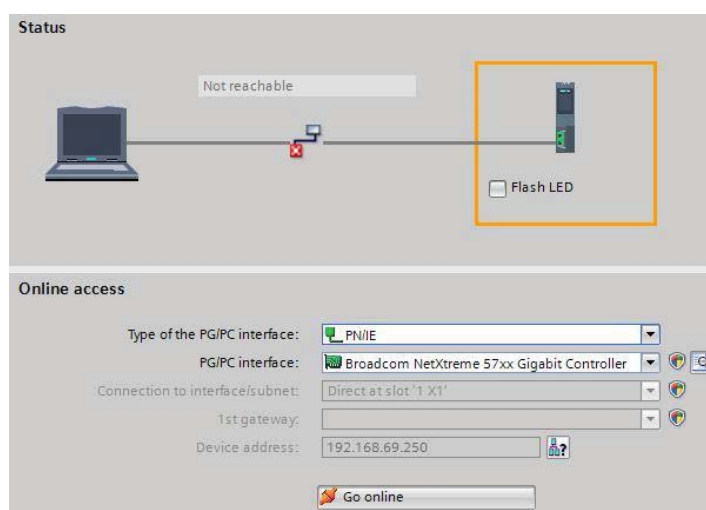


Fig. 26. Conectarea la TIA Portal

În cazul în care semnalele din PLC se schimbă trebuie să reconfigurăm configurația PLC-ului cu OPC server. Conexiunea PLC-ului Siemens S7-1500 la TIA Portal este posibilă prin protocolul PROFINET cu interfață Ethernet și adresa PLC-ului (192.168.69.250).

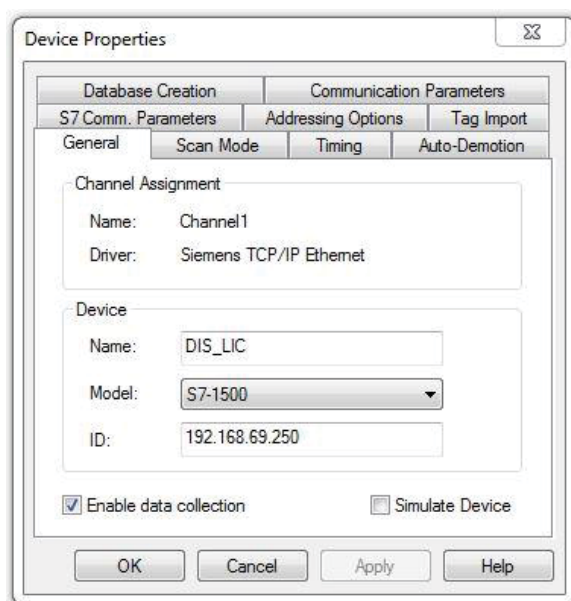


Fig. 27. Conexiunea dintre PLC și OPC Server

Conexiunea PLC la OPC Server se realizează cu următorii pași:

1. Crearea unui canal (Channel 1) cu tipul de interfață – Ethernet;
2. Selectarea modelului PLC și adresa;

Semnalele mapate în Process Simulate trebuie să aibă aceeași adresă cu cele mapate în OPC Server și TIA portal.

După ce liniile de comandă au fost definite, legăturile dintre variabile au fost verificate, în Process Simulate, OPC Server și TIA Portal se poate porni simularea întregii linii robotizate. Toate semnalele au fost convertite în PLC tags și OPC tags, prin urmare ele se comandă din TIA Portal, nu din Process Simulate.

7. Concluzii

Abilitățile programului Process Simulate permit un control avansat pentru tot procesul.
Se pot folosi diferite metode de programare.
Codul PLC se poate verifica virtual.

Principalele avantaje pentru realizarea unui proiect de Virtual Commissioning sunt:

1. Reducerea timpului de instalare cu 30%. După validarea tuturor programelor PLC, timpul alocat pentru depanare și remedierea erorilor este redus considerabil.
2. Reducerea timpului de schimbare cu detectarea precoce și comunicarea problemelor legate de designul produsului.
3. Reducerea numărului de prototipuri fizice cu validare virtuală în prealabil.
4. Optimizarea timpilor de ciclu prin simularea bazată pe evenimente.
5. Minimizarea riscurilor de producție prin simularea de fabricație.
6. Validarea proceselor de producție integrate mecanic și electric.

8. Bibliografie

- [1]. Nicolescu, A. – Implementarea Roboților Industriali în Sistemele de Producție, note de curs si metodologii de proiectare, UPB, 2016.
- [2]. Nicolescu, A. – “Concepția si Exploatarea Sistemelor de Producție Robotizate, note de curs si metodologii de proiectare”, UPB, 2013
- [3]. Nicolescu, A., Marinescu D., Ivan M., Avram C., – “Concepția si Exploatarea Sistemelor de Producție Robotizate” – Vol. I, Ed. Politehnica Press, 2011, ISBN 978 – 606 – 515 – 339 – 4, ISBN 978 – 606 – 515 – 340 – 0
- [4]. Zosim, M. – ” Proiect de Diploma - Robot industrial de tip braț articulat integrat într-o celulă de reparare paleți din lemn”, 2016.
- [5]. Zosim, M. – ”Simularea si programarea offline a unei linii de reparare paleti din lemn utilizand produsul software Process Simulate si automate programabile”, 2017.
- [6]. Patent Yaskawa US2013255077A1, 2013.
- [7]. Patent CHEP US20140131414, 2014.
- [8]. Patent CHEP US7765668, 2010.
- [9]. Patent Jointec EP2639008A1, 2013.
- [10]. Motoman – film de prezentare al aplicației:
<https://www.youtube.com/watch?v=ap1hRdUFanE>
- [11]. Complete Pallet Repair Line - Adresa: <https://www.youtube.com/watch?v=vwTPzHJ6ugI>

PROGRAMAREA SI SIMULAREA OFF-LINE A UNEI CELULE ROBOTIZATE DE SUDARE CU ARC ELECTRIC PE BAZA DE SEMNALE FURNIZATE DE CATRE SENZORII INTEGRATI IN APLICATIE UTILIZAND PRODUSUL SOFTWARE PROCESS SIMULATE

Bogdan-Marian VERDETE

¹Facultatea:IMST, Specializarea:ROBOTICA, Anul de studii:6, e-mail:verdetebogdan.@yahoo.com

Conducător științific: Prof. dr. ing. NICOLESCU Florin-Adrian

REZUMAT: În cadrul lucrării se face o prezentare a pașilor care trebuie parcurși pentru programarea și simularea off-line în mediul de lucru Process- Simulate a unei celule robotizate de sudare cu arc electric repere de dimensiuni medii – mari pe baza de semnale. În fundamentarea temei s-a pornit de la un film de prezentare a unui sistem real (existent), produs de către firma IGM Austria. Într-o prima etapă au fost identificate principalele componente ale aplicației și s-au evaluat caracteristicile constructiv-funcționale de bază ale acestora. Ulterior s-a trecut la sinteza CAD 3D a întregii aplicații iar în faza finală s-a procedat la dezvoltarea program de funcționare a aplicației virtuale (conform cu cel al aplicației reale existente) în mediul de lucru pentru programare-simulare off-line Process Simulate.

CUVINTE CHEIE: senzori, semnale, programare-simulare off-line.

1. Introducere

Prezenta lucrare, pleacă de la o bază care se regăsește într-o lucrare cu același nume, susținută la sesiunea Științifică Studențească din 12-13 mai 2017, lucrare în care atunci, s-au realizat anterior: o prezentare a elementelor componente ale celulei și cum s-au introdus acestea în mediul de lucru Tecnomaticx Process Simulate 10, cum s-a realizat cinematica elementelor componente, programarea robotilor, definirea traiectoriilor pe care robotii trebuie să le execute. Având deja acele lucruri de bază (fără de care nu se putea merge mai departe), ele au fost importate într-o versiune ulterioară de software (Tecnomaticx Process Simulate 12), realizându-se astfel o simulare bazată pe semnale. În continuare vom detalia pas cu pas cum s-a realizat acest lucru.

2. Categoriile de senzori și semnale folosite, definirea semnalelor

Sunt necesare semnalele deoarece avem câteva particularități în aplicație (ex: mișcările robotilor, schimbul de efectori) care le interconectează între ele, dar nu numai atât, definirea de semnale având câteva avantaje majore. Ca de exemplu, acesta aplicație poate să fie realizată offline și secvențial, adică fiecare mișcare să înceapă imediat după ce se termină cea anterioară nu mai înainte. Ei bine, avantajul major al definirii semnalelor îl reprezintă faptul că aplicația nu mai depinde de o anumită ordine sau succesiune a mișcărilor care trebuie realizate ci de experiența operatorului care definește aplicația, iar un alt mare avantaj îl reprezintă faptul că se pot executa mai multe mișcări simultan, astfel reducându-se timpii de lucru.

Această formulare “Definirea semnalelor” este destul de generală întrucât: pentru a putea sincroniza mișcările sau traiectoriile aplicației, pentru a putea efectua mișcări ale robotilor respectiv a sistemelor perirobotice în același timp, (astfel crescând riscul apariției coliziunilor între ele), dar între ele neexistând coliziuni, înseamnă că acesta “definire” reprezintă de fapt o folosire sau definire a unor senzori corespunzători emiterii acestor semnale, în asociere cu o definire de blocuri logice etc.

Programarea si simularea off-line a unei celule robotizate de sudare cu arc electric pe baza de semnale furnizate de catre senzorii integrati in aplicatie utilizand produsul software Process Simulate

Panoul complet de operare al aplicatiei este acea parte din interfata softului care are mai multe roluri printre care: de a fi un mic breviar pentru operator a ceea ce inseamna semnale , senzori si butoane definite; cel mai rapid instrument de a verifica daca partea de semnale functioneaza corespunzator etc

Acesta se poate observa in figura 9 . O parte mai detaliata a acestor semnale poate fi vizualizata in figura 10. Totodata in figura 10 se mai pot observa si tipurile de semnale folosite (Key Signal, Resource Input Signal, Resource Output Signal), care la rândul lor pot fi de tip Boolean sau Byte.

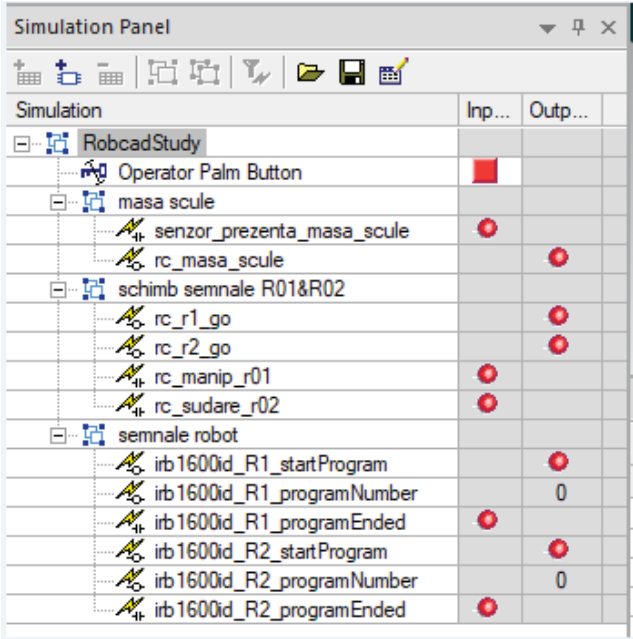


Fig. 9.Panoul de operare al aplicatiei

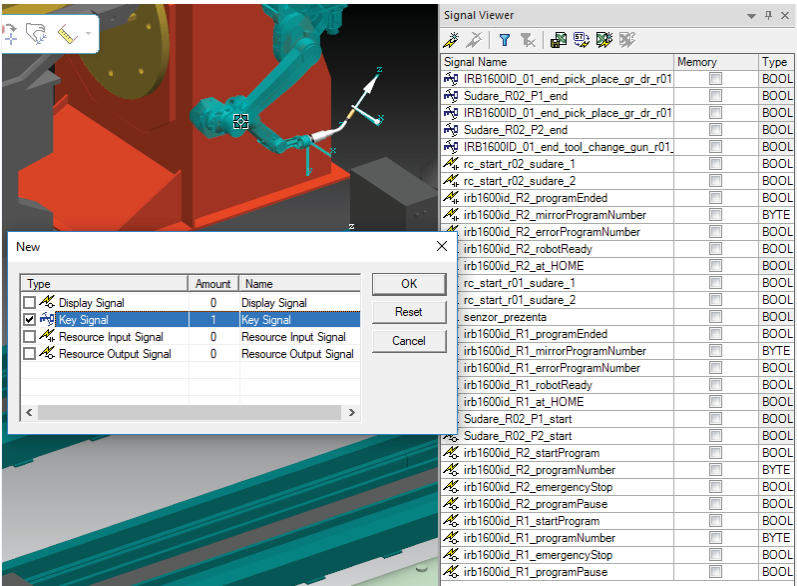


Fig. 10.Panoul de semnale

Programarea si simularea off-line a unei celule robotizate de sudare cu arc electric pe baza de semnale furnizate de catre senzorii integrati in aplicatie utilizand produsul software Process Simulate

Ca o sinteză a ceea ce s-a facut, până s-a ajuns la o solutie ca cea din figurile 9 și 10, se pot exemplifica pasii majori parcursi prin imaginile de mai jos. Succint, după ce s-a definitivat cinematica mecanismelor, după ce s-au creat creat traiectoriile, se trece la Crearea Programelor de Roboți. Comanda se apeleaza din meniul conform figurii 11.



Fig. 11.Creare programe roboti

Odata create aceste programe de roboti , urmatorul pas il reprezinta asocierea traiectoriilor (create anterior) la aceste programe (figura 12) , iar ulterior programele trebuiesc activate .

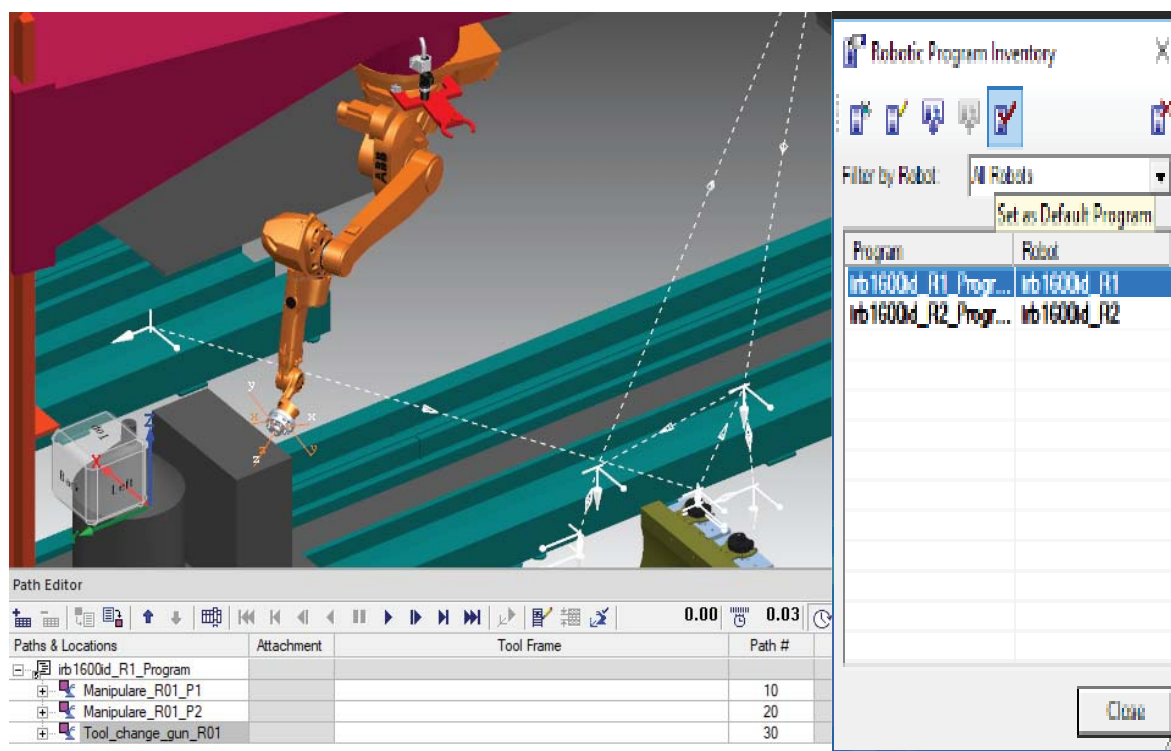


Fig. 12.Asocierea traiectoriilor la programele RI si activarea lor

Programarea si simularea off-line a unei celule robotizate de sudare cu arc electric pe baza de semnale furnizate de catre senzorii integrati in aplicatie utilizand produsul software Process Simulate

După ce s-au creat si s-au asociat traseele la traiectorii și respectiv s-au activat aceste programe pentru roboti se trece la crearea semnalelor de intrare și de iesire pentru roboți. Comanda pentru crearea semnalelor de roboți (fig.13) și cum se definesc semnale de intrare (fig.14) respectiv semnalele de ieșire (fig.15) se pot observa în figurile de mai jos.

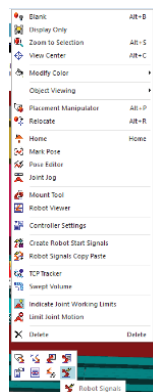


Fig. 13.Creare semnale roboti

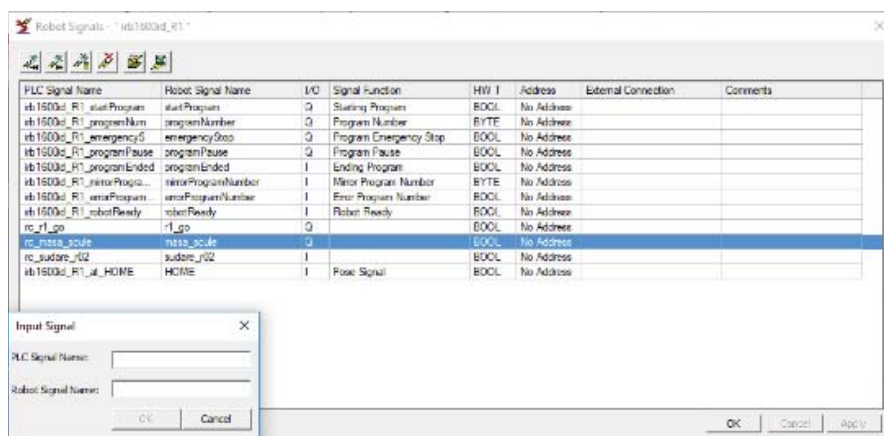


Fig. 14.Definire semnale Input

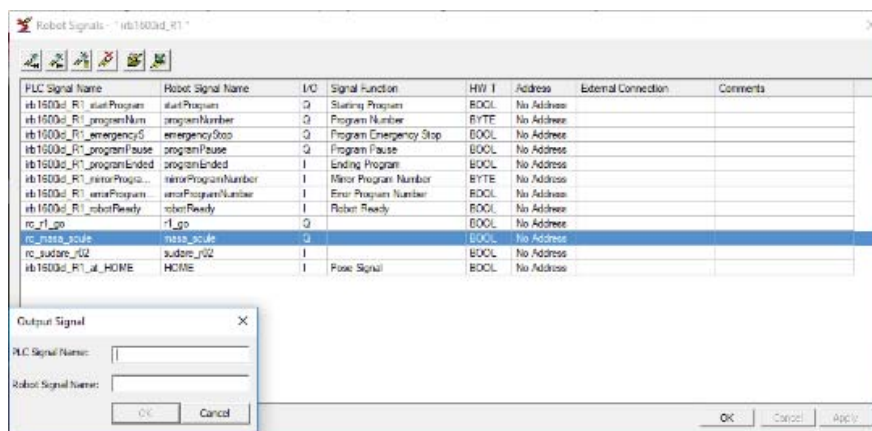


Fig. 15.Definire semnale Output

Programarea si simularea off-line a unei celule robotizate de sudare cu arc electric pe baza de semnale furnizate de catre senzorii integrati in aplicatie utilizand produsul software Process Simulate

La sfarsit se mai creează o comanda astfel încat să apeleze comenzile anterioare (fig.16). Fara aceasta comanda nu ar exista o conexiune intre semnale.

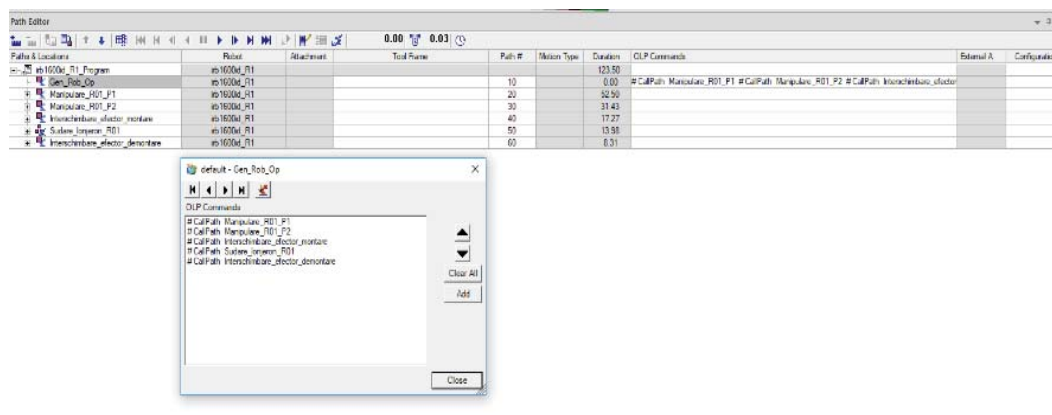


Fig. 15.Apelare semnale

Din panoul de operare al aplicației mai fac parte Semnalul pentru operator care este un semnal de tip Boolean, adică are 2 funcții (închis și deschis) și poate fi definit ca un buton pe care operatorul uman îl acționează pentru a porni respectiv a opri procesul, și un Senzor pentru prezența masă scule. Senzorul pentru prezență masă scule este un senzor capacitiv care detectează prezența mesei cu efectori și piese în zona de lucru.Definirea acestora se fac ca în figurile 16 si 17.

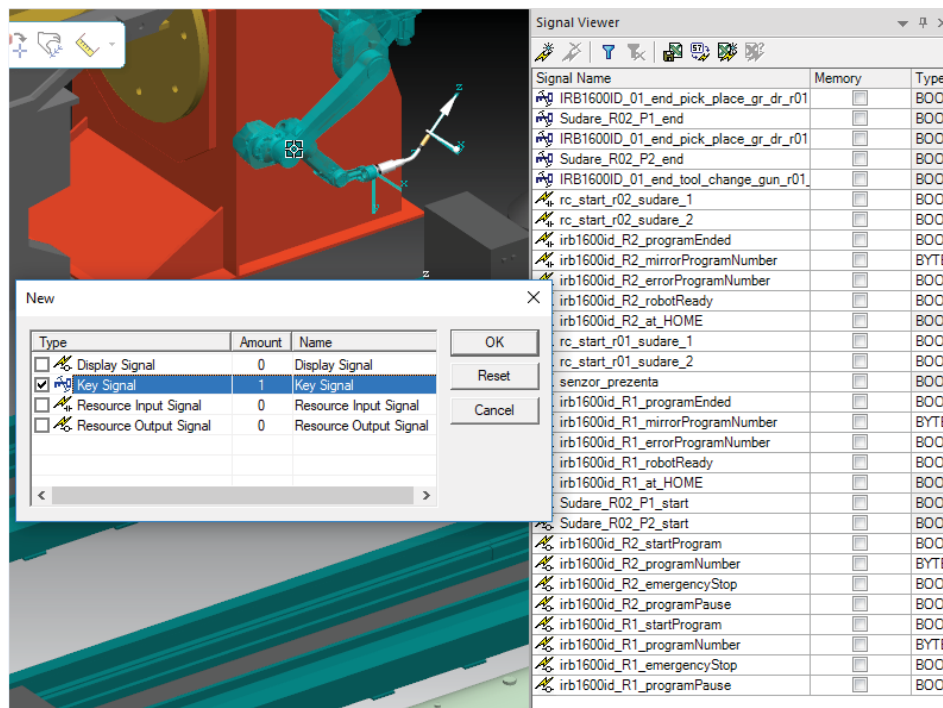


Fig. 16. Definire semnal operator

Programarea si simularea off-line a unei celule robotizate de sudare cu arc electric pe baza de semnale furnizate de catre senzorii integrati in aplicatie utilizand produsul software Process Simulate

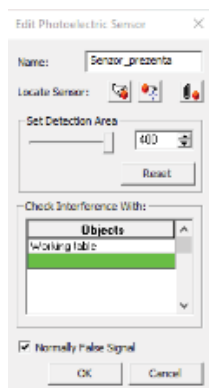


Fig. 17. Definire sensor prezenta masa

După ce s-au creat toate semnalele, respectiv programele de roboți, acestea se introduc în blocuri logice. Într-un bloc logic trebuie declarate intrările respectiv ieșirile. Pentru acesta aplicație au fost create: un bloc logic pentru pornire programe roboți și un bloc logic pentru schimb de semnale de roboți. Pentru primul bloc logic intrările si ieșirile pot fi observate în figurile 18 si 19. Grafic arată ca în figura 20.

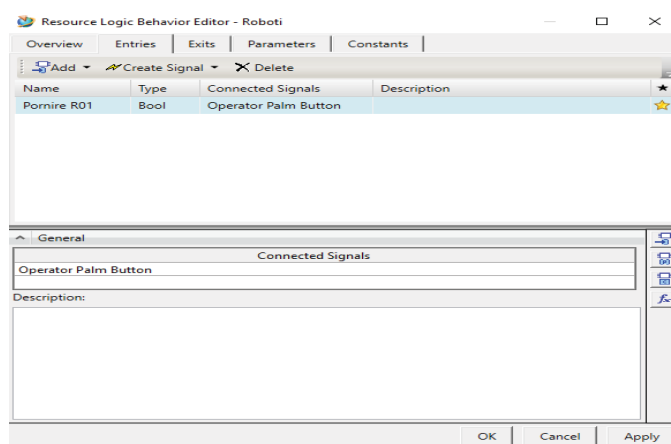


Fig. 18. Definire intrari bloc logic

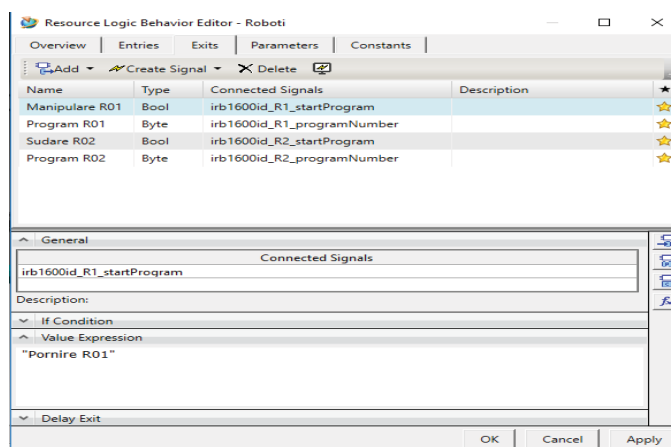


Fig. 19. Definire iesiri bloc logic

Programarea si simularea off-line a unei celule robotizate de sudare cu arc electric pe baza de semnale furnizate de catre senzorii integrati in aplicatie utilizand produsul software Process Simulate

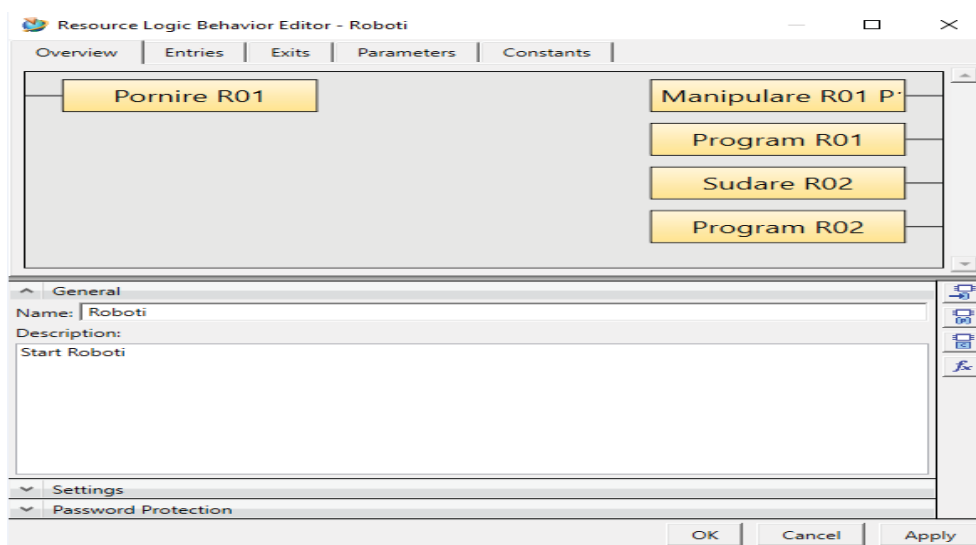


Fig. 20.Bloc logic pornire programe roboti

Asemnator se face si pentru cel de-al doilea bloc logic. Grafic arata ca in figura 21.

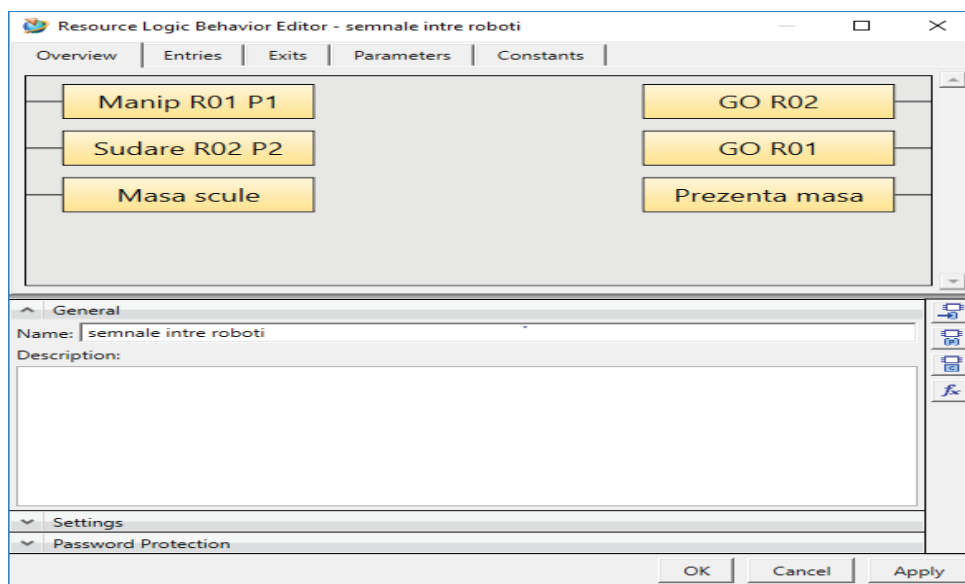


Fig. 20.Bloc logic schimb de semnale

În aplicația noastră, observabil în interfața Process Simulate este doar panoul de operare din cele discutate anterior. Inițial el arată ca în figura 21, adică neactivat. Pentru a putea începe aplicația trebuie apăsat pe butonul de "Operator palm Button".

Programarea si simularea off-line a unei celule robotizate de sudare cu arc electric pe baza de semnale furnizate de catre senzorii integrati in aplicatie utilizand produsul software Process Simulate

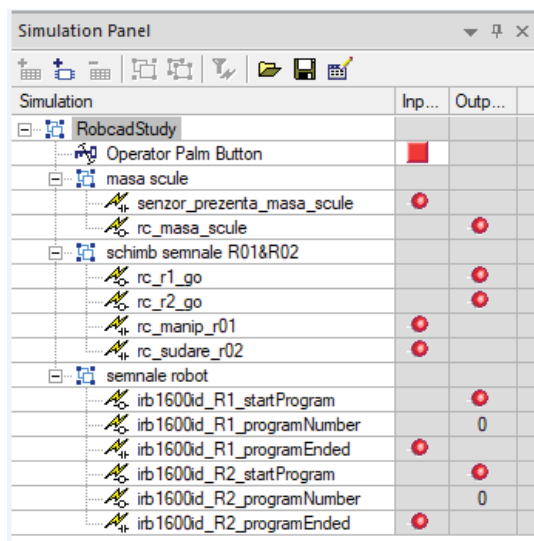


Fig. 21.Panoul de operare al aplicatiei

In momentul in care Se apasa "Operator palm Button", se activeaza pathurile(fig.22), pentru cei doi roboti si pentru masa cu efectori si piese.Acum ei pot sa efectueze ce au de facut, si anume: Robotul 1 sa se echipeze cu efectorul de manipulare si sa sa preia prima piesa, si robotul 2 sa se apropie de zona de operare.O observatie este de facut si anume ca : miscarile celor doi roboti plus deplasarea mesei cu piese si efectori in zona de lucru, se fac concomitent, astfel ca in timp ce robotul 1 se deplaseaza in pozitia din care se va prelua efectorul si masa se deplaseaza pana in acea pozitie. Totusi prezenta mesei in zona de lucru este data cu ajutorul unui senzor capacitiv .Deci in momentul in care masa ajunge in pozitia exacta, senzor_prezenta_masa_scule, si rc_masa_scule(acesta este un semnal pentru robotul 1, cum ca in acest moment poate prelua piesa) din panoul de operare se activeaza(fig.23).Daca aceste doua semnale nu se activeaza robotul 1 va ramane in pozitia de asteptare.Totodata pentru o observare mai detaliata am pus si fereastra de Signal Monitoring.

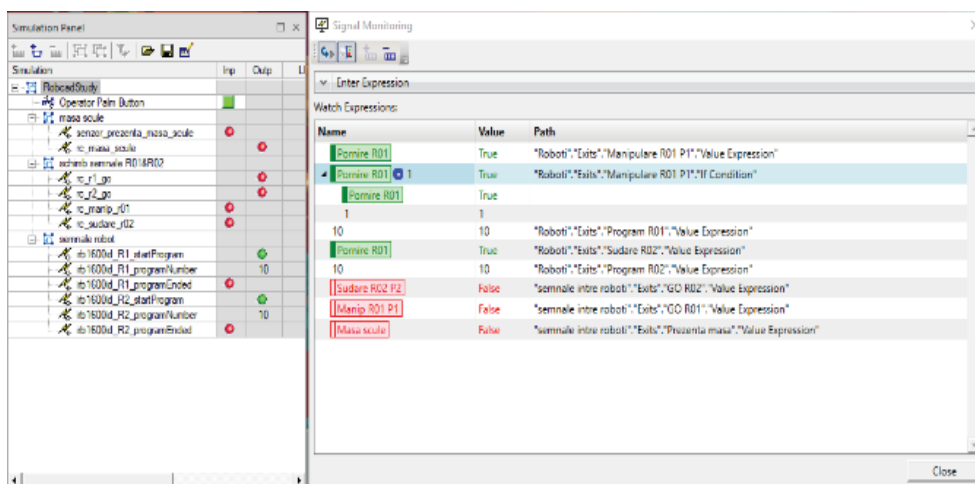


Fig. 22.Panoul de operare al aplicatiei

Programarea si simularea off-line a unei celule robotizate de sudare cu arc electric pe baza de semnale furnizate de catre senzorii integrati in aplicatie utilizand produsul software Process Simulate

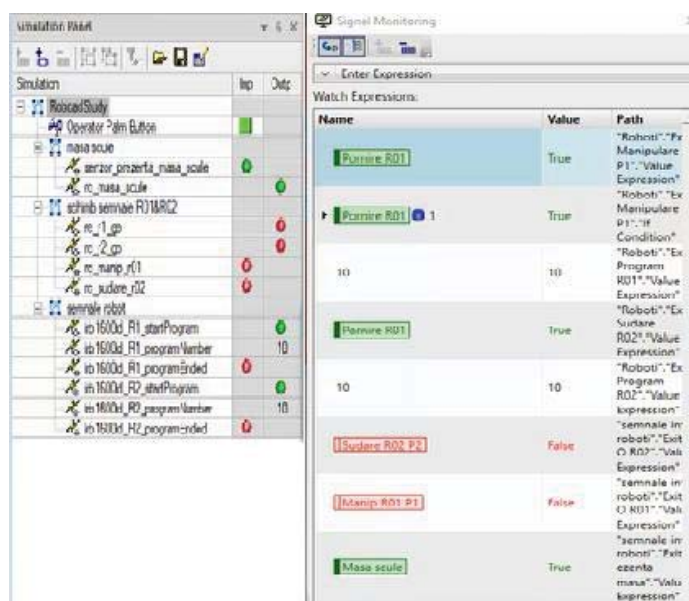


Fig. 23. Panoul de operare al aplicatiei

3. Concluzii

În cadrul acestei lucrari, contributiile originale sunt următoarele:

- identificarea tipurilor de senzori necesari aplicației
- definirea semnalelor si blocurilor logice din aplicație
- programarea si simularea off line a modului de functionare a celulei de sudare cu arc electric

în mediul virtual de lucru Tecnomatix Process Simulate 12

4. Bibliografie

- [1]. Nicolescu A., – Conceptia si Exploatarea Sistemelor de Productie Robotizate, note de curs
- [2]. Amza, Gh. ș.a. *Tehnologia materialelor* . București, Ed. Bren, 2000.
- [3]. <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/>
- [4] http://de.schunk.com/de_en/home/die-neuen-schunk-greifer-pgn-plus-und-pgn-plus-elektrisch/
- [5]. <http://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-1600ID>
- [6]. <http://new.abb.com/products/robotics/controllers/irc5>
- [7]. www.igm-group.com
- [8]. Nicolescu A., Verdet B – Programarea si simularea off-line a unei celule robotizate de sudare cu arc electric repere de dimensiuni medii-mari utilizand produsul software Process Simulate , Sesiunea Stiintifica Studenteasca 12-13 mai 2017

PROGRAMAREA – SIMULAREA OFFLINE ȘI ANALIZA COMPORTĂRII MEF A STRUCTURILOR INTEGRATE ÎN AS/RS

SIMION Ancuța

Ingineria și Managementul Sistemelor Tehnologice, Specializarea Robotică,
master, anul de studii II, simionancuta20@yahoo.com

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Adrian NICOLESCU**

CUVINTE CHEIE: robot, analiza, simulare, MEF, ASRS

1. Introducere

Pentru realizarea simulării și a analizei cu element finit, s-a pornit de la proiectul de licență în care au fost proiectate și integrate subsistemele care definesc sistemul automat de tip AS/RS. Pentru realizarea programării și simulării, a fost utilizat software-ul dedicat – Process Simulate care este considerat unul dintre cele mai complexe programe dedicate aplicațiilor industriale, printre care sunt enumerate și simulări robotizate, mașini și sisteme de producție, conveyoare și senzori. Software-ul prezintă capacitatea de a stoca, optimiza și realiza simularea proceselor complexe de producție într-un timp cât mai scurt, păstrând calitatea superioară a producției.

Process Simulate prezintă următoarele avantaje: simulare cinematică 3D, detectare statică și dinamică a coliziunii, secțiuni 2D și 3D, modelarea resurselor, documentație, linii și stații de lucru. Beneficiile acestui software sunt: reduce riscul de pierdere rezultate în urma unor modificări implementate mai târziu în cadrul procesului, reduce timpii de planificare prin instrumente de secvențiere automată și validare, asigură procese ergonomice, are inclusă o bibliotecă largă de sisteme, asigură creșterea complexității produselor și a proceselor de fabricație, etc.

Sistemul automat de depozitare de tip AS/RS, având integrați doi roboți de tip braț articulat echipați cu efectori vacuumatici care realizează paletizare mixtă, este prezentat în figura de mai jos Fig.1.1:

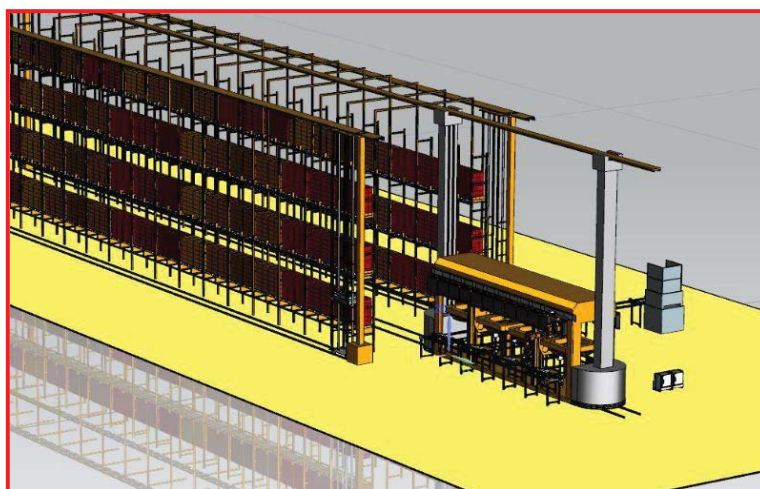


Fig.1.1 Sistemul automat AS/RS

2. Simularea – programarea sistemului sutomat de tip AS/RS

Un factor important în realizarea simulării întregului sistem, a fost implementarea semnalelor de intrare-ieșire, deoarece în acest mod este asigurat procesul de producție. Pentru realizarea semnalelor, s-a întocmit o schema bloc, urmărindu-se îndeplinirea tuturor operațiilor fiecărui subsistem, conform figurii de mai jos (Fig.2.1):

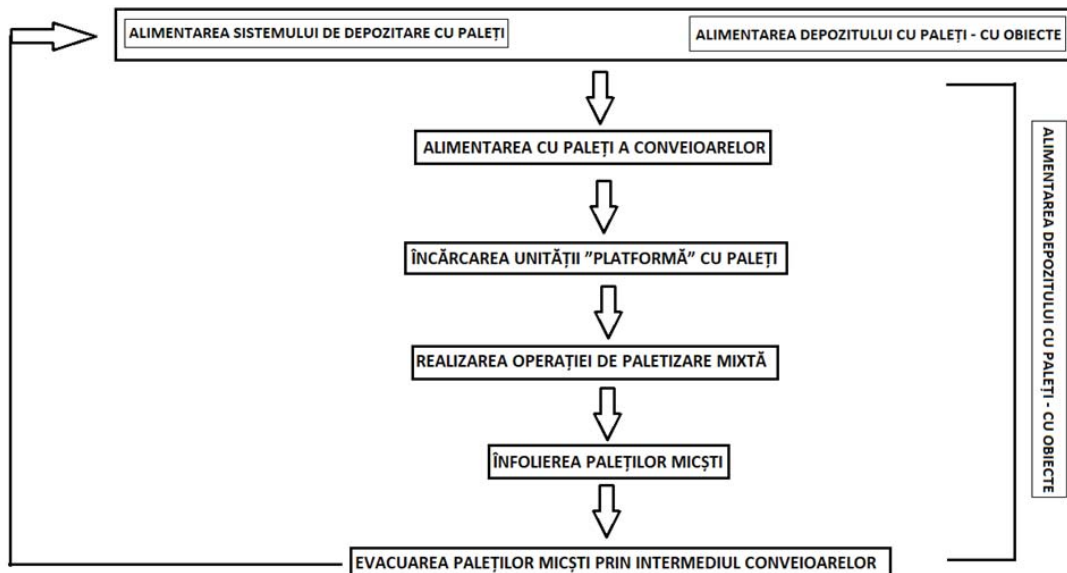


Fig.2.1 Schema bloc a principalelor operații în cadrul sistemului automat AS/RS

Conform dispunerii logice în spațiul de lucru disponibil, precum și a schemei bloc, succesiunea operațiilor a fost următoarea:

- transportarea paletilor din sistemul de depozitare al paletilor prin intermediul sistemelor de transport – conveioare cu lanț (Fig.2.2):

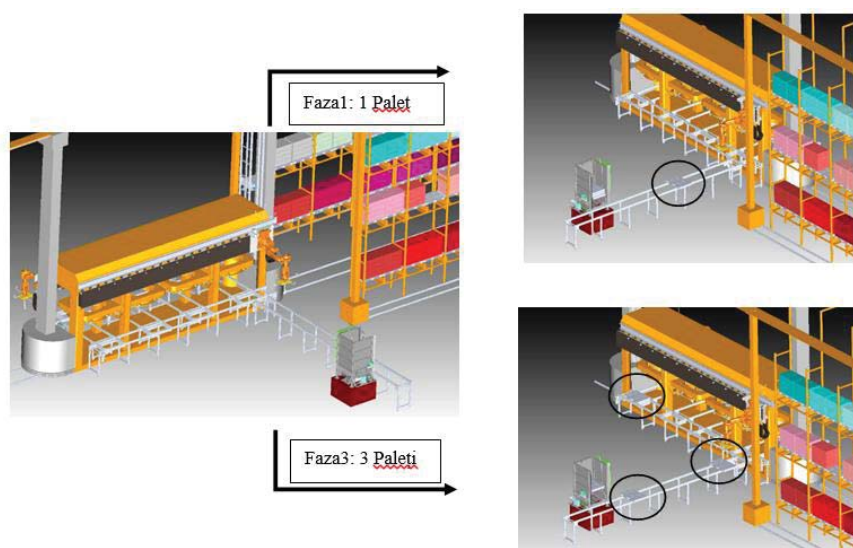


Fig.2.2 Transport palet: sistem depozitare – unitate de transfer

- încărcarea cu paleți în unitatea de transfer-transport de tip "Platformă" care realizează în interiorul depozitului mișcările de translație pe X și Y conform figurii de mai jos (Fig.2.3):

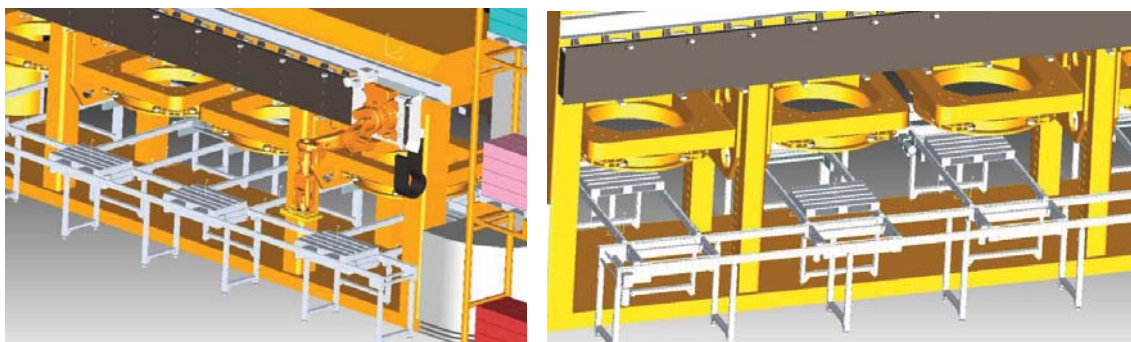


Fig.2.3 Încărcarea unității cu 4 paleți prin intermediul conveyoarelor

- realizarea mișcării de translație a unității de transfer-transport pe de-a lungul axei X în interiorul depozitului pentru a permite roboților să reia obiectele de pe paleți și să le paletizeze după o anumită ordine pe cei 4 paleți din cele 4 locașuri speciale din interiorul platformei (Fig.2.4):

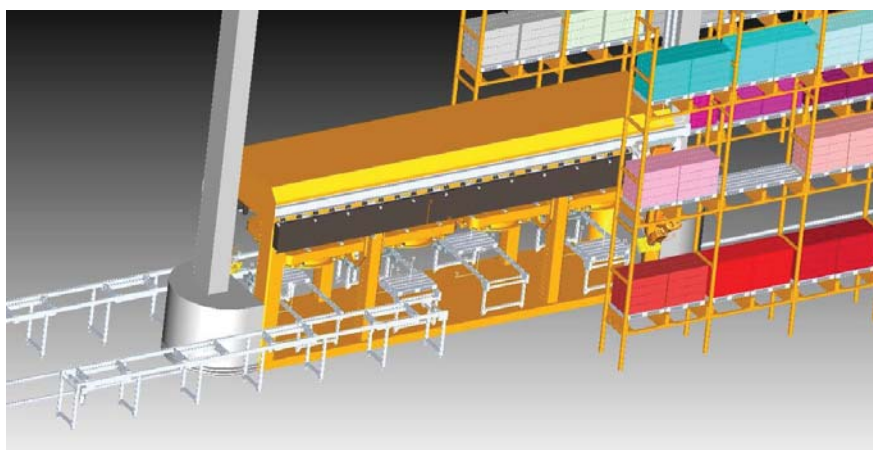


Fig.2.4 Realizarea mișcării de translație în interiorul AS/RS-ului

- poziționarea roboților în dreptul obiectelor care urmează a fi paletizate, precum și preluarea cu ajutorul efectorilor vacuumatici cu care au fost echipați a obiectelor de tip paralelipipedici (Fig.2.5):

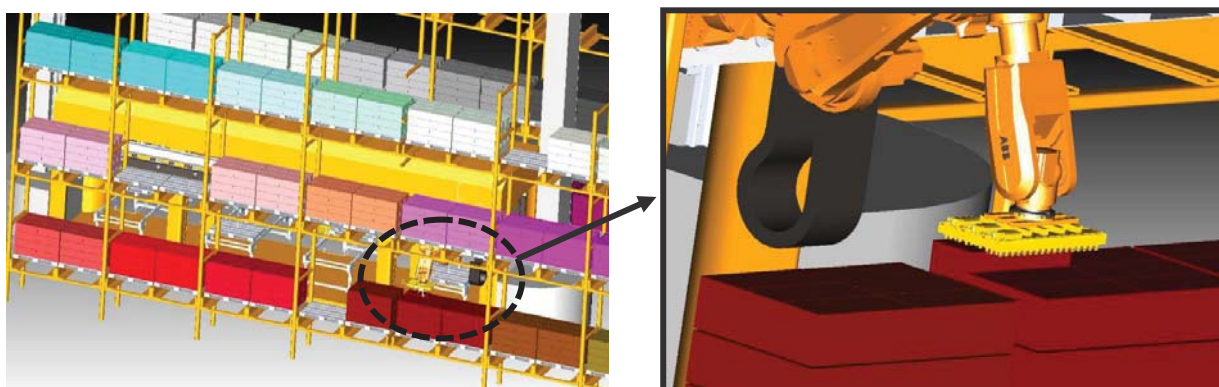


Fig.2.5 Poziționarea roboților în dreptul paleților din AS/RS

- orientarea și poziționarea pe paleții din interiorul unității de transfer-transport (Fig.2.6):

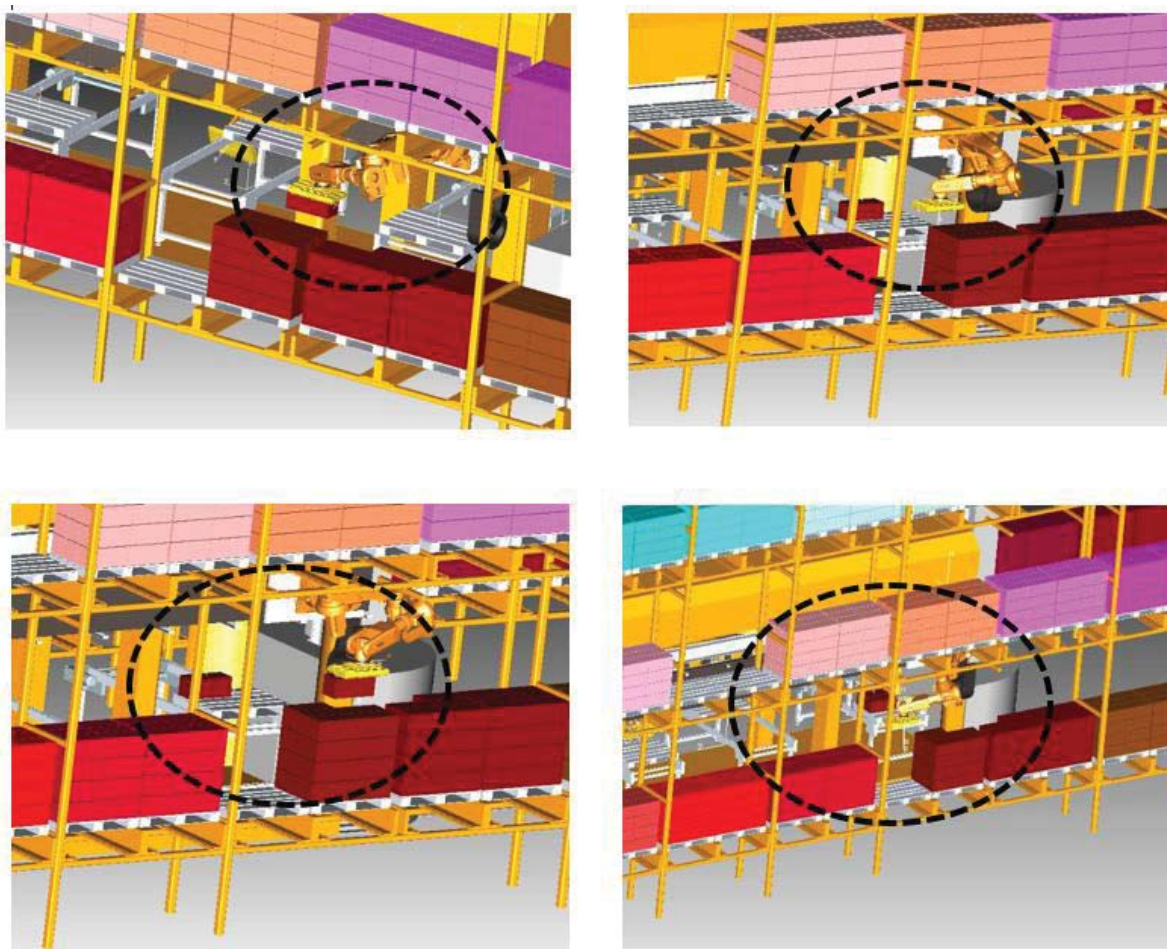


Fig.2.6 Realizarea operației de paletizare mixtă a paleților

- realizarea mișcării de translație a unității de transfer-transport de-a lungul axei Y, iar apoi de-a lungul axei X pentru permiterea accesului roboților în vederea realizării operației de paletizare (Fig.2.7):

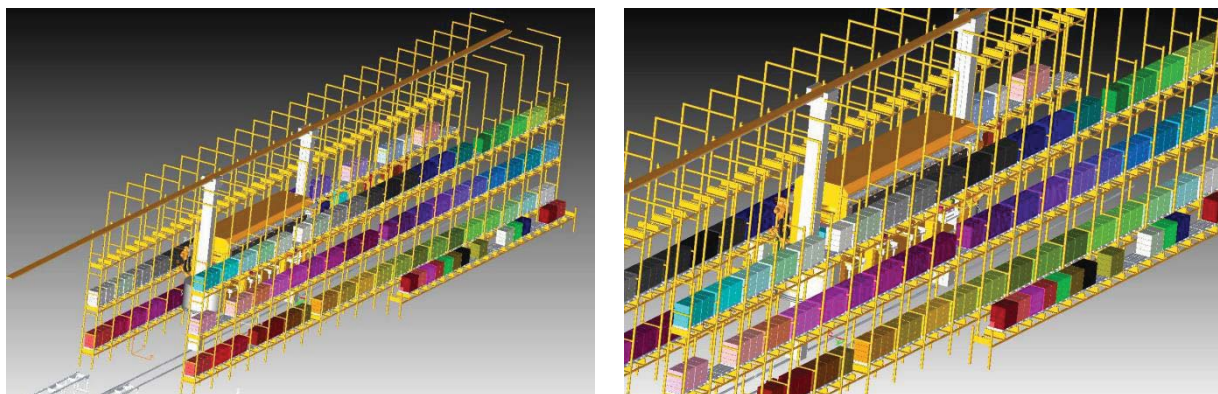


Fig.2.7 Realizarea mișcărilor de-a lungul axelor X și Y

- retragerea unității de transfer-transport în poziția inițială după ce paleții au fost paletizați. După parcurgerea traseului înapoi în starea inițială, are loc operația de înfoliere. Cele 4 sisteme de înfoliat, realizează atât mișcarea de translație pe Y, cât și rotația în jurul axei Y astfel încât să se poată realiza înfolierea completă care să securizeze complet paleții (Fig.2.8):

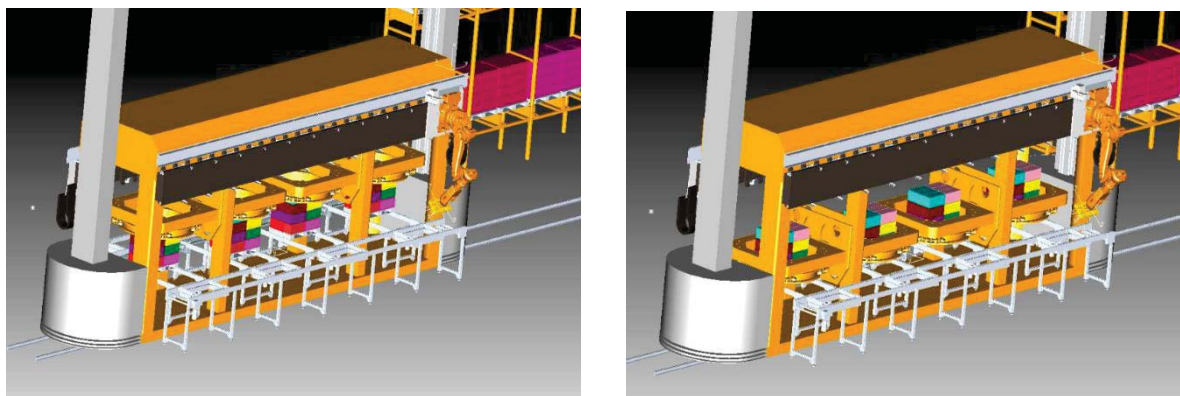


Fig.2.8 Retragera unității după paletizare. Realizarea înfolierii paleților.

- evacuarea paleților înfoliați prin intermediul conveyoarelor de unde sunt preluați cu ajutorul unui stivuitor pentru a fi transportate către client (Fig.2.9):

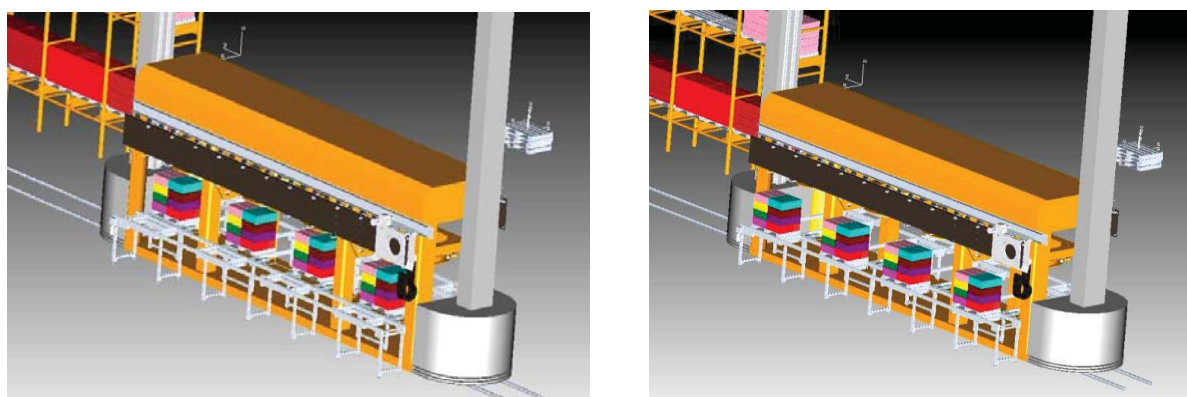


Fig.2.9 Evacuarea paleților prin intermediul conveyoarelor și a stivuitoarelor

3. Analiza cu element finit

Pentru realizarea analizei cu element finit, a fost utilizat software-ul dedicat – ANSA. Analizele cu element finit realizate pe subsistemele din cadrul sistemului automat scot în evidență posibilele problemele pe care unele dintre structuri le pot aduce și oferă posibilitatea de a optimiza într-un timp scurt, fiind cea mai utilizată metodă de simulare numerică care a fost implementată în inginerie.

Datorită interfețelor atractive sunt ușor de utilizat, precum și de prelucrat datele de intrare și de interpretat rezultatele. Programele utilizate pentru realizarea calcului de element finit, precum și pentru vizualizare au fost următoarele :

- ☐ ANSA – program de analiză pentru pre-procesare (pregătire model)
- ☐ Nastran – program de lansare al calculului;
- ☐ MetaPOST – program de post-procesare (vizualizarea rezultatelor: moduri proprii).

Prin intermediul acestor analize, s-au lansat calcule cu privire la modurile proprii ale unor structuri care au oferit o vizibilitate clară asupra zonelor care prezintă rigiditate mică, ceea ce favorizează degradarea acestora. Simplitatea conceptelor de bază ale metodei elementelor finite sau MEF reprezintă unul dintre avantajele importante ale acesteia, fiind definită ca un model matematic de calcul realizat prin intermediul unui algoritm și a matricilor de rigiditate.

Subsistemele care au fost analizate sunt prezentate mai jos, în figura Fig.3.1:

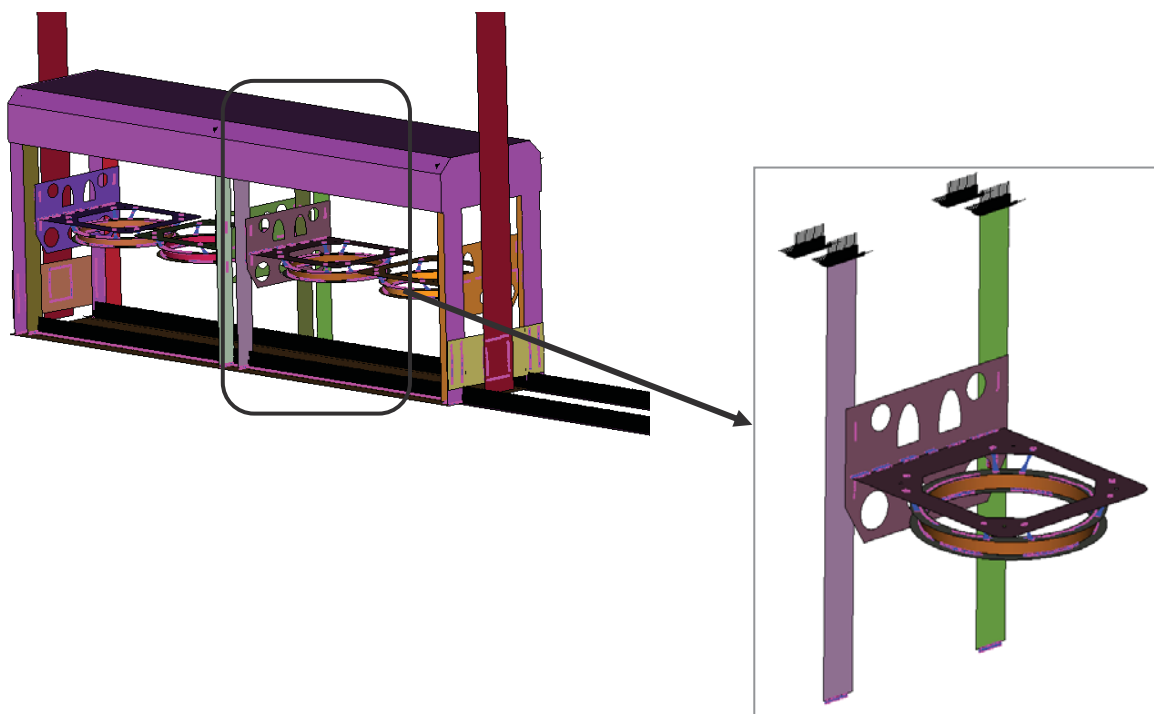


Fig.3.1 Structurile analizate MEF

Pentru realizarea analizei, s-au parcurs următoarele etape :

- discretizarea care reprezintă împărțirea modelului și constă în trecerea de la structura continuă cu o infinitate de puncte la un model discret, cu un număr finit de puncte / noduri, conform figurii Fig.3.2:

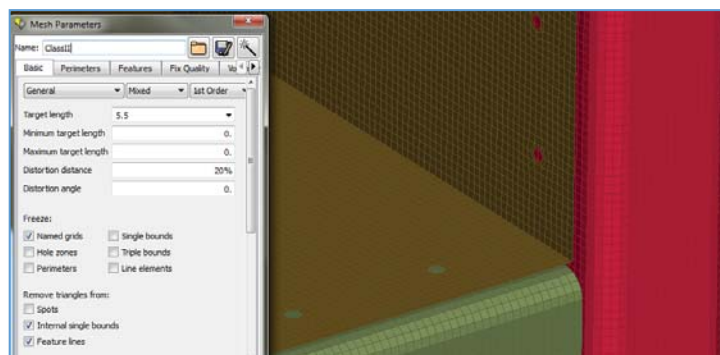


Fig.3.2 Discretizare fină

- modelizarea modelului contituie atribuirea anumitor proprietăți și a elementelor specifice programului pentru a fi posibilă simularea cât mai corectă a structurii (ex: rigizi, mase), precum și atribuirea de grosimi și material, conform figurii Fig.3.3:

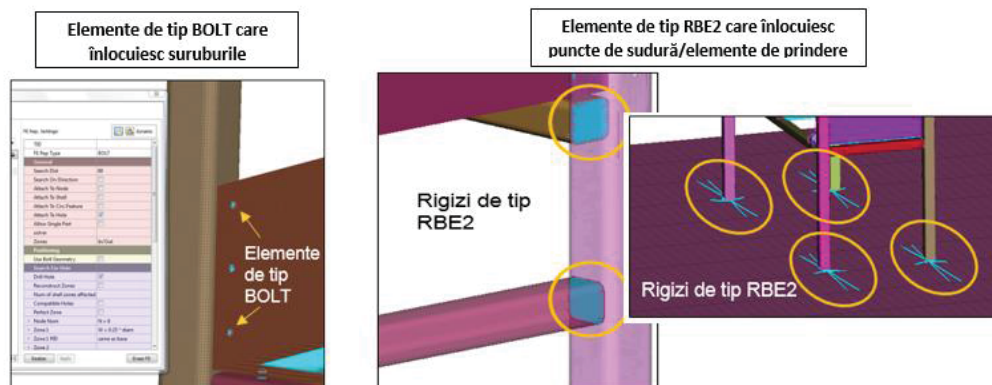


Fig.3.3 Modelizarea specifică analizei cu element finit

- lansarea calculului prin intermediul unui fișier INPUT specific obținerii unor moduri proprii care este prezentat în figura Fig.3.4:

```

$-----$
$                                     $
$                               $
$ Executive Control Cards          $
$-----$
SOL 103                             → solver SOL103 și timpul alocat
TIME 100000
DIAG 8
$
CEND
$
ECHO      = SORT(PARAM,FREQ,TABDMP1)
TITLE     = SOL111_PAR              → definire parametri și titlu
SUBTITLE  = NVH CAE
$-----$
$                                     $
$                               $
$ Case Control Cards              $
$-----$
$
$ NODES SETS
$ Acceleration output (IPI)
SET 20 = 100,200,300,400           → definirea nodurilor IPI
$ ELEMENTS SETS
SEAL=ALL
$ GLOBAL Loads, Boundary Conditions and Output Requests
$ Modal Basis Extraction Call
$ METHOD(STRUCTURE) = 2
$-----$
$ Excitation: EXC_nod_cadrul
$ Point: 100 Dir: X
$ SUBCASE = 31
DLOAD = 31
LABEL = 'EXCITATION EXC_nod_cadrul (N: 100, D: X)'
$ Excitation: EXC_nod_cadrul
$ Point: 100 Dir: Y
$ SUBCASE = 32
DLOAD = 32
LABEL = 'EXCITATION EXC_nod_cadrul (N: 100, D: Y)'
$ Excitation: EXC_CH13
$ Point: 100 Dir: Z
$ SUBCASE = 33
DLOAD = 33
LABEL = 'EXCITATION EXC_nod_cadrul (N: 100, D: Z)'
$-----$
$ Modal extraction & Excitation Frequency range
$-----$
$ Warning : frequency range only for AMIS
$ Modal basis extraction = 1.5 * frequency range
EIGRL 2 -5 375
$ Frequency range of interest
FREQ1 2 5 1 245

```

definirea nodurilor IPI pentru fiecare direcție XYZ, pentru toate cele 4 noduri

definirea plajei Hz în care se realizează calculul de IPI

Fig.3.4 Fisier de tip IPNUT pentru obtinerea modurilor proprii

- postprocesarea rezultatelor obținute prin intermediul programului MetaPost în care au rezultat următoarele moduri proprii ale stucturilor conform cu figurile Fig.3.5:

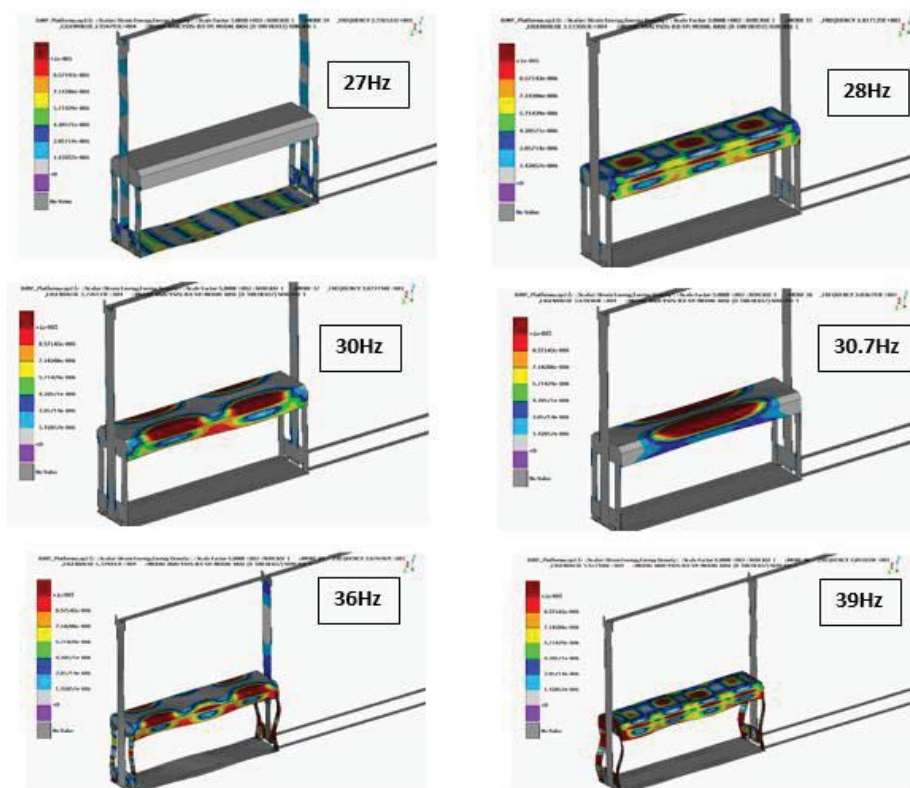


Fig.3.5 Moduri proprii – Unitate de transport-transfer

Următor, au fost integrate și cele patru sisteme de înfoliere automate, pentru a vedea modul în care cele două structuri se comportă în stare inițială conform figurii Fig.3.6:

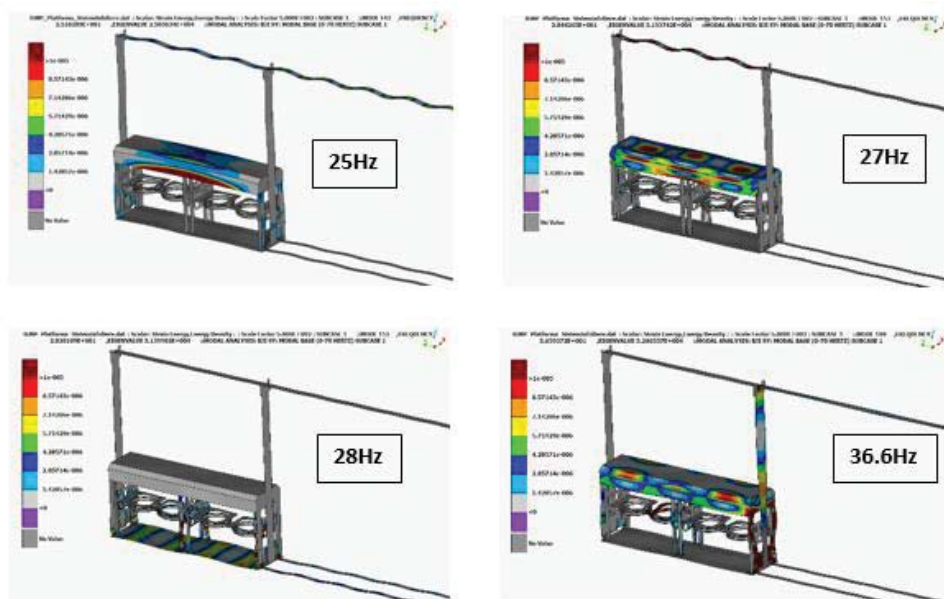


Fig.3.6 Moduri proprii – Unitate de transport-transfer și Sisteme de înfoliere

6. Concluzii

Utilizarea atât a programelor de simulare-programare, cât și a celor de analiză cu element finit, pot prezenta o serie de avantaje :

- costuri reduse în timp ;
- timpul de analiză și sinteză a rezultatelor mai scurt;
- posibilități de optimizare fără să implice alte costuri suplimentare;
- diminuarea erorilor umane, precum și reducerea numărului de rebuturi.

Pentru creșterea în rigiditate a stucturilor, implicit, creșterea modurilor proprii, se pot lua o serie de măsuri, cum ar fi : adăugarea unor bare de tip cadre sau ranforți, modificarea materialelor cu un compus care să ofere rigiditate mai mare sistemelor.

8. Bibliografie

- [1]. Nicolescu A., – *Componente mecanice tipizate*, note de curs si metodologii de proiectare, UPB, 2014
- [2]. Nicolescu, A., *Roboti Industriali – Vol.1 Sub sisteme si ansambluri componente. Structura axelor comandate numeric ale RI*, ISBN 973 – 30 – 1244 – 0, Editura Didactica si Pedagogica RA, 2005, Bucuresti
- [3]. Nicolescu, A., Marinescu D., Ivan M., Avram C., *Conceptia si Exploatarea Sistemelor de Productie Robotizate – Vol. I*, Ed. Politehnica Press, 2011, ISBN 978 – 606 – 515 – 339 – 4, ISBN 978 – 606 – 515 – 340 – 0
- [4]. Pupaza C. – *Inginerie Asistata de Calculator 1,2*, note de curs, UPB, 2014
- [5]. Pupaza C., Parpala R. – *Modelare și analiză structurală cu ANSYS Workbench*, Ed.POLITEHNICA PRESS, București, 2011
- [6]. Pupaza C. – *Modelare CAD – FEM*, Ed.POLITEHNICA PRESS, București, 2013

SIMULAREA OFF-LINE A UNEI CELULE ROBOTIZATE DE VOPSIRE CU ROBOT INDUSTRIAL CU MEDIUL ROBCAD

PAȘCANU Vasile

Facultatea: IMST, Specializarea: Master Robotică, Anul de studii: II
e-mail: pascanuv@yahoo.com

Conducător științific: Prof. dr. ing. **Cristina PUPĂZĂ**

REZUMAT: Lucrarea prezintă simularea off-line a unei celule de vopsire robotizate, care are în componența sa patru roboți de tip MOTOMAN EPX2700 montați pe axe externe de translație. Celula este pentru industria auto, pentru vopsirea caroseriilor. Roboții sunt specializați pentru procesul de vopsire cu construcție hollow arm, roboți de tip braț articulat cu șase axe de libertate. Caroseria este introdusă în celulă până în centrul acesteia, unde roboții încep procesul de vopsire deplasându-se pe axele externe de translație. Modelul inițial al celulei este folosit pentru vopsirea caroseriilor de Mercedes.

CUVINTE CHEIE: programare, simulare, celulă, robot, ROBCAD

1. Introducere

Industria modernă și utilizarea roboților industriali sunt o realitate a prezentului. Într-un timp foarte scurt roboții industriali au preluat o bună parte din operațiile realizate de oameni, în mare parte datorită abilității acestora de a păstra un nivel ridicat al calității și o productivitate ridicată.

Utilizarea roboților Unimate fiind foarte costisitoare, o companie a decis să dezvolte un model mai ieftin de robot. După cinci ani de cercetări, în 1967 a realizat un model de robot cu acționare hibridă elector-hidraulică capabil să realizeze mișcări continue, fiind și ușor de programat. Modelul realizat a fost conceput pentru uz intern, dar s-a dovedit a fi un mare succes comercial. Firma Trallfa a fost achiziționată în 1985 de ASEA, care mai târziu a devenit ABB. Tehnologiile dezvoltate de ASEA și cele ale firmei Trallfa s-au completat reciproc.

Procesul de vopsire este definit ca operație de acoperire a unei suprafețe cu un strat de vopsea, cu ajutorul unui scule numite pistol de vopsire. Pistoalele de vopsire sunt unelte care cu ajutorul unui sistem de transport a două elemente necesare, preiau vopseaua și aerul comprimat pe care le combină și apoi le dispersează pe o suprafață cu ajutorul unei duze. Dispersia vopselei poate fi realizată și fără utilizarea aerului comprimat, prin aplicarea unei forțe de presiune direct asupra vopselei.

Vopsirea poate fi de mai multe feluri, în funcție de tipul vopselei folosite: pe bază de apă sau solvenți, simplă sau în câmp electro-static. Cele două tipuri de vopseluri au caracteristici proprii, care țin atât de luciu, de intensitatea culorii, cât și de nivelul de poluare generat în urma procesului de vopsire.

Pentru vopseaua pe bază de solvent, acestea lasă în urmă nori de gaze toxice pentru operatorii umani, mediul în care se vopsește cu acest tip de vopsea este periculos, iar solvenții sunt explozivi.

Programarea roboților industriali poate fi realizată în două moduri: online și offline. Prin programare online se înțelege folosirea fizică a robotului de către operatorul uman, care aduce prin diferite metode, cu ajutorul teach pendant-ului sau folosind patina de comandă, robotul în punctele de interes. În structura robotului se găsesc traductoare de poziție care urmăresc și calculează poziția și orientarea TCP-ului în funcție de un sistem de orientare ales de către utilizator.

Programarea offline, este programarea robotului industrial fără a necesita utilizarea fizică a robotului. Este realizată în mediul virtual, independent de partea mecanică. Prezintă un număr de avantaje, precum faptul că nu trebuie blocată linia de producție pentru a introduce sau a modifica programele utilizate de robot. Nu este necesară deplasarea utilizatorului în zona de acțiune a robotului,

acesta poate realiza programarea în fața unui calculator dotat cu programele necesare aplicației și tipului de robot. Un mare dezavantaj îl constituie faptul că pot apărea erori și diferențe între punctele stabilite a fi atinse în program și puncte reale.

O celulă de vopsire auto conține elementele prezentate mai sus, cu câteva modificări importante. Când vine vorba de industria auto, procesul de vopsire se desfășoară în mai multe etape, care au rolul de a pregăti caroseria pentru vopsirea propriu-zisă. Pentru operațiile de vopsire se pot folosi 2 tipuri de arhitecturi de roboți industriali. Cei mai utilizați sunt cei cu arhitectura tip braț articulat cu construcție specială, cu interiorul brațului și a flanșei de ieșire goale, pentru a facilita trecerea cablurilor și a furtunurilor care transportă vopseala (Fig. 1 și 2).



Fig. 1. Trei concepte ale celulelor de vopsire

Se pot observa componentele celulei (Fig. 2) după cum urmează:

- Robot industrial de vopsire 1;
- Robot special pentru deschiderea ușilor caroseriei 2;
- Sistem de translație și cablurile necesare pentru alimentarea cu aer și vopsea 3;
- Sistem de transport caroserie 4;
- Caroseria auto 5.

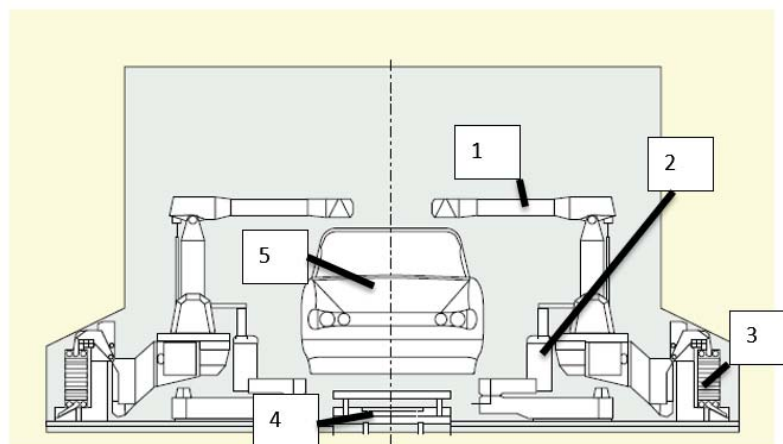


Fig. 2. Reprezentarea standard a unei celule robotizate

2. Stadiul actual

Realizarea unei simulări utilizând programul RobCAD nu necesită folosirea mai multor etape ajutătoare. Primul pas în realizarea simulării este obținerea tuturor componentelor necesare. Când acest pas este completat, caroseria care urmează a fi vopsită, cât și roboții și efectorul obținuți într-un model CATIA v5 sunt converțiți și introduși în mediul virtual.

Ca layout al celei s-a folosit un model al firmei auto Mercedes, cu o construcție în flux de producție. Caroseriile sunt aduse în celulă cu ajutorul unui conveyer cu rolul de transportator, care va poziționa caroseria pentru a fi vopsită (Fig. 3).

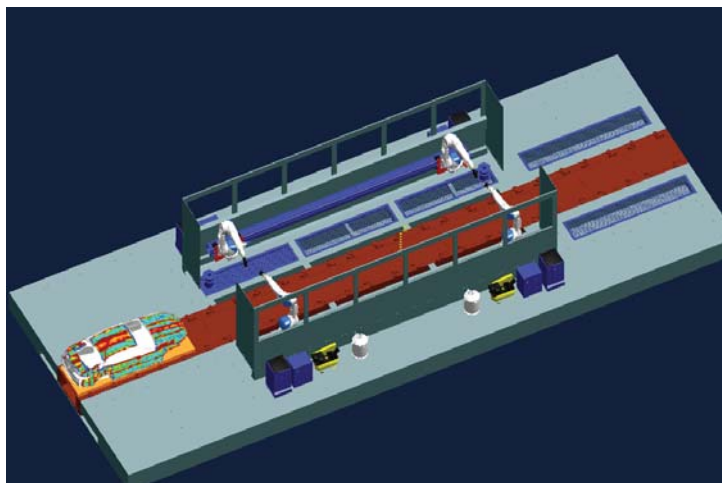


Fig. 3. Vedere izometrică cu celula robotizată în modul de simulare RobCAD

Componentele sunt introduse în RobCAD după un proces de conversie în fișiere de tipul CO, care conțin informații legate de componenta 3D. Pentru a ști poziția componentelor în celulă s-a folosit layoutul 2D realizat în urma procesului de proiectare, care are rolul de a indica cât mai exact poziția tuturor componentelor.

În urma procesului de implantare, celula conține toate componentele necesare începerii lucrului efectiv în mediul virtual RobCAD. Sistemele mecanice și alte elemente mobile trebuie recreate în ceea ce privesc elementele cinematice, corpurile mobile și cele fixe.

După realizarea cinematicii, pentru ca programul să perceapă anumite componente ca roboți sau componente mecanice este necesară definirea unor elemente specifice, gen centre de greutate, sau frame-uri speciale, care îndeplinesc diverse roluri în utilizarea corectă a corpului. Odată cu stabilirea tuturor pozițiilor componentelor se poate începe procesul de simulare propriu-zis, cu definirea traiectoriilor și verificarea modului de acces al robotului în locațiile de interes.

Ca mod implicit în RobCAD toate traiectoriile sunt considerate a funcționa 100%, dar în realitate acest lucru este imposibil, deoarece mecanismul este limitat de legile fizicii. Pentru a face mișcarea să coincidă cu realitatea se definesc atribute pe locații, în care robotul să se comporte corespunzător atunci când atinge aceste locații.

În plus, pentru ca anumite operații să poată începe este necesar ca alte operații să sfârșească sau să fie într-un anumit punct. Pentru a realiza acest lucru este nevoie de evenimente, care sunt triggerate acționate atunci când anumite condiții sunt îndeplinite. Urmează instruirea cronologică a evenimentelor și a modului în care trebuie să decurgă procesul, sincronizarea evenimentelor cu elementele din celulă, apoi verificarea procesului realizat.

Se realizează liste de coliziuni și se rulează procesul urmărindu-se ca acestea să nu apară (Fig. 4 și 5). Dacă toate aceste criterii au fost îndeplinite, se poate extrage programul în codul controllerului care urmează a fi folosit. Aceste programe pot fi încărcate direct în controller pentru a fi folosite pe teren.

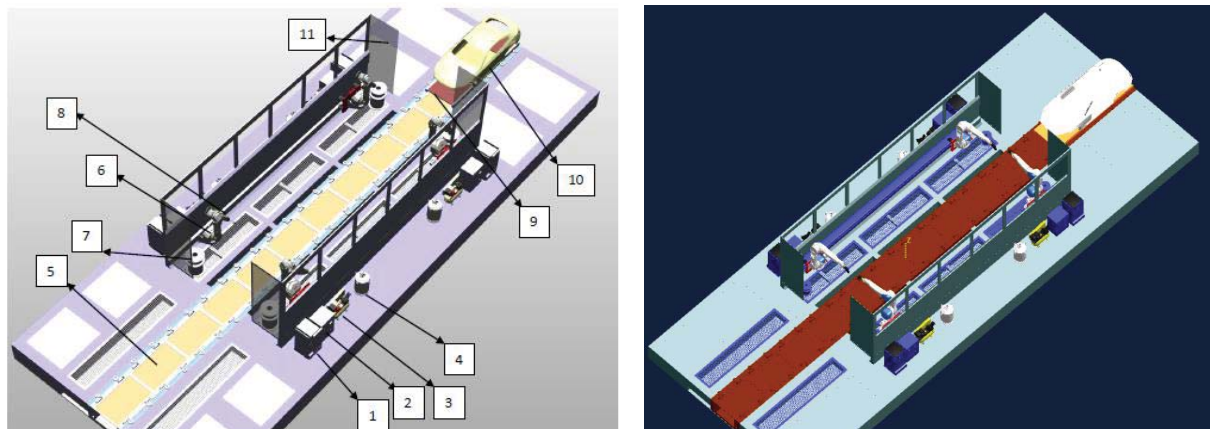
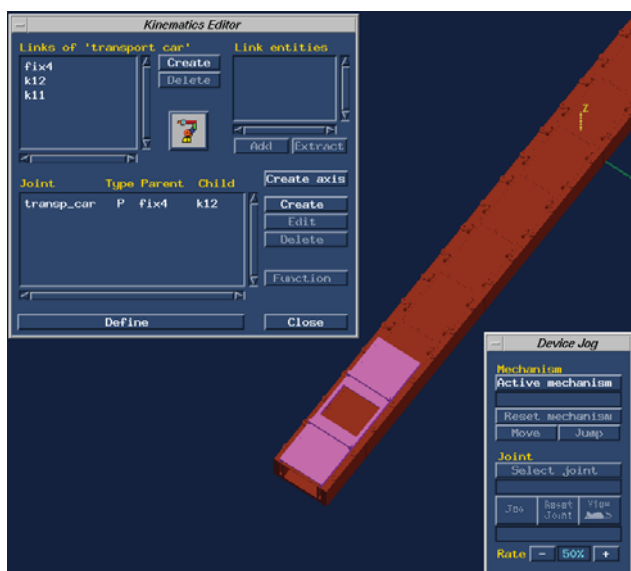


Fig. 4 Vedere izometrică cu celula robotizată și cu lista componentelor din celulă



Componenta 1	Controller de proces
Componenta 2	Controller pentru robot
Componenta 3	Compresor pentru aer comprimat
Componenta 4	Rezervor vopsea
Componenta 5	Sistem de transport caroserie
Componenta 6	Robot industrial de vopsire
Componenta 7	Sistem de curățare pistol vopsire
Componenta 8	Modul de translație
Componenta 9	Sanie transport caroserie
Componenta 10	Caroserie auto
Componenta 11	Garduri de protecție
	Senzori de detecție a poziției caroseriei

Fig. 5. Definirea unei cuple de translație - sania de transport a caroseriei

Fiecare cuplă este definită cu relații de dependență și de determinare, dacă este necesar. Pentru definirea unei cuple sunt create corpurile care urmează a se deplasa. Acestea sunt puse și grupate în jurul unei axe. Tipul mișcării pentru o cuplă este dat de tipul mișcării pe care corpul îl are în jurul axei. Mișcarea poate fi de rotație sau translație.

Înainte de începerea simulării de vopsire sunt necesare introducerea a două fișiere care conțin informații legate de proces și de tipul vopselei utilizate. Acestea ajută programul să stabilească modul în care stratul de vopsea va fi depus pe suprafață.

Din modulul de SOP se realizează o diagrama GANTT (Fig. 6) cu o instruire a tuturor operațiilor pe care roboții urmează să le realizeze în celulă. În timpul simulării caroseria va fi acoperită cu un strat de vopsea, în funcție de viteza de mișcare a robotului, tipul vopselei, unghiul de incidență etc., care poate fi comparat cu o scală - codat în culori în funcție de grosimea stratului și care atrage atenția asupra grosimii acestuia (Fig. 7).

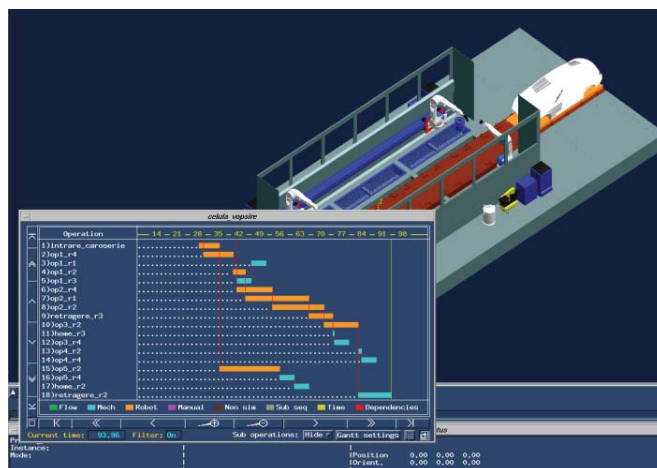


Fig. 6. Aspectul procesului de SOP după realizarea celulei robotizate

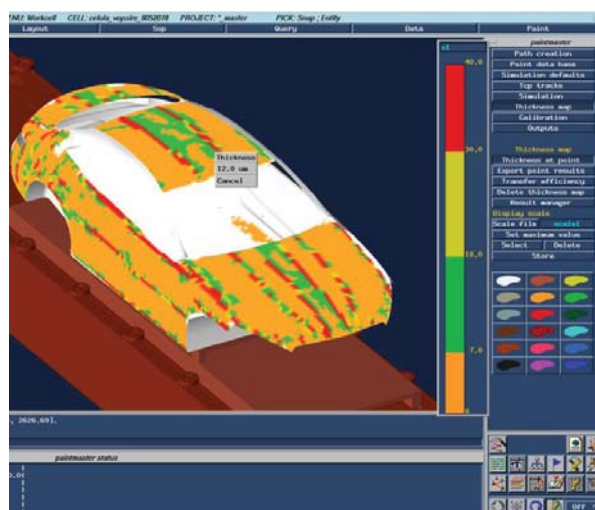


Fig. 7. Comparația stratului aplicat cu scara de grosimi atribuită

3. Concluzii

Aplicarea vopselei pe suprafețele caroseriei este realizată prin pulverizare, lucru care duce la crearea de vapori, în multe cazuri toxici, care pot dăuna grav sănătății operatorului uman.

Respectarea unui anumit strat de vopsea aplicat pe o suprafață este vital pentru realizarea unui aspect plăcut al produsului final, lucru care nu este neapărat la fel în cazul operatorilor umani, care uneori mai scăpa imperfecțiuni.

Utilizarea unui mediu virtual de simulare este extrem de benefic în stabilirea modului în care se face consumul de material și a optimizării traiectoriilor pentru a minimiza timpul de operație.

În cazul mediului RobCAD, programul având anumite limite ale modului de utilizare, nu este indicată încărcarea multor piese, sau ca piesele să fie complexe, deoarece ar putea duce la blocarea și încetinirea modului de lucru.

4. Bibliografie

[1] <https://www.youtube.com/> - Accesat pe data de 10 Mai 2018

[2] <https://www.scribd.com/doc/120874480/Robcad-Basics> - Accesat pe data de 10 mai 2018

PROGRAMAREA ȘI SIMULAREA OFF-LINE A UNEI CELULE ROBOTIZATE DE MONTAJ ROȚI AUTOVEHICULE UTILIZÂND MEDIUL DE LUCRU ABB ROBOT STUDIO

LIFERI Constantin¹

¹Facultatea :IMST, Specializarea: Robotica, Anul de studii: Master II, e-mail:liferi.constantin@hotmail.com

Conducător științific: Conf.dr.ing. NICOLESCU Adrian

REZUMAT: Realizarea simulării și programării unei celule robotizate de montaj roți autovehicule. Scopul lucrării este de a propune o altă abordare de montaj roți pe autovehicul automatizată. Acest tip de montaj ce poate fi implementat atât pe conveioarele suspendate din generația nouă cât și cele vechi cu costuri reduse nefiind necesară modificarea întregii linii de producție. De asemenea configurația celulei este una compactă cu 2 roboți de montaj aflați pe lateralele autovehiculului și un robot de deservire împreună cu conveiorul de alimentare cu roți aflați sub autovehicul.

1. Introducere

În faza de început a proiectului s-a realizat o macheta analizând mai mulți furnizori de soluții de automatizare. Aceasta macheta a fost realizată utilizând diferite produse de la diferiți furnizori urmând ca piesele specifice celulei și anume Gripperul de montaj și Gripperul de manipulare și deservire să fie proiectate utilizând mediile de lucru CATIA și ANSYS. După realizarea completă a celulei se trece în ultima etapă, cea de simulare într-un mediu off-line a funcționalității celulei.

2. Stadiul actual

Realizarea simulării off-line cu ajutorul programului de simulare off-line ABB Robot Studio.

Robotul industrial este integrat într-o celulă de fabricație flexibilă pentru a sporii productivitatea asamblării de roți pe un autovehicul, operație ce în acest moment se realizează preponderent manual cu ajutorul unor utilaje de ridicare și înfiletare piulițe. Componenta celulei constă într-un robot este echipat cu un gripper special proiectat pentru manipularea roților și a piulițelor. Acesta alimentează cele 2 puncte de lucru cu roți și piulițe necesare pentru a fi montată roata. Cei 2 roboți dispuși lateral, pe ambele laturi ale mașinii echipați cu un effector de manipulare și montaj, proiectat special pentru a manipula roțile auto cu ajutorul sistemului de prehensiune pneumatic și montajul roților pe butuc prin înfiletarea piulițelor cu ajutorul sculelor de înfiletare dispuse pe acesta. De asemenea identificarea poziției de montaj se realizează cu un sistem de vedere artificială montat pe acesta facilitat astfel centrarea rotii pe butuc și de asemenea orientarea găurilor de trecere de pe janta în poziție optimă pentru angajarea acestora în prezoane.

Pentru o mai bună vizualizare și înțelegere a modului de funcționare și dispunere a elementelor componente în cadrul celulei, în continuare se prezintă vederile în proiecții ortogonale și vederi izometrice, a ansamblului general al celulei robotizate.

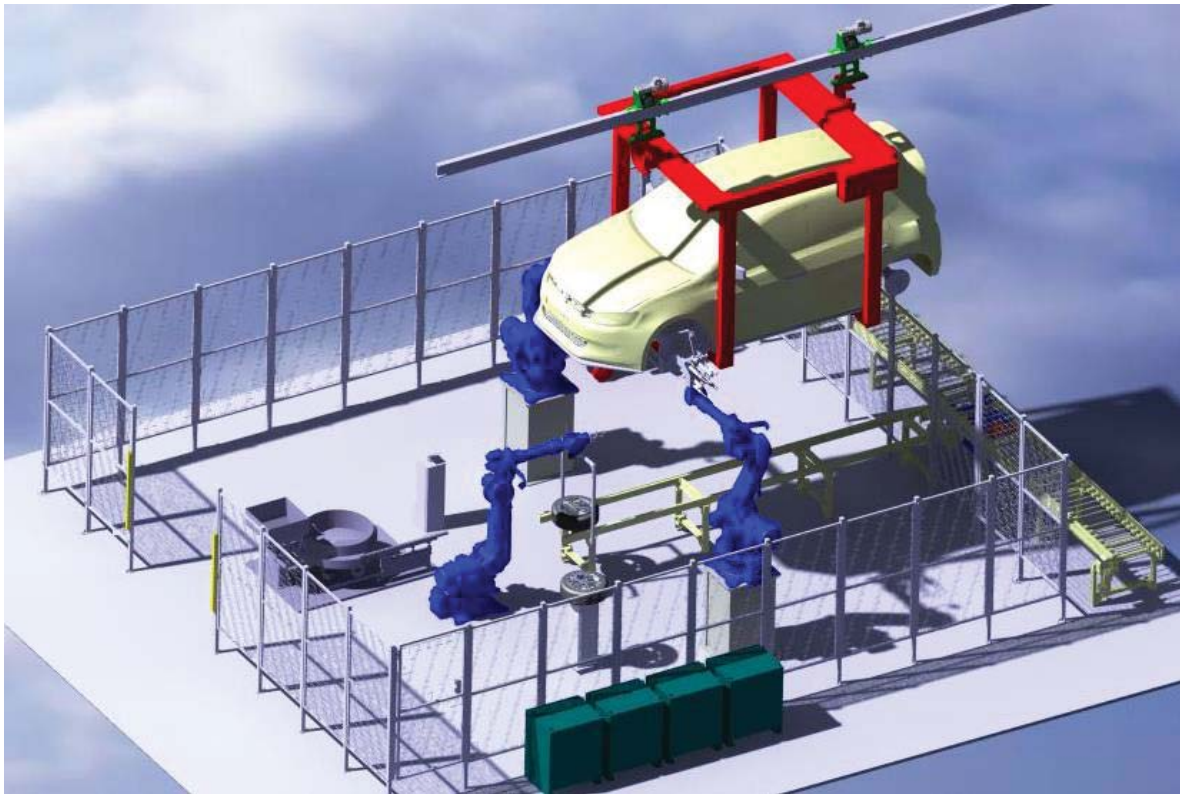


Fig. 1 Vedere Izometrica

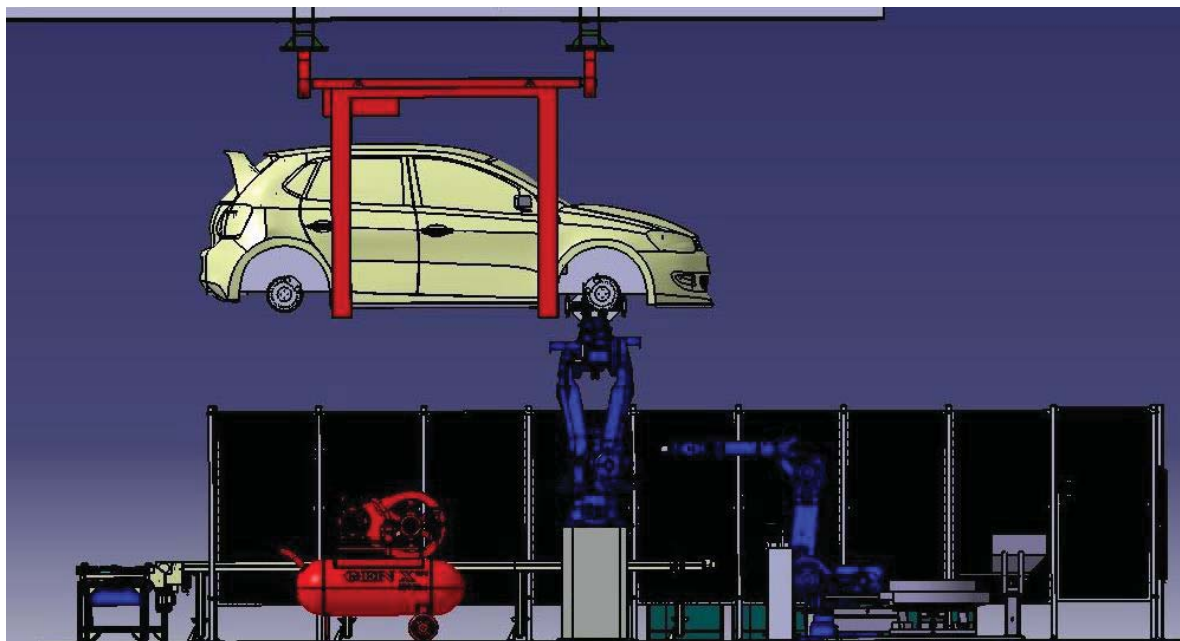


Fig. 2 Vedere laterala

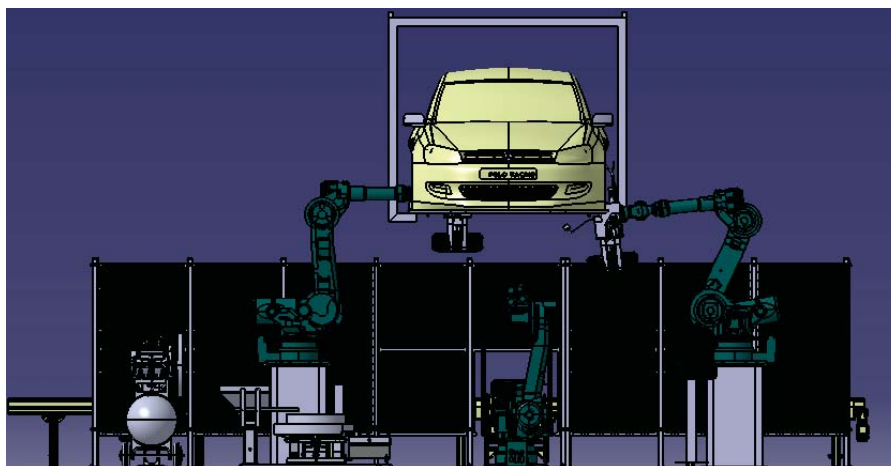


Fig. 3 Vedere frontal

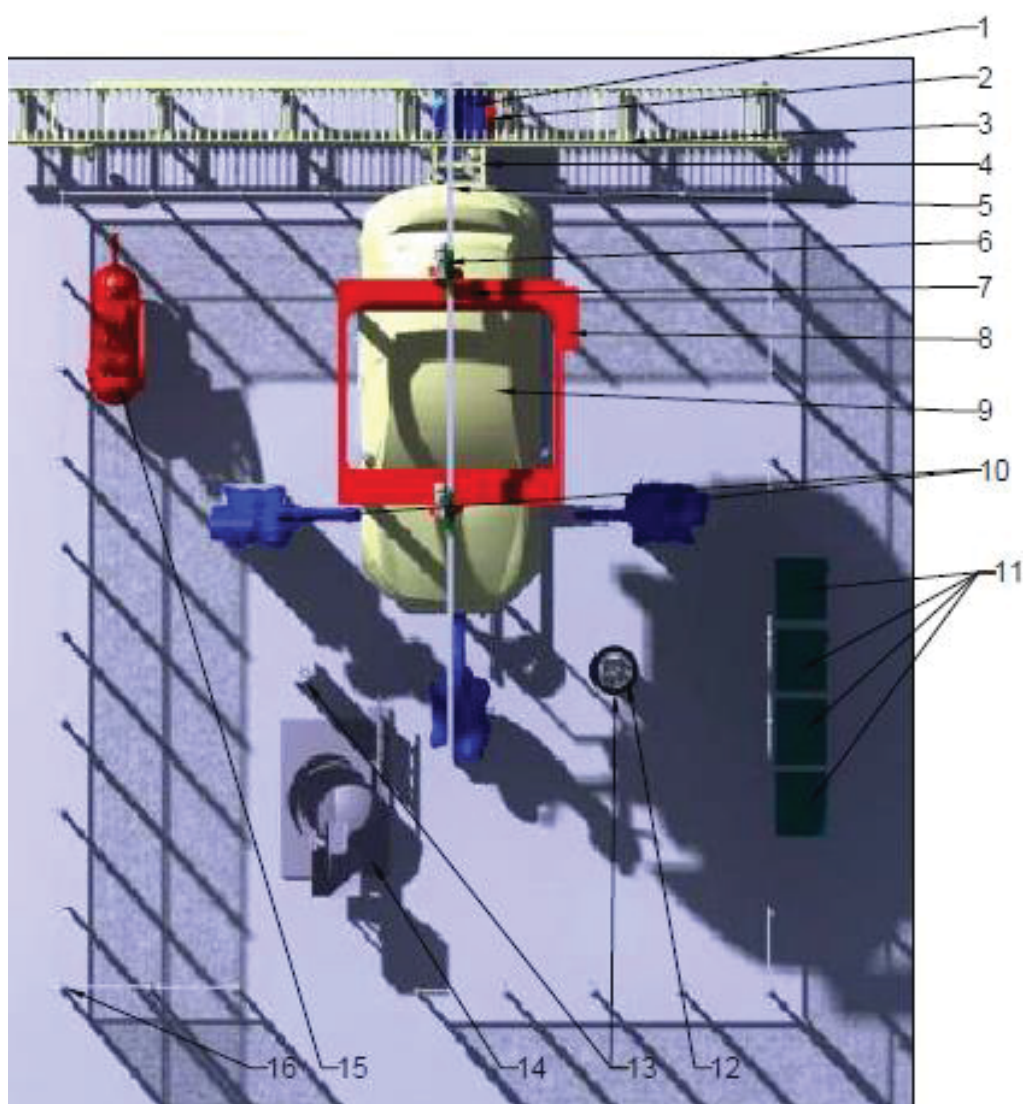


Fig . 4 Vedere de sus

În Fig.4 Este prezentată o celulă de fabricație flexibilă de montare roți auto cu 3 roboți de tip braț articulat cu 6 grade de libertate în care se pot distinge următoarele elemente componente:

1. Sistem de transfer roată
2. Opritor
3. Conveior cu role
4. Conveior cu benzi transportoare
5. Șină de ghidare
6. Sistem de transport conveior suspendat
7. Sistem de ghidare a sistemului de transport
8. Structură portantă autoturism
9. Autoturism
10. Robot de montare
11. Controller – roboți
12. Roată autoturism
13. Sistem de poziționare
14. Sistem vibrant sortare si alimentare piulițe
15. Compresor
16. Gard de protecție

16. Gardul de protecție - Ca orice celulă robotizată este necesar un mediul de lucru ce impune anumite condiții foarte stricte în legătură cu încălcarea perimetrului de lucru. Celula trebuie să fie protejată împotriva persoanelor neautorizate , deci se construiește o structură care să înconjoare celula, rămânând locuri deschise/porți sau uși de acces, doar pe acolo pe unde trebuie să intre sau să iasă personalul autorizat.

14. Sistem vibrant de sortare piulițe – Acesta cu ajutorul vibrațiilor și a unei geometrii specifice sortează și orientează piulițele transportându-le pe tija de ghidare facilitând preluarea piulițelor de către robot.

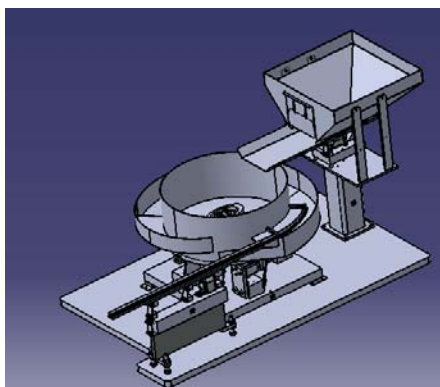


Fig. 5 Sistem vibrant de sortare piulițe

13. Post de lucru – Conceput pentru așezarea roților împreună cu piulițele necesare asamblării. Acesta facilitează preluarea roții centrate și orientate înaintea operației de montare.

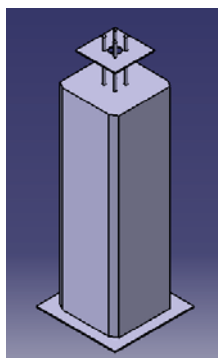


Fig. 6 Post de lucru

Sistem Vision – Acest sistem este poziționat la capătul de cursă a conveiorului, montat pe picioarele de sprijin ale acestora. Facilitează recunoașterea centrului roții și a găurilor de trecere de pe janta necesare a fi centrate ulterior pe punctul de lucru.



Fig. 7 Sistem de vedere artificiala

15. Compresor – Utilizat pentru alimentarea cu aer comprimat cei 3 efectori ai roboților



Fig.8 Compresor

11. Controller – DX200 Capabil să controleze până la 8 roboți și 72 de axe comandate numeric.

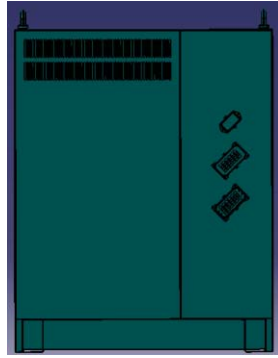


Fig. 9 Controller-DX200

12.Sistem de transport si ghidare – asigura deplasare conveiorului de-a lungul punctelor de lucru realizand pozitionari de mare precizie daorita traductorului de pozitie liniara atasat acestuia.

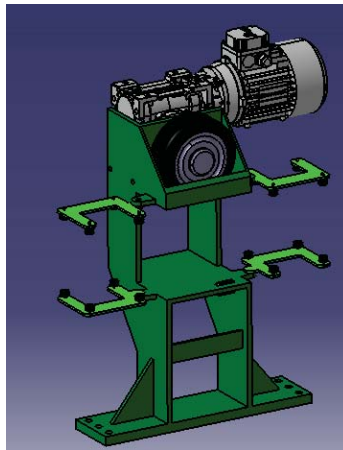


Fig. 10 Sistem de transport si ghidare

13.Cadru conveior - ce asigura sustinerea autovehicolului pe toata durata procesului. De asemenea rigidizand ansamblul astfel pentru a impiedica erorile de pozitionare.

Effector de Manipulare Roți si piulițe

Acest effector a fost conceput cu scopul de a manipula roți de autovehicol si piulițele necesare montării acestuia. De asemenea acesta are un rol deosebit de important in celulă in preluarea rotii de pe conveior cu ajutorul unui sistem vision ce indica pozitia găurii de centrare a roții cât si găurile de prindere a roții în prezoane, orientând roata și pozitionând-o centrata pe sistemul de centrare.

Prinderea roților se realizeaza cu ajutorul a 3 falci actionate cu un universal pneumatic. Prinderea fiind realizată prin gaura de centrare a roții pe butuc eliminând astfel elementele excentrice ce pot interactiona cu alte elemente ale celulei iar dimensiunile reduse a acestuia permit o mobilitate crescuta.

Preluarea piulitelor se efectueaza cu ajutorul electromagnetilor inelari dispusi pe tije conductive magnetic prevazute cu o degajare ce permite piulitelor sa fie atrase in aceasta. Rolul acestui subansamblu al efecteurului este de a prelua piulitele necesare montarii rotii si a le pozitiona pe sistemul de centrare a rotii prevazut cu patru tije ce centreaza rotile si piulitele.

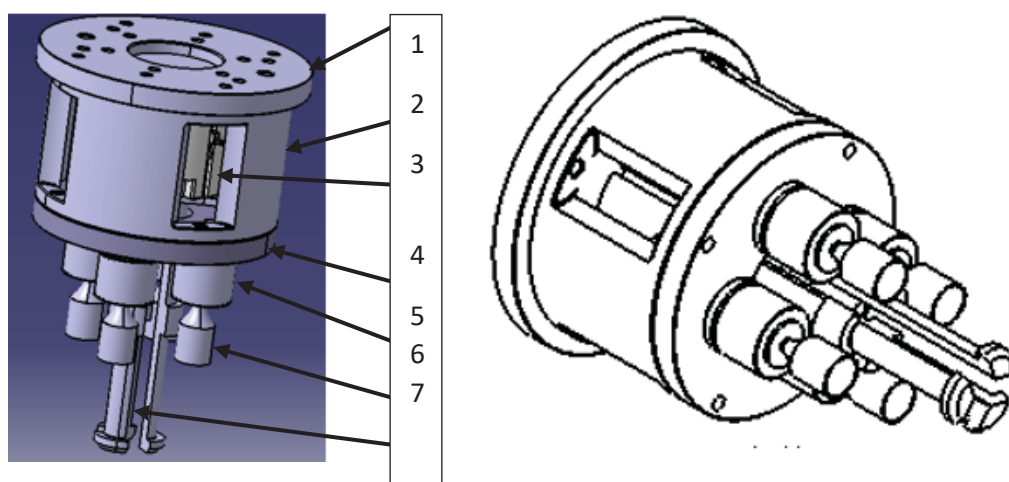


Fig. 11 Vederi izometrice effector Deservire

Elementele componente ale efecteurului:

1. Flansa de prindere a efecteurului de robot
2. Corpul fectorului
3. Universal pneumatic
4. Paca de sustinere a sistemului de prindere a piulitei
5. Electromagnet
6. Tija tubulara
7. Falca de prindere a rotii

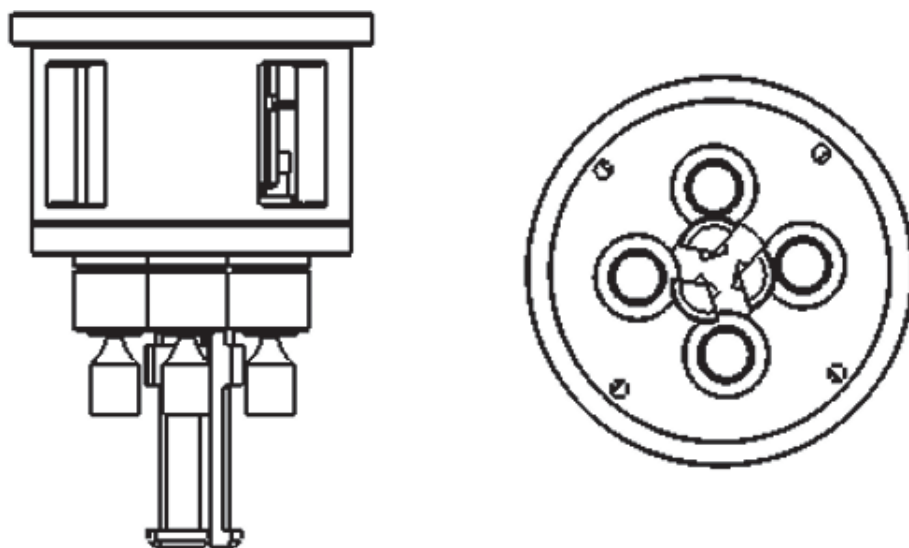


Fig. 12 Vedere laterală/ jos effector Deservire

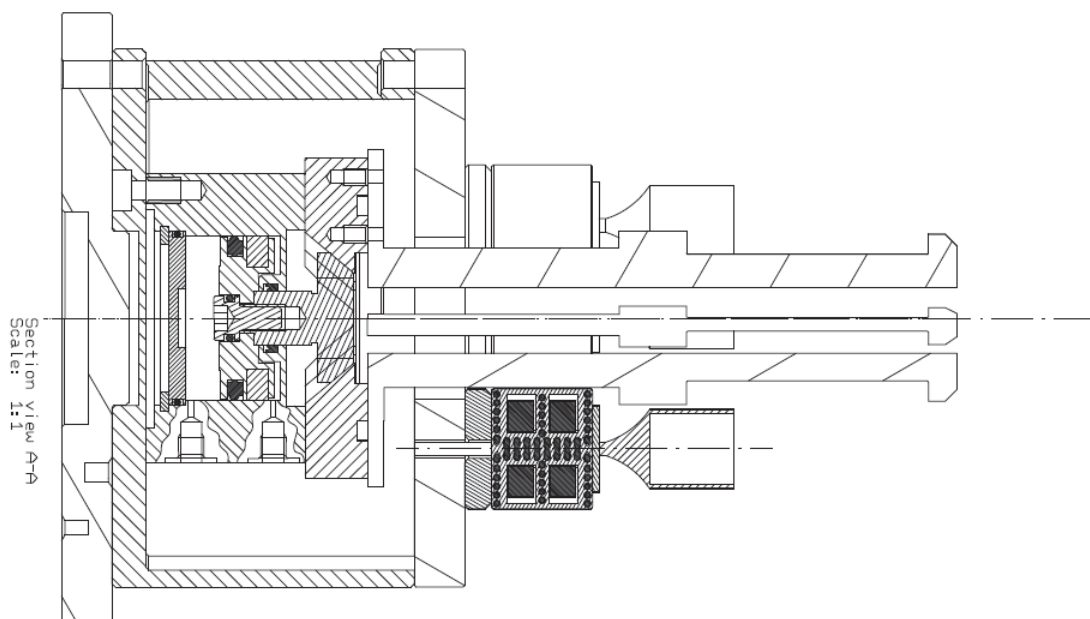


Fig. 13 Sectiune effector de manipulare

Studiul posibilităților de programare - simulare off line a aplicației robotizate în mediul de lucru ABB Robot Studio:

Mediul de programare offline este cel mai bun mod de a maximiza randamentul pentru investițiile cu sistemele robotizate. Modul de programare software al ABB robot studio permite programarea robotului de la un computer personal fără a închide producția.

Robot studio oferă instrumentele necesare pentru a crește profitabilitatea sistemelor robotice permitând efectuarea sarcinilor cum ar fi formarea, programarea și optimizarea fără a perturba producția. Acest lucru oferă următoarele avantaje:

- reducerea riscului
- timp mai rapid de start-up
- timp mai scurt de comutare
- productivitate crescută

Robot studio este construit pe controlerul virtual ABB, o copie exactă a softului rulat de robotii din producție. Acest lucru permite să se efectueze simulări foarte realiste folosind programare de robot reale și fișiere de configurare identice cu cele utilizate de robot. [1]

Simulare off line a aplicației robotizate

Pentru a realiza simularea în mediul de lucru ABB robot studio în primul rând trebuie exportate fișierele într-un format suportat de aceste. După ce au fost introduse într-un proiect nou trebuie setată originea locală a fiecărei referințe.

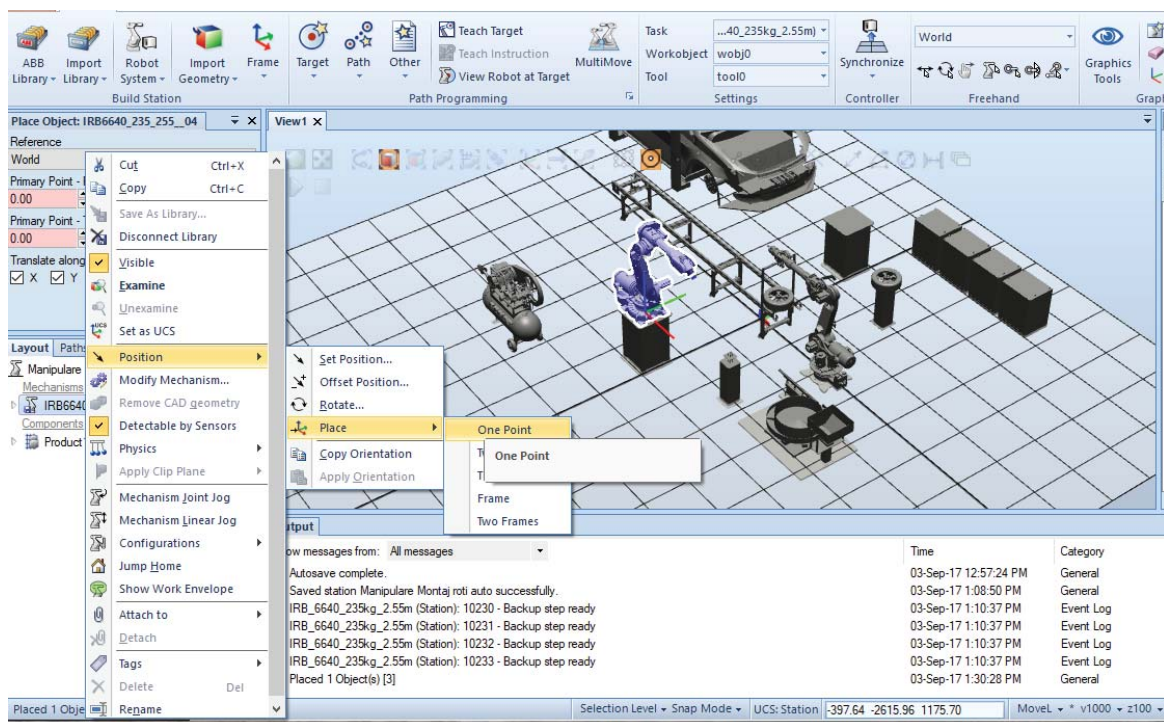


Fig. 14 Importare Celula si pozitionare robot

In acest caz s-a realizat importare întregii celule robotizate, iar separate s-au importat referințele mobile (roti, efectori, piulițe) datorita necesității pieselor da a avea punctul de origine al acestuia in punctul „O” piesa in cazul pieselor manipulate iar in cazul efectorilor punctul de origine sa fie in punctul „O” al flanșei de prindere.

Realizarea cinematicii efectorului de montaj

Deoarece acest tip de gripper nu exista in biblioteca de efectori a programului, este necesar sa se defineasca propriul effector utilizand comanda „Create Mechanism”.

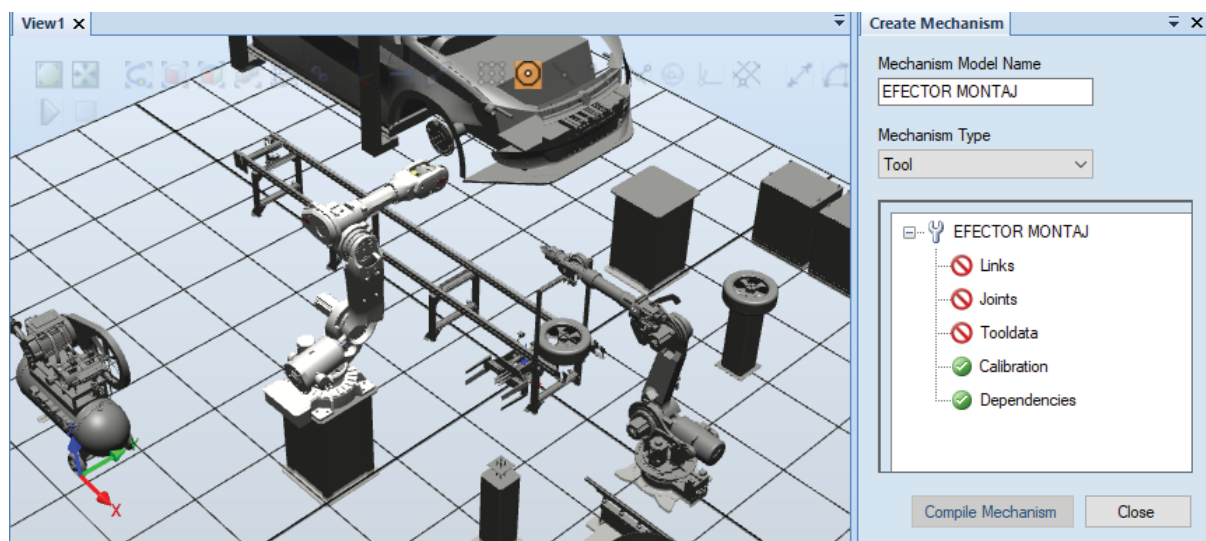


Fig. 15 Realizarea mecanismului efectorului de montaj

Pentru a defini efectorul se urmaresc urmatoarele date:

1. Definirea Legaturilor

- Definirea bazei fixe a Effectorului (modulul ce urmeaza a fi montat pe robot)
- Definirea elementelor mobile (cele ce se deplaseaza in raport cu baza), in acest caz fiind falcile gripperului.

2. Definirea axelor effectorului

- Definirea axelor (rotatie, translatie)
- Definirea elementelor mobile si a referintelor in raport cu care acestea se deplaseaza
- Definirea limitelor de deplasare a axelor

3. Definirea Parametrilor Effectorului

- Definirea bazei fixe effectorului referinta ce se ataseaza la robot
- Definirea TCP-ului (Tool Center Point) varful effectorului
- Definirea masei effectorului a momentelor de inertie si a centrului de greutate

Deasemene dupa parcurgerea acestor pasi se definesc cele doua pozitii „Deschis” care este si pozitia Home; si pozitia „inchis”. Definirea pozitiilor este necesara pentru a comanda gripperul prin semnale.

Modul de definire este exemplificat in figurile de mai jos:

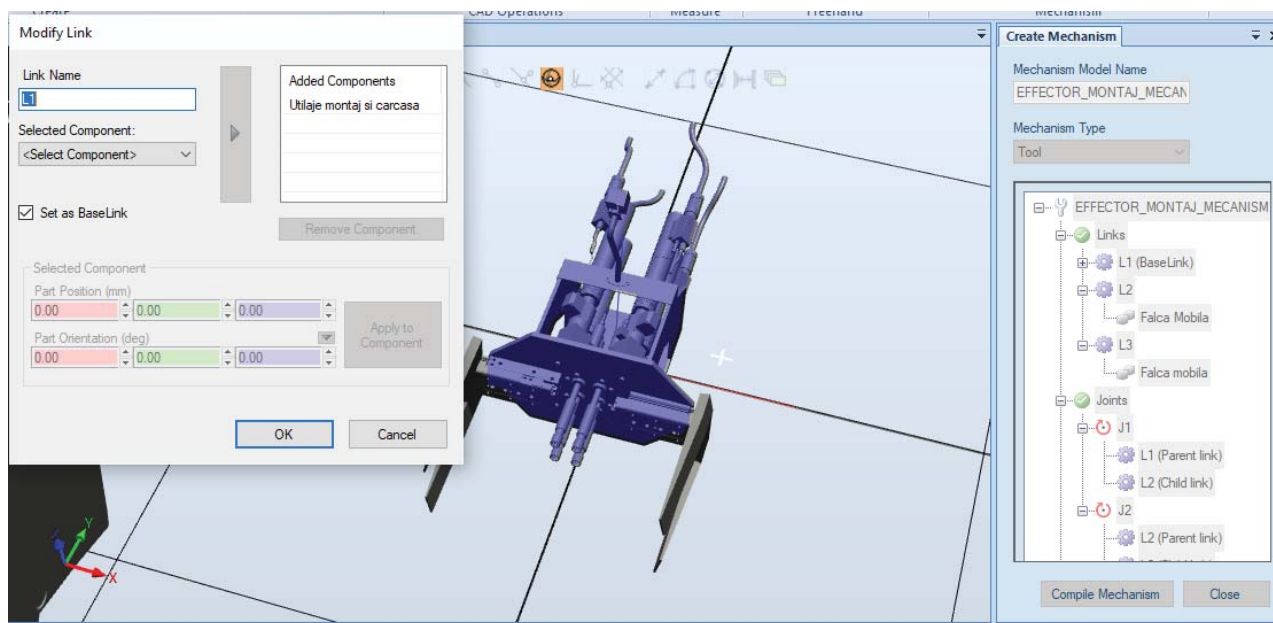


Fig. 16 Definirea legăturilor effectorului

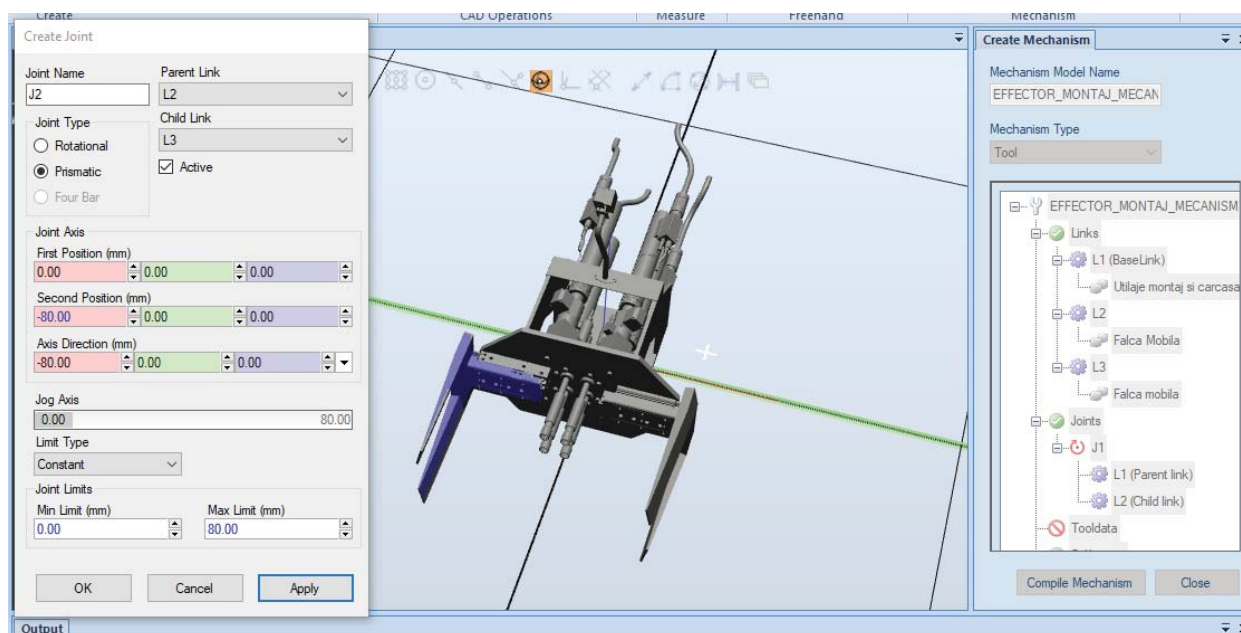


Fig. 17 Definirea axelor effectorului

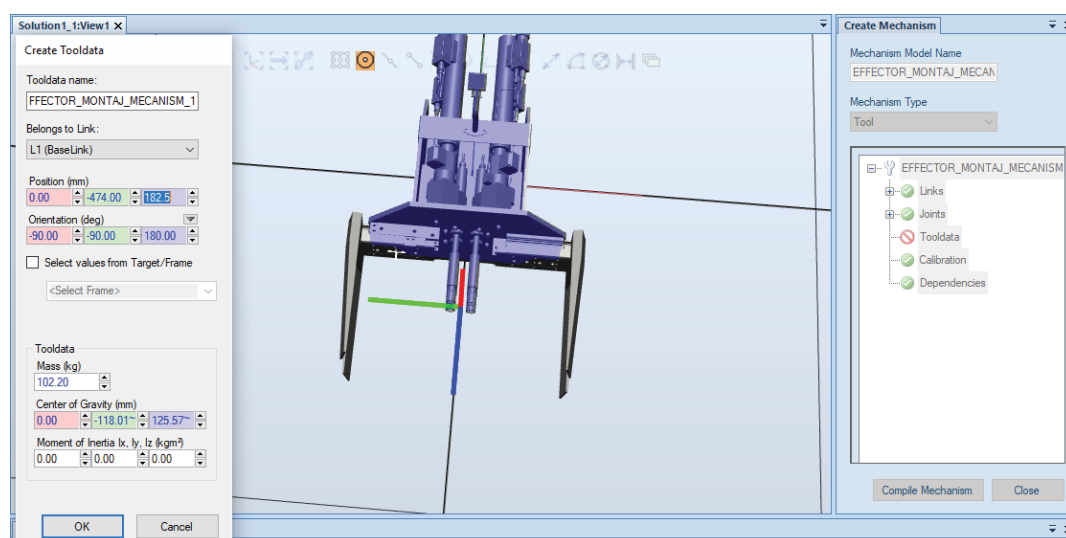


Fig. 18 Definirea Parametrilor effectorului

Definirea Semnalelor Effectorului

Pentru a defini semnalele se acceseaza fereastra „event”, din modul „simulation” , Se realizeaza dou tipuri de semnale pentru effector Modul „inchis” si „deschis”.

Se defineste tipul activitatii „Simulation”, tipul de semnal „I/O” sistemul ce trimite semnalul, in cazul nostru este robotul, tipul actiunii „Move Mechanism” si se defineste tipul semnalului in acest caz semnalul 0 este setat pe pozitia Home deci gripperul este deschis, iar semnalul 1 inchide gripperul.

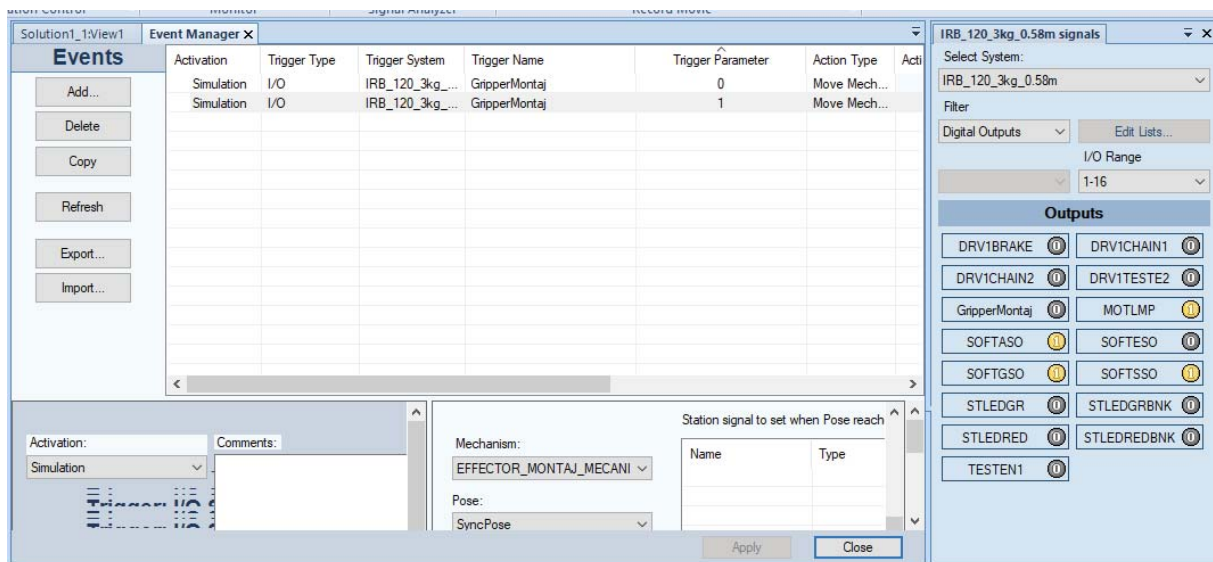


Fig. 19 Definirea semnalelor gripperului

Definirea Semnalelor senzori

Pentru a defini momentul de inchidere si a deschidere a gripperului se v-a utiliza modulul colision. Gripperul se va inchide sau se va deschide in momentul in care gripperul v-a atinge roata in momentul preluarii si se va inchide in momentul in care roata ajunge pe poxitie fixa a butucului rotii .

Se definesc rapoartele de contact :

1. Contact Gripper → Roata
2. Contact Roata → Placa de frana

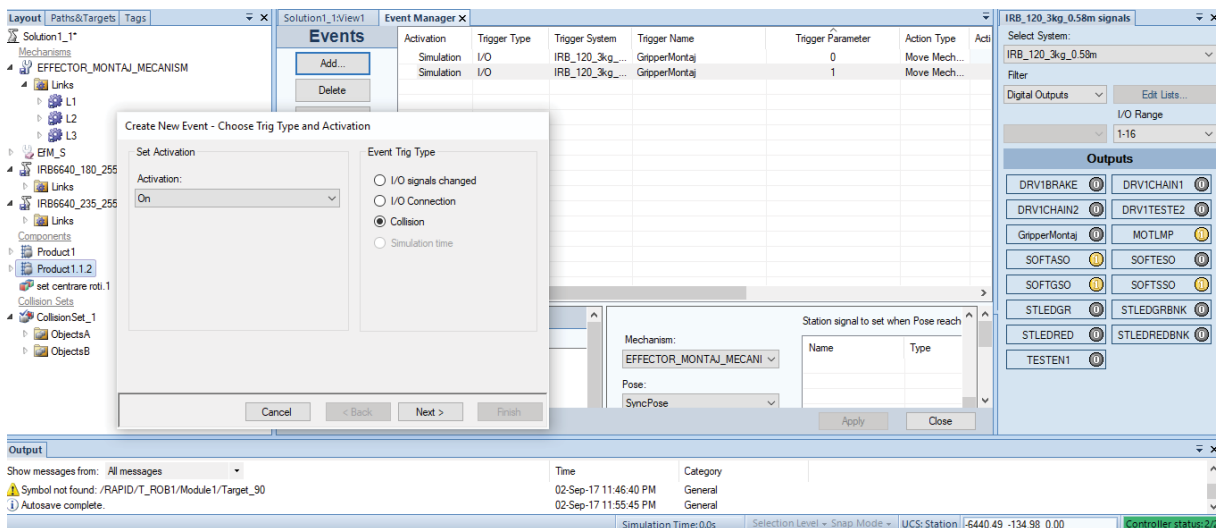


Fig. 20 Definirea Semnalelor senzori

Definirea Traseului

Prin Comanda „Create Path” se definesc punctele a viitorului traseu. Centrul de axe a punctelor traseului trebuie sa fie in concordanta cu punctele effectorului.

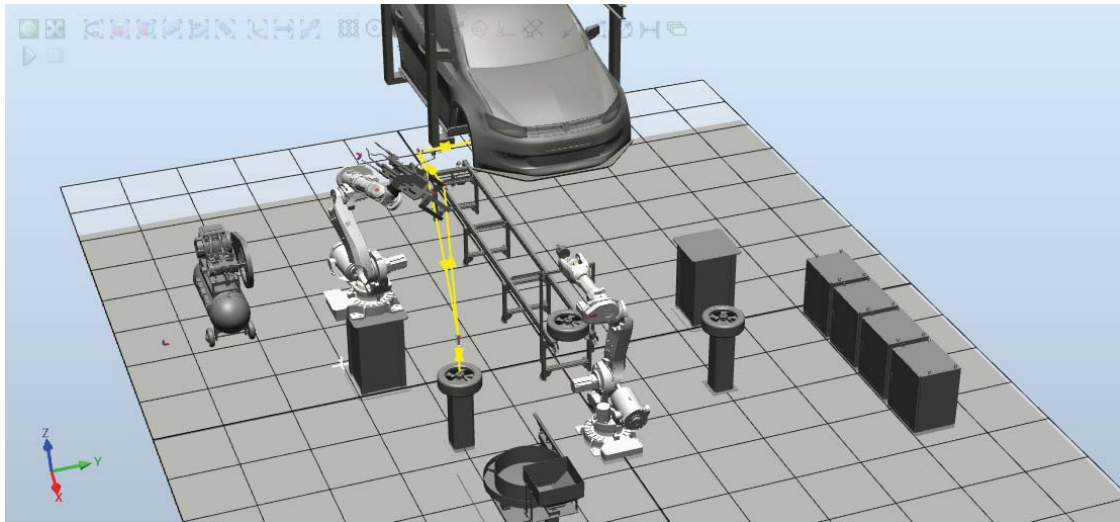


Fig. 21 Definirea traseului

Introducerea comenzilor in programul text

Dupa realizare programului sunt necesare cateva ajustari asupra acestuia, cum ar fi activarea gripperului automata la contactul cu roata si detasarea acestuia la contactul cu placa de frana de pe butucul masinii. Pentru a realiza aceste ajustari se utilizeaza comanda „set” urmat de numele semnalului, in acest caz este „DO10_2”.

```
T_ROB1/Module1 X
6   CONST robtarget Target_40_2:=[1095.731678939,-84.25341554,1561.031545111],[0.001918933,-0.993994089,-0.
7   CONST robtarget Target_50:=[1072.301025162,-25.445094507,1878.401918557],[0.004608277,0.951145713,-0.03
8   CONST robtarget Target_60:=[1119.36,-81.33,2482.285],[0.27059805,-0.653281482,0.27059805,-0.653281482],
9   CONST robtarget Target_70:=[1469.36,-81.33,2482.285],[0.27059805,-0.653281482,0.27059805,-0.653281482],
10  CONST robtarget Target_80:=[1119.36,-81.33,2482.285],[0.27059805,-0.653281482,0.27059805,-0.653281482],
11  CONST robtarget Target_90:=[82.499806201,-1546.484828052,1817.481280912],[0.00719543,0.72455568,-0.6887
12
13
14  PROC main()
15
16      Path_10;
17
18  ENDPROC
19
20  PROC Path_10()
21      MoveL Target_10,v1000,fine,Bun_EF_1\Wobj:=wobj0;
22      MoveL Target_20,v1000,fine,Bun_EF_1\Wobj:=wobj0;
23      MoveL Target_30,v200,fine,Bun_EF_1\Wobj:=wobj0;
24      set DO10_2;
25      MoveL Target_40,v200,fine,Bun_EF_1\Wobj:=wobj0;
26      MoveL Target_40_2,v1000,fine,Bun_EF_1\Wobj:=wobj0;
27      MoveL Target_50,v1000,fine,Bun_EF_1\Wobj:=wobj0;
28      MoveL Target_60,v200,fine,Bun_EF_1\Wobj:=wobj0;
29      set DO10_2;
30      MoveL Target_70,v200,fine,Bun_EF_1\Wobj:=wobj0;
31      MoveL Target_80,v1000,fine,Bun_EF_1\Wobj:=wobj0;
32      MoveL Target_90,v1000,fine,Bun_EF_1\Wobj:=wobj0;
33  ENDPROC
34  ENDMODULE
```

Fig. 22 Introducerea comenzilor in programul text

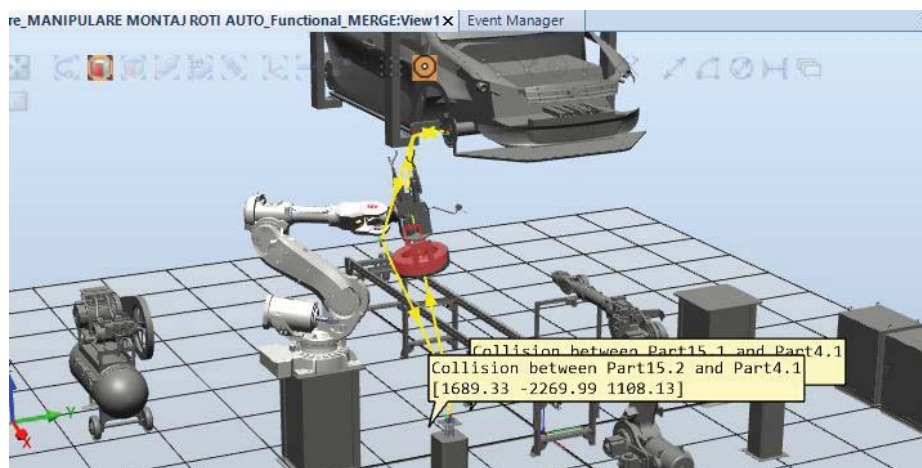


Fig. 23 Preluarea rotii dupa contactul cu gripperul

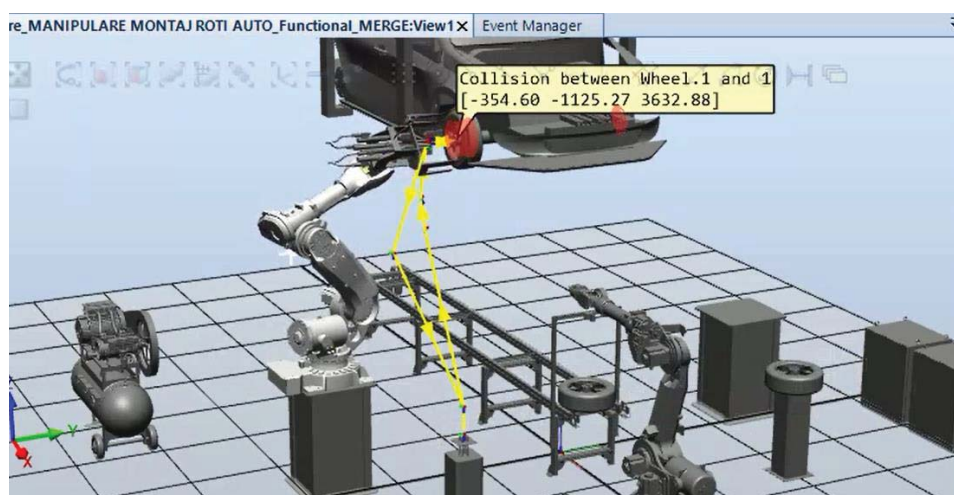


Fig. 24 Atasarea rotii si retragerea gripperului

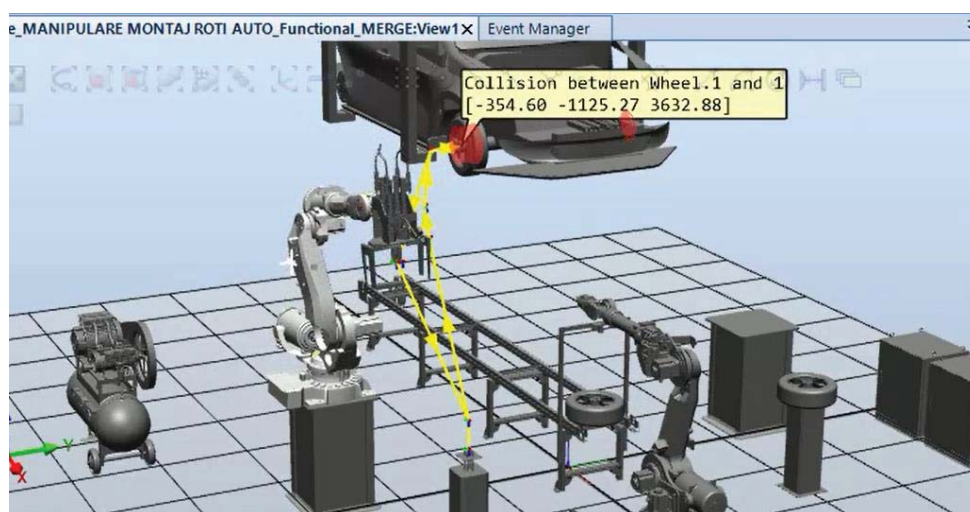


Fig. 25 Retragera gripperului in pozitia Home

3. Concluzii

Acest tip de montaj ce poate fi implementat atât pe conveioarele suspendate din generația nouă cât și cele vechi (cu lanț) cu costuri reduse nefiind necesară modificarea întregii linii de producție.

În cazul conveioarelor cu sistem de antrenare prin lanț, montajul se va realiza pe o porțiune de transport independentă de restul traseului, de preferat cât mai scurtă, pentru a evita cazurile de cedare sau alunecare a liniei de transport. Astfel se pot preveni coliziunile între robot și autovehicul, distrugerea echipamentelor de montaj cât și a vehiculului aflat pe linia finală de asamblare.

Configurația celulei este una compactă cu 2 roboți de montaj aflați pe lateralele autovehiculului și un robot de servire împreună cu conveierul de alimentare cu roți aflați sub autovehicul. Această configurație compactă utilizează eficient atât spațiul aerian cât și cel de la sol reducând astfel spațiul utilizat de montajul manual și crescând cadența de montaj.

Bibliografie

[1]. <https://new.abb.com/products/robotics/robotstudio>

SIMULAREA OFF-LINE A UNEI APLICAȚII ROBOTIZATE PENTRU AMBALAT STICLE DE ULEI AUTO UTILIZÂND MEDIUL ROBCAD

CHIȘ Mihai Bogdan

Facultatea: IMST, Specializarea: Master Robotică, Anul de studii: II
e-mail: mihaibogdanchis@yahoo.com

Conducător științific: Prof. dr. ing. **Cristina PUPĂZĂ**

REZUMAT: Lucrarea prezintă simularea și programarea unei celule robotizate de pick-and-place prin intermediul unui robot de tip braț articulat cu șase axe de libertate montat la sol, din gama de roboți MOTOMAN. Această aplicație poate fi folosită pentru mai multe produse industriale. Studiul a fost inspirat de realizările firmei Overveld Packing, fiind făcute particularizări și modificări.

CUVINTE CHEIE : simulare, programare, robot, auto, RobCAD

1. Introducere

Operația de manipulare obiecte sau manutanță este una din cele mai folosite tipuri de operații și constă în modificarea orientării și poziției unui reper cu ajutorul unui robot. Operația de manutanță se face cu un robot care trebuie să-și poziționeze efectorul deasupra obiectului astfel, încât bacurile de prindere să poată prinde obiectul. Pentru ca operația de prindere să fie efectuată repetitiv și fiabil, este de obicei necesar să se impună anumite reguli. Roboții folosiți pentru această operație sunt din toate tipurile cunoscute.

Transferul pieselor este un proces obositor și poate provoca accidente pentru operatorii umani. Prin adăugarea de roboți în acel loc, operatorii umani sunt ținuti departe de mediul periculos.

În figura Fig. 1 [1] este prezentată o aplicație robotizată destinată pentru transferul obiectelor de către un robot echipat cu un efector, pentru preluarea sacilor de pe un conveyer de intrare cu role. Robotul preia sacul de pe conveyerul de intrare și îl depune pe un palet, care se află pe un conveyer de ieșire.



Fig.1. Aplicație pentru transferul obiectelor [1]

Roboții pentru împachetare sunt extrem de flexibili și ușor de integrat în aplicații robotizate. Unele dintre avantajele roboților de împachetare includ reducerea timpului de ambalare, posibilitatea de a ridica pachetele mai mari și reducerea costurilor.

Figura 2 constă într-o aplicație pentru împachetarea recipientelor din plastic [2]. Robotul încarcă cutia cu recipientele de pe conveiorul de intrare. Cutia este așezată pe un sistem de transfer, în care deplasează cutia liniar către conveiorul de ieșire.



Fig. 2 Aplicație pentru împachetarea recipientelor din plastic [2]

Procesul de aservire robotizată este o aplicație de introducere a robotului industrial pentru a interacționa cu alte sisteme mecanice, care execută și alte operații.

Fig. 3 [3] constă în integrarea robotului într-o aplicație de sudură în puncte la sol. Robotul este echipat cu un prehensor unde sunt manipulate piesele pentru sudarea la postul de sudură în puncte la sol.



Fig. 3. Aplicație de aservire pentru sudarea în puncte a unor piese [3]

2. Modelul virtual al celulei

Etapele necesare realizării unei simulări pentru celula robotizată sunt:

1. Proiectarea componentelor în mediul de lucru 3D în programul CATIA V5.
2. Generarea desenului 2D cu celula robotizată.
3. Conversia tuturor componentelor din format .catproduct în .rf (robfaceout).
4. Importul tuturor componentelor în format .rf (robfaceout).
5. Inserarea tuturor componentelor în celula robotizată.
6. Așezarea tuturor componentelor pe implantul 2D.
7. Definirea cinematică și a limitelor de mișcare ale robotului și a tuturor mecanismelor din celulă.
8. Generarea traiectoriilor robotului.
9. Definirea atributelor (evenimentelor) pentru fiecare poziție învățată.
10. Crearea simulării și așezarea operațiilor în succesiunea lor.
11. Legarea operațiilor și sincronizarea mecanismelor și a evenimentelor.
12. Definirea listelor de coliziuni și verificarea simulării în cazul apariției unor interferențe.
13. Generarea programului în modulul OLP (Programare Off-line).

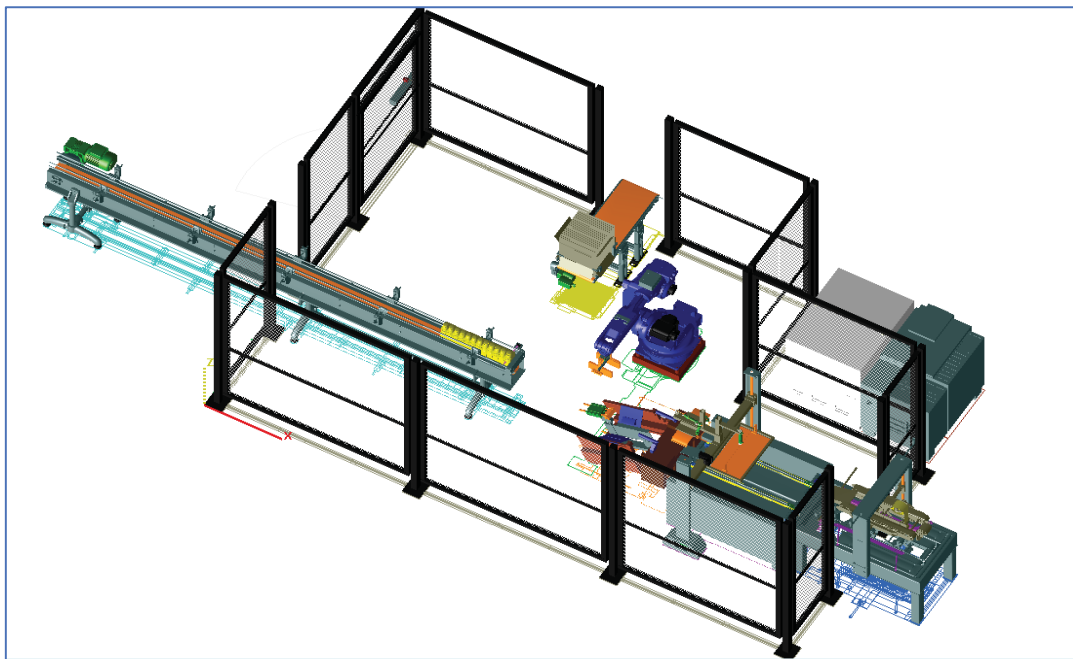


Fig. 4. Vedere izometrică cu celula robotizată în modulul de simulare RobCAD

În Fig. 5 sunt reprezentate următoarele componente: 1 - conveiorul de intrare cu sticle de ulei, 2- stocatorul de cutii, 3 - robotul de tip braț articulat, 4 - efectorul de tip gripper, 5 - dispozitivul de pliere și transfer, 6 - dispozitivul de pliere, 7 - conveiorul cu bandă dublă, 8 - sistemul de lipire cu rolă adezivă, 9 - controller-ul robotului, 10 - compresorul, 11- gardul de protecție.

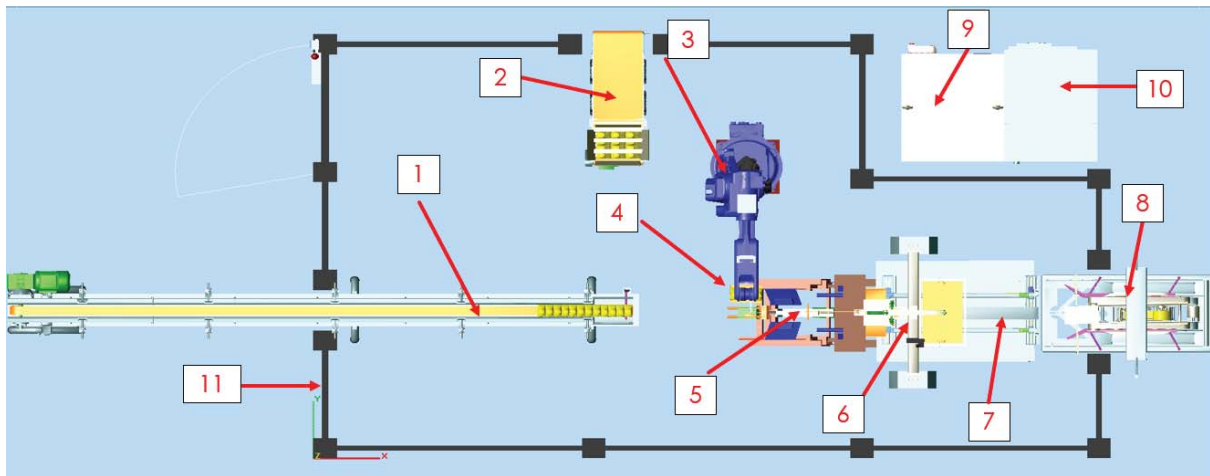


Fig. 5. Componentele celulei robotizate din programul de lucru RobCAD

În Fig. 6 este definită cinematica unui piston, care este un mecanism de tip bielă manivelă. Pentru definirea cinematicii trebuie definite trei puncte în fiecare articulație de mișcare, având ca singură condiție: toate punctele să fie în plan.

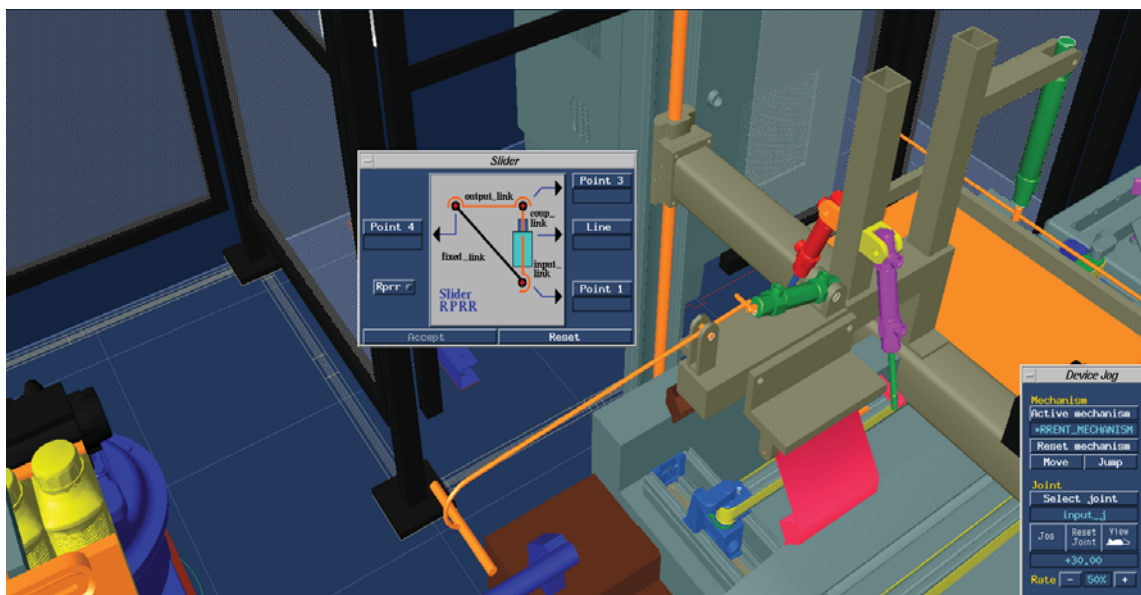


Fig. 6. Definirea cinematicii a unei componente din celulă

În Figura 7 este reprezentat modul cum a fost creată simularea și cum a fost generată o diagramă de timp de ciclu. În fereastra cu diagrama GANT se poate observa legenda acesteia, cu următoarele semnificații: verde - fluxul de obiecte, albastru - mecanisme, portocaliu - roboții, roz - operații manuale, maro - elemente nesimulate, gri - subsecvențe, galben - operații de așteptare.

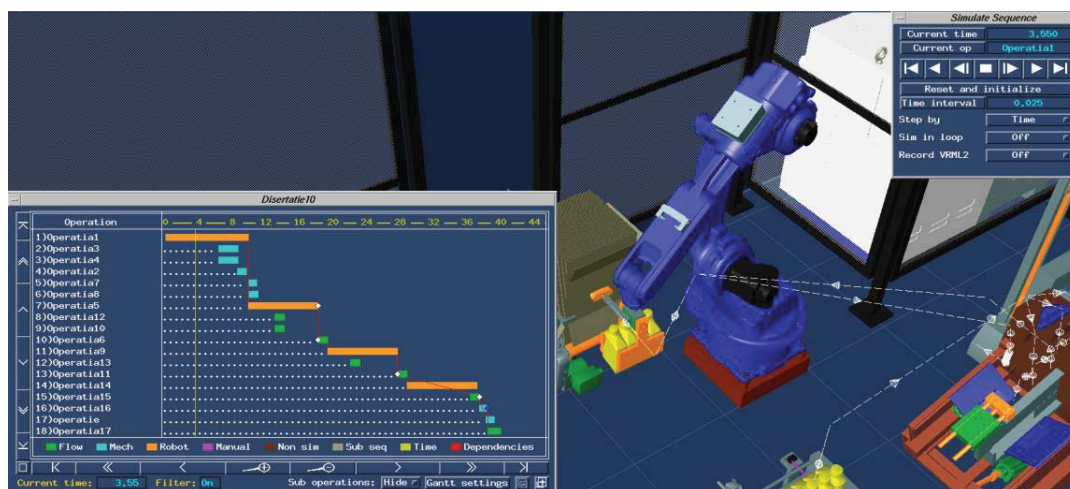


Fig. 7. Realizarea simulării și generarea programului pentru robot

În Fig. 8 a fost definit volumul de lucru în timpul simulării. Aceasta este folosită pentru optimizarea timpului de ciclu și pentru o mai bună vedere a accesibilității spațiului de lucru.

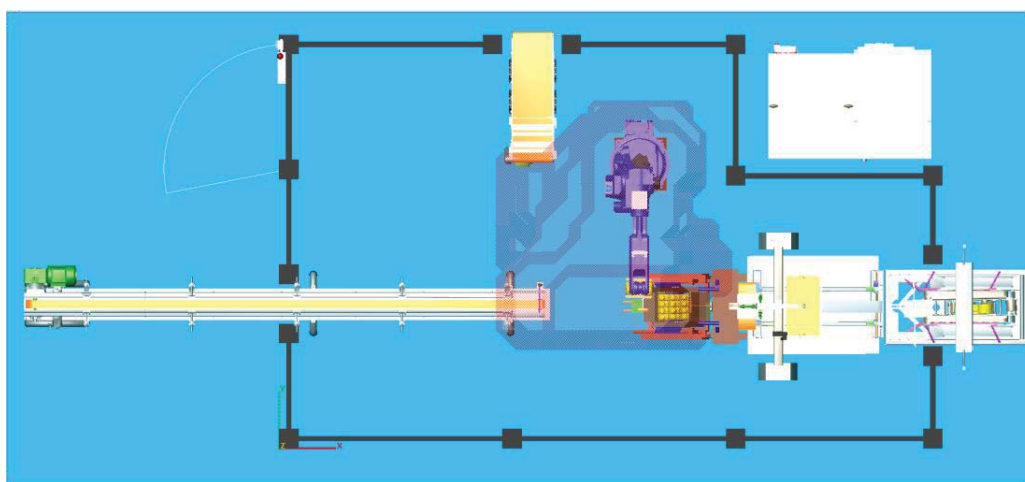


Fig. 8. Volumul de lucru al traiectoriei robotului MOTOMAN HP20D

3. Concluzii

Pentru fabricația avansată roboții industriali sunt cea mai bună alegere. Aceștia oferă calitate, precizie și fabricație rapidă și îndeplinesc cerințele crescute ale standardului de calitate ale furnizorului. Costul și timpul pentru fabricație este redus. Erorile pot fi eliminate complet în timpul producției.

Dezavantajele ale mediului de lucru RobCAD sunt: este mai greu de definit cinematica la un mecanism compus din multe componente complexe. Nu este recomandat pentru linii de asamblare mari, deoarece îngreunează rularea aplicației și programul se poate închide brusc.

Bibliografie

- [1] <http://www.overvoldpackaging.com/> - Accesat pe date de 10 mai 2018
- [2] <https://www.youtube.com/> - Accesat pe date de 10 mai 2018
- [3] <https://www.scribd.com/doc/120874480/Robcad-Basics> - Accesat pe date de 10 mai 2018

PROGRAMAREA ȘI SIMULAREA OFFLINE PENTRU O CELULĂ FLEXIBILĂ DE PROCESARE PANOURI LCD ÎN CAMERE ALBE

BĂCANU Alexandru

Facultatea: Ingineria si Managementul Sistemelor Tehnologice Specializarea: Robotica Anul de studii: Master II
email:alex.bacanu@live.com

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Adrian NICOLESCU**

REZUMAT: În această lucrare s-a realizat programarea și simularea offline pentru o celulă flexibilă de procesare panouri lcd în camere albe. Programul software folosit pentru simulare este Tecnomatix Process Simulate 14.0.2, TIA Portal și PLC Sim Advanced iar modelele 3D au fost realizate în NX 11

CUVINTE CHEIE: simulare, proces, manipulare, plc, semnale.

1. Introducere

Celula de proiectat este o celulă de procesare a panourilor LCD în camere albe folosind un robot de tip braț articulat Kawasaki RS030N echipat cu un efector vacuumatic și un manipulator în 5 axe comandate numeric pentru preluarea sticlei.

2. Stadiul actual

În cadrul acestui capitol este prezentată celula de procesare panouri LCD în camere albe. Celula a fost realizată prin modelare 3D cu ajutorul programului NX 11 și simularea funcțională a celulei s-a realizat cu ajutorul programului Process Simulate.

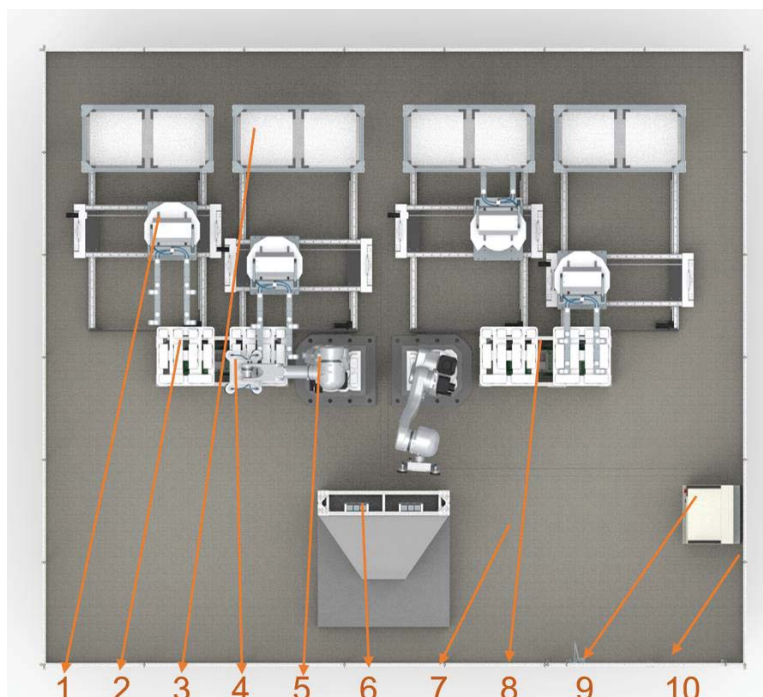


Fig. 1 Componentele celulei

Principalele operații ce descriu funcționarea celulei sunt:

- Panourile de sticlă sunt depozitate într-un stocator vertical.
- Manipulatorul în 5 axe CN preia panourile de sticlă din stocatorul vertical cu ajutorul unor elemente pneumatice și așează panoul de sticlă pe o masă support.
- Masa suport este conectată la un sistem pneumatic.
- Robotul preia panoul de sticlă de pe masa suport și o așează într-un punct de lucru al sistemului de procesare vertical.
- După procesarea sticlei, robotul pune panoul de sticlă pe o masă suport alăturată.
- Manipulatorul preia panoul de sticlă procesat și îl depune pe un alt stocator vertical

Pentru o funcționare corectă a celulei s-au realizat încă două blocuri logice, pentru sincronizarea între robot și manipulator pentru a nu se produce o coliziune în spațiul de lucru comun (figura următoare) al celor două dispozitive.

În următoarea figură este prezentat blocul logic al celulei, cel care conectează semnalele de la senzori cu semnalele de la roboți și de la manipulatoarele în 5 axe CN.

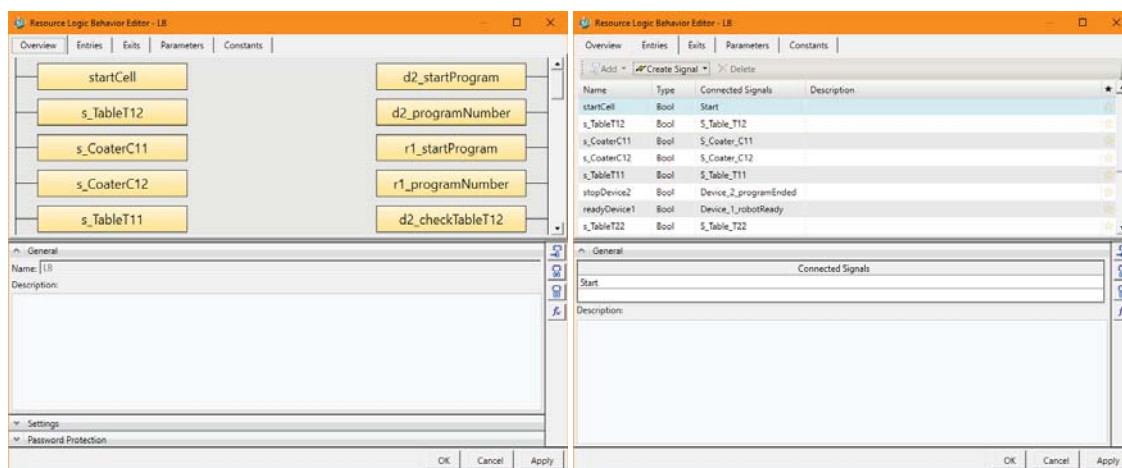


Fig. 2 1 bloc logic principal de legătură între semnale robot, semnale dispozitive și senzori și 2 blocuri logice de sincronizare roboți pentru zonele de interferență

Pentru evitarea coliziunii s-au pus comenzi OLP pe operațiile dinainte de zona de interferență (comandă de așteptare semnal checkZone) și în același punct s-au pus și două comenzi de setare semnal și anume setare enterZone pe valoarea 1 și exitZone pe valoarea 0, iar robotul când a ieșit din zona de interferență, enterZone va fi setat pe 0 iar exitZone va fi setat pe 1, iar semnalul checkZone va fi setat pe 0 din legăturile realizate prin logic bloc, o legătură de tip SetReset între semnalele de intrare și ieșire robot sau manipulator

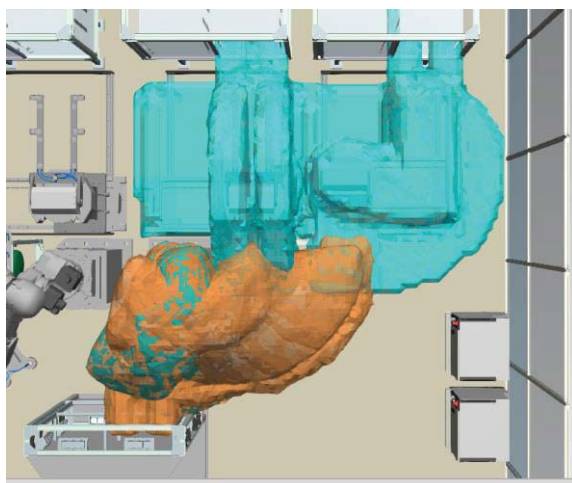


Fig. 3 Volumul de lucru pentru robot (portocaliu) și manipulator (albastru)

În următoarea imagine este prezentat panoul de simulare pentru celulă, având un singur semnal de tip Key, cel de pornire celulă (și implicit roboții și manipuloarele din logic bloc), senzori fizici aflați în celulă (de prezență piesă masă suport și prezență piesă dispozitiv procesare) și semnalele pentru funcționare a roboților și manipuloarelor precum de startProgram, programNumber, checkZone, checkTable, checkCoater, enterZone și exitZone.

Simulation Panel			
	Inp...	Outp...	LB
Simulation			
[-] Master_PnP			
Start	☒		
[-] Sensors			
S_Coater_C11	☒		
S_Coater_C12	☒		
S_Coater_C21	☒		
S_Coater_C22	☒		
S_Table_T11	☒		
S_Table_T12	☒		
S_Table_T21	☒		
S_Table_T22	☒		
[-] Device 1			
Device_1_checkTableT11		☒	
Device_1_checkZone		☒	
Device_1_enterZone	☒		
Device_1_exitZone	☒		
Device_1_programNumber		1	
Device_1_robotReady	☒		
Device_1_startProgram		☒	
[-] Device 2			
Device_2_checkTableT12		☒	
Device_2_checkZone		☒	
Device_2_enterZone	☒		
Device_2_exitZone	☒		
Device_2_programNumber		1	
Device_2_robotReady	☒		
Device_2_startProgram		☒	

Fig. 4 Panoul de simulare pentru celulă

Sistemele de producție automatizate și flexibile sunt controlate de PLC, ce includ instrumente sofisticate, roboți, linii de transfer și alte echipamente de siguranță (safety). Programarea PLC permite producătorilor să modifice liniile de producție fără a fi nevoie să se reia complet instalația. Cu toate acestea, ori de câte ori se fac modificări, inginerii trebuie să oprească producția pentru o perioadă îndelungată de timp în timp ce se depanează programele PLC împotriva echipamentelor live.

Cu soluțiile Tecnomatix, se poate depana codul PLC într-un mediu virtual înainte de a îl descărca pe echipamentele reale. Prin simularea și validarea echipamentelor de automatizare, practic se poate confirma că acestea vor funcționa conform așteptărilor și vor reduce în mod semnificativ timpul de pornire al sistemului.

3. Ce s-a adaugat

Realizarea de programe complexe de fabricație ce include mai mult de doi roboți industriali, legăturile dintre acestea se realizează prin semnale de intrare și semnale de ieșire condiționate de un logic controller (PLC).

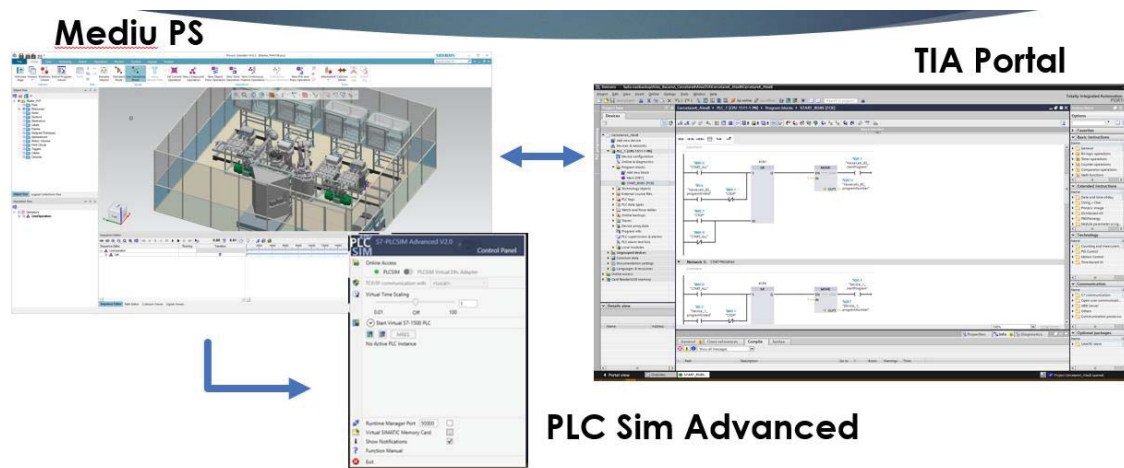


Fig. 5 Conexiunea între Process Simulate și TIA Portal prin intermediul simulării unui PLC real folosind PLC Sim Advanced

Noțiunea de PLC vine de la Programmable Logic Controller (Controller Logic Programabil) și este un computer digital folosit la automatizarea proceselor industriale precum controlul mașinilor dintr-o fabrică ce utilizează linii de asamblare. PLC are mai multe porturi de intrare și de ieșire, fiind bazat pe arhitectura RISC (Reduced Instruction Set Computer) și proiectat pentru a rezista la condiții mai severe (praf, umezeală, limite de temperatură mari, căldură, frig) are imunitate la zgomot electric și rezistență la vibrații și impact. PLC constă dintr-un microprocesor programabil și este programat folosind un limbaj mașina specializat (TIA V14). De obicei programul este scris într-un mediu de dezvoltare pe PC, iar apoi este descărcat în PLC printr-un cablu de conexiune. Programele de control ale mașinii sunt, de regulă, stocate într-o memorie nevolatilă.

Structura unui PLC, din punct de vedere funcțional, cuprinde

- 1) Modulele de intrare – preiau semnalele din mediul controlat prin intermediul senzorilor și le convertesc în semnale logice pentru a fi prelucrate de CPU;
- 2) Unitatea centrală de Prelucrare (CPU) – procesează semnalele primite pe baza instrucțiunilor unui program, ia decizii și emite semnale numerice pe modulele de ieșire în conformitate cu strategia de control;
- 3) Modulele de ieșire – convertesc semnale de la CPU în semnale de comandă în scopul acționării diferitelor echipamente prin intermediul actuatorilor.

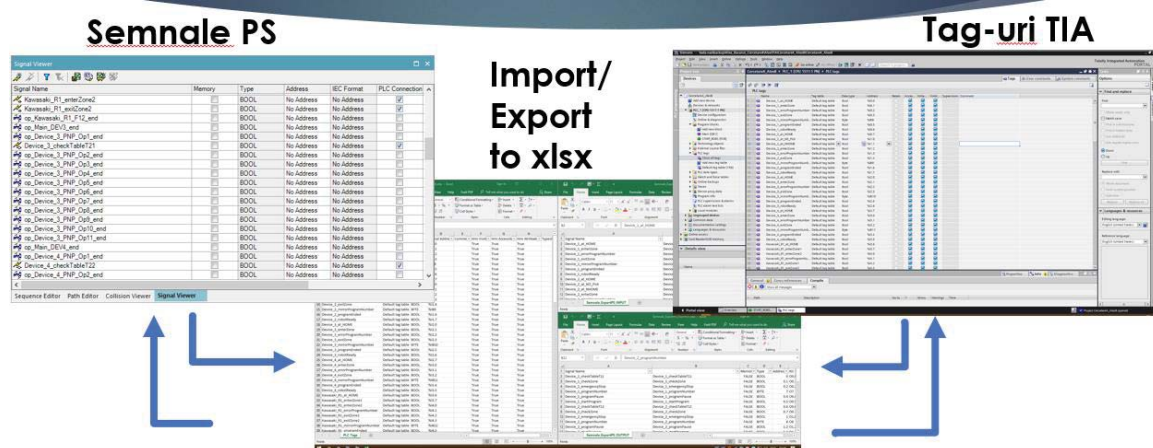


Fig. 6 Maparea semnalelor intre Process Simulate si TIA Portal folosind export/import si editarea valorilor in Microsoft Excel

In definirea programului PLC s-au descris urmatoarele tipuri de linii de comanda:

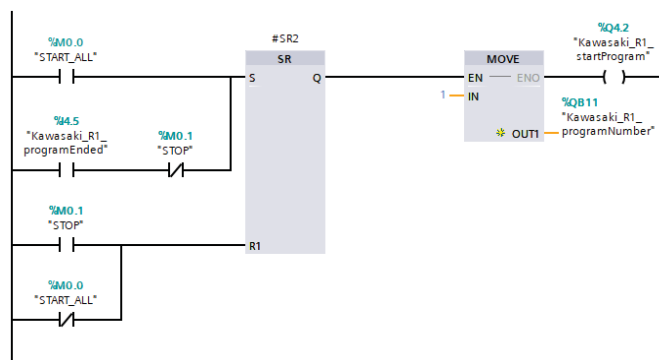


Fig. 7 Secventa de start a robotului R1 sau R2 (fiind identica)

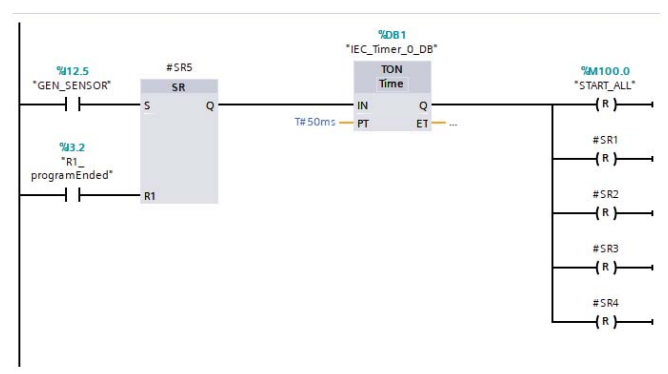


Fig. 8 Secventa de start a manipulatorului in 5 axe comandate numeric, dupa ce sensorul este active si programul robot s-a terminat.

4. Concluzii

Process Simulate este un instrument foarte util pentru programarea și simularea offline a unui process industrial folosind o gamă foarte largă de roboți și dispozitive mecatronice

Virtual Comissioning este posibil folosind Process Simulate, TIA Portal si PLC Sim Advanced.

În viitor se va testa:

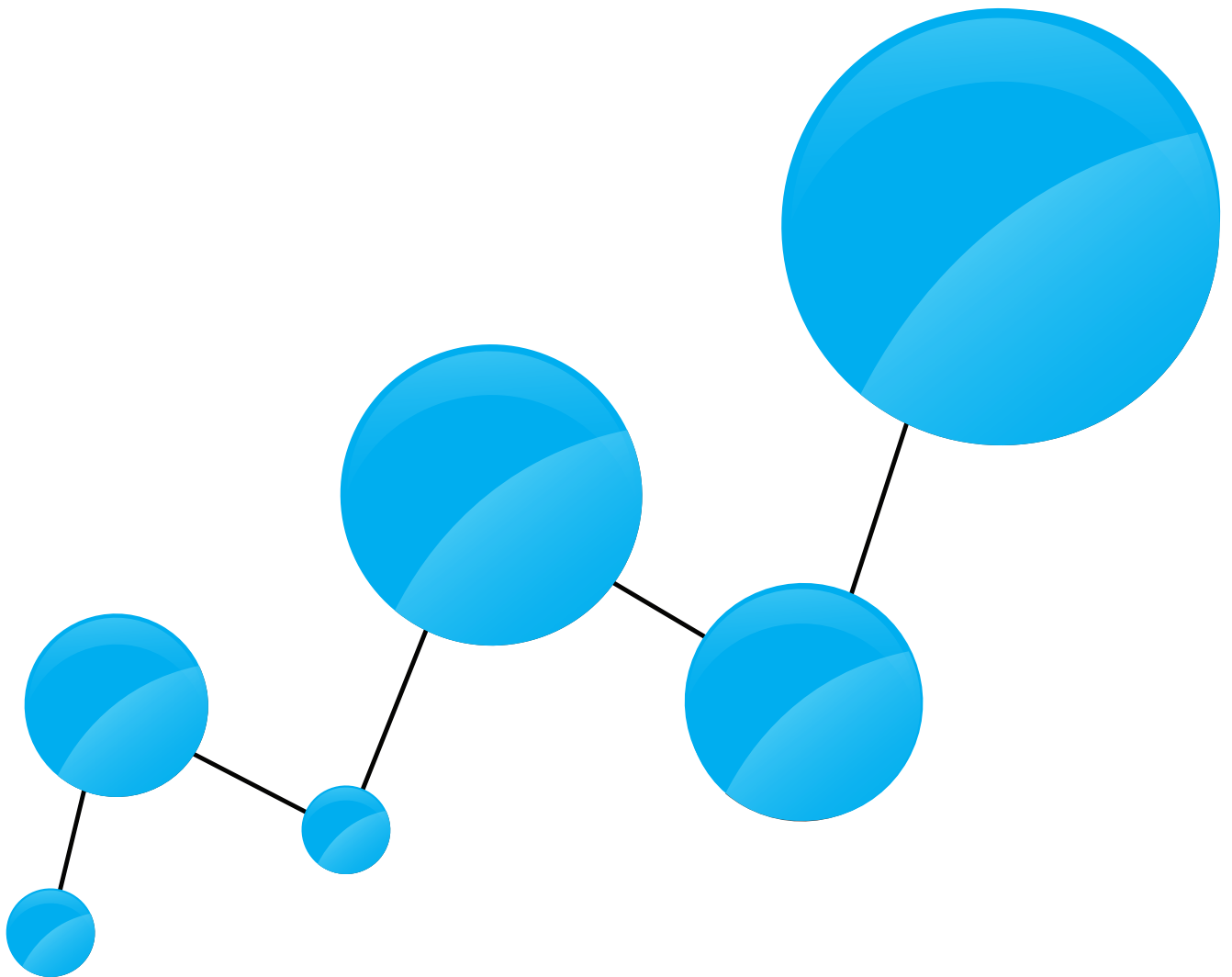
- Conectare celulă la PLC real Siemens S7-1500 si comparatie cu PLC Sim Adv.
- Interfațare HMI (status celulă, status semnale)
- Conditii de safety (e-stop, deschidere usa



Fig. 9 Stand ce contine PLC Simatic S7 1500, Interfata HMI, semafor indicator si butoane de actionare.

5. Bibliografie

- [1] Articol despre celula robotizată - http://www.vdma.org/en_GB/article/-/articleview/3963094
- [2] Patent Grenzebach - <https://google.com/patents/DE102008045369B4?cl=en>
- [3] Patent Grenzebach - <https://www.google.com/patents/US20110020097>
- [4] Robot braț articulat KUKA KR30 – 3 CR - http://www.kuka-robotics.com/en/products/industrial_robots/special/clean_room_robots/kr30_3_cr/
- [5] Robot braț articulat ABB IRB 2400 - <http://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-2400>
- [6] Robot braț articulat Kawasaki RS030N - <https://robotics.kawasaki.com/en1/products/robots/small-medium-payloads/RS030N/index.html>
- [7] Nicolescu, A. – Implementarea Robotilor Industriali in Sistemele de Productie, note de curs si metodologii de proiectare, UPB, 2015
- [8] Dobrescu T., Pascu N. – Roboti industriali Incercare si receptie, Editura Bren, ISBN-973-648-115-8, București, 2003



www.imst.pub.ro