

PROGRAMAREA SI SIMULAREA OFFLINE A UNEI CELULE DE PALETIZARE A FOILOR DE STICLA DE DIMENSIUNI MARI UTILIZAND MEDIILE DE LUCRU SIMATIC STEP7 SI ABB ROBOTSTUDIO

RADU Alexandru-Mihaita

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Adrian NICOLESCU**

REZUMAT: Lucrarea prezinta etapele de proiectare, programare si simulare offline a unei celule de paletizare a foilor de sticla de dimensiuni mari. Pornind de la datele de intrare, dimensiunile de gabarit ale foilor de sticla, au fost alese componentele celulei: doi roboti industriali ABB de tip brat articulata, echipati cu sistem de prehensiune vacuumatic reglabil, transportoarele pentru alimentare cu sticla a celulei, cat si un post de stivuire a sticlei (sevalet). Pe langa componentele mecanice ale celulei au fost determinate si componentele sistemului de comanda si control: un controller logic pentru programare, sistemul senzorial al celulei, convertizoare de frecventa pentru controlul motoarelor de actionare precum si o interfata grafica om-masina pentru controlul si supravegherea procesului de fabricatie. Programarea si simularea offline a celulei a fost realizata cu ajutorul softurilor din familia SIMATIC: STEP7 si WINCC FLEXIBLE.

CUVINTE CHEIE: Celula paletizare, programare, simulare offline

1 INTRODUCERE

Dezvoltarea lucrării de cercetare științifică “Programarea și simularea offline a unei celule de paletizare a foilor de sticlă de dimensiuni mari utilizând mediile de lucru Simatic Step7 și ABB Robotstudio” pornește de la existența în cadrul companiei Saint Gobain Glass Romania (Calarasi) a unei infrastructuri adecvate compusă din: doua celule flexibile cu cate doi roboți industriali (cu 6 axe de rotatie, echipați cu dispozitive de prehensiune vacuumatice reglabile), un sistem de transport de tip conveior cu role, un sistem de vedere artificială și alte echipamente perirobotice precum și bază hard și soft de calcul adecvată.

Obiectivele acestei teze sunt identificarea proceselor și posibilităților de cooperare a roboților industriali din celulele flexibile atât pentru procese de manufacturare cât și pentru cele de manipulare, având la bază metodele de cooperare cunoscute dintre doi roboți industriali (stăpân/sclav, simetrică), precum și, în particular, de a prezenta aspecte legate de implementarea acestora în cadrul celulei robotizate existente în cadrul companiei Saint Gobain Glass Romania.

Totodată se va încerca manipularea roboților din mediul virtual în mediul real având ca principal avantaj simularea aplicației fără a se opri producția în real, câștigându-se astfel timp prețios în cazul producției.

2 STADIUL ACTUAL

Pentru realizarea practica a programarii și simulării offline este necesara proiectarea componentelor celulei de paletizat. Pornind de a dimensiunile de gabarit ale foilor de sticla ce se doresc a fi stivuite se v-a alege tipul de transportor ce se doreste a fi folosit. Dimensiunea maxima a unei foi de sticla este 6000mm X 3210mm X 12mm, densitatea sticlei fiind de 2,5, adică o masă de 2,5 kg pe m² și pe mm grosime, reiese astfel ca greutatea maxima a unei foi de sticla este de 577.8 Kg. După realizarea calculului aflăm astfel distribuția greutății foi de sticla pe transportorul ce se doreste a fi ales are o valoare de aproximativ 30 kg/ m².

Alte proprietati fizice ale sticlei:

Rezistența sticlei la compresiune este foarte mare: 1.000N/mm² sau 1.000 MPa. Înseamnă că, pentru a sparge un cub de sticlă cu latura de 1 cm, sarcina necesară este de ordinul a 10 tone.

Rezistența la îndoire. Un geam supus acțiunii de încovoiere prezintă o față comprimată și o față dilatată.

Rezistența la rupere prin încovoiere este de:

40 MPa (N/mm²) în cazul sticlei float recoapte;
120-200 MPa (N/mm²) în cazul sticlei călite (în funcție de grosime, fasonarea marginilor și tipul de lucrare).

Rezistența mare a sticlei călite se datorează faptului că, prin tratare, fețele sticlei sunt puternic comprimate.

Sticla este un material perfect elastic: nu se deformează niciodata permanent. Cu toate acestea,

¹ Specializarea Robotica, Facultatea IMST;

E-mail: alexandru.radu17@gmail.com;

este fragilă, adică dacă este îndoită din ce în ce mai tare, se sparge fără nici un semnal.

2.1 Alegerea tipului de robot utilizat

Ținând cont de dimensiunea și greutatea plăcilor de sticlă pentru realizarea stivuirii acestora, sunt folosiți roboți industriali ABB cu o sarcină portantă mare. Caracteristicile tehnice ale robotului sunt prezentate în cele ce urmează:

Tabelul 1. Caracteristici tehnice ABB

Specification						
Robot versions	Reach	Handling capacity	Center of gravity	Wrist torque		
Without Lean ID						
IRB 8700-800/3.50	3.50 m	800 kg	460 mm	6043 Nm		
IRB 8700-550/4.20	4.20 m	550 kg	460 mm	5279 Nm		
With Lean ID						
IRB 8700-800/3.50	3.50 m	630 kg	460 mm	6043 Nm		
IRB 8700-550/4.20	4.20 m	475 kg	460 mm	5279 Nm		
Extra loads can be mounted on all variants. 50 kg on upper arm and 500 kg on frame of axis 1.						
Number of axes		6				
Protection		Complete robot IP67				
Mounting		Floor mounted				
IRC5 Controller variants		Single cabinet				
Performance						
	IRB 8700-800/3.50		IRB 8700-550/4.20			
Pos. repeatability RP	0.05 mm		0.08 mm			
Path repeatability FT	0.07 mm		0.14 mm			
Maximum axis speed						
	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4	Axis 5	Axis 6
IRB 8700-800/3.50	75°/s	60°/s	60°/s	85°/s	85°/s	115°/s
IRB 8700-550/4.20	75°/s	60°/s	60°/s	85°/s	85°/s	115°/s
Electrical Connections						
Supply voltage		200-600 V, 50/60 Hz				
Energy consumption ISO-Cube		3.93 kW				

2.2 Proiectarea sistemului de transport a sticlei

Următorul pas în realizarea unei celule de paletizare a foilor de sticlă o reprezintă transportul sticlei până în spațiul de lucru al roboților industriali. Celula ce trebuie proiectată trebuie să aibă în componență atât un sistem de transport al sticlei cât și un sistem de automatizare și control al acestuia. Într-o primă fază se vor alege componentele majore ale sistemului de transport după cum urmează:

2.2.1 Alegerea tipului de transportor

Având în vedere calculul efectuat mai sus, precum și proprietățile fizice ale sticlei, se alege ca soluție optimă de transport a foilor de sticlă conveyoarele cu role.

Transportoarele cu role se utilizează pentru transportul pe orizontală sau pe direcție înclinată față de orizontală cu un unghi de 5-25°. De asemenea, traseul pe care lucrează transportorul poate fi combinat, fiind format din zone orizontale, zone înclinate, unite între ele cu zone curbe.

Ținând seama de rezistența transportoarelor, lungimea maximă a transportoarelor cu role s-a limitat la 3-7 m în cazul transportului foilor de sticlă. În cazul în care sarcina trebuie să fie transportată pe distanțe mai mari, se utilizează o instalație de transport compusă din mai multe transportoare care se alimentează în serie. În cazul transportoarelor înclinate, unghiul de înclinare al benzii se ia în funcție de proprietățile sarcinilor transportate, de unghiul de frecare al materialului transportat cu rolele, de mărimea unghiului de taluz natural, de viteza de transport și de modul de alimentare al transportului.



Fig. 1. Transportor cu role

2.2.2 Alegerea motorului electric pentru antrenarea rolelor transportorului

Motorul ales este din seria unitară de motoare asincrone trifazate cu rotorul în scurt circuit, de uz general, fabricat de compania Siemens Industry. Alegerea motorului s-a realizat cu ajutorul catalogului interactiv pus la dispoziție pe site-ul producătorului.

Se alege astfel motorul electric Siemens 1LE1001-1AA43-4FB5 ale cărui caracteristici tehnice sunt prezentate în imaginile următoare.

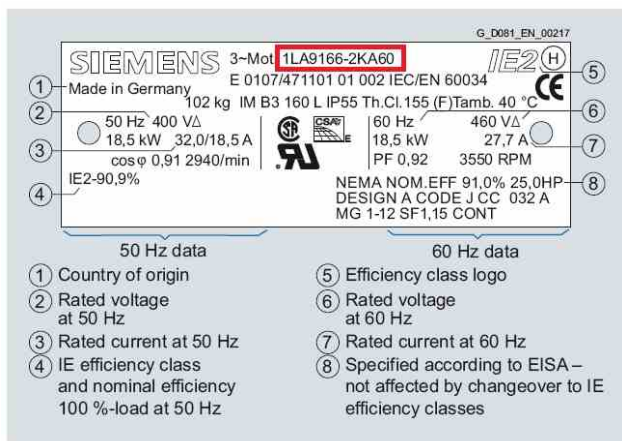


Fig. 2. Date tehnice ale motorului electric

2.2.3 Alegerea convertizoarelor de frecvență

Pentru controlul motorului electric se alege un convertizor din gama MICROMASTER Siemens. Aceste convertizoare se folosesc pentru aplicații de acționare electrică din gama de putere de la 0.12 kW până la 250 kW. De la aplicații simple cu o caracteristică de control tensiune/frecvență (V/f) până la aplicații complexe, cu control vectorial în buclă închisă și feedback encoder, MICROMASTER reprezintă familia de convertizoare SIEMENS ajunsa la maturitate deplină, cu o istorie consacrată. Operația se efectuează direct pe convertor, fără a necesita instrumente suplimentare de inginerie. SINAMICS V a fost special conceput pentru aplicații care nu necesită cunoștințe specifice tehnologice.



Fig. 3. Siemens Micromaster 440

Tabelul 2. Caracteristici tehnice Micromast

Input voltage range		3 AC 380 V – 480 V ± 10 %										(Unfiltered)
Order No.	6SE6440-7AA1	2UD15-5AA1	2UD17-5AA1	2UD21-3A1	2UD21-5AA1	2UD22-2BA1	2UD23-0BA1	2UD24-0BA1	2UD25-5CA1	2UD27-5CA1		
Frame Size	A					B					C	
Output Rating(CT)	[kW]	0.37	0.55	0.75	1.1	1.5	2.2	3.0	4.0	5.5	7.5	
	[hp]	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	7.5	10.0	
Output Power	[kVA]	0.9	1.2	1.6	2.3	3.0	4.5	5.9	7.8	10.1	14.0	
CT-Input Current 1)	[A]	2.2	2.8	3.7	4.9	5.9	7.5	10.0	12.8	15.6	22.0	
CT-Output Current	[A]	1.3	1.7	2.2	3.1	4.1	5.9	7.7	10.2	13.2	19.0	
VT-Input Current 1)	[A]	-	-	-	-	-	-	-	-	17.3	23.1	
VT-Output Current	[A]	-	-	-	-	-	-	-	-	19.0	26.0	
Fuse	[A]	10	10	10	10	10	16	16	20	20	32	
Recommended For UL specified	3NA	3803	3803	3803	3803	3803	3805	3805	3807	3807	3812	
Input Cable, min.	[mm ²]	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	2.5	2.5	4.0	
	[AWG]	18	18	18	18	18	16	16	14	14	12	
Input Cable, max.	[mm ²]	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	6.0	6.0	6.0	10.0	10.0	
	[AWG]	14	14	14	14	14	10	10	10	8	8	
Output Cable, min.	[mm ²]	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.5	4.0	
	[AWG]	18	18	18	18	18	18	18	18	14	12	
Output Cable, max.	[mm ²]	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	6.0	6.0	6.0	10.0	10.0	
	[AWG]	14	14	14	14	14	10	10	10	8	8	
Weight	[kg]	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	3.3	3.3	3.3	5.5	5.5	
	[lbs]	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	7.3	7.3	7.3	12.1	12.1	
Tightening torques for power terminals	[Nm]	1.1					1.5					2.25
	[lbf.in]	(10)					(13.3)					(20)

2.3 Realizarea sistemului de comandă și control

Pentru realizarea sistemului de comandă și control am utilizat produse din familia Siemens.

Principala componentă a sistemului o reprezintă controlerul de programare Simatic S7. Cu ajutorul acestui dispozitiv au fost create liniile de cod pentru programul de stivuire a placilor de cicla.

Sistemul de automatizare SIMATIC este reprezentat de componente coordonate cu metode unitare de configurarea, înregistrarea și transmiterea datelor.

PLC-urile din familia SIMATIC (S7) reprezintă baza sistemului de automatizare. Cele 3 tipuri aflate pe piață sunt: S7-200 un automat de mici dimensiuni folosit în automatizări ale unor procese mai simple (obiecte casnice de exemplu), S7-300 este un automat pentru automatizări medii, iar S7-400 reprezintă soluția pentru automatizări complexe.



Fig. 4. Siemens Simatic S7-300

Celelalte componente din soluția SIMATIC pentru automatizări, cum ar fi (C7,DP,HMI,NET), completează PLC reprezentând o consolă specializată de programare, module de

I/O distribuite – pentru o comandă la distanță – modul pentru conectare în rețea, etc.

Limbajul acestui concept de automatizare totală este STEP 7 care este utilizat pentru configurarea componentelor SIMATIC, pentru a le atribui parametri și nu în ultimul rând pentru a le programa. Unealta software centrală pentru control este reprezentată de SIMATIC Manager care păstrează toate datele unui proiect de automatizare într-un director cu o structură ierarhică și permite reutilizarea softului de utilizator prin librării.

Principalele activități realizate de STEP 7 sunt:

- configurarea hardware-ului – ceea ce reprezintă aranjarea modulelor, atribuirea de adrese, precum și setarea proprietăților acestora;
- configurarea parametrilor de comunicare precum și a proprietăților acestora;
- scrierea de programe utilizator pentru PLC într-unul dintre cele 3 moduri folosite : Ladder

Diagram (LAD), Function Block Diagram (FBD) sau Statement List(STL), precum și testarea online a acestora pe automat. Soluția SIMATIC pune la dispoziție și pachete software opționale care pot extinde funcționarea uneltelor standard din STEP 7. Componentele din standardul SIMATIC S7-300/400 permit un sistem redundant de automatizare în cazul proceselor lente, astfel că o stație poate prelua controlul procesului în cazul în care o altă stație (master de exemplu) cade. În timpul acestei perioade toate semnalele din proces sunt 'înghețate'. Un sistem complet S7 presupune pe lângă șina de montare, unitatea centrală de procesare și modulele de I/O și un panou operator prin intermediul căruia operatorul poate interacționa cu sistemul de automatizare.

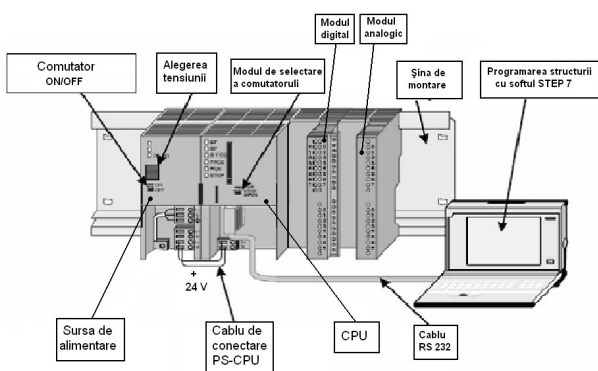


Fig. 5. Structura stației de automatizare

Principala cerință pentru limbajul de programare a unui PLC este aceea de a fi ușor de înțeles și de utilizat în aplicații de conducere a proceselor. Acest lucru implică nevoia unui limbaj înalt pentru a furniza comenzi foarte apropiate de funcțiile cerute de către un inginer automatist, dar

fără a fi complex și a necesita un timp de învățare mare.

STEP 7 este softul de bază pentru programare și configurare. Este compus dintr-o serie de aplicații, fiecare având funcții specifice de programare în automatizare, cum ar fi:

- Configurarea și desemnarea parametrilor către hardware
- Crearea și depanarea programului făcut de utilizator
- Configurarea rețelelor și conexiunilor

Pachetul de bază poate fi extins cu o gamă de pachete opționale, ca exemplu, pachete de limbaje de programare(Fig.6).

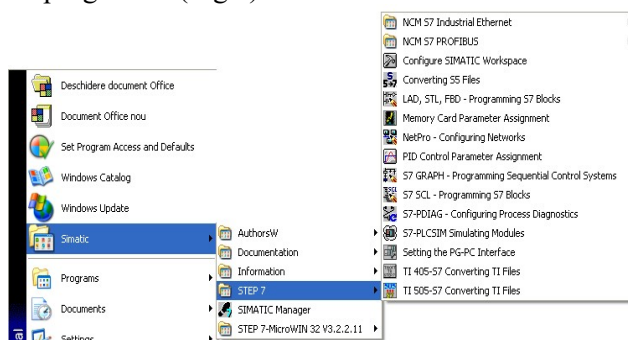


Fig. 6. Pachete de limbaje de programare

Interfața grafică creată pentru aceste sarcini este cunoscută sub denumirea de SIMANTIC Manager. SIMANTIC Manager colecționează toate datele și setările necesare pentru o sarcină de automatizare într-un proiect. În acest proiect datele sunt structurate după funcție și sunt reprezentate ca obiecte.

Obiecte Step 7:

Similar cu structura de directoare utilizate în Windows Explorer conținând directoare și fișiere, un proiect STEP 7 este divizat în directoare și obiecte. Obiecte care pot conține alte directoare și obiecte sunt cunoscute ca directoare, de exemplu un program S7 care conține directoarele „Blocks” și Source files” și obiectul Symbols”.

Diferitele tipuri de obiecte sunt legate direct în SIMANTIC Manager cu aplicația în care sunt cerute pentru procesare. Aceasta înseamnă că nu e nevoie să se rețină care aplicație trebuie pornită ca să se editeze un obiect specific. Trebuie doar să știi ce vrei să faci.

Când se crează o soluție de automatizare cu STEP 7, există o serie de sarcini de bază. Figura următoare arată sarcinile urmarite pentru proiect și aducerea acestora la o procedură de bază.

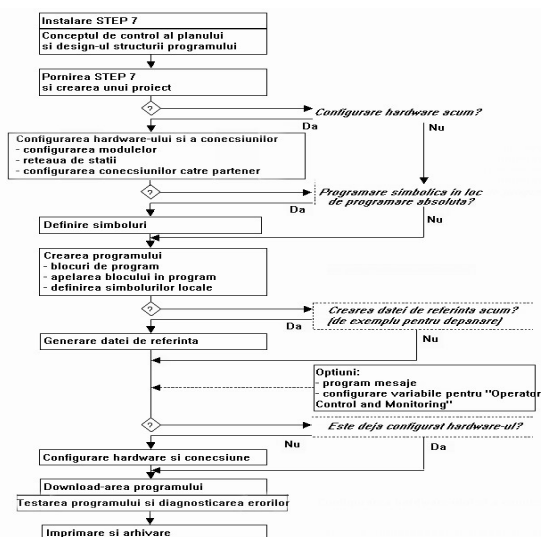


Fig. 7. Sarcini de bază

2.3.1 Program de control pentru convertizorul de frecvență Siemens Micromaster 440

FUNCTION_BLOCK

TITLE = 'Micromaster Control'

NAME : MM440

VAR_INPUT

PZD2_ZSW : WORD; // Status word 1
 PZD2_HIW : WORD; // FreqSet FeedBack
 SpeedSetpoint : INT ; // FreqSet
 Speed_offset : INT ; // SpeedOffset
 enable : BOOL; // Drive Enable
 jog_pos : BOOL; // Forward
 jog_neg : BOOL; // Backward
 Ack : BOOL; // Fault ACK

END_VAR

VAR_OUTPUT

PZD1_STW : WORD; // Control word 1
 PZD1_HSW : WORD; // Main Setpoint
 SpeedFeedBack : word; // Speed
 AccRamp : word; // Acc ramp
 DecRamp : word; // Dec ramp
 fault : BOOL;

END_VAR

VAR

Status : ZSW1;
 Stat AT Status : WORD;
 Control : STW1;
 Ctrl AT Control : WORD;

END_VAR

BEGIN

Stat := PZD2_ZSW;
 IF (Status.DriveFaultActive = TRUE) THEN
 fault := TRUE ;
 ELSE

```

    fault := FALSE ;
END_IF;
IF ( enable = TRUE ) THEN
    Control.ControlFromPlc := TRUE;
END_IF;
IF ( enable = FALSE ) THEN
    Control.ControlFromPlc := FALSE ;
END_IF;

```

```

IF (jog_pos = TRUE ) THEN
    Control.OFF1      := TRUE ;
    Control.OFF2      := TRUE ;
    Control.OFF3      := TRUE ;
    Control.PulseEnable := TRUE ;
    Control.OpCondition := TRUE ;
    Control.RfgEnable := TRUE ;
    Control.SetpointEnable := TRUE ;
    Control.ReversStp := FALSE ;

```

```

    SpeedSetpoint := SpeedSetpoint;
    PZD1_HSW :=
    INT_TO_WORD(SpeedSetpoint) ;

```

```

END_IF;
IF (jog_neg = TRUE ) THEN
    Control.OFF1      := TRUE ;
    Control.OFF2      := TRUE ;
    Control.OFF3      := TRUE ;
    Control.PulseEnable := TRUE ;
    Control.OpCondition := TRUE ;
    Control.RfgEnable := TRUE ;
    Control.SetpointEnable := TRUE ;
    Control.ReversStp := TRUE ;

```

```

    SpeedSetpoint := SpeedSetpoint;
    PZD1_HSW :=
    INT_TO_WORD(SpeedSetpoint) ;

```

```

END_IF;
IF (jog_neg = FALSE AND jog_pos = FALSE )
THEN
    Control.OFF1      := FALSE ;
    Control.OFF2      := FALSE ;
    Control.OFF3      := FALSE ;
    Control.PulseEnable := FALSE ;
    Control.OpCondition := FALSE ;
    Control.RfgEnable := FALSE ;
    Control.SetpointEnable := FALSE ;
END_IF;

```

```

IF ( Ack = TRUE ) THEN
    Control.FaultACK := TRUE;
ELSE
    Control.FaultACK := FALSE;
END_IF;

```

```
PZD1_STW := Ctrl ;  
SpeedFeedBack := PZD2_HIW;  
END_FUNCTION_BLOCK
```

2.3.2 Realizarea interfeței grafice om-masina

Interacțiunea om-calculator (Human-Computer Interaction – HCI) este știința care se ocupa cu proiectarea, evaluarea și implementarea sistemelor de calcul interactive destinate uzului uman, și cu studiul fenomenelor importante existente în acest context. Din perspectiva științei calculatoarelor, accesul este pus pe interacțiune ; mai precis se refera la interacțiunea uneia sau mai multor persoane cu una sau mai multe masini de calcul.

Luând în considerare notiunea de masina, putem avea de-a face în locul clasicelor statii de lucru cu masini de calcul încorporate (embedded), ca parti ale bordurilor avioanelor sau ale obisnuitelor cuptoare cu microunde. Tehnicile de proiectare a interfețelor acestor dispozitive sunt similare celor de proiectare a interfețelor grafice utilizator ale unei statii de lucru. Interfața utilizatorului reprezintă partea vizibilă a sistemului, prin intermediul ei putându-se introduce informații, comenzi și modele (de altfel este singura componentă a sistemului cu care utilizatorul intră în contact). O interfață de utilizator performantă este flexibilă, consistentă, simplă și adaptabilă. Pentru a lucra cu un sistem, utilizatorii trebuie să fie capabili să controleze sistemul și să aibă acces la stările sistemului.

Termenul de „USER INTERFACE” (Interfața Utilizator) este folosit în special în sistemele computerizate sau electronice. Ea este de fapt un „layer” care separă omul de masina pe care o operează. Designul unei astfel de interfețe afectează cantitatea de efort pe care userul trebuie să o consume pentru a introduce date în sistem și să interpreteze ieșirea sistemului, și cât de mult durează să învețe să-l utilizeze.

Concluzionând, interfața utilizator este partea unei aplicații software care permite utilizatorului:

- să interacționeze cu calculatorul
- să-și îndeplinească îndatoririle sau sarcinile ce-i sunt cerute (task).

Utilizabilitatea este gradul cu care se măsoară cât de mult se măpăiază interfața unui sistem cu psihologia și fiziologia userului, asta ducând la gradul sistemului de eficiență și satisfacție. Interfețele om masina au apărut odată cu masinile dar referindu-ne strict la interfețele cu sistemele de calcul, etapele dezvoltării lor, în funcție de tipul dominant de comunicare au fost trei mari categorii:

- Batch interface, 1945 – 1968
- Comand-line interface, 1969-1983
- Interfețe grafice, din 1983 până astăzi.

Avantaje:

- Permite scrierea clară și explicită a comenzilor, cu toți parametrii bine definiți
- Oferă flexibilitate în utilizare
- Comunicarea cu sistemul de operare se face rapid și eficient

Dezavantaje:

- Operatorul trebuie să cunoască bine comenzile și efectele lor
- Este mai greu de utilizat de către neprofesioniști

2.3.3 Prezentare interfeței grafice om-masina

Interfața grafică are rolul de a facilita comanda masinii prin intermediul ustensilelor create, precum și de a urmări mult mai procesul de fabricație. În figura următoare este prezentată interfața grafică a celulei de paletizare foi de sticlă.

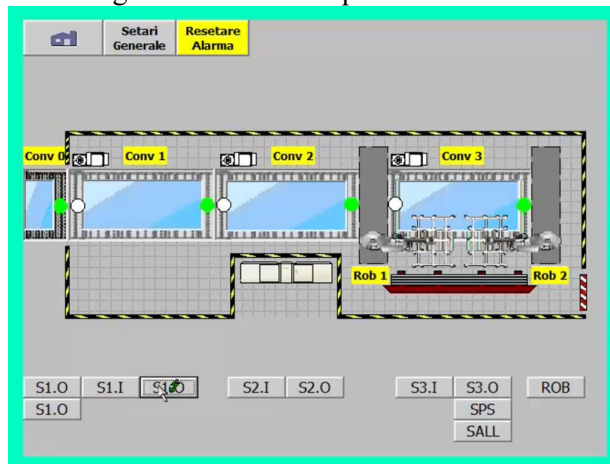


Fig. 7. Interfața grafică a celulei

3 CONCLUZII

Realizarea programării și simulării offline a unei celule de paletizare a foilor de sticlă a avut ca scop simplificarea procesului de fabricație existent deja în cadrul companiei. Totodată s-a încercat manipularea roboților din mediul real în mediul virtual având ca principal avantaj simularea aplicației fără a se opri producția în real, câștigându-se astfel timp prețios în cazul producției.

Pe viitor se dorește o îmbunătățire a funcționării celulei prin implementarea unui sistem de gestionare a produselor paletizate, în cazul nostru a foilor de sticlă.

4 BIBLIOGRAFIE

- [1]. <https://ro.wikipedia.org>
- [2]. www.robital.ro
- [3]. <https://new.abb.com/products/robotics>
- [4]. <https://support.industry.siemens.com>