

SIMULAREA ȘI PROGRAMAREA OFFLINE A UNEI LINII DE REPARARE PALEȚI DIN LEMN UTILIZÂND PROCESS SIMULATE

Eugen Mihai ZOSIM

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 articulată. 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 10, iar simularea și programarea offline au fost realizate în programul Tecnomatix Process Simulate.

CUVINTE CHEIE: NX10, Process Simulate, reparare paleți, simularea, programare offline.

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.

Deoarece paleții de lemn sunt ușor de deteriorat s-a decis, din motive economice și ecologice, ca cea mai viabilă soluție este repararea acestora sau dezmembrarea și re folosirea elementelor paletului în fabricarea altor paleți.

2 STADIUL ACTUAL

Repararea se realizează preponderentă doar manual, fiind utilizate unelte speciale și operatori umani.

Recent firme precum CHEP, Motoman, Jointec, PRS, Ekatech au început să dezvolte celule automatizate pentru repararea paletelor, iar tot aceste firme au implementat soluții robotizate. Avantajul acestor soluții este productivitatea sporită, dar a condus și la un mediu de lucru mai sigur pentru operatorii umani.

Robotii folosiți în acest tip de aplicații au doar rol de manipulare al paletului, toată 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).

3 DESCRIEREA APLICATIEI

În cadrul acestui capitol este prezentată linia de reparare a paleților, realizată într-un mediu de proiectare 3D, programul folosit fiind Siemens NX 10.

Această aplicație se deosebește de celelalte prin gradul ridicat de automatizare. Principalul avantaj al acestei aplicații este productivitatea ridicată: 1000 de paleți reparați în 8 ore de lucru cu un singur operator uman. În comparație o aplicație clasică care folosește operatori umani pentru a repara paleții are o productivitate de 25 de paleți pe ora, pe operator uman.

Linia de fabricație flexibilă dedicată operațiilor de reparare a paleților de lemn de tip EUR1 este prezentată în figura 3.1.1. Această soluție folosește 2 roboți industriali Motoman ES165D-100 echipați cu efectori dedicați manipularii paleților în vederea operației de dezmembrare, 2 roboți industriali Motoman ES165D-100 echipați cu efectori dedicați operației de reparare și un robot Motoman echipat cu efector dedicat operațiilor de așchiere.

Pentru transportul paleților se folosesc conveioare cu role și conveioare cu lanț.

Pentru vizualizarea amplasării elementelor componente din cadrul liniei, dar și pentru înțelegerea modului de lucru, în figura 1 este prezentată linia.

¹ Specializarea Robotica, Facultatea IMST;

E-mail: zosim.mihai857@gmail.com;

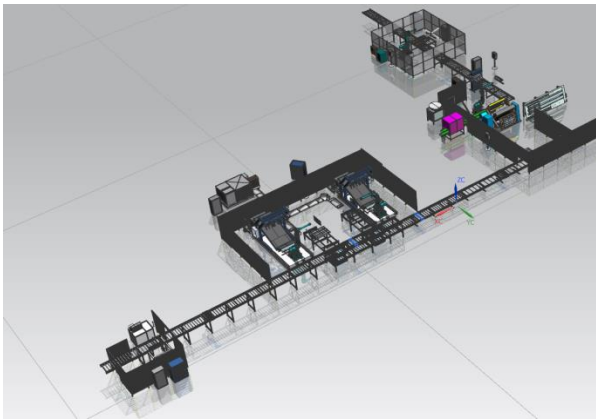


Fig.1. Vederea izometrică a liniei

3.1 Celula de inspecție a paletilor

Celula are rolul de a inspecta paletul în vederea reparării acestuia. Acest lucru se realizează cu ajutorul unui operator uman, care identifică elementele deteriorate ale paletului și le selectează folosind un soft dedicat. După ce este inspectat, paletul este depus pe conveyer și transportat la celula de dezmembrare.



Fig.2. Vederea izometrică a celulei de inspecție

3.2 Celula de dezmembrare a paletilor

Rolul acestei celule este de a tăia elementele deteriorate ale unui palet EUR1. Robotul preia de pe conveyer paletul, cu un efector dedicat acestui tip de operații, după care paletul este introdus într-o mașină de tăiat palet. După ce a fost tăiat paletul este depus pe un alt conveyer și transportat la celula de reparat.

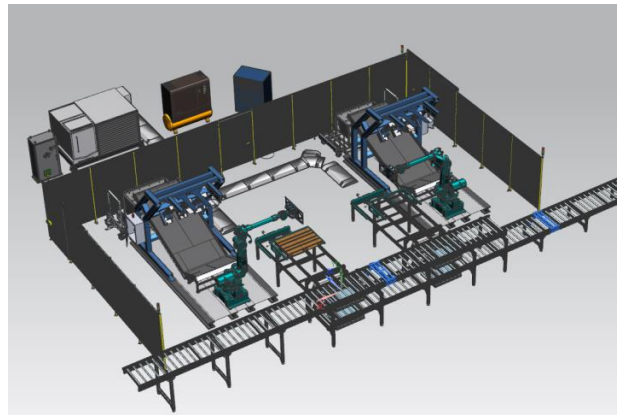


Fig.3. Vederea izometrică a celulei de dezmembrare

3.3 Celulă de reparare paletii

Această celulă are rolul de a repara paletii dezmembrați în operația anterioară. Pentru a realiza această operație este nevoie de un robot echipat cu un efector dedicat operațiilor de reparare, dar și de un sistem perirobotic special pentru paletii.

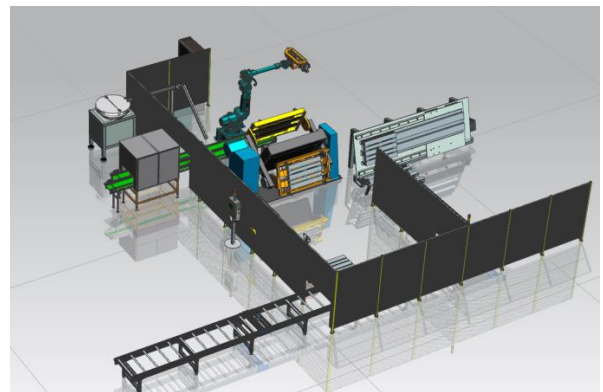


Fig. 4. Vederea izometrică a celulei de reparare

3.4 Stația de presare cuie

Această stație are rolul de a presa cuiele care nu au intrat total în palet. După ce au fost reparați paletii sunt depuși pe un conveyer special, după care ei ajung în dreptul prese hidraulice, care efectuează operația de presare. La sfârșitul operației, paletul ajunge în celula de așchiere.

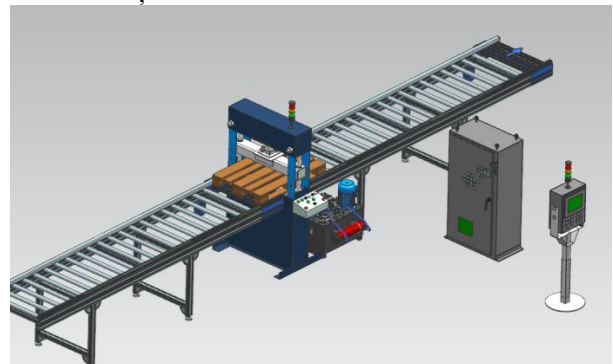


Fig. 5. Vederea izometrică a stației

3.5 Celulă de aşchiere

Celula de aşchiere are rolul de a prelucra elementele reparate ale paletului. Astfel după ce este reparat, paletul ajunge în celula de aşchiere, unde este acesta este prelucrat cu ajutorul unui robot echipat cu un efector de aşchiere. Pentru a fi prelucrate toate elementele paletului, în celulă am introdus și un sistem perirobotic.

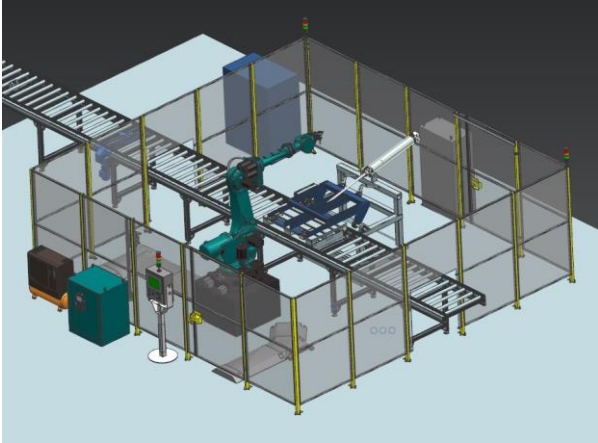


Fig. 6. Vederea izometrică a celulei de aşchiere

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. Acesta 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. Acesta 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.

4.1 Segmentarea ansamblului:

Robotul Motoman ES165D-100 este introdus în baza de date a programului, fiind împărțit pe segmente pentru a facilita definirea cuplelor de rotație, după cum se poate observa în figura 7.

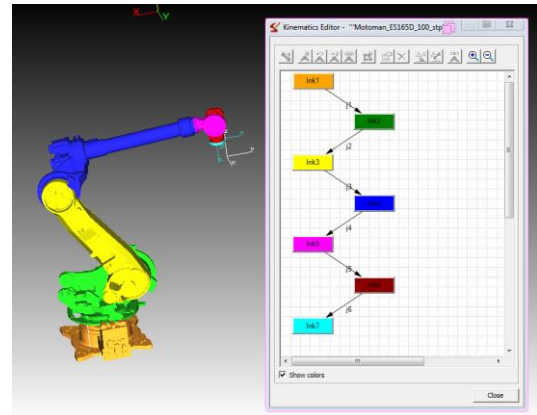


Fig. 7. Schema cinematică a robotului

4.2 Definirea cuplelor robotului:

Pentru posibilitatea de mișcare între segmente este necesar să se definească cuplele (Joint). Robotul Motoman ES165D-100 are în componență doar cuple de rotație, în figura 9 este prezentată o singură cuplă, pentru exemplificare. În aceeași figură se pot observa coordonatele axei în jurul căreia cupla subordonată pivotează. Pentru a respecta limitele reale de mișcare ale robotului, este necesar ca acestea să fie introduse și în program, tot aici fiind definite și valorile pentru: cursă, viteză și accelerație.

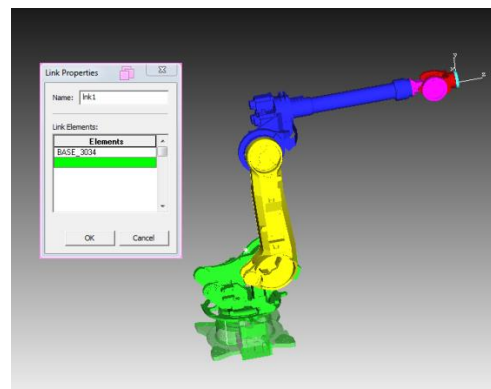


Fig. 8. Definirea cuplelor

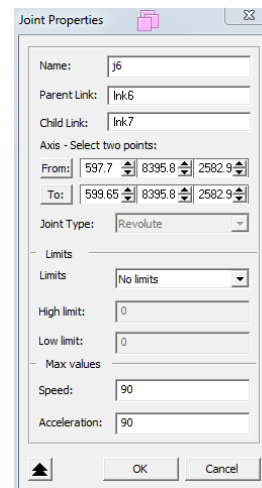


Fig. 9. Proprietățile cuplei

4.3 Definirea pozițiilor majore ale robotului:

Deoarece robotul introdus de mine în cadrul celei, nu este folosit în poziția de referință dată de producător, a fost necesară definirea unor poziții de lucru. Poziția de lucru nu coincide cu poziția de referință (HOME), ea fiind înregistrată în program sub numele de Pounce (Fig. 10). Aceste poziții vor apărea în simularea realizată, fiind posibilă interschimbarea, cu ajutorul semnalelor transmise.

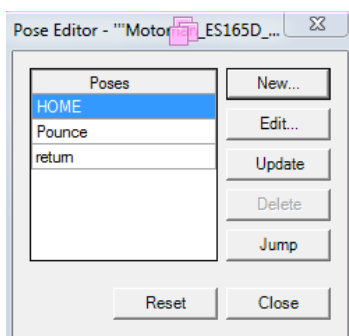


Fig. 10. Definirea pozițiilor

4.4 Definirea sistemelor de coordonate:

Pasul final îl reprezintă definirea sistemului de coordonate al bazei (BASE FRAME) și punctului caracteristic (TOOL CENTER POINT FRAME). După definirea tuturor parametrilor menționați anterior, programul interpolează mișcările fiecărei cuple pentru a fi posibilă atingerea locației dorite prin simpla manipulare a punctului caracteristic (Fig. 11).

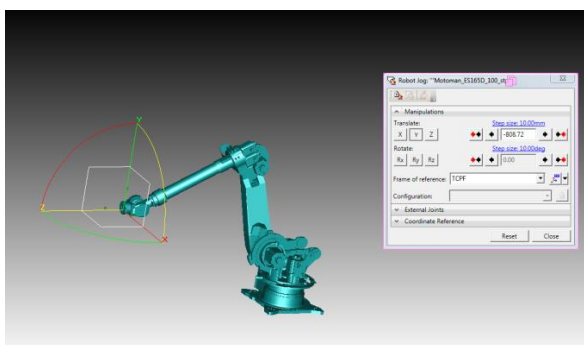


Fig. 11. Interpolarea mișcării

5 SPECIFICUL PROGRAMĂRII

Pentru programarea robotului sunt necesare următoarele etape:

5.1 Montarea efectorului pe robot:

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.

5.2 Definirea traiectoriei:

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 conveyer, după care se întoarce pentru a prelua următorul palet de pe conveyer.

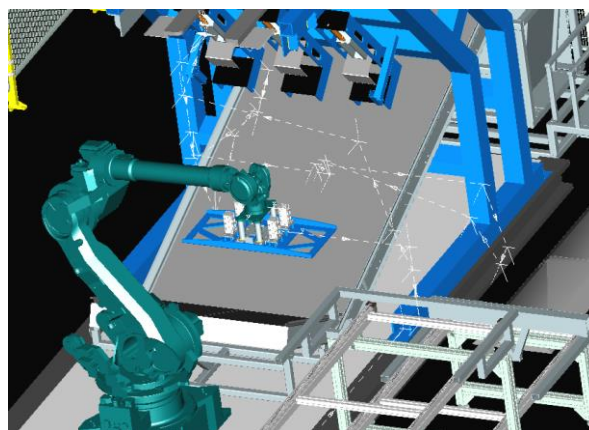


Fig. 12. Definirea traiectoriilor

5.3 Definirea proprietăților punctelor de pe traiectorie:

După finalizarea traiectoriei, verificarea coliziunilor și realizarea zonei de interferență, am stabilit tipul mișcărilor și viteza pentru fiecare, prin intermediul teach pendantului.

Pentru a reduce timpul de execuție a programului, am definit atribute de tip: zona și viteza de acționare și tipul de mișcare executat.

Paths & Locations	Path #	Attachment	Motion Type	Process Type
home			PTP	
via2			PTP	
pick			PTP	
via			PTP	
via1			PTP	
via4			PTP	
via5			PTP	
center up			PTP	
left up			PTP	
right up			PTP	
via6			LIN	
via7			LIN	

Fig. 13. Tabel de atribute

Câmpul “Motion Type” indică tipul de mișcare executat de robot pentru a ajunge în locația dată. Mișcarea de tip “PTP” este o mișcare de tip point-to-point, adică punct la punct, robotul urmând o traiectorie directă de la un punct la altul, iar mișcarea de tip “Linear” constrânge robotul să urmeze o traiectorie liniară, fiind folosită doar atunci când este necesară atingerea locației cu precizie.

5.4 Programarea celulei:

Ultima etapă este programarea offline a întregii celule, mai precis interacțiunea dintre robot și celelalte elemente componente ale celulei. În figura 14 este prezentată comanda către efector, pentru închiderea sistemului de prindere, în vederea efectuării operației de tip place. Robotul este obligat să nu plece de pe punct până când efectorul ajunge în poziția de CLOSED de către comanda WAIT DEVICE CLOSED.

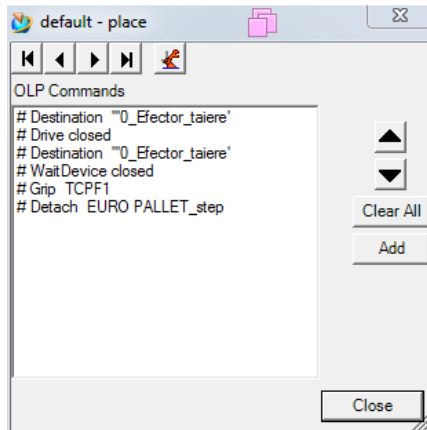


Fig. 14. Comanda de tip place a efectorului

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. În figura 15 se poate observa schema logică a unui gard de siguranță.

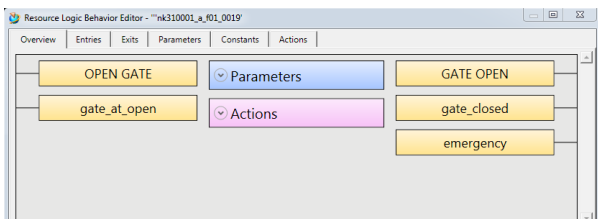


Fig. 15. Schemă logică gard de protecție

Acest gard are rolul de a opri toată operația realizată de robot, atunci când poarta de acces în celulă este deschisă. Pentru a realiza acest lucru am definit un semnal activat manual (OPEN_GATE) prin care pot controla deschiderea și închiderea porții. Semnalele de ieșire (GATE_OPEN și EMERGENCY) sunt semnale care sunt trimise către robot, atunci când blocul logic detectează deschiderea porții.

Name	Type	Connected Signals	Description
OPEN_GATE	Bool	open_gate	
gate_at_open	Bool	gate_open	

Fig. 16. Semnale de intrare

Name	Type	Connected Signals	Description
GATE_OPEN	Bool	gate_open	
gate_closed	Bool	gate_closed	
emergency	Bool	motoman_sus_emergency	

Fig. 17. Semnale de ieșire

Pentru a detecta dacă poarta este deschisă, în blocul logic am definit doi parametri (GATE_NOT_CLOSED și GATE_CLOSED2) care detectează atunci când poarta iese din câmpul de măsurare definit (-0.02 la 0.02).

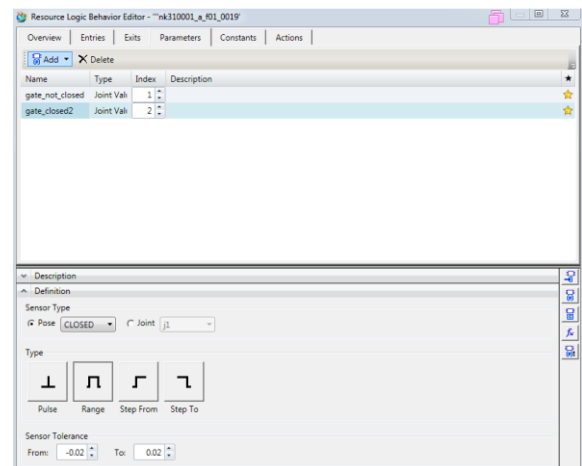


Fig. 18. Parametri

Pentru a deschide și închide poarta, am definit două poziții (OPEN_GATE și CLOSE_GATE) care sunt acționate atunci când semnalul OPEN_GATE este activat.

După ce am definit toate semnalele gardului, am trecut la semnalele robotului. În figura 20 se pot observa toate semnalele definite pentru robot, în special semnalul emergencyStop, care este legat la gard.

Name	Type	Apply To	Description
open_gate	Move To	OPEN	
close_gate	Move To	CLOSED	

Fig. 19. Deschiderea și închiderea porții

PLC Signal Name	Robot Signal Name	I/O	Signal Function	HW T...	Address
"Motoman_ES165D_100_stp_startPro...	startProgram	Q	Starting Program	BOOL	No Address
"Motoman_ES165D_100_stp_progra...	programNumber	Q	Program Number	BYTE	No Address
"Motoman_ES165D_100_stp_emerge...	emergencyStop	Q	Program Emergency Stop	BOOL	No Address
"Motoman_ES165D_100_stp_progra...	programPause	Q	Program Pause	BOOL	No Address
"Motoman_ES165D_100_stp_progra...	programEnded	I	Ending Program	BOOL	No Address
"Motoman_ES165D_100_stp_mirrorPr...	mirrorProgramNumber	I	Mirror Program Number	BYTE	No Address
"Motoman_ES165D_100_stp_errorPro...	errorProgramNumber	I	Error Program Number	BOOL	No Address
"Motoman_ES165D_100_stp_robotR...	robotReady	I	Robot Ready	BOOL	No Address
"Motoman_ES165D_100_stp_at_HO...	HOME	I	Pose Signal	BOOL	No Address
"Motoman_ES165D_100_stp_at_Pou...	Pounce	I	Pose Signal	BOOL	No Address
"Motoman_ES165D_100_stp_at_return	return	I	Pose Signal	BOOL	No Address

Fig. 20. Semnalele robotului

Am definit și un bloc logic pentru un semafor industrial, care comută între modurile RUN, READY și FAULT atunci când operația este în curs sau când apare o eroare. Acest semafor a fost legat la robot și la gardul de protecție.

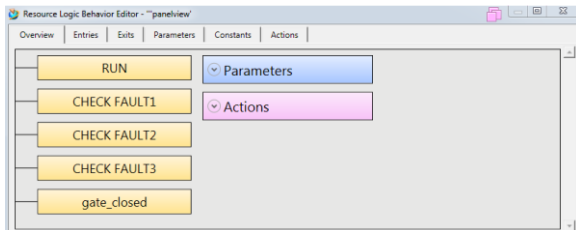


Fig. 21. Schemă logică pentru semafor

Din teach pendant am stabilit semnalele de așteptare pentru a opri robotul în punctul de intrare în zona de interferență, în felul acesta doar un singur robot se poate afla în această zonă.

Din teach pendant am stabilit semnalele de așteptare pentru a opri robotul în punctul de intrare în zona de interferență, în felul acesta doar un singur robot se poate afla în această zonă.

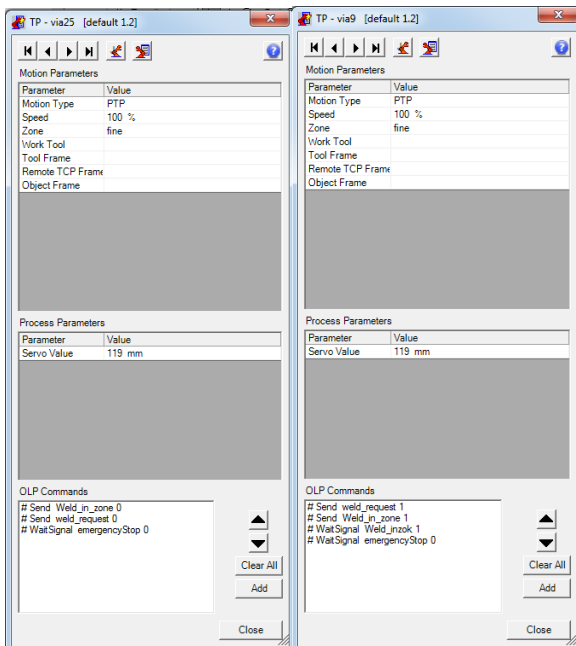


Fig. 22. Teach pendant

Controlul în celula studiată se realizează prin detecția paletului. Dacă acesta nu este detectat de senzori, atunci procesul robotizat este oprit.

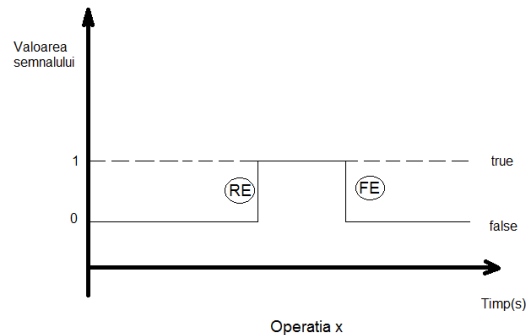


Fig. 23. Semnal

Rising edge (RE) – semnalul se activează atunci când se trece de la valoarea 0 la 1 și se ignoră trecerea de la 1 la 0.

Falling edge (FE) – semnalul se activează atunci când se trece de la valoarea 1 la 0 și se ignoră trecerea de la 0 la 1.

Simulation	In...	O...	LB	For..!	Force...
0 Linie_reparare_paleti					
START_OP				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
hold_pallet_insp	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
hold_pallet_taiere_1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
1_Celula_inspctie_update...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
sensor_insp_stop_gate	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
sensor_insp_detect_palet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
inspctie_at_stop_gate_ope...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
_Masina_de_taiat_mtp_masi...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
1_Celula_inspctie_update...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
inspctie_at_stop_gate_clos...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
inspctie_update_at_stop_g...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
inspctie_at_stop_gate_ope...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
_Masina_de_taiat_mtp_masi...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
inspctie_at_stop_gate_ope...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
Celula_de_taiere_at_lift_upp...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
sensor_dezmemb_detect_pal...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
1_Celula_inspctie_update...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
Celula_de_taiere_at_lift_upp...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
Celula_de_taiere_at_centrare...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
sensor_dezmemb_detect_pal...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>

Fig. 24. Panoul de simulare

6 OPERAȚII EFECTUATE ÎN CELULA DE DEZMEMBRARE:

Prima operație efectuată este cea în care robotul preia, de pe un conveyer cu lanț, paletul (Fig. 25) și îl manipulează până în partea superioară a mașinii de tăiat (Fig. 26).

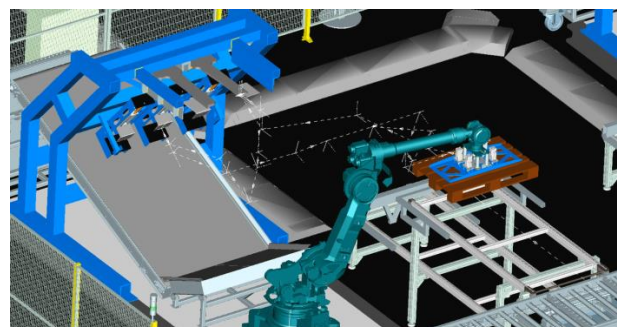


Fig. 25. Preluare palet

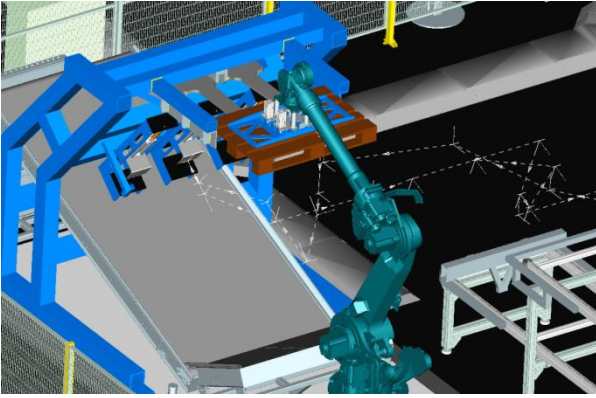


Fig. 26. Manipulare palet – tăiere superioară

După terminarea operației de tăiere (Fig. 27), paletul este manipulat de robot (Fig. 28) în vederea realizării tăierii pe partea inferioară a mașinii (Fig. 29).

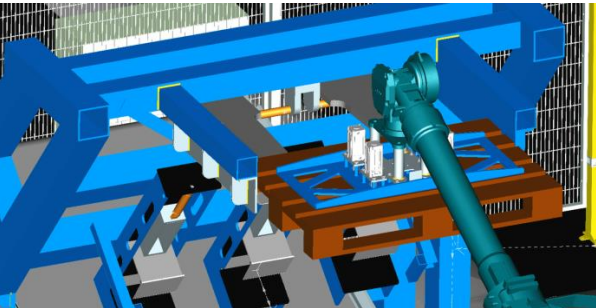


Fig. 27. Operația de tăiere

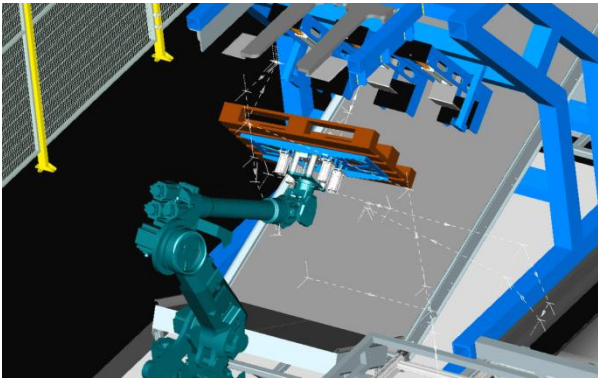


Fig. 28. Manipulare palet

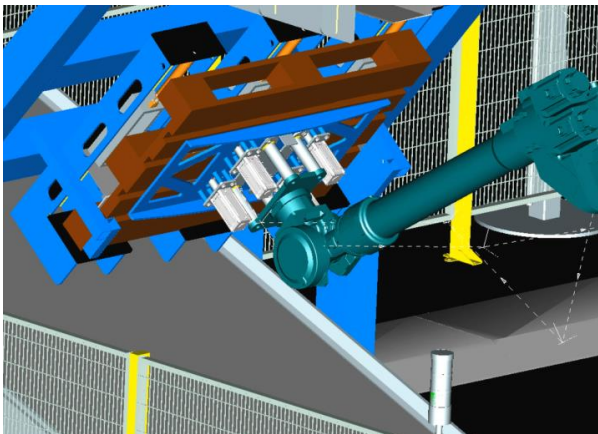


Fig. 29. Operația de tăiere

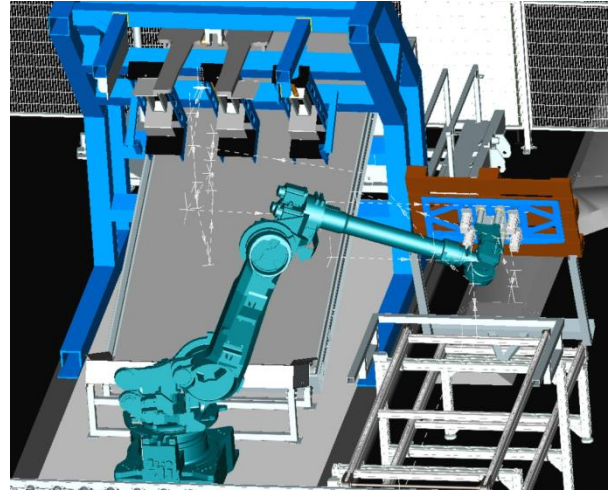


Fig. 30. Depunere pe conveior

7 CONCLUZII

Abilitățile programului Process Simulate permit un control avansat pentru tot procesul.

Instrumentele de identificare a problemelor facilitează programarea și reduce timpul de lucru.

Se pot folosi diferite metode de programare.

8 BIBLIOGRAFIE

- [1]. Nicolescu, A. – Implementarea Roboților Industriali in 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]. Patent Yaskawa US2013255077A1, 2013.
- [5]. Patent CHEP US20140131414, 2014.
- [6]. Patent CHEP US7765668, 2010.
- [7]. Patent Jointec EP2639008A1, 2013.
- [8]. Motoman – film de prezentare al aplicației: <https://www.youtube.com/watch?v=ap1hRdUFanE>
- [9]. Complete Pallet Repair Line - Adresa: <https://www.youtube.com/watch?v=vwTPzHJ6ugI>