

STAȚIE DE AUTOMATIZARE PENTRU APLICAȚII DIDACTICE

Violeta Georgiana DOGARU¹, Florian Daniel DOGARU², Valentin NĂVRĂPESCU³
^{1,2}Școala Doctorală de Inginerie Electrică, Universitatea Națională de Științe și Tehnologie
POLITEHNICA București
³Facultatea de Inginerie Electrică, Universitatea Națională de Științe și Tehnologie
POLITEHNICA București
³Membru asociat Academia Oamenilor de Știință din ROMÂNIA
georgiana.dogaru@upit.ro¹, florian.dogaru@stud.electro.upb.ro²
valentin.navrapescu@upb.ro³

Rezumat. Stațiile didactice de automatizare constituie platforme fundamentale pentru instruirea aplicativă în domeniul automatizărilor industriale, facilitând înțelegerea și aplicarea conceptelor teoretice în medii experimentale controlate. Această lucrare detaliază proiectarea și realizarea unei stații didactice de automatizare, echipată cu componente industriale de actualitate și destinată utilizării în laboratoarele universitare, oferind un mediu educațional avansat. Astfel, platforma permite utilizatorilor să exerseze concepte fundamentale de automatizare, să dezvolte și să testeze algoritmi de control și să simuleze procese industriale în condiții de siguranță și precizie.

1. INTRODUCERE

Automatizarea reprezintă o componentă fundamentală în contextul sistemelor moderne de fabricație, având un rol principal în optimizarea eficienței, calității și productivității operațiunilor industriale. Integrarea automatizării în procesele de producție presupune coordonarea complexă a unui ecosistem de utilaje, echipamente și sisteme de control pentru a asigura o funcționare optimă și o adaptabilitate crescută la cerințele pieței.

Studii recente [1]...[3] evidențiază un decalaj semnificativ în pregătirea forței de muncă pentru a opera și întreține medii de producție avansate, caracterizate de un grad ridicat de automatizare. Acest deficit evidențiază necesitatea dezvoltării unor programe educaționale și de formare profesională care să răspundă cerințelor tehnologice actuale.

Roboții industriali ocupă un loc central în aceste sisteme, oferind soluții pentru manipulare, asamblare, sudură, inspecție și alte procese critice [4]. Integrarea lor permite creșterea consistenței și reducerea erorilor, însă utilizarea eficientă a acestor tehnologii depinde în mare măsură de competențele operatorilor. Controlul și programarea roboților industriali necesită o înțelegere aprofundată a teoriei și aplicațiilor roboticii, inclusiv în domenii precum cinematică, dinamică, programare offline și online, precum și integrarea în rețele industriale.

Educația tehnică modernă trebuie să se concentreze pe formarea interdisciplinară, combinând cunoștințe din domenii precum automatizare, robotică, mecatronică și tehnologia informației. Această abordare sprijină atât adaptarea rapidă la cerințele unei industrii aflate în continuă evoluție, cât și dezvoltarea inovațiilor necesare pentru a menține competitivitatea pe piață. Prin reducerea decalajului dintre teorie și practică, pregătirea forței de muncă devine un pilon esențial pentru succesul implementării sistemelor de fabricație automatizate.

Disciplinele de Acționări electrice și Robotică industrială [5] reprezintă un mediu educațional ideal pentru dezvoltarea competențelor tehnice și inspirația tinerilor în domeniile științei, ingineriei și tehnologiei. Laboratoarele dedicate pot fi echipate cu sisteme didactice de automatizare de ultimă generație, care facilitează predarea noțiunilor fundamentale și avansate, precum robotică, cinematică, dinamică, control, modelare, proiectare, viziune artificială și

mecatronică. Acest cadru educațional promovează integrarea teoriei cu aplicațiile industriale practice, sprijinind astfel formarea unei forțe de muncă calificate.

2. PREZENTAREA STAȚIEI DIDACTICE

Stația de automatizare (Fig. 1) este însoțită de documente necesare înțelegerii utilizării acesteia:

- *manualul de operare*, ce acoperă doar partea hardware întrucât stația este utilizată exclusiv în crearea programelor software în vederea înțelegerii programării PLC-urilor (Programmable Logic Controller) [6]...[8];
- *schema electrică*, ce ajută la înțelegerea cablării elementelor electrice componente ale stației precum și o eventuală cablare a senzorilor și/ sau actuatorilor.
- *prezentare stație de automatizare*;

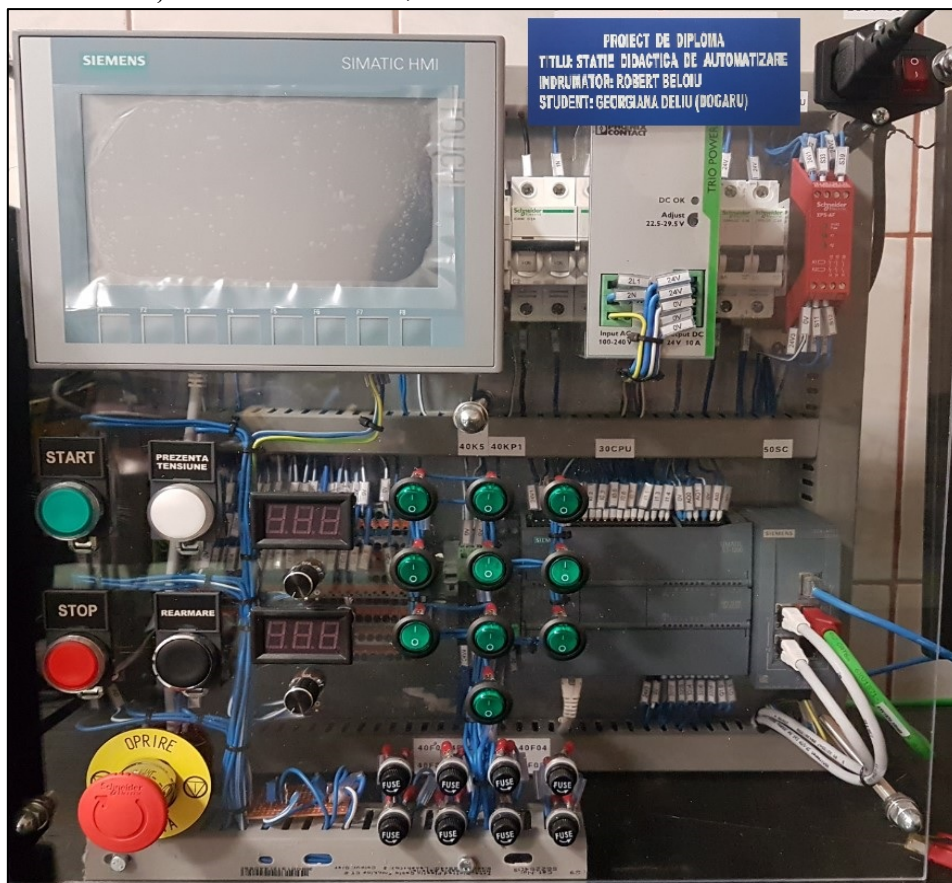


Fig. 1 Stația de automatizare

2.1 Manualul de operare

Manual conține toate informațiile necesare pentru pornirea, funcționarea, realizarea acțiunilor de stop urgență și scoaterea din uz a stației de automatizare. Însă, întrucât proiectarea stației de automatizare este realizată cu ajutorul cunoștințelor dobândite în timpul anilor de studiu la profilul electromecanic, nu pot fi oferite certificate de omologare și securitate, precum și avertizări cu privire la utilizarea stației de automatizare sub tensiune electrică, acestea din urmă intrând sub incidența instructajului de protecție a muncii; de aceea utilizarea se face doar sub supravegherea cadrului didactic.

Caracteristicile stației de automatizare sunt evidențiate în Fig. 2.

STAȚIE AUTOMATIZARE APLICAȚII DIDACTICE PLC S7-1200



Stația de automatizare didactică PLC S7-1200 este un instrument didactic folosit în cursuri academice.

Este un sistem ce oferă performanțe remarcabile prin control calitativ și timp de răspuns mic, integrând tehnologia și securitatea în același timp.

Cuprinde:

- 10 comutatoare cu lampă verde pentru simularea intrărilor digitale;
- 8 suportți fuzibil (0.3 A) pentru protecția ieșirilor digitale;
- 1 buton luminos verde cu revenire *START* cu contact NO;
- 1 buton luminos roșu cu revenire *STOP* cu contact NO;
- 1 buton negru cu revenire *REARMARE* pentru reactivarea modulului de protecție;
- 1 buton roșu *OPRIRE URGENTĂ* cu eliberare siguranță cu două contacte NC;
- 2 potențiometre pentru controlul tensiunii $0 \div 10$ V utilizate în simularea intrărilor analogice;
- 2 voltmetre digitale utilizate în vizualizarea tensiunii de intrare a intrărilor analogice;
- 1 lampă pilot albă pentru vizualizarea prezenței tensiunii electrice în stația de automatizare;
- 24 riglete cu buton eliberare pentru conexiunile exterioare ale senzorilor/ butoanelor și actuatorilor;
- 1 mufă rapidă alimentare rețea 230V, 50 Hz cu indicator luminos cu comutator ON/OFF;
- 5 porturi comunicație industrială Ethernet 10/100 Mbit/s.

Date tehnice:

SIEMENS SIMATIC S7-1200 V4.2 (1215C DC/DC/DC)

Fig. 2 Caracteristicile stației de automatizare

Schema electrică:

Schema electrică este proiectată în programul EPLAN Electric P8. Acesta oferă posibilități nelimitate pentru planificarea, documentația și gestionarea proiectelor de automatizare. Generarea automată a rapoartelor detaliate pe baza diagramelor de conectare este o parte integrantă a unui sistem de documentație complet.

Elementele constructive ale stației de automatizare sunt cuprinse în pagina **100 Nomenclator** a schemei electrice (Fig. 3).

Elemente Tablou electric				
Nr. Crt.	Descriere	Referinta Fabricant	Producator	Canitate (buc/ metri)
1	Plain mounting plate H500xW400mm	NSYMM44	SCHNEIDER	1
2	Tesys D contactor - 3P(3 NO) - AC-3 - 440 V 9 A - 24 V DC bobina	LC1D09BD	SCHNEIDER	2
3	Mufa banana mama panou		CHINA	8
4	Mufa alimentare pc cu soclu fuzibil; 230V; 50Hz; MAX 10A		CHINA	1
5	Cablu alimentare PC		LOCAL	1
6	Siguranta fuzibila 5A, 5x20 mm		CHINA	1
7	Ic60n - intreruptor miniatura - 2P - 2A - curba C	A9F74202	SCHNEIDER	1
8	Sursa alimentare 24V	TR10-PS/1AC/24DC/ 5A	PHOENIX CONTACT	1
9	Lampa pilot complet alba Ø22 lentile netede cu LED integral 24V	XB4WB1	SCHNEIDER	1
10	Intreruptor Miniatura - C60H - 1 Pol - 2 A - Curba C	A9N61502	SCHNEIDER	1
11	Intreruptor Miniatura - C60H - 1 Pol - 3 A - Curba C	A9N61503	SCHNEIDER	1
12	Rigleta multibetai	PT2.5-3L	PHOENIX CONTACT	24
13	Rigleta impamantare		LOCAL	3
14	Modul Xps-Af - Opreire De Urgenta - 24 V C.A. C.C.	XPS-AF5130	SCHNEIDER	1
15	Opreire de urgenta rosie Ø40, oprire Ø22 eliberare siguranta 1NC+1NO	XB4 B58445	SCHNEIDER	1
16	Comutator cu doua pozitii verde + LED 24V		CHINA	10
17	Buton luminos verde, incastrat complet Ø22 cu revenire cu arc 1NO+1NC 24V	XB4BW33B5	SCHNEIDER	1
18	Buton luminos rosu, incastrat complet Ø22 cu revenire cu arc 1NO+1NC 24V	XB4BW34B5	SCHNEIDER	1
19	SIMATIC 57-1200, CPU 1215C, compact CPU, DC/DC/DC, 2 PROFINET ports, onboard I/O: 14 DI 24 V DC; 10 DO 24 V DC; 0.5A; 2 AI 0-10 V DC; 2 AO 0-20 mA DC, Power supply: DC 20.4-28.8V DC, Program/data memory 125 KB	6ES7215-1AG40-0XB	SIEMENS	1

Fig. 3 Elementele constitutive ale stației de automatizare

Pagina **3 Forță** conține elementele contactoarelor de forță precum și sursa de alimentare a circuitelor de forță necesare alimentării unui motor asincron trifazat alimentat la 400V. **40K1** și **40K2** (Fig. 4) sunt contactele de forță ale contactoarelor a căror bobine sunt alimentate în pagina **40 PLC IEȘIRI** prin **Q0.6** și **Q0.7**.

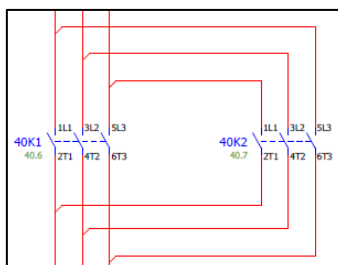


Fig. 4 Contacte de forță **40K1** **40K2**

Pagina **10 Sursă 24V** conține:

- calea de alimentare a stației de automatizare, ce se realizează cu ajutorul unui cablu PC de la o priză monofazată, 230 V ac, 50 Hz, prin mufa de alimentare a panoului *Mufa alimentare PC cu soclu fuzibil*;
- elementele de comandă și control ale stației de automatizare se alimentează la 24 V cc, tensiune ce se poate obține cu sursa de alimentare *10SG1* cu o putere de 10A. Aceasta este protejată de întreruptorul bipolar de curent alternativ de 2A, iar la rândul lor, elementele ce sunt alimentate de această sursă sunt protejate de întreruptoarele monopolare în curent continuu:
 - o *10F2* pentru PLC, HMI și SCALANCE;
 - o *10F3* pentru securitate, la suprasarcină întrerupând alimentarea pe ieșirile PLC-ului;
 - o *10F4* pentru actuatorii acționați de relele *40K3*, *40K4*, *40K5*, *40K6*.
- prezența tensiunii de alimentare a stației de automatizare este semnalizată prin lampa *10H1* pentru 230V ac și *10H3* pentru 24V cc.

Pagina **20 Securitate** (Fig. 5) – cele mai importante elemente ale unei instalații de automatizare sunt cele de securitate deoarece operatorul are întotdeauna prioritate. Este necesar să existe posibilitatea opririi tuturor elementelor de execuție în momente de maximă urgență. Partea de securitate este compusă dintr-un releu de securitate nivel 2 acționat de butonul **STOP URGENȚĂ**. În cazul acționării butonului de stop urgență, releul de securitate trebuie să fie rearmat cu ajutorul butonului **REARMARE**.

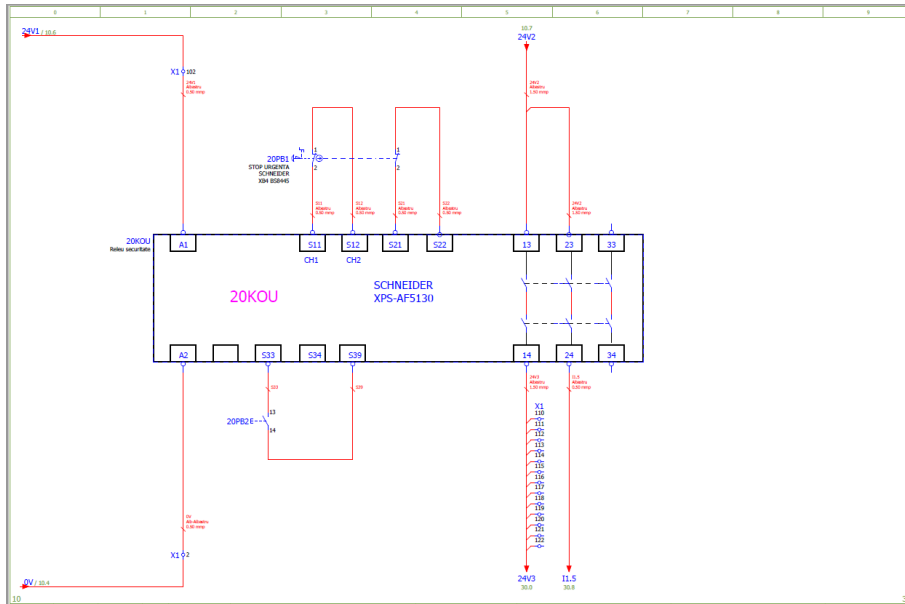


Fig. 5 Elemente de securitate

Pagina 30 PLC – **Intrări** – elementul central al proiectului este PLC-ul. Acesta conține:

- 14 intrări digitale, necesare butoanelor și senzorilor digitali, precum și a răspunsurilor la un moment dat al sistemului automatizat;
- 10 ieșiri digitale, ieșiri construite pe tranzistori ce suportă un curent de 0.5A. Acestea sunt protejate de elemente fuzibile cu valori de 0.3A;
- 2 intrări analogice ce pot aduna informații de la senzori analogici sau amplificatoare ale acestora cu răspuns în tensiune 0÷10V;
- 2 ieșiri analogice cu semnal în curent 4÷20mA ce pot pilota actuatori analogici (variabili).

În cazul lipsei senzorilor analogici, aceștia pot fi simulați prin blocul de coborâre tensiune cu ajutorul divizorilor de tensiune în două trepte. În prima treaptă semireglabilele 30SR1 și 30SR2 coboară tensiunea de la 24V la 10V pentru fiecare intrare analogică, această valoare rămâne fixă, în timp ce în a doua treaptă potențiometrele 30P1 și 30P2 simulează valoarea intrării analogice în tensiune cuprinsă în intervalul 0÷10V. Valorile tensiunilor reglate din potențiometre pe cele două intrări analogice pot fi vizualizate cu ajutorul voltmetrelor 30VMI și 30VM2.

În lipsa senzorilor digitali, intrările digitale I0.0 – I1.1 pot fi simulate cu ajutorul butoanelor cu lampă verde 30PB3 – 30PB12, aprinderea lămpii sugerând astfel simularea activării unui senzor (Fig. 6).

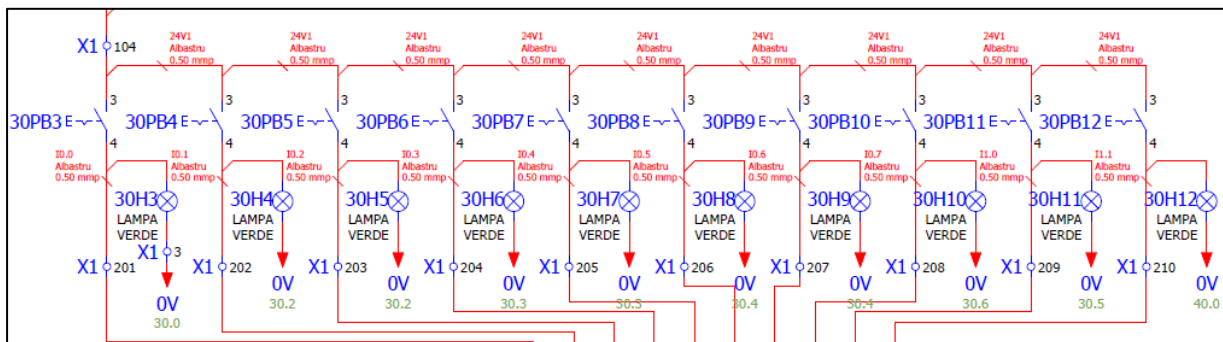


Fig. 6 Butoane simulări intrări digitale

Pagina **40 PLC – Ieșiri** conține elementele ce alimentează actuatorii (motor electric, electrovalve, lămpi etc). Astfel:

- **40K5** și **40K6** pot alimenta motoare electrice pas cu pas prin trenuri de impulsuri de frecvență maximă de 50kHz deoarece conțin elemente optocuploare ce au o viteză de răspuns foarte bună de 20 μs;
- **40K4** și **40K3** pot alimenta cu schimbare de sens un motor de curent continuu ce are un curent de pornire de maxim 3A;
- **40K2** și **40K1**, cele două contactoare de forță ce pot alimenta cu schimbare de sens un motor asincron trifazat;
- lămpile butoanelor **START 40H1** și **STOP 40H2**;
- releul cu temporizare **40KPI** asigură interblocajul pentru contactoarele **40K1** și **40K2** în cazul omiterii de către programator a activării pe rând a ieșirilor PLC Q0.6 și Q0.7;

Pagina **50 HMI & Scalance** (Fig. 7) indică alimentarea celor două elemente Siemens, primul necesar asigurării interfeței mașină-om, iar cel de-al doilea asigură conexiunea Ethernet (Profinet) pentru elementele Siemens.

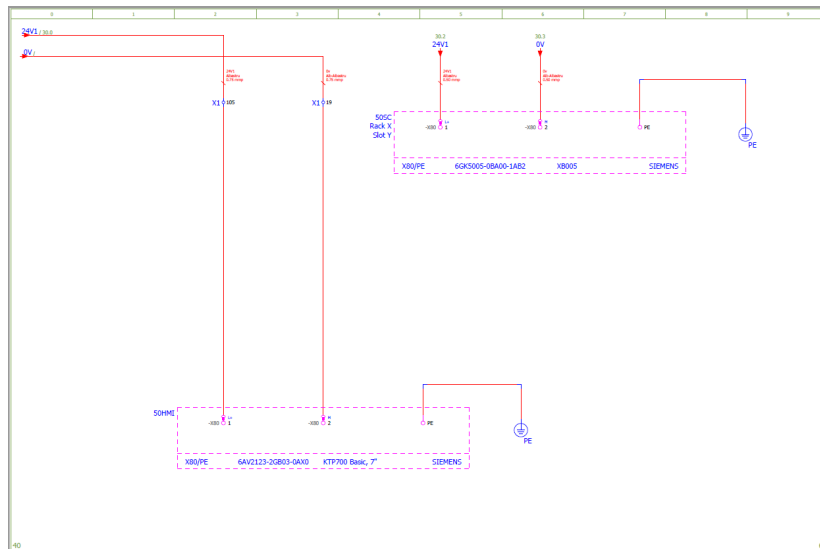


Fig. 7 Alimentare HMI & Scalance

Pagina **60 Riglete** cuprinde conectica elementelor de pe partea de comandă a stației de automatizare și eventualele elemente de intrare, ieșire **X1** și alimentarea circuitelor de forță ale unui motor asincron trifazat **X2** (Fig. 8).

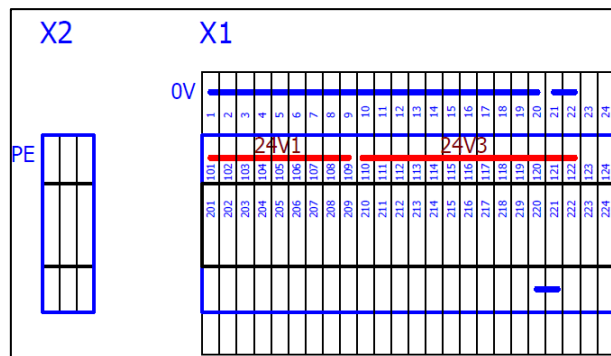


Fig. 8 Conectica stației de automatizare

Pagina **70 Spațiere Tablou** conține pozițiile exacte ale elementelor componente ale stației de automatizare.

Pagina **80 Panou Comandă** conține elementele de comandă și siguranțe (HMI, butoane, potențiometre, socluri fuzibil) (Fig 9).

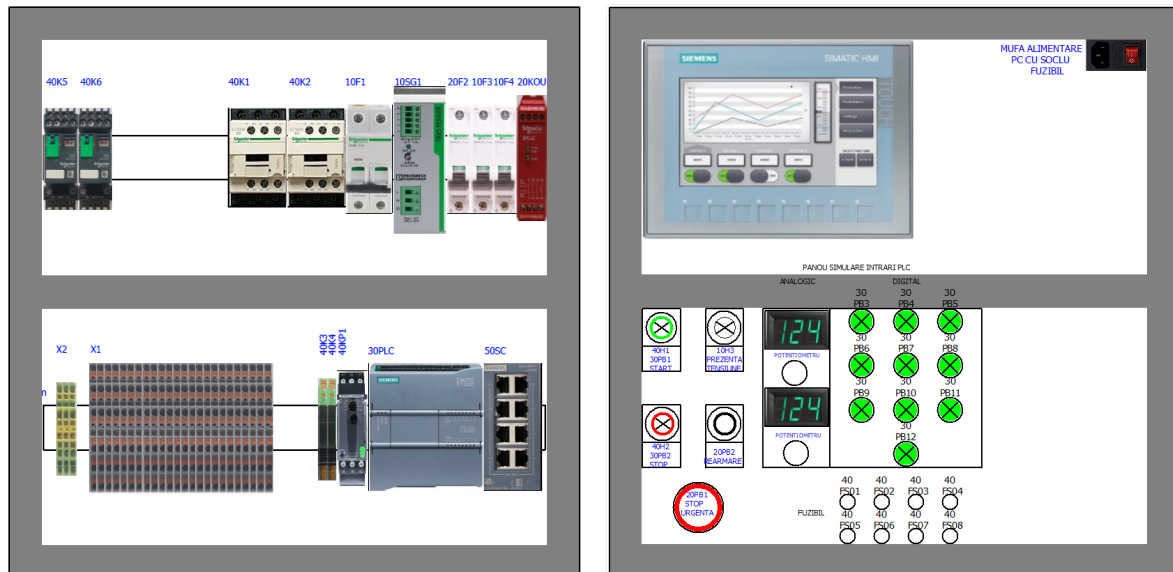


Fig. 9 Distribuția elementelor componente ale stației de automatizare

4. CONCLUZII

Proiectul de față înlesnește accesul la utilizarea echipamentelor industriale de ultimă generație: panoul de comandă Simatic HMI, controller-ul programabil S7-1200, modulul de comunicație Scalance XB005, programul TIA Portal, toate fiind componente Siemens, un producător important de tehnică de calcul utilizată în industrie.

Primul pas în proiectarea stației de automatizare a fost nevoia dobândirii de cunoștințe, abilități și aptitudini necesare angajării pe piața muncii actuale. Testarea preliminară a stației de automatizare a fost realizată prin crearea a cinci lucrări de laborator. Testul a fost un succes, încercarea și funcționarea programelor făcându-se conform cerințelor de performanță.

Stația de automatizare oferă posibilități multiple de programare, programatorul fiind limitat doar de numărul de intrări și ieșiri analogice și digitale.

Pe baza acestui proiect, viitori ingineri vor putea pune în practică modul de lucru cu TIA Portal, cunoștințele de bază despre structura unui sistem de automatizare cu SIMATIC S7, configurarea și parametrizarea hardware, bazele programării standard cu PLC, precum și comisionarea unor motoare electrice (motor asincron și servomotor). De asemenea, pot utiliza modalități de integrare a echipamentelor de comunicații industriale, acționărilor reglabile și echipamentelor de interfațare mașină-om în sistemele de automatizare.

CONFIRMARE

Lucrarea a fost prezentată la Simpozionul de Mașini Electrice SME'XX, ediția 2024.

BIBLIOGRAFIE

- [1] ***<https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/manufacturing/manufacturing-skills-gap-study.html>
- [2] ***<https://www.automate.org/industry-insights/closing-the-skills-gap-in-automation-a-call-for-action>
- [3] ***<https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/143869/Robotics%20Roadmap%20Report%20Nov%202021.pdf?sequence=1>
- [4] ***https://www.kuka.com/ro-ro/companie/pres%C4%83/news/2020/06/interview_rares-budusan
- [5] R. Beloiu, Robotică industrială – Note de curs și laborator
- [6] ***<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/1000000>
- [7] V.M. Chavre, *The Role of PLC in Automation and Industrial Applications*, International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies, **5**, 8, pp. 9-11, 2017.
- [8] M.A. Koondhar, G.S. Kaloi, A.K. Junejo, A.H. Soomro, S. Chandio, M. Ali, *The role of PLC in automation, industry, and education purpose: a review*, Pakistan Journal of Engineering Technology and Science, **11**, 2, pp. 22-31, 2023.