

CELULA ROBOTIZATA DE PALETIZARE, INFOLIERE SI ETICHETARE INTEGRAND UN ROBOT BRAT ARTICULAT ECHIPAT CU UN EFECTOR VACUUMATIC MULTIFUNCTIONAL

ICĂ Sebastian-Ionuț

Facultatea: IIR, Specializarea: Robotica, Anul de studii: IV, e-mail: icasebastian@gmail.com

Conducător științific: Prof. dr. ing. Adrian Nicolescu

Se va realiza prototipul virtual al unei aplicații robotizate de paletizare, înfoliere și etichetare ce integrează un robot braț articulată dedicat operațiunii de paletizare. Aplicația va fi simulată în mediul de lucru ABB RobotStudio 6.08 utilizând PowerPack-ul de paletizare și semnale aferente pentru controlul celorlalte echipamente. Modelul 3D al celei împreună cu echiparea tehnologică a robotului au fost realizate în mediul de lucru SiemensNX 12. Se vor crea și implementa funcționalități pentru îmbunătățirea performanței celei.

CUVINTE CHEIE: ABB, Paletizare, Automatizare,, Industry4.0

1. Introducere



Fig. 1 Vedere de ansamblu a celei de paletizare

În celula de paletizare ilustrată avem un robot ABB IRB 460 echipat cu un efector vacuumic multifuncțional . Robotul paletizează concomitent două stive cu două tipuri de cutii de dimensiuni diferite. După ce stivă este gata, paletul pleacă către mașină de înfoliere și etichetare pentru a fi asigurată și înregistrată, urmând apoi să fie evacuată din celulă.

Paletizarea reprezintă operația de dispunere volumetrică ordonată în plan orizontal sub formă de straturi cu înălțime omogenă și pe vertical sub formă de straturi multiple pe dispozitive de transport denumite paleți. Obiectele paletizate se împart în diferite categorii cum ar fi:

- Produse ambulate în cutii de carton sub formă paralelipipedică
- Saci din material vrac de tip granule sau pulberi
- Seturi de obiecte multiple preînfoliate
- Baxuri de lichide etc.

SIEMENS NX, anterior cunoscut ca NX UniGraphics sau doar UG, este un pachet software avansat CAD/CAM/CAE dezvoltat original de United Computing Inc., preluat din anul 2007 de Siemens PLM Software.

ABB RobotStudio este un software de programare și simulare offline, oferit de firma ABB ce permite utilizatorului să creeze, simuleze și testeze o celulă robotizată într-un mediu virtual 3D.

2. Modul de funcționare a celulei robotizate. Identificarea componentelor și interacționarea între sisteme.

Link-ul de accesare al filmului: <https://www.youtube.com/watch?v=f6V0ajMjdn4>



Fig. 2 Preluarea paletului



Fig. 3 Asezarea separatorului



Fig. 4 Realizarea stivelor



Fig. 5 Înfolierea și etichetarea

În figurile de mai sus sunt prezentate etapele principale de paletizare. Se poate observa cum robotul manipulează cu ajutorul efectorului multifuncțional 3 tipuri de obiecte: cutii, separatoare și paleti. La finalizarea unei stive, prin sistemul de transfer-transport reprezentat de conveioarele cu lanț, stiva este direcționată către mașina de înfoliere și etichetare.

În celulă, alimentarea cu paleti și separatoare, precum și preluarea stivei paletizate din zona de evacuare reprezintă sarcini pe care le vor efectua operatorii. Prin acest fapt putem spune că celula nu este în proporție de 100% autonomă deoarece este nevoie de intervenția operatorului pentru a-i putea menține funcționarea. La unele aplicații de paletizare unde se dorește o automatizare totală și o funcționare continuă a procesului se introduc sisteme de transfer/transport de tip robocar/AGV ghidate prin semnale și urmând traiectoria unei benzi magnetice, sine sau respectând un anumit program de poziționare și orientare definit cu ajutorul software-ului de care dispune.

Identificarea componentelor celulei:



Fig 5. Componentele celulei numerotate

1. Robotul industrial ABB iRB 460, dedicate operațiilor de paletizare, lanț cinematic închis, echipat cu un efector vacuumatic multifuncțional
2. Soclul de supraînălțare care mărește spațiul de lucru al robotului, aceste tipuri de sisteme de supraînălțare sunt deseori întâlnite la aplicații de paletizare astfel încât baza robotului să poziționată deasupra conveioarelor de preluare.
3. Sistemul de conveioare cu lanț ce asigură trecerea de pe un conveior pe altul prin intermediul unui sistem de liftare.
4. Conveior de intrare cutii 140x240x400
5. Magazie stocare separatoare
6. Masina de infoliere și etichetare
7. Gard de protecție
8. Zona protejată de gard de protecție unde sunt sistemele informaționale ce controlează celula (PLC-HMI, unitate de control ABB, Controller)
9. Conveior de intrare cutii 300x350x400

2.1 Echiparea tehnologica a RI. Modelarea efectorului in mediul SiemensNX 12.

I. Rolul robotului industrial în cadrul aplicației:

Robotul utilizat este un robot de tip braț articulat dedicat operațiilor de paletizare **ABB iRB 460**. Este un robot cu 4 axe comandate numeric având lanț cinematic închis caracterizat prin paralelogramele definite de segmentele de rigidizare (specifice acestor tipuri de roboți).



Fig. 6 ABB iRB 460

Axe	4
Sarcina portanta	110kg
Cursa maxima (reach)	2.400mm
Deplasare vertical	3.075mm
Certificare protectie lichide si praf	IP67
Greutate	925kg
Posibilitate montaj	Fixare la sol / Fixare pe soclu inaltat
Repetabilitate	+/- 0.18mm

Tabel 1. Specificatii tehnice

Axa 1	165 ° la -165 ° (145 °/s)
Axa 2	85 ° la -40 ° (110 °/s)
Axa 3	120 ° la -20 ° (120 °/s)
Axa 4	300 ° la -300 ° (400 °/s)

Tabel 2. Limite de lucru si viteze maxime pe fiecare axa.

IRB 460 este un robot de clasa medie, construit de firma ABB și făcând parte din familia roboților destinați pentru operațiile de paletizare.

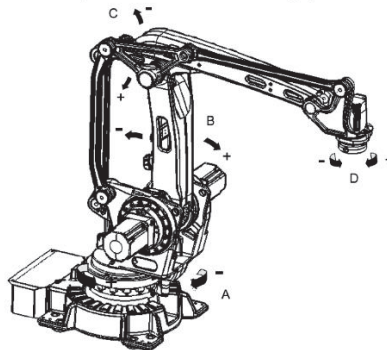


Fig. 7 Miscările celor 4 axe CN

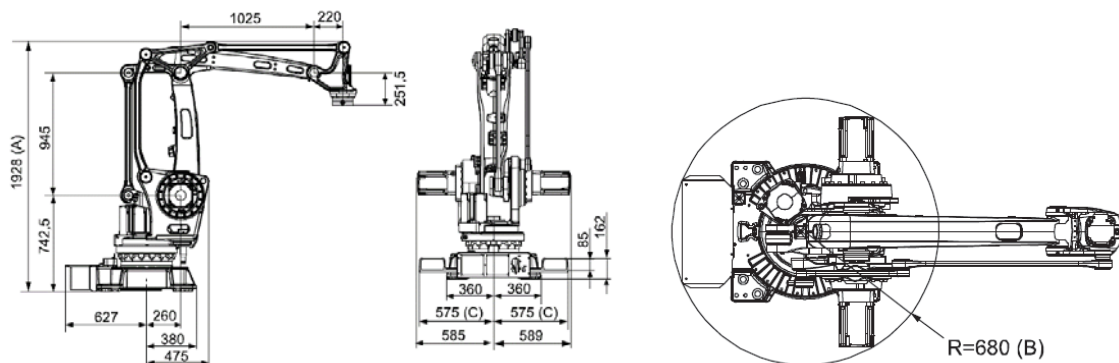


Fig 8. Vederi dimensionate, ortogonale ale robotului

În integrarea unui RI într-o aplicație de paletizare trebuie să ținem cont de următorii parametri:

- Cursa
- Sarcina portanta maximă
- Viteza pe fiecare axă
- Numarul de axe si limitele de lucru pe fiecare axa in parte

Cursa robotului este de obicei definită de distanță de la centrul robotului până la cel mai îndepărtat punct la care ToolCenterPoint-ul lui din flanșa poate ajunge având brațele la maximum extinse. De cele mai multe ori acest spațiu descrie o formă sferică. Roboții de paletizare au în general o cursă între 2 – 3m.

Consider acest parametru foarte important deoarece un robot de paletizare îndeplinește de cele mai multe ori, pe lângă o sarcină de paletizare cutii, și alte sarcini complementare (preluare separatoare/paleți). Toate aceste sarcini dezvoltă traiectorii suplimentare pe care robotul trebuie să le parcurgă. Pentru ca spațiul de lucru să acopere conveierul de preluare, magazia de separatoare și magazia de paleți este de obicei folosit un sistem de supra-înălțare a robotului de la sol.

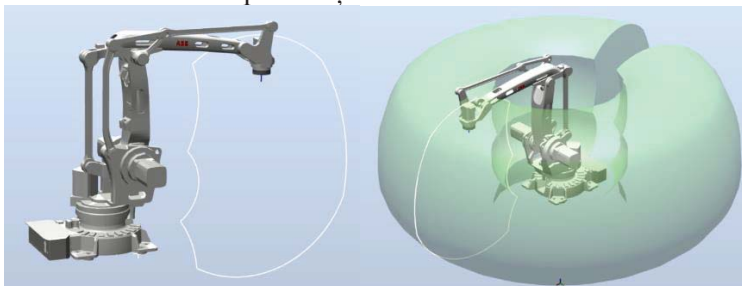


Fig. 9 Vizualizarea spațiului de lucru al RI iRB 460 in mediul RobotStudio

Sarcina portanta trebuie să acopere atât end-effectorul, (care în configurații complexe poate atinge dimensiuni și mase mari) cât și obiectul de paletizat. De luat în considerare este faptul că pe măsură ce centrul de masă al obiectului manipulat se îndepărtează de flanșă, scade și sarcina portanță a robotului.

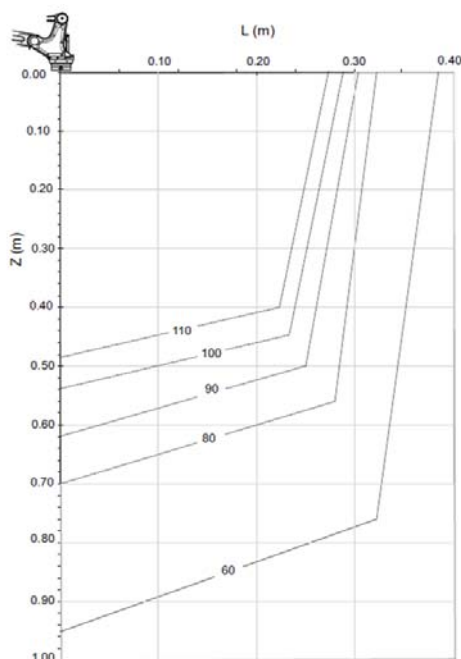


Fig. 10 Diagramă de variație a sarcinii portante maxime în funcție de localizarea centrului de masă a echipării tehnologice a RI și a obiectului manipulat

Viteza este un parametru important pentru rapiditatea cu care robotul termină un ciclu de paletizare. Din punct de vedere economic diferența de viteză între doi roboți poate face diferența în restrângerea perioadei de amortizare a costurilor inițiale.

Comun pentru un robot de paletizare este un **număr de 4 axe** deoarece produsele ce urmează a fi paletizate își mențin o poziție paralelă cu solul în timpul preluării și depunerii de pe conveier pe palet.

Fiecare aplicație are bineînțeles aspecte unice iar pentru diferite aplicații se pot folosi și roboți într-o configurație de până la 6 axe. Limitele axelor sunt foarte importante pentru a se evita singularitatea. În programul de simulare pe care l-am efectuat în RobotStudio am avut probleme cu poziții de singularitate deoarece robotul irb 460 are o rotație la baza restrânsă și nu putea prelua anumite obiecte din zone care se aflau în spatele lui.

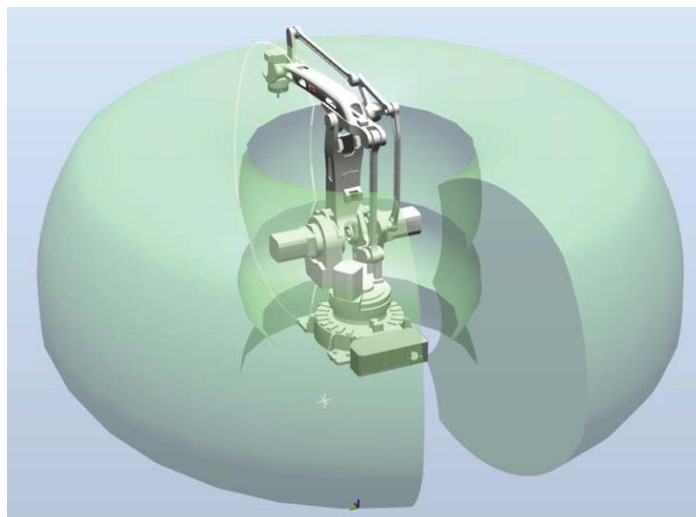


Fig. 11 Limita de cursă pe axa 1 ilustrată în RobotStudio

II. Specificul constructiv-funcțional al efectorului cu care este echipat RI.

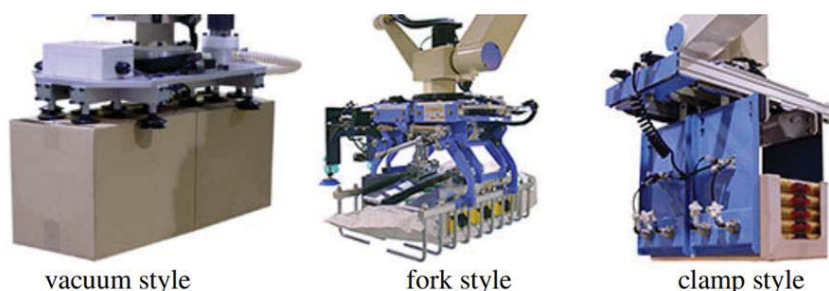


Fig 12. Tipuri de efectori ce se integreaza într-o aplicație de paletizare

Vaccum Style – Efectorii tip vacuum style sunt întâlniți la aplicații de paletizare cutii. Pot fi configurați ușor în funcție de necesitate iar vacuum-ul este mai mult decât suficient pentru preluarea de sarcini mici/medii.

Fork Style – Sunt efectori destinați sacilor de tip material vrac. Configurația lor specifică de tip “Gheară” se integrează perfect cu un conveier cu role. Spațierea rolelor trebuie să permită trecerea ghearelor pentru ca robotul să poată prelua sacul

Clamp Style – Efectori destinați preluării cutiilor. Alături de efectorii vacuum style acoperă cea mai mare parte a aplicațiilor de paletizare. Acești efectori se bazează pe o prindere tip Clamp unde cutia este menținută pe poziție de forța de frecare cu materialul abraziv de pe pereții clamp-urilor.

Îmbinând aceste tipuri constructive putem obține efectori multifuncționali. Acești efectori multifuncționali pot îndeplini 2 sau 3 funcții de paletizare. Aceste funcții sunt:

- Preluare/Depunere palet
- Preluare/Depunere separator
- Preluare/Depunere obiecte de paletizat

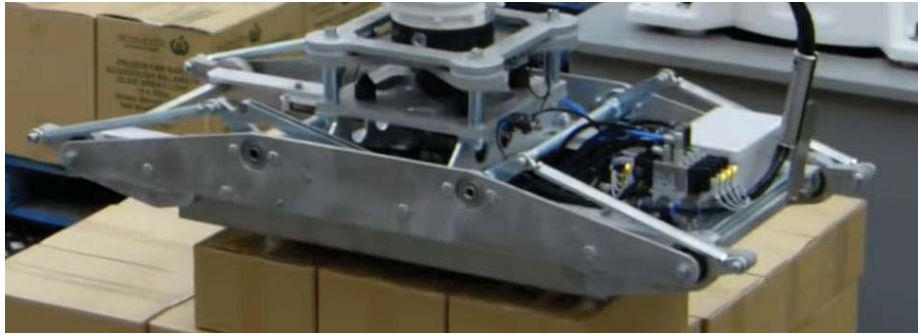


Fig 13. Efectorul vacuumatic multifunctional din aplicatie

Efectorul are adaptat un sistem de preluare al paleților prin deschiderea unor bacuri acționate de un sistem de pârghii antrenate de un motor pneumatic liniar. Pentru preluarea cutiilor și a separatoarelor se folosesc ventuze echipate cu generatoare de vid.

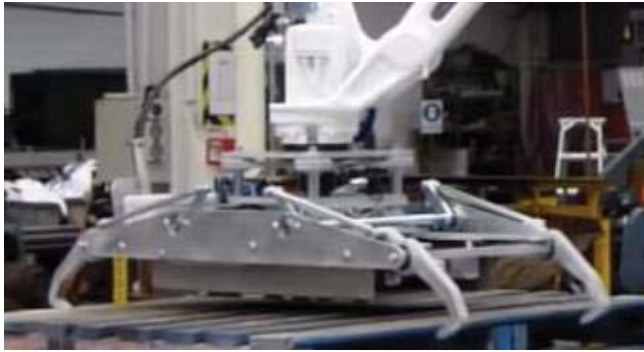


Fig 14. Efectorul cu bacurile actionate



Fig 15. Efectorul cu bacurile retrase

III. Prototipul virtual al efectorei si modul de funcționare.

Efectorul a fost modelat folosind software-ul CAD SiemensNX 12.

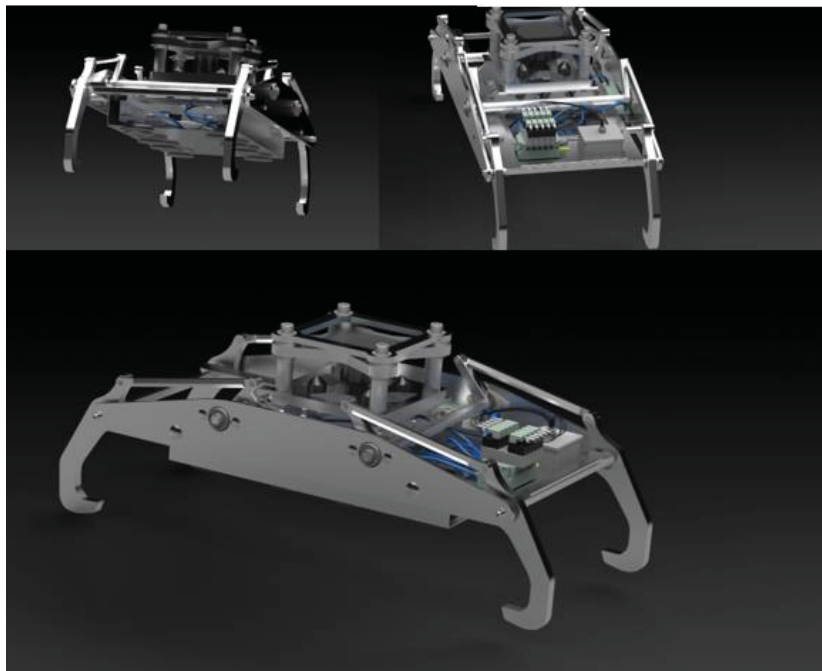


Fig 16. Efectorul modelat

Modul de funcționare:

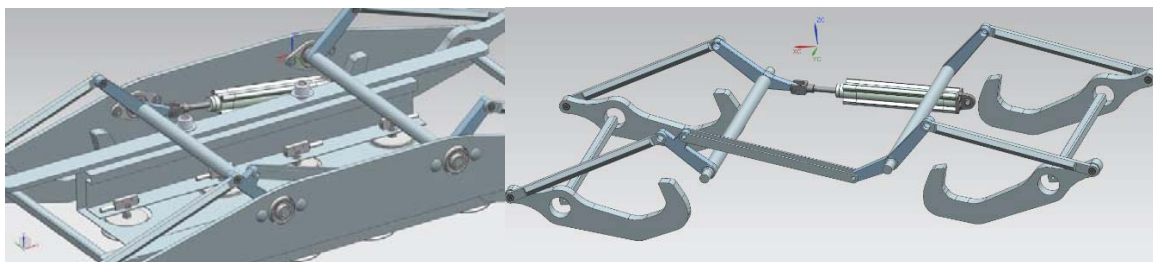


Fig 16. Sistemul de pârghii al efectorului cu cilindrul pneumatic care inițiază mișcarea

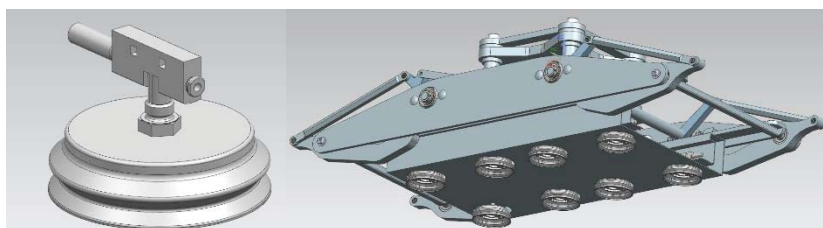


Fig 17. Vedere cu ventuzele vacuumatice echipate cu generatoarele de vid, funcționale pe principiul lui Bernoulli

Schema pneumatică a ansamblului:

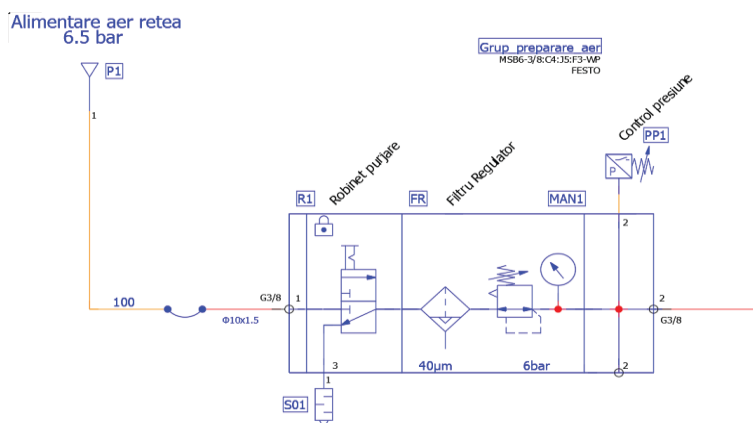


Figura 18. Grupul de preparare aer

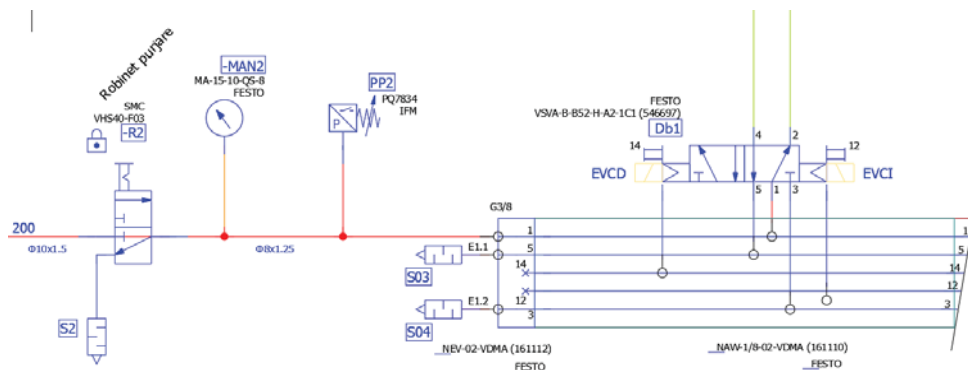


Figura 19. Ansamblul insulei pneumatice cu conexiunile la electrovalve

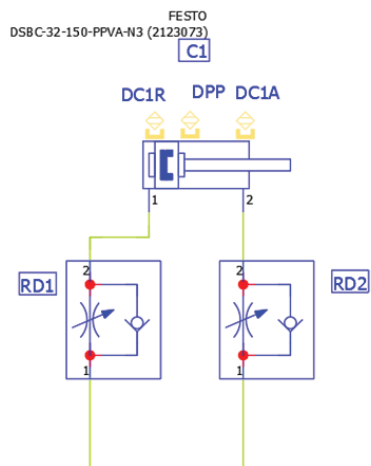


Fig. 19 Cilindrul pneumatic C1

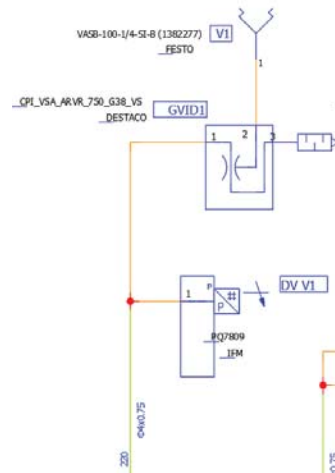


Fig. 20 Ventuza cu generatorul de vid

Schema pneumatică s-a realizat și verificat folosind programul EPLAN Fluid și utilizând catalogul de produse FESTO Pneumatics.

2.2 Prototipul virtual al întregii celule de paletizare. Modelarea elementelor complementare ce întregesc celula.

I. Mașina de înfoliere și etichetare

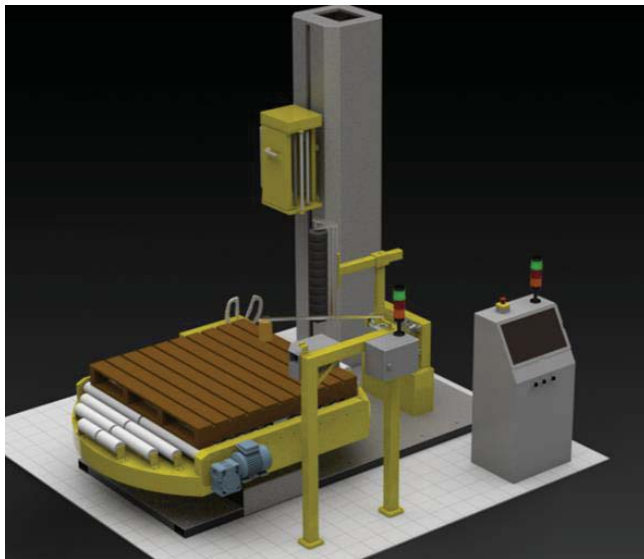


Fig 21. Mașina de înfoliere și etichetare modelată după modelul GENOPAC GW-T40

În aplicațiile de paletizare este nevoie de un sistem care să asigure stiva. Dispozitivele de înfoliere tip masă rotativă sunt niște soluții des întâlnite în aplicațiile de paletizare pentru a efectua funcția de asigurare a stivei prin înfolierea acesteia cu o folie elastică, ușor abrazivă.

Mașina de infoliere și etichetare este modelată după un model similar de la firma GENOPAC urmărind schițe tehnice oferite de aceștia. În plus, am adăugat dispozitivul de etichetare și controller-ul. La rotația mesei s-a folosit un Slewing Bearing de la firma Kaydon.

II. Sistemul de transfer/transport

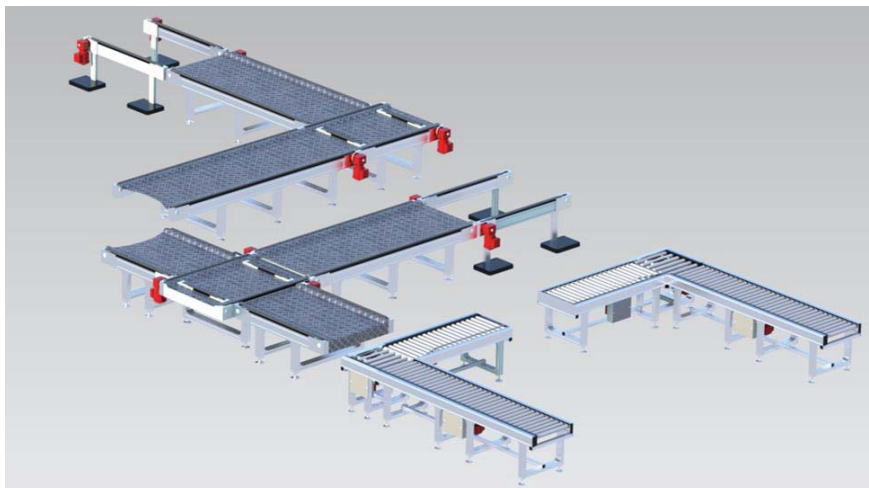


Fig. 22 Sistemul de conveioare

Sistemul de transport cuprinde două tipuri de conveioare configurate la firma MK Group America. Două conveioare cu role pentru transportul cutiilor ce urmează a fi paletizate și un sistem complex de conveioare cu lanț pentru transportul stivelor către mașină de infoliere și către ieșirea din celulă. Am adăugat elemente de ghidare pentru cutiile ce intră în celulă, elemente de liftare pentru transfer și protecții de metal pentru conveioarele cu lanț.



Fig. 23 Sistemele de liftare paleți/cutii pentru schimbarea direcției de mers

III. Elemente complementare ale celulei

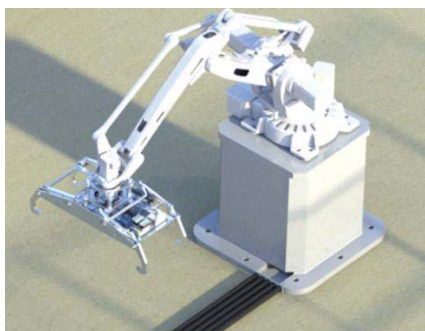


Fig 24. Soclul de supraînălțare



Fig 25. Cabinetul de control și dulapul electric al PLC-ului



Fig 24. Bariere luminoase pentru protecție

IV. Introducerea unei linii automatizate de vehicule ghidate automat (AGV) pe bandă magnetică.

Pentru automatizarea întregă a celulei robotizate am creat un sistem de transport cu AGV-uri ghidate pe bandă magnetică ce vor asigura alimentarea continuă a celulei cu separatoare și paleți. Totodată aceste vehicule vor asigura și evacuarea stivelor paletizate din sistem și le vor duce într-o zonă de stocare.



Fig 25. Prototipul de AGV modelat

Sistemul motor al AGV-ului este creat din două servomotoare electrice ce acționează două roți motoare independent astfel:

- Roțile se învârt la aceeași viteză – AGV-ul merge în linie dreaptă
- O roată se rotește mai repede decât cealaltă – AGV-ul virează stânga/dreapta
- Roțile se învârt în sens opus independent – AGV-ul se rotește pe loc

Motoarele sunt alimentate de mai multe baterii Lithium de capacitate mare, legate în serie. Încărcarea bateriilor se face într-o stație de încărcare AGV folosind cei doi pini de conectare din partea de jos a dispozitivului.

Pe AGV există o interfață de comunicare de tip display cu butoane aferente pentru creare și editare programare și un buton de emergency stop pentru oprire de urgență. Pe parte de comunicare există senzori destinați de tip fotocelule TOYO (senzori barieră capabili să comunice cu AGV-ul).

Acționarea sistemului de liftare paleți este făcută de 4 servomotoare EZM electrice șurub-piuliță cu bile de la firma STOBBER.

Pentru ghidare și siguranță s-au folosit radare de la firma KEYENCE, ușor configurabile și fiabile destinate AGV-urilor.

V. Ansamblul final al celulei

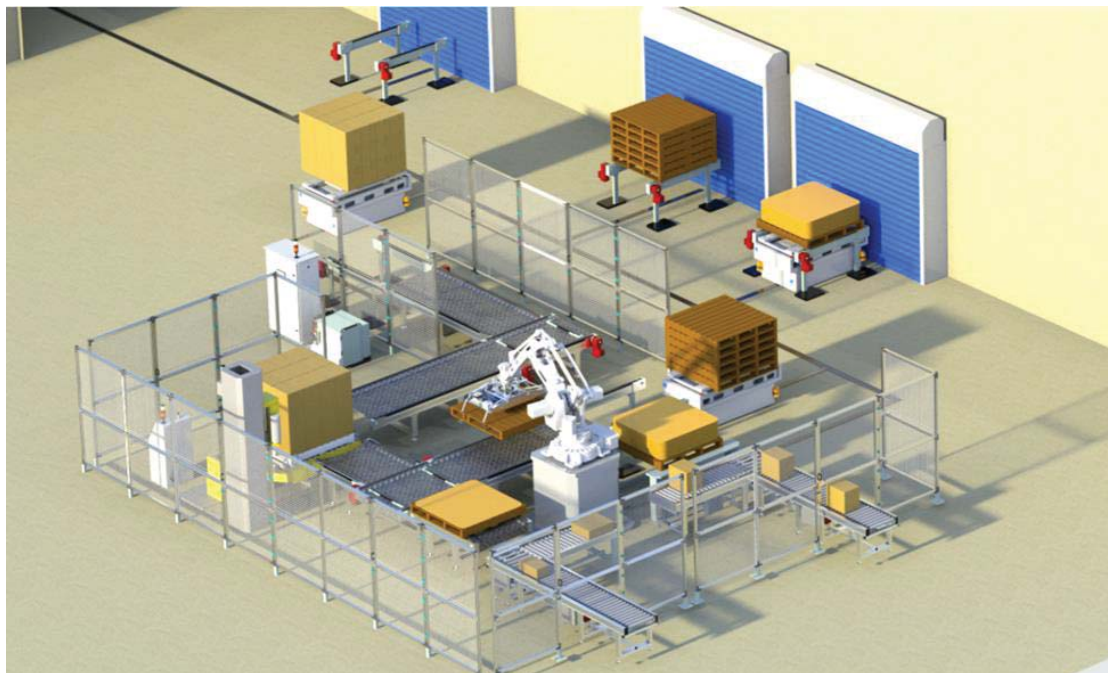


Fig 26. Vedere izometrica a celulei de paletizare cu sistemul de transport AGV integrat

S-a definitivat celulă prin delimitarea zonei de gard de protecție, montarea liniei AGV și crearea zonelor de stocare a stivelor paletizate.

3. Simularea asistată a modului de funcționare a aplicației în mediul de lucru ABB RobotStudio.

Software-ul **RobotStudio** de la ABB cuprinde **PowerPacs** care sunt destinate pentru mai multe operații (paletizare, sudare cu arc electric, deservire mașini-unelte, vopsire etc). În cazul meu am folosit PowerPac-ul de paletizare. Proiectul de simulare începe prin crearea unei noi stații de lucru.

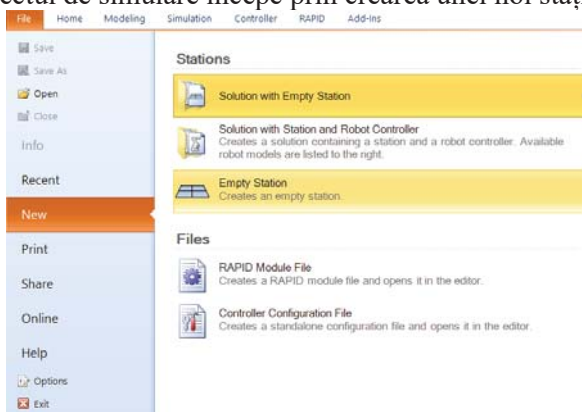


Fig 27. Crearea unei noi statii de lucru

Simularea începe cu crearea unui nou sistem de control robot care ne va oferi controller-ul pentru lucru. Robotul folosit va fi cel din proiectul de diplomă (abb irb 460) destinat operațiilor de paletizare. RobotWare-ul ales este 6.08.01.00. Acesta este un software de comunicație folosit de robotstudio. În plus acestui sistem a trebui să adaug modulul PickMaster5 pentru a putea folosi powerpack-ul de paletizare

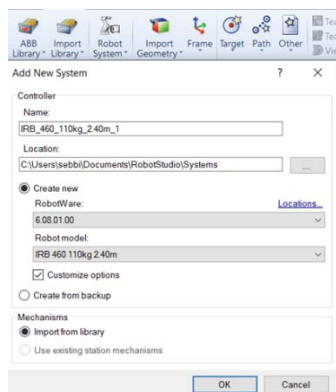


Fig 28. Crearea sistemului de control robot

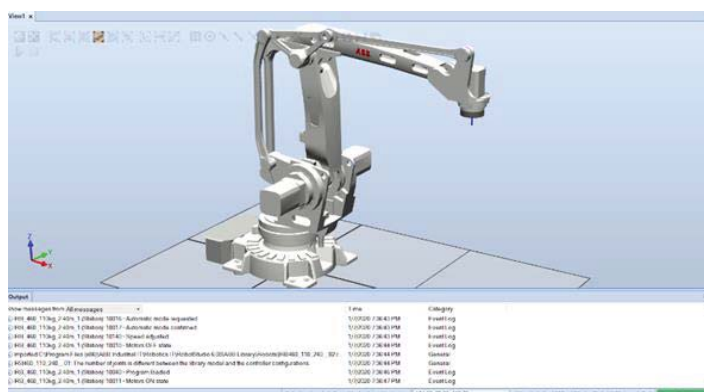


Fig 29. Modulul inițiat

Odată cu introducerea sistemului ni se va afișa robotul și statusul controller-ului. Acum robotul poate fi mișcat din teach pendant și i se poate atribui o traiectorie. Robotul nu are niciun efector echipat în acest moment.

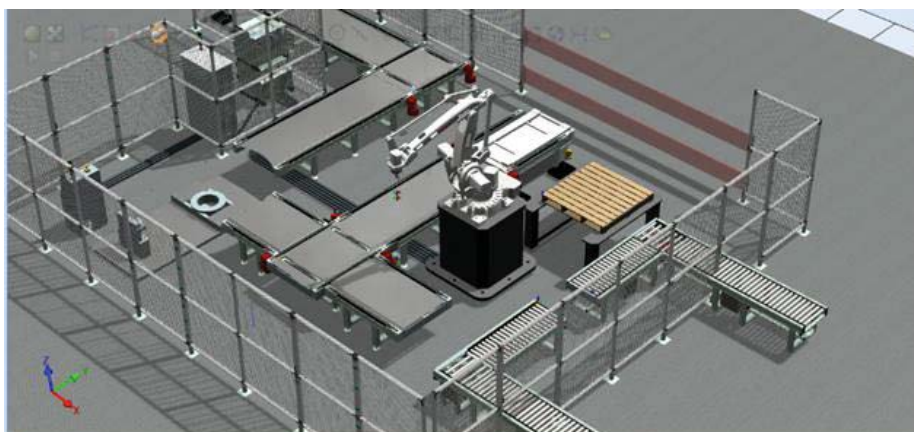


Fig 30. Celula importată (format Parasolid)

Convertirea celulei în soft. Robotstudio suportă majoritatea extensiilor folosite de mediile CAD. Se vor introduce doar elementele pasive, fără efector și fără celelalte mecanisme. Celelalte mecanisme se importă separat, componentă cu componentă și se creează mecanisme. Efectorul va fi configurat separat în modulul de paletizare.

Pentru a defini un mecanism este necesar să avem componentele acestuia separate în funcție de criteriul mobil/fix. Fiecare componentă va fi introdusă într-un Link (într-o legătură). Două Link-uri pot crea un Joint (cupla). Pentru a putea crea o cupla este nevoie să definim un Link principal (BaseLink) care de obicei este reprezentat de corpul principal al mecanismului. În tooldata putem să atribuim un TCP mecanismului (se poate de această dată pentru că mecanismul este de tip tool, pentru mecanisme uzuale tip device nu se atribuie acest lucru). După crearea de cuple se definesc poziții standard pentru mecanism altfel de cât poziția de Home. Aceste poziții pot fi accesate folosind diferite semnale cu EventManager (modulul de coordonare al evenimentelor ce se petrec în celulă). La sfârșitul configurării se apasă pe Compile Mechanism.



Fig. 31 Configurarea mecanismului și a funcțiilor efectorului (Vacuum x8 + Claw)

Se definesc zonele de vacuum și de prindere al paletului din configuratorul operației de paletizare. Se aleg semnalele corespunzătoare fiecărei poziții ale efectorului.

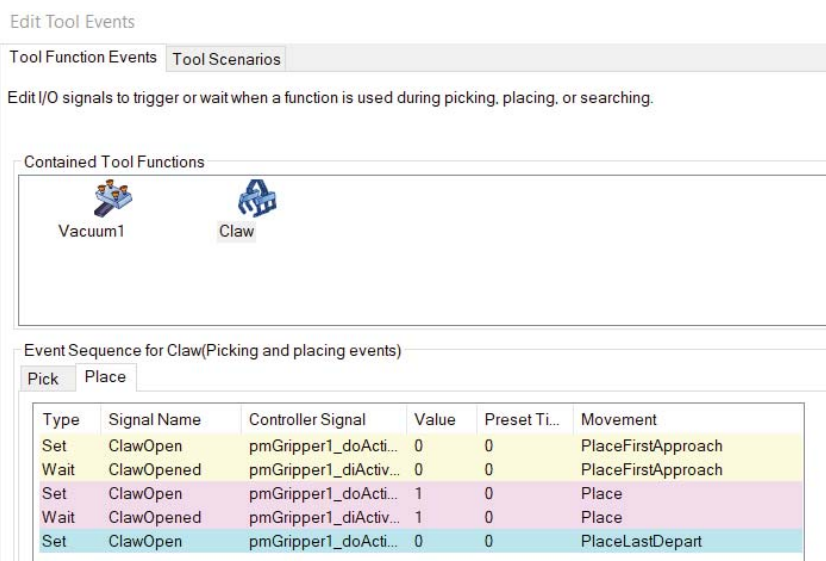


Fig 32. Repartizarea toolevent-urilor pentru fiecare funcție de lucru (Vacuum - Bac Inchis/Deschis)

Se stabilesc ToolEvent-urile (mai exact se configurează timpul de așteptare între semnale și ce să facă efectorul între anumite poziții de transfer). Ulterior se atașează de robot efectorul.

Următorul pas este de a configura dimensiunile cutiilor, separatorului precum și matricea de paletizare a paletului folosind mijloacele built-in ale powerpac-ului de paletizare. Totodată se vor configura și modurile de prindere a cutiilor și paletelor de către efector.

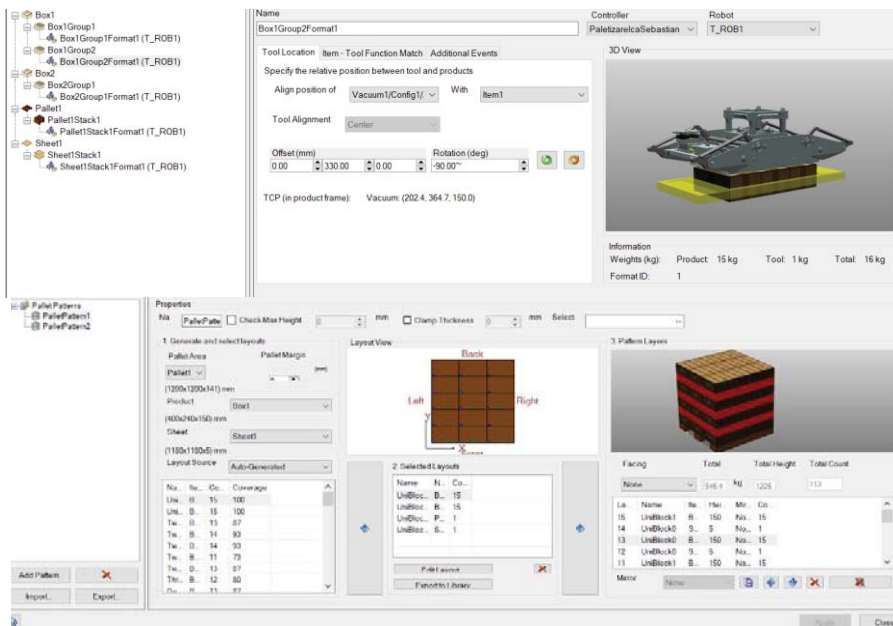


Fig 33. Configurarea parametrilor de paletizare

In final se va configura operatia de paletizare si se vor verifica traiectoriile respectiv colizuni.

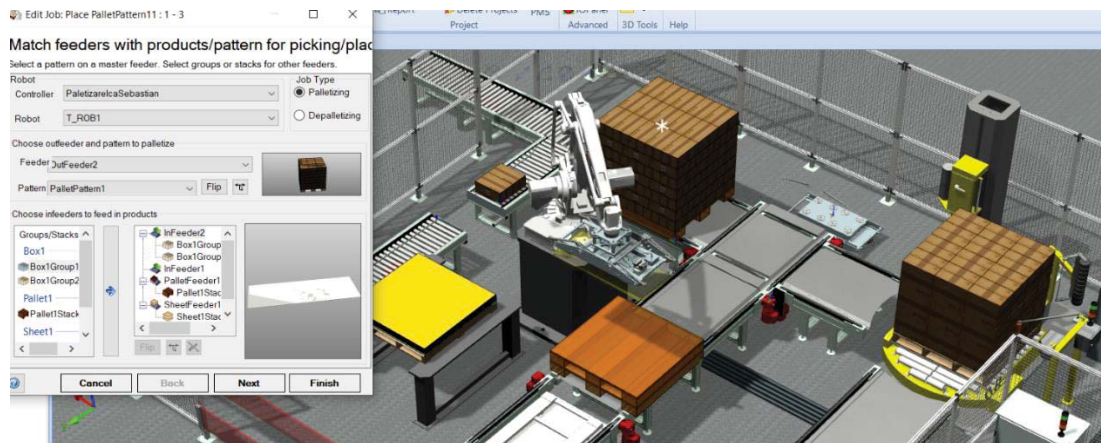


Fig 34. Adaugarea de operatii

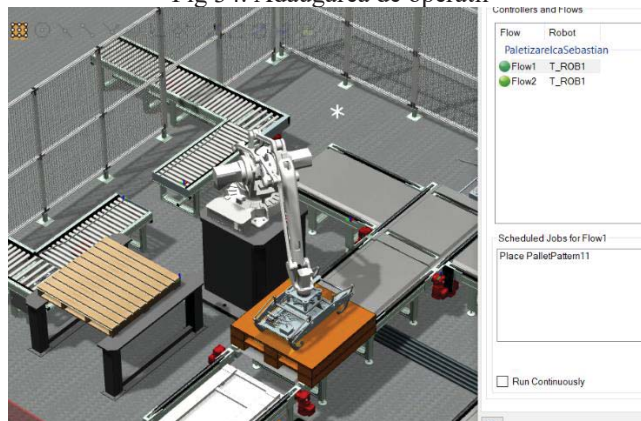


Fig 35. Simularea si urmarirea procesului

4. Concluzii

- S-a putut realiza cu success prototipul virtual al celulei de paletizare discutate
- Cu software-ul ABB RobotStudio impreuna cu PowerPac-ul de paletizare am putut crea cu success simularea off-line a aplicatiei
- Elementele celulei au fost dimensionate si modelate corect folosind mediul de lucru CAD SiemensNX 12.

4.1 Problematici de studiu propuse spre analiza :

- I. Proiectarea prin analiză și simulare a efectorului de paletizare multifuncțional cu care este echipat robotul ABB IRB 460 și identificarea soluțiilor de îmbunătățire a comportării statice și dinamice a acestuia.
- II. Simulări de dinamică explicită privind comportarea la impact a cutiilor de carton din aplicația robotizată de paletizare, înfoliere și etichetare a unor cutii de carton.
- III. Cercetări comparative privind comportarea statică a materialelor folosite la separatoarele din celula de paletizare, înfoliere și etichetare a unor cutii de carton

8. Bibliografie

- [1] Suport de curs IRISP, Notite de curs – Prof. Dr. Ing. Adrian NICOLESCU
- [2]. Imagini si schite de lucru oferite de firma GENOPAC (site web: www.genopac.com)
- [3]. Imagini preluate de pe canalul de youtube al producatorului SCOTT PHS
- [4]. Aparatura pneumatica FESTO (site web: www.festo.com);
- [5]. Imagini preluate de pe site-ul producatorului MKF. (site web: www.mkf.com)