

SIMULAREA TRAIECTORIEI UNUI CĂRUȚ CU ROTILE ELECTRIC COMANDAT PRIN CONTROLER LOGIC PROGRAMABIL ȘI ECRAN TACTIL

Adelina-Maria CÎRSTOIU¹, Aurel-Ionuț CHIRILĂ¹, Ioan-Dragoș DEACONU¹

¹Universitatea POLITEHNICA din București, România

adelina.m.cirstoiu@gmail.com¹, aurel.chirila@gmail.com¹, dragos.deaconu@gmail.com¹

Rezumat. În cadrul acestei lucrări se prezintă un modul software realizat prin intermediul unui controler logic programabil și al unui HMI (Human Machine Interface), destinat pentru comanda mișcării unui căruț cu roțile electric. Prin dezvoltarea acestui modul se oferă un avantaj major persoanelor cu dizabilități, care au dificultăți de mișcare. Implementând această comandă pe un cărucior cu roțile, persoanele se pot deplasa independent folosind această mașină ce poate fi controlată de la un ecran tactil. În această direcție, utilizatorul are posibilitatea de a alege următoarele senzori de deplasare ale mașinii: înainte-înapoi și stânga-dreapta, precum și posibilitatea de a impune viteza de deplasare. Programul software a fost realizat folosind limbajul de tip diagramă scară, iar interfața cu utilizatorul este pusă la dispoziție prin intermediul unui HMI.

1. INTRODUCERE

Sistemele electrice comandate de la distanță sau local, prin echipamente de tip HMI sau smartphone, sunt din ce în ce mai uzuale și fiabile, menite să minimizeze efortul uman, dar și să asigure un nivel de siguranță ridicat, ca de exemplu în aplicațiile din domeniul medical sau industrial [1].

Scopul acestui articol este de a prezenta structura de comandă a unui sistem electric, ce poate fi folosit în scopuri medicale și nu numai. Astfel, se va prezenta detaliat structura software a sistemului, dar vor fi făcute și precizări în ceea ce privește modul de implementare al structurii hardware.

Cărucioarele cu roțile sunt indispensabile în viața persoanelor cu dizabilități în sfera mobilității, motiv pentru care se caută metode în urma cărora să rezulte soluții optime în acest sens și anume se dorește crearea unor unelte automatizate, ce pot fi gestionate numai de către persoanele în cauză, fără a mai fi nevoie de o altă persoană [2].

Prezentul studiu constă într-o metodă software simplificată, dar precisă de control al unui căruț cu roțile electric, semi-automat. Acesta aduce un beneficiu, în special, persoanelor cu dizabilități, ce se confruntă cu dificultăți de deplasare, dar și persoanelor în vârstă deoarece nu este necesară depunerea unui efort major la nivelul brațelor utilizatorului, ca în cazul unui căruț cu roțile clasic. Prin dezvoltarea acestui sistem, controlul căruțului se realizează prin simpla atingere a unor iconițe de pe un ecran tactil, concepute într-un mod suficient de intuitiv, astfel încât oricine să poată înțelege modul de funcționare.

2. STRUCTURA APLICAȚIEI

2.1 Principiul de funcționare

Din punct de vedere practic, ansamblul căruțului ce asigură mișcarea persoanei urmărește acest principiu de funcționare: la bază constă din trei roți, iar două dintre acestea asigură deplasarea pe direcțiile înainte și înapoi și cea de-a treia este viratoare, asigură mișcarea căruțului stânga-dreapta. Toate acestea sunt comandate de la un ecran tactil, ce trimite impulsuri către un controler logic programabil. Acesta din urmă se conectează cu un motor de curent continuu și un motor pas cu pas, iar în funcție de acestea va rezulta mișcarea căruțului, deci impulsurile de comandă vin de la PLC.

2.2 Comanda motorului de curent continuu

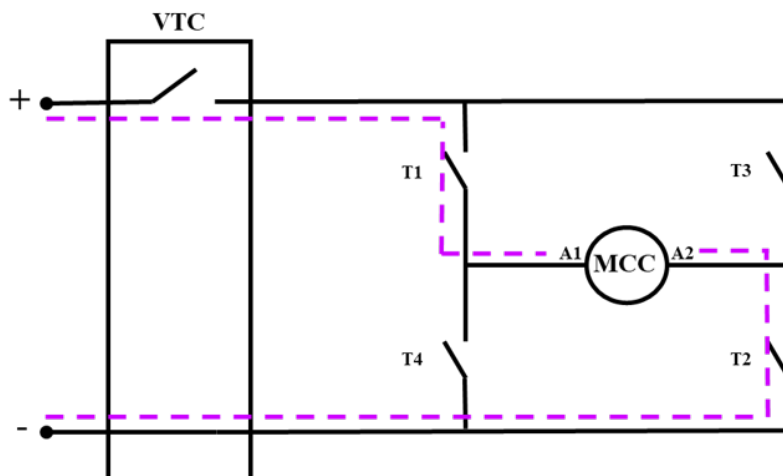


Fig. 1 – Alimentarea motorului de curent continuu pentru furnizarea sensului de deplasare înainte cu diverse viteze, tensiunea aplicată fiind cuprinsă între 0...+Un

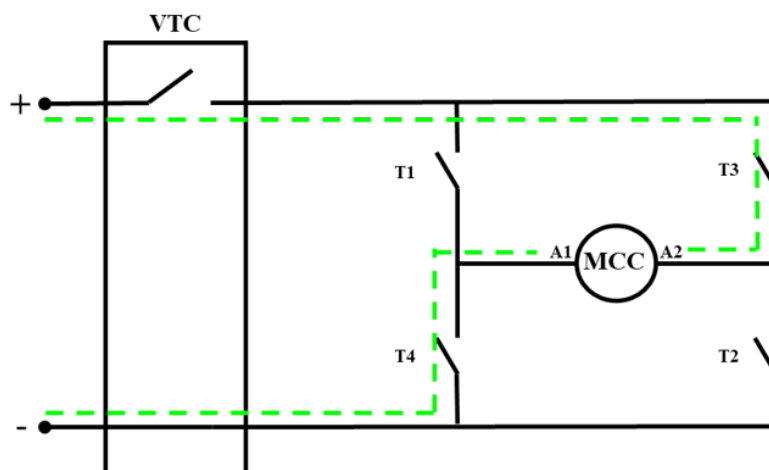


Fig. 2 – Alimentarea motorului de curent continuu pentru furnizarea sensului de deplasare înapoi cu diverse viteze, tensiunea aplicată fiind cuprinsă între 0...-Un

Motorul de curent continuu este alimentat de la un variator de tensiune continuă. În funcție de polaritatea tensiunii aplicate pe motorul de curent continuu rezultă sensul de rotație al acestuia și implicit sensul de deplasare al căruțului cu roțile, înainte sau înapoi, așa cum este prezentat în Fig. 1. și Fig. 2. Viteza de deplasare se impune prin modificarea factorului de umplere al variatorului de tensiune continuă, în funcție de care rezultă valoarea tensiunii aplicate pe motor. Toate comenzile sunt date de către utilizator de la butoanele virtuale de pe HMI și apoi sunt trimise către intrările automatului programabil. La ieșirile pe tranzistoare ale automatului programabil se conectează partea de comandă a ansamblului motor-convertor.

2.3 Comanda motorului pas cu pas

Motorul pas cu pas convertește impulsurile electrice în deplasarea unghiulară a rotorului, ceea ce se transmite în poziționarea stânga-dreapta a căruțului, în ceea ce privește tipologia studiului actual. Avantajul motoarelor pas cu pas este că asigură controlul precis al poziției, fără senzor de feedback. Prin apăsarea butoanelor virtuale de la nivelul ecranului tactil se dau impulsuri de comandă ce impun sensul de rotație al motorului, iar în funcție de numărul

de pași rezultă unghiul de rotație al rotorului și astfel se va înclina roata viratoare înspre partea dreaptă sau înspre partea stângă.

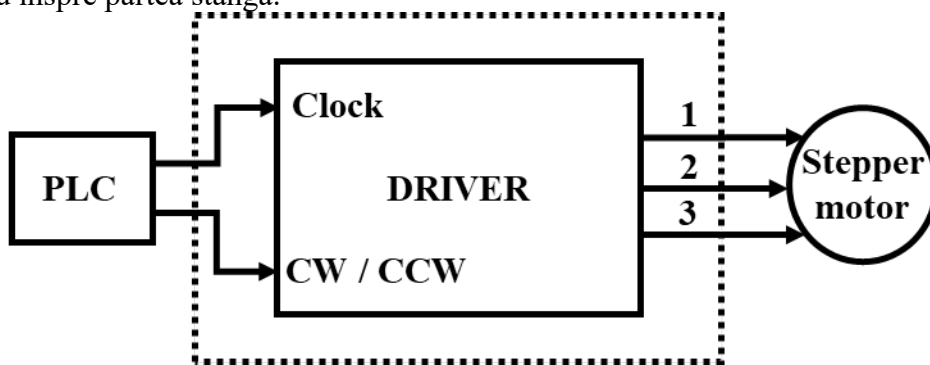


Fig. 3 – Circuitul de comandă al motorului pas cu pas

Calibrarea motorului pas cu pas se realizează având un capăt de cursă maxim negativ ce reprezintă înclinarea maximă a roții spre stânga, poziția zero înseamnă faptul că roata este dreaptă, iar capătul de cursă maxim pozitiv înseamnă înclinarea maximă a roții înspre partea dreaptă. Conform imaginii de mai sus, capătul de cursă maxim stânga al motorului pas cu pas este reprezentat simbolic prin cifra „1”, poziția punctului de înclinare zero este „2”, iar capătul de cursă maxim dreapta al motorului este „3”. Impulsurile de comandă de la PLC sunt transmise către partea de comandă a motorului pas cu pas și anume ceea ce se numește circuit de tip driver, după cum se observă în Fig. 3.

2.4 Programarea software a PLC-ului și HMI-ului

Limbajul de programare utilizat este de tip diagramă scară, iar mediul de lucru este SoMachine Basic. Principalele caracteristici ale controlerului logic programabil utilizat sunt prezentate în tabelul 1, de mai jos. În realizarea simulării acestui studiu au fost adoptați următorii pași de lucru: programare PLC, inserare elemente virtuale în mediul de lucru pentru HMI și cel mai important aspect fiind declararea variabilelor din interfața HMI, care creează legătura dintre cele două medii de programare software. Dispozitivul cu ecran tactil de tip HMI a fost programat în mediul de lucru Vijeo Designer. Modulul ales se integrează în gama STU-Magelis, Schneider Electric. Ecranul are următoarele dimensiuni: înălțime – 12 cm și lățime – 16 cm [4].

Asocierea butoanelor virtuale ce apar pe ecranul HMI-ului cu intrările și ieșirile automatului programabil este următoarea: la intrări sunt conectate butoanele de pornire și oprire și butoanele de accelerație și decelerație, iar la ieșiri sunt cuplate elementele virtuale ce simulează deplasarea roților înainte-înapoi și stânga-dreapta. Pentru simularea tensiunii aplicate pe motorul de curent continuu a fost inserat în program un contor. În mod similar s-a procedat și pentru simularea unghiului de rotație al rotorului motorului pas cu pas. În cele ce urmează, vor fi prezentate câteva exemple de programare pentru cele două dispozitive, demonstrate pe baza unor instrucțiuni utilizate în mediile de lucru.

Tabelul 1
Caracteristicile principale ale PLC-ului [3]

Model PLC	TM221CE24T
Tensiune nominală de alimentare	24 VDC
Curent de ieșire sursă de alimentare	200 mA
Intrări digitale	14
Intrări analogice	2
Tensiune intrări analogice	0...10V
Ieșiri digitale pe tranzistor	10
Comunicație	Ethernet, Modbus
Mediu de programare	SoMachine Basic

În Fig. 4. este ilustrată secvența de program software pentru partea de pornire și oprire a sistemului de acționare, dar și instrucțiunile prin care sistemul este resetat dacă se apasă butonul de stop. Acest lucru înseamnă că la apăsarea butonului de stop cele 3 roți revin în poziția inițială, după care se așteaptă următoarea comandă dată de către utilizator cu privire la sensul de rotație și viteza de deplasare.

În Fig. 5. este prezentat modul în care se impune factorul de umplere al variatorului de tensiune continuă prin configurarea unui contor. Astfel, rezultă o anumită viteză a căruțului electric pentru deplasarea înainte sau înapoi. O astfel de structură este folosită și în cazul motorului pas cu pas, pentru stabilirea unghiului de rotație al roții ce asigură mișcarea căruțului stânga-dreapta.

Realizarea legăturii software dintre cele două medii de programare este ilustrată în Fig. 6. Aici este detaliat un exemplu de asociere al unui buton virtual cu o variabilă. Funcția tip intrare sau ieșire configurată în SoMachine Basic trebuie să aibă exact aceeași denumire cu variabila din Vijeo Designer pentru a se realiza asocierea între PLC și HMI.

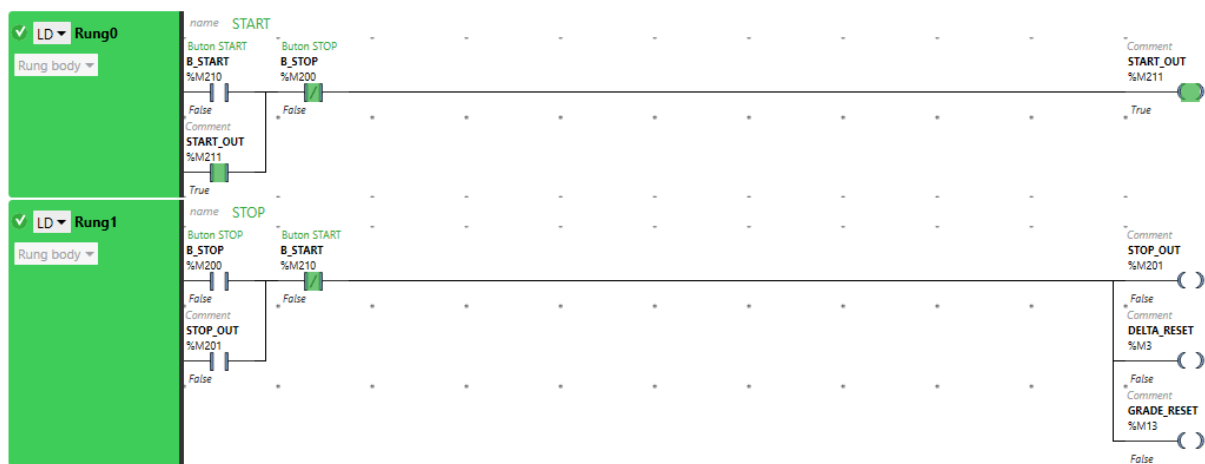


Fig. 4. Secvența din program pentru configurarea butoanelor de start și stop

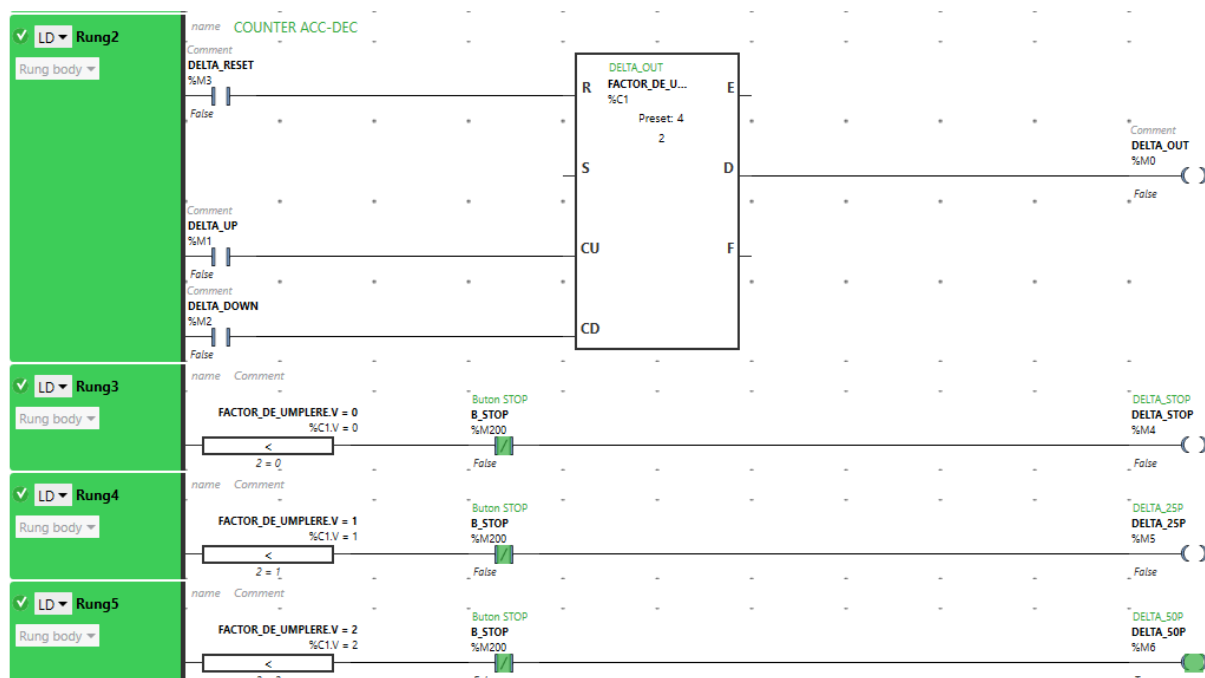


Fig. 5 – Secvența din program pentru configurarea contorului care stabilește viteza de deplasare înainte sau înapoi

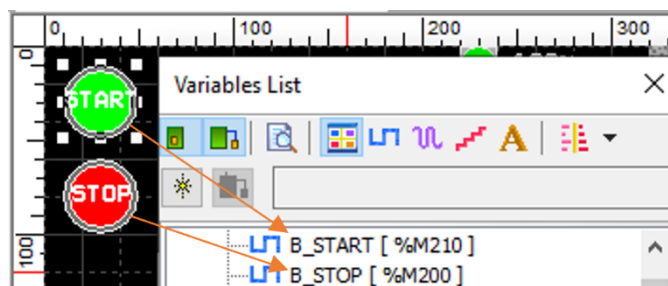


Fig. 6 – Secvența din program pentru asocierea butoanelor virtuale din interfața HMI cu instrucțiunile ce definesc programul pentru PLC

3. REZULTATE

În următoarele imagini sunt ilustrate elementele virtuale de comandă: butoanele pentru start și stop, accelerație și decelerație și butoanele pentru alegerea sensului de rotație. De asemenea, prin bulinele roșii este ilustrat faptul că nu s-au impus sensul și/sau viteza de deplasare. Prin mișcarea bulinelor verzi se vede exact nivelul de tensiune aplicat pe motorul de curent continuu exprimat în procente, dar și gradele de rotație ale rotorului motorului pas cu pas, exprimate tot în procente. Săgeata verde arată sensul de deplasare al căruțului: drept înainte, drept înapoi, înainte și către stânga sau dreapta, înapoi și către stânga sau dreapta.

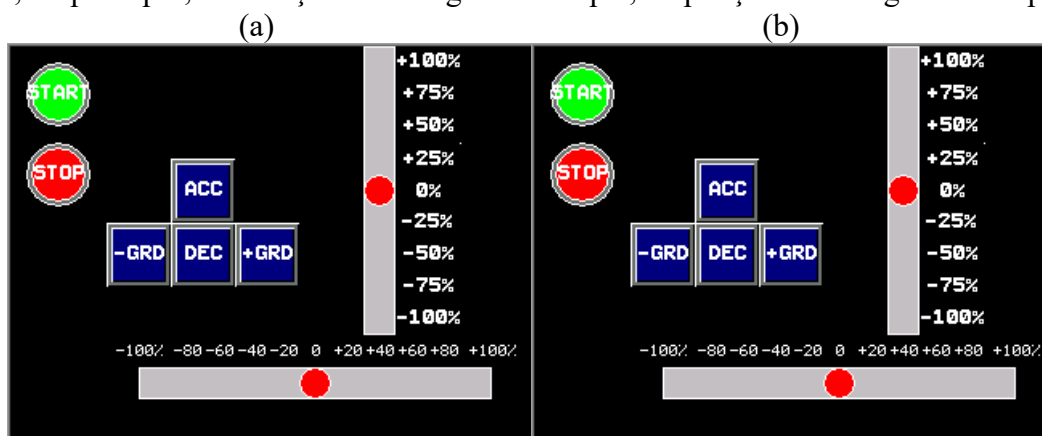


Fig. 7 – Comportamentul sistemului: (a) căruțul este oprit și cu toate roțile drepte, se așteaptă comenzile date de către utilizator și (b) căruțul se deplasează pe direcția înainte cu viteza maximă, ce corespunde unui nivel de tensiune $+U_n$, fără viraj stânga sau dreapta

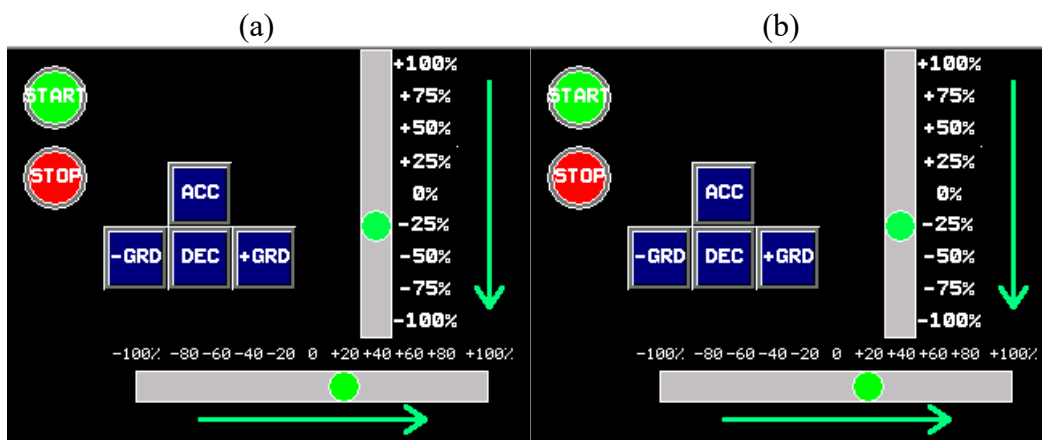


Fig. 8 – Comportamentul sistemului: (a) căruțul se deplasează pe direcția înapoi cu viteza ce corespunde unui nivel de tensiune $-0,25 \cdot U_n$ și cu un unghi de rotație de $+20\%$ din capătul maxim dreapta și (b) căruțul se deplasează pe direcția înainte cu viteza ce corespunde unui nivel de tensiune $+0,25 \cdot U_n$ și cu un unghi de rotație de -80% din capătul maxim stânga

4. CONCLUZII

În cadrul articolului se prezintă o metodă software utilă pentru simularea unui căruț cu roțile electrice. Totodată, este ușor și rapid de vizualizat modul în care reacționează sistemul conform comenzilor date de către utilizator.

Comenzile sunt simple, motiv pentru care se demonstrează faptul că metoda este una fiabilă și intuitivă, modulul putând fi folosit cu ușurință de către persoanele cu dizabilități sau de către persoanele în vârstă, care nu se mai pot deplasa cu ușurință. Așadar, este foarte important faptul că acestea se pot deplasa independent, fără a mai cere ajutorul altor persoane. De asemenea, forța pe care trebuie să o depună utilizatorul pentru a stabili sensurile de deplasare ale căruțului cu roțile și ulterior deplasarea acestuia este minimă, totul se rezumă la atingerea unor iconițe pe ecranul HMI-ului.

Prin utilizarea butoanelor de tip virtual accesibile prin intermediul ecranului tactil nu există riscul de a trimite comenzi eronate către dispozitivele de control ale sistemului, ceea ce reprezintă un avantaj major al acestei aplicații.

Astfel, chiar dacă utilizatorul are mâini tremurânde, acest lucru fiind posibil pentru că aceste sisteme de deplasare sunt utilizate predominant de către persoanele cu dizabilități sau de către persoanele vârstnice, semnalul de control rămâne precis. Pe când, dacă s-ar utiliza un joystick ca și unealtă de control, lucrurile nu ar mai fi la fel de precise, iar riscul de a trimite comenzi eronate către controler ar fi ridicat. Un dezavantaj cu care se confruntă sistemul dezvoltat este faptul că nu se pot efectua mișcări dinamice bruște. Numai că, dată fiind topologia acestui sistem de acționare, mișcările dinamice bruște nu sunt necesare. Un alt dezavantaj este autonomia limitată, sistemul fiind complet electric.

Ca și dezvoltări ulterioare sunt prevăzute implementarea unui buton de panică, astfel încât la apariția unui pericol utilizatorul să îl poată accesa și implementarea unui afișaj ce indică nivelul bateriei.

CONFIRMARE

Această lucrare a fost finanțată prin „Programul Operațional Competitivitate - Programul Operațional Competitivitate- 2014-2020”, „Acțiunea 1.2.1”, prin proiectul (ID/Cod My SMIS) 121610, numărul contractului 275/24.06.2020 (acronim: SICEEIF).

Lucrarea a fost prezentată la Simpozionul de Mașini Electrice SME'22, ediția a XVIII-a.

BIBLIOGRAFIE

1. B. Cristian, O. Constantin, E. Zoltan, P.V. Adina, P. Florica, *The control of an industrial process with PLC*, International Conference on Applied and Theoretical Electricity (ICATE), pp. 1-4, 2014.
2. Y. Pititeeraphab, T. Chaichana, N.i Thongpance, *Implementation of electric wheelchair with microcontroller*, International Journal of Electronics and Electrical Engineering, 4, 3, pp. 253-257, June 2016.
3. ***Schneider Electric, "Controler Logic Programabil – Modicon M221", model TM221CE24T.
4. ***Schneider Electric, "Catalog Harmony STO & STU", model HMIS5T.