

L3.1: Model experimental validat in laborator

Act 2.2 - Transferul tehnologic la unitatea economica, s-a concretizat prin realizarea modelului experimental, testarea si validarea sistemului. Rezultatul acestei activitati este modelul experimental. Livrabilul **L3.1 model experimental validat in laborator** prezinta arhitectura sistemului – versiunea finală, implementarea sistemului la nivel experimental atat hardware, cat si software precum si testarea mai multor scenarii de functionare

A. SIMULATORUL DE PROCESE ASID

Modelul experimental realizat pentru simulatorul de procese ASID reprezintă un nou sistem integrat destinat simulării conducerii automate a proceselor industriale ce include tehnologii avansate. Produsul poate fi exploatat atat ca un echipament didactic pentru învățarea și aprofundarea limbajelor de programare specifice automatelor programabile dar și ca echipament pentru testarea diverselor scenarii complexe ale unor procese energetice ce permit reconfigurarea la cerere pentru sistemele industriale care nu pot fi implementate în realitate datorită costului ridicat sau/și a siguranței în funcționare. Acest sistem are câteva proprietăți precum: flexibilitate, interoperabilitate, arhitectură deschisă, compatibilitate comunicațională, interfață om-mașină prietenoasă, aplicații industriale.

Acest simulator este echipat cu un ecran tactil de dimensiune mare și cu o rezoluție înaltă pentru o bună experiență educațională, are o arhitectură hardware robustă și scalabilă și de asemenea dispune de un pachet software complet pentru aplicații de automatizare discrete și continue, în domeniul energetic, pe multiple paliere de complexitate. Mai mult decât atât, este echipat cu conectori de semnale standardizați, de 4 mm, pentru interfațare analogică și digitală la echipamente de control industrial de tipul PLC, DCS, RTU și altele, oferind flexibilitate utilizatorului final în alegerea structurii de conducere și a tehnologiilor dorite în procesul educațional, carcasa acestuia fiind securizată dar și rezistentă la utilizare îndelungată.

Componentele acestuia pot fi ușor înlocuite datorită structurii sale modulare ce mai mult decât atât, permite multiple opțiuni de configurare. Sistemul de operare embedded face parte din familia Windows 8.1, iar interfața cu utilizatorul va prezenta un meniu de selecție pentru lansarea modelelor de simulare individuale sau pentru a permite comutarea între acestea.

Mediul de software integrat utilizează Microsoft Visual Studio 2015 și Microsoft Expression Blend pentru GUI.

Pentru o înțelegere mai bună a modului de funcționare al acestui simulator, vom enumera principalele componente ale sale:

- PC embedded industrial: sistem embedded robust cu performanțe sporite și configurație cu procesor multi-core, unitate de stocare tip SSD, resurse de prelucrare grafică bune, opțiuni extinse de conectivitate prin Ethernet, WiFi 802.11n, RS232/RS485, RFID;
- Touch panel: afișaj tactil capacitiv, de înaltă rezoluție, cu diagonala de 12-15” pentru vizualizarea și operarea proceselor modelate/simulate, tip HMI;
- DAQ: module de achiziție de date, conectate la unitatea PC industrială prin magistrala de comunicație ModBus RTU – RS485; funcționalitatea celor două module este împărțită între intrări și ieșiri digitale (DIO) și intrări și ieșiri analogice (AIO);
- Echipament de conducere: această componentă este externă sistemului ASID și poate fi implementată cu mai multe tipuri de echipamente industriale de tipul PLC, DCS sau RTU, de calcul general sau de timp real; conexiunea cu simulatorul de proces este realizată prin interfațarea semnalelor fizice digitale – 24V DIO sau analogice – 0-10V tensiune sau 4-20 mA curent.

Interconectarea elementelor componente se face prin semnale electrice standardizate sau având ca suport rețele Ethernet.

În figura 1 sunt prezentate sub formă grafică componentele enumerate în paragraful anterior pentru o mai bună vizualizare a acestui simulator iar în figura 2 este prezentat un model experimental al simulatorului.

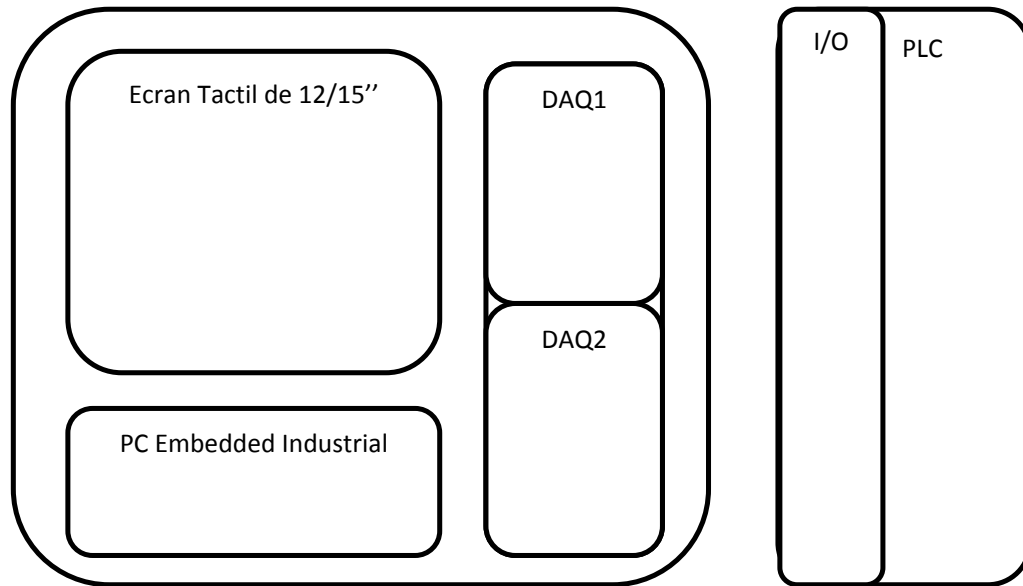


Fig. 1 Părțile componente ale simulatorului de procese ASID

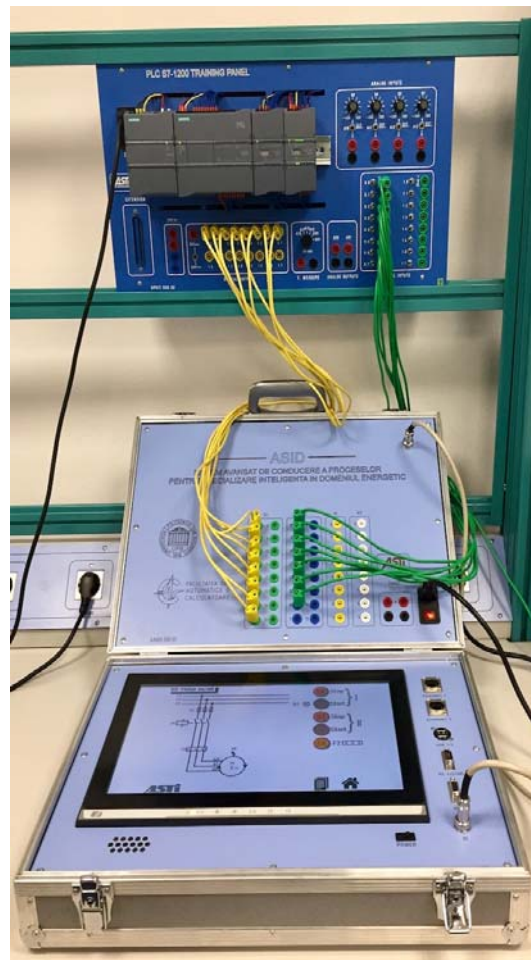


Fig. 2 Modelul experimental ale simulatorului de procese ASID

PC-ul industrial dedicat pentru sistemul de bază a fost selectată o arhitectură Intel x86/x64 integrată într-un sistem robust industrial, tip fan-less, ca fiind adecvată pentru implementarea conceptului simulatorului inteligent de procese industriale. Această opțiune de proiectare asigură un compromis eficient între performanțe tehnice, flexibilitate și scalabilitate precum și menținerea unui cost redus în perspectiva producției de serie a echipamentului finit.

Principalele specificații tehnice ale sistemului PC industrial sunt: procesor cu 4 nuclee din familia Intel Celeron, memorie RAM 1 x 204-pin DDR3L-1333 MHz SO-DIMM max. 8GB, AMI UEFI BIOS, interfață stocare 1 x 2.5" SATA HDD sau 1 x Cfast / mSATA, watchdog timer 255 niveluri, 0-255 sec., subsistem grafic integrat Intel HD GFX. Suportul software este asigurat pentru sistemele de operare de uz general: Windows 7 și Windows 8.1, precum și pentru sistemele de operare embedded, optimizate: Windows Embedded Standard 7 și Windows Embedded Standard 8. Există suport integrat pentru conectarea opțională a unui cititor RFID sau Smart Card ce permite pe viitor dezvoltarea de modele compatibile cu o serie de aplicații Industry 4.0. Prin modulele de extensie dedicate se asigură și integrarea și interconectarea sistemului în medii wireless LAN/GPRS/GSM/4G.

Panoul operator tip touch panel (***Axiomtek*) are dimensiunea standard de 15.6" (specificațiile de proiectare permit integrarea pe viitor a unor panouri de dimensiuni mai mici, spre exemplu de 12", cu minim de modificări hardware și software, pentru un cost mai redus al sistemului final). Principalele specificații tehnice ale sistemului de afișaj includ panoul 15.6", rezoluție WXGA 1366x768, TFT LCD cu retroiluminare LED, luminozitate 300 nits. Interfața tactilă este de tip capacitiv proiectat multi-touch sau 5-wire

În cadrul proiectării de detaliu propuse, simulatorul inteligent de procese industriale necesită două module de achiziție de date, separând astfel partea analogică de cea digitală.

Modulul de **achiziție de date pentru interfațare semnale analogice** (***SHJ Electronics, S5314*) include 8 intrări analogice universale. Fiecare intrare poate fi configurată pentru domeniile 0-5V, 0-10V, 0-20mA intrare în curent, intrare tip termistor, intrare open collector, 8 canale 0-10V de ieșire analogică, 3 intrări digitale izolate și 8 canale ieșiri digitale izolate open collector. Intrările digitale pot fi configurate și ca numărător/counter pe 32 de biți. Modulul oferă conectivitate RS485 – serială precum și două interfețe RJ45. Prin RS485 este suportat protocolul standard industrial ModBus RTU în timp ce prin interfața RJ45 este suportat protocolul ModBus TCP/IP. Se poate realiza astfel integrarea directă cu PC-uri embedded industriale, mediul de dezvoltare grafică LabVIEW cu drivere și biblioteci adecvate pentru comunicația ModBus RTU și TCP/IP, sisteme PLC.

Principalele caracteristici ale modulului pentru interfațare semnale analogice sunt:

- Intrări analogice protejate la supra-sarcină cu rezoluție 12-biți și 100k eșantioane pe secundă;
- Intrările sunt configurabile și pot reprezenta orice combinație de 0-5V, 0-10V, 4-20mA, NTC 10k termistor;
- Numărul de canale este configurabil, de la 1 la 8 canale pentru intrările analogice, de la 1 la 6 canale pentru intrările digitale, cu o îmbunătățire a ratei de eșantionare pentru un număr mai mic de canale utilizat;
- 8 canale de ieșiri analogice 0-10V de precizie înaltă;
- Intrările digitale izolate pot fi configurate ca numărătoare, 32 de biți, 100kS/s;
- 8 canale de ieșiri digitale izolate open-collector;
- Suport pentru protocolul industrial ModBus TCP pentru interfațare directă cu PC-uri embedded industriale și sisteme PLC;
- Protocolul ModBus permite conectarea a până la 254 dispozitive unice într-o singură rețea RS485;
- Memoria Flash suficientă disponibilă utilizatorului permite stocarea unor parametri multipli de configurare;
- Posibilitatea de actualizare firmware prin ISP și fișiere .hex peste rețeaua RS485;
- Suport pentru montare DIN.

Aplicațiile caracteristice pentru acest modul de achiziție de date includ: achiziția de date și monitorizarea la distanță, monitorizarea proceselor, conducerea proceselor industriale, managementul energiei, control supervizoriu, sisteme de securitate, automatizări de laborator, automatizări în clădiri inteligente, testarea produselor, control digital direct.

Modulul de **achiziție de date pentru interfațare semnale digitale** (****SHJ Electronics, S5301*) include în total 24 de canale izolate de intrare de tip wet contact, dry contact sau open-collector precum și 16 canale izolate de ieșire open-collector. Fiecare canal de intrare poate opera și ca intrare de tip numărător pe 32 de biți, la frecvența maximă de eșantionare de 500Hz pentru cele 24 de canale și 5000Hz pentru un singur can. Fiecare ieșire poate comanda direct relele. Modulul se poate conecta direct la PC-ul industrial prin portul serial RS485 și protocolul ModBus RTU. Portul de comunicație dispune de protecție la descărcări statice, supra-curent și supra-tensiune.

Principalele caracteristici ale modulului pentru interfațare semnale digitale sunt:

- Protocol de comunicație RS485 cu ModBus RTU;
- Intrările digitale izolate pot fi configurare ca numărătoare pe 32-biți, max. 5000Hz;
- Se poate măsura frecvența pe domeniul 0-1000Hz cu rezoluție de 0.1Hz;

- Pot fi conectați senzori Reed sau cu efect Hall de la diferite tipuri de contoare (apă, electricitate, gaze, etc.);
- Protecție electrică pe fiecare intrare;
- Numărul de canale de intrare este configurabil, între 1 și 24, cu îmbunătățirea ratei de eșantionare pentru un număr mai mic de intrări;
- Ieșirile izolate open-collector pot comanda direct relee de forță;
- Memoria Flash suficientă disponibilă utilizatorului permite stocarea unor parametri multipli de configurare;
- Suport pentru montare DIN.

Aplicațiile caracteristice pentru acest modul de achiziție de date includ: achiziția de date și monitorizarea la distanță, monitorizarea proceselor, conducerea proceselor industriale, managementul energiei, control supervizoriu, sisteme de securitate, automatizări de laborator, automatizări în clădiri inteligente, testarea produselor, control digital direct.

Automatele programabile (PLC) sunt echipamente electronice destinate automatizării proceselor industriale, situate din punct de vedere al complexității între echipamentele cu relee electromagnetice, electrice sau statice și calculatoarele (minicalculatoarele) de proces.

La generațiile noi de automate programabile, performante, se remarcă următoarele facilități:

- implementarea unuia sau a mai multor bucle de reglare numerice proprii;
- interconectarea în rețele proprii, inclusiv în cazul utilizării unor calculatoare de proces;
- realizarea conducerii descentralizate a proceselor;
- caracterul de repetabilitate al funcțiilor îndeplinite și posibilitatea extinderii asupra mai multor instalații;
- gestionarea centralizată a datelor și stocarea lor;
- creșterea fiabilității, reducerea gabaritelor și a cheltuielilor de exploatare;
- anunțarea defecțiunilor precum și a unor rapoarte de producție asupra stării echipamentelor.

De aceea, introducerea lor în automatizarea instalațiilor electrice a devenit o practică curentă a fabricanților de echipamente și a proiectanților de sisteme. De exemplu, firma Siemens consideră că în orice schemă electrică care conține mai mult de patru relee electromagnetice este mai avantajos să se implementeze un automat programabil din clasa „mini”.

Din punct de vedere structural și funcțional un automat programabil este asemănător cu un calculator numeric. Astfel, unitatea centrală este reprezentată tot de o unitate aritmetică și logică, care în cazul automatului programabil este capabilă să interpreteze un număr relativ mic de instrucțiuni, necesare pentru satisfacerea funcțiilor unui proces condus automat.

Celelalte elemente principale ce compun un automat programabil sunt:

- modul de intrări / ieșiri binare;
- modul de intrări / ieșiri analogice; modul de interconectare cu rețeaua;

Automatul programabil (AP) utilizat pentru modelul experimental al simulatorului ASID este unul tip SIEMENS PLC S7-300/S7-1200/S7-1500 Training Panel, pentru conducerea proceselor.

B. PREZENTARE PROGRAME SOFTWARE FOLOSITE

În ceea ce privește arhitectura software, este propusă utilizarea unui sistem de operare embedded din familia Windows 8.1. Această versiune permite construirea unei imagini optimizate standard a sistemului de operare, care urmează a fi instalată identic pe toate prototipurile hardware. Astfel se obține o utilizare eficientă a resurselor hardware disponibile, o performanță îmbunătățită a aplicațiilor software inclusiv pentru modelele complexe ce urmează a fi implementate, precum și operarea stabilă. Este inclus pachetul minimal de drivere necesare funcționării tuturor componentelor hardware și este limitată acțiunea amenajărilor informatice externe prin dezactivarea porturilor USB în configurația standard. Interfața cu utilizatorul va prezenta un meniu de selecție pentru lansarea modelelor de simulare individuale și a permite comutarea între acestea.

Cadrul software pentru realizarea aplicațiilor se bazează pe limbajul de programare C# și biblioteca .NET 4.5 sau superior. Mediul de dezvoltare software integrat utilizează Microsoft Visual Studio 2015 și Microsoft Expression Blend pentru GUI/HMI. Programarea PLC-ului s-a realizat în TIA Portal.

Blend for Visual Studio este un software ce ajută la proiectarea aplicațiilor de tip XAML pentru desktopuri sau telefoane cu sistemul de operare Windows sau pentru web. Acesta oferă aceeași experiență de bază ca și Visual Studio doar că adaugă anumite componente dedicate ușurării procesului de proiectare a interfețelor grafice.

O aplicație de tip XAML este practic egalizatorul între aplicațiile de design, de proiectare. Astfel se pot crea niște interfețe elaborate numai în XAML prin definirea unor elemente precum text, imagini, diferite forme, animații și multe altele. Cu toate acestea, acest tip de fișier are nevoie de un cod dacă se dorește ca aplicația să răspundă în timp real. De exemplu, dacă o aplicație folosește numai XAML, poți crea sau anima diferite elemente și chiar le poți configura să răspundă într-un mod limitat, însă aplicația nu poate efectua sau răspunde la diferiți factori spontani fără adăugarea codului. Partea de cod a aplicațiilor XAML este stocată într-un fișier separat de documentul XAML. Această separare a părții de design față

de partea de cod le permite dezvoltatorilor și designerilor să lucreze mult mai ușor la același proiect fără a se întârzia unul pe altul.

De asemenea, trebuie notat că acest program se bazează pe Programarea orientată pe obiecte (POO, uneori și Programarea orientată obiect, uneori denumită ca și în limba engleză, Object Oriented Programming OOP). Acesta este o paradigmă de programare, axată pe ideea încapsulării, adică grupării datelor și codului care operează asupra lor, într-o singură structură. Un alt concept important asociat programării orientate obiect este polimorfismul, care permite abstractizări ce permit o descriere conceptuală mai simplă a soluției.

Ideea POO (Programare Orientată Obiectual) este de a crea programele ca o colecție de obiecte, unități individuale de cod care interacționează unele cu altele, în loc de simple liste de instrucțiuni sau de apeluri de proceduri.

Obiectele POO sunt de obicei reprezentări ale obiectelor din viața reală (domeniul problemei), astfel încât programele realizate prin tehnica POO sunt mai ușor de înțeles, de depanat și de extins decât programele procedurale. Aceasta este adevărată mai ales în cazul proiectelor software complexe și de dimensiuni mari, care se gestionează făcând apel la ingineria programării.

Microsoft Visual Studio include un set complet de instrumente de dezvoltare pentru generarea de aplicații ASP.NET, Servicii Web XML, aplicații desktop și aplicații mobile. Visual Basic, Visual C++, Visual C# și Visual J# toate folosesc același mediu de dezvoltare integrat (IDE) care le permite partajarea instrumentelor și facilitează crearea de soluții folosind mai multe limbaje de programare. Aceste limbaje permit să beneficieze de caracteristicile .NET Framework care oferă acces la tehnologii cheie care simplifică dezvoltarea de aplicații web ASP și XML Web Services cu Visual Web Developer.

După realizarea interfeței grafice cu ajutorul softului Blend for Visual Studio, s-a dezvoltat codul pe baza caruia se bazează întreaga simulare. Astfel, obiectele create vizual la pasul anterior sunt animate la anumiți stimuli, precum apăsarea unui buton.

Acest lucru a fost realizat tot în limbajul de programare C#.

The Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) este o unealtă ce oferă acces nelimitat la o gamă completă de servicii de automatizare digitalizată, de la planificare digitală până la inginerie integrată. Această aplicație a fost dezvoltată în anul 1996 de către Siemens

Automation and Drives și integrează cele patru niveluri de automatizare ale piramidei de automatizare:

- Nivelul managerial
- Nivelul operațional
- Nivelul de control
- Nivelul câmpului.

S-a folosit acest soft pentru a programa un PLC astfel încât să fie posibilă simularea proceselor selectate.

Au fost implementate 10 procese din domeniul energetic așa cum reiese din livrabilul L2.3:

- D.1. Comanda arzătorului pe gaz al unui cazan dintr-o termocentrală
- D.2. Automatizarea sistemului de ventilație dintr-un supermarket
- D.3. Anclanșarea automată a alimentării de rezervă pentru o linie electrică
- D.4. Controlul unui sistem de benzi transportoare dintr-o moară de cărbune
- D.5. Controlul unui sistem de alimentare cu 3 rezervoare
- D.6. Comanda ON/OFF a unui motor asincron trifazat
- D.7. Pornirea stea-triunghi cu comandă automată și comutare temporizată pentru un motor asincron trifazat
- D.8. Controlul unui motor asincron trifazat în conexiune Dahlander
- D.9. Schimbarea sensului de rotație a unui motor asincron trifazat
- D.10. Reanclanșare Automată Rapidă trifazată (RAR-T) pentru o linie electrică

C. TESTAREA MAI MULTOR SCENARII DE FUNCTIONARE

Toate procesele implementate în interfața HMI au fost simulate și validate împreună cu schemele de comandă implementate în PLC.

Astfel în continuare este prezentat modul de validare a modelului experiment pentru diferite scenarii de funcționare.

C.1. Simulare și testare proces D.3. Anclanșarea automată a alimentării de rezervă pentru o linie electrică

Testarea și validarea pe simulator a constat în stabilirea conexiunilor dintre simulator și PLC, atât la nivel software cât și la nivel hardware așa cum reiese din figura 3.

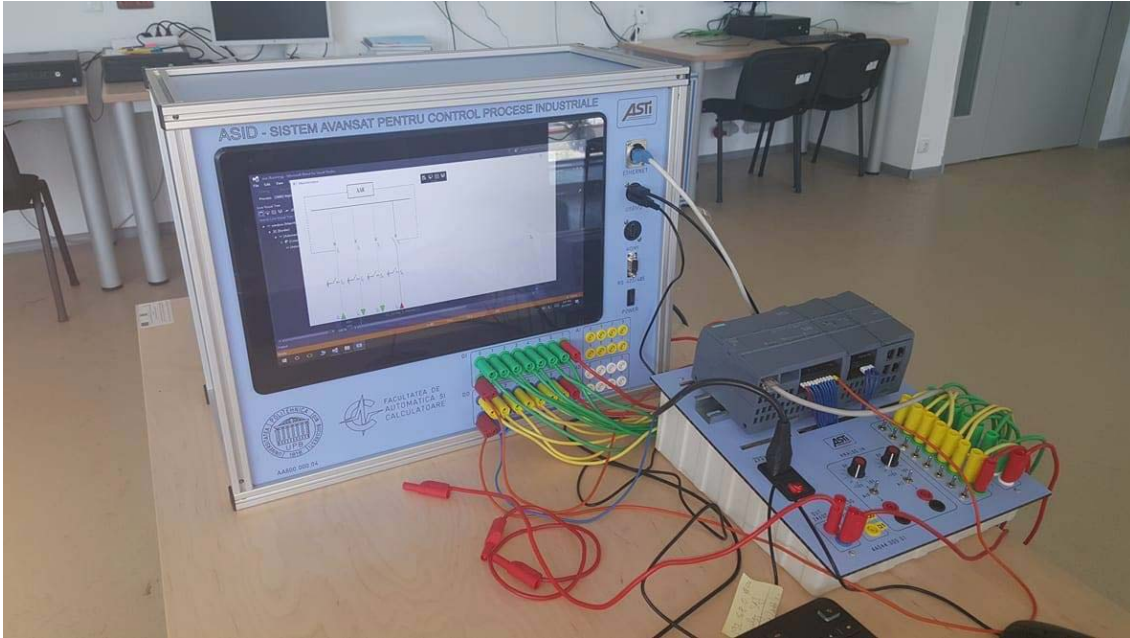


Figura 3 Simulatorul ASID conectat la PLC

Pornirea aplicației facilitează intrarea în starea AAR automat, care reprezintă funcționarea normală a instalației.

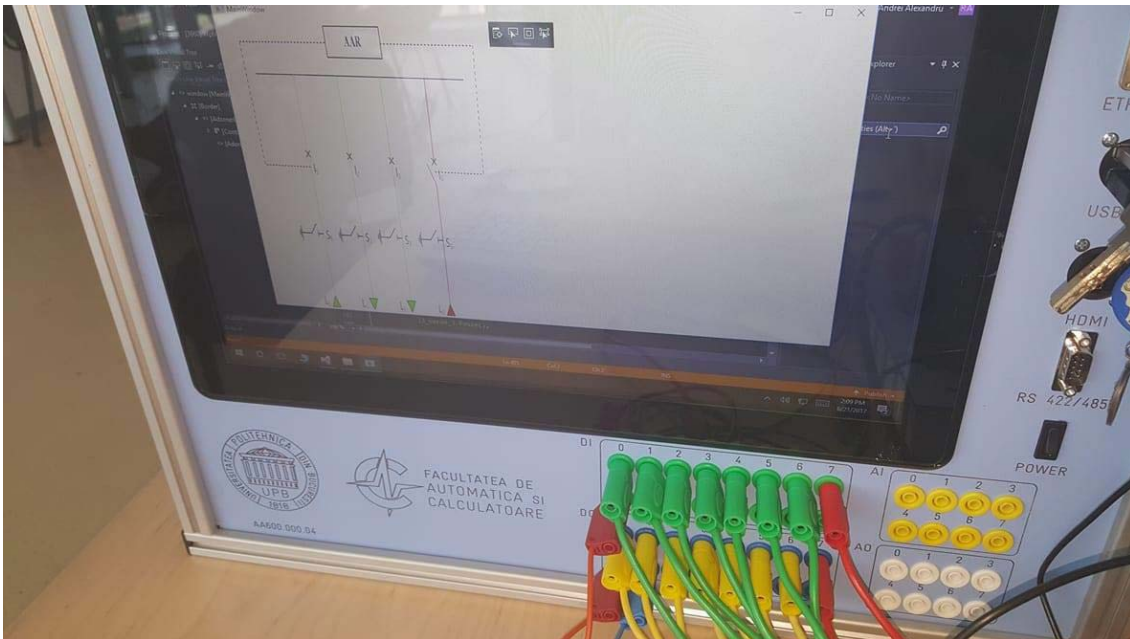


Figura 4 Funcționarea normală a instalației

Testarea funcționalității aplicației de control s-a realizat după următorul scenariu:

- Se consideră dispozitivul de AAR în funcțiune;
- Se simulează lipsa de tensiune (pierderea alimentării) pe linia de alimentare principală L_s prin comutarea butonului S2, Figura 5;

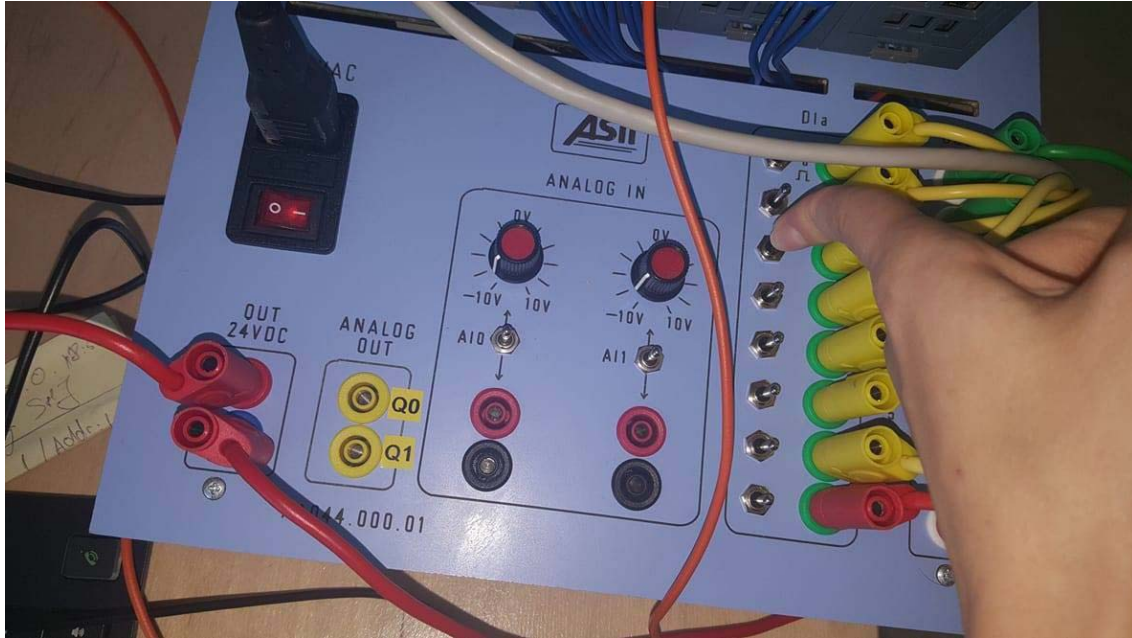


Figura 5 Testarea funcționalității programului

În figura 6 se poate observa grafic pe interfața HMI efectul lipsei de tensiune pe linia LS. Astfel, în urma efectuării pașilor din schema de comandă, are loc deconectarea liniei principale (cu roșu) și conectarea liniei de rezervă alimentate de la generator (cu verde). În acest mod, se asigură energia electrică pentru consumatorii conectați la liniile L2 și L3.

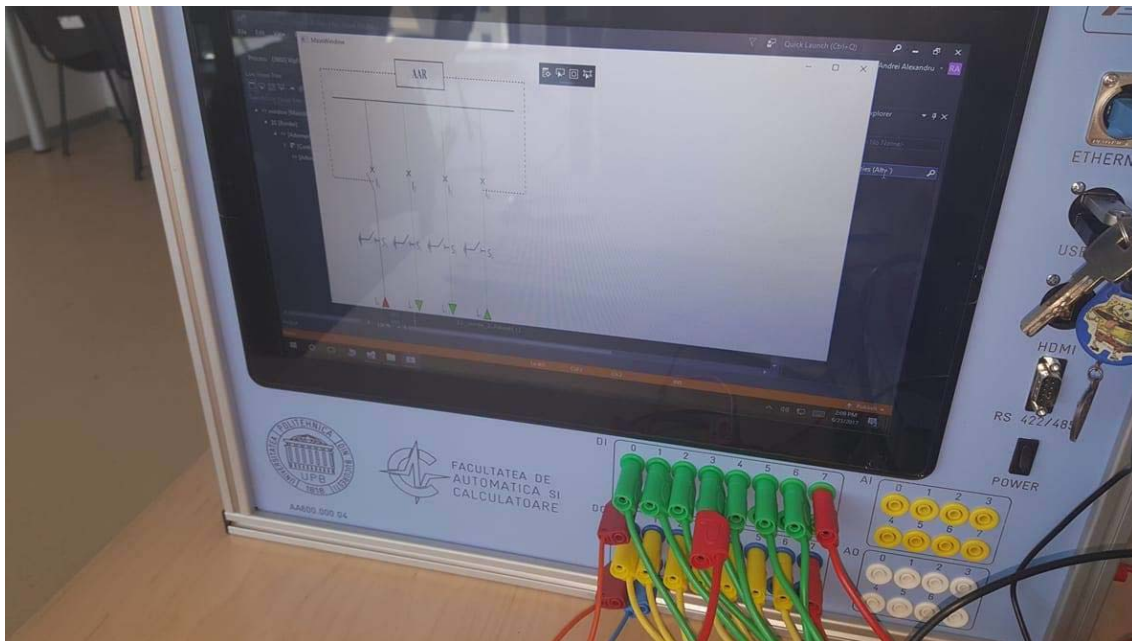


Figura 6 Efectul lipsei de tensiune pe linia de alimentare LS

C.2. Simulare și testare proces D.10 Reanclanșare Automată Rapidă trifazată (RAR-T) pentru o linie electrică

Realizarea conexiunii dintre interfața grafică și automatul programabil reprezintă ultimul pas în testare și validarea procesului simulat în conexiune cu schema de comandă asociată. Această conexiune se realizează prin intermediul simulatorului de procese ASID. Pe acest simulator se încarcă programul construit în prealabil în Visual Studio și Blend for Visual Studio, acest lucru fiind posibil deoarece sistemul de operare embedded face parte din familia Windows 8.1. După ce codul a fost încărcat și conexiunea făcută, se încarcă programul pe automatul programabil, astfel realizând o comunicare între cele două medii de programare. Practic, pentru ca această legătură să fie posibilă, fiecărui eveniment îi este alocat un număr de biți, biți ce corespund cu intrările, respectiv ieșirile procesului. De asemenea, am inițializat și un temporizator pentru a citi periodic, adică la 100 ms, starea acestor intrări sau ieșiri.

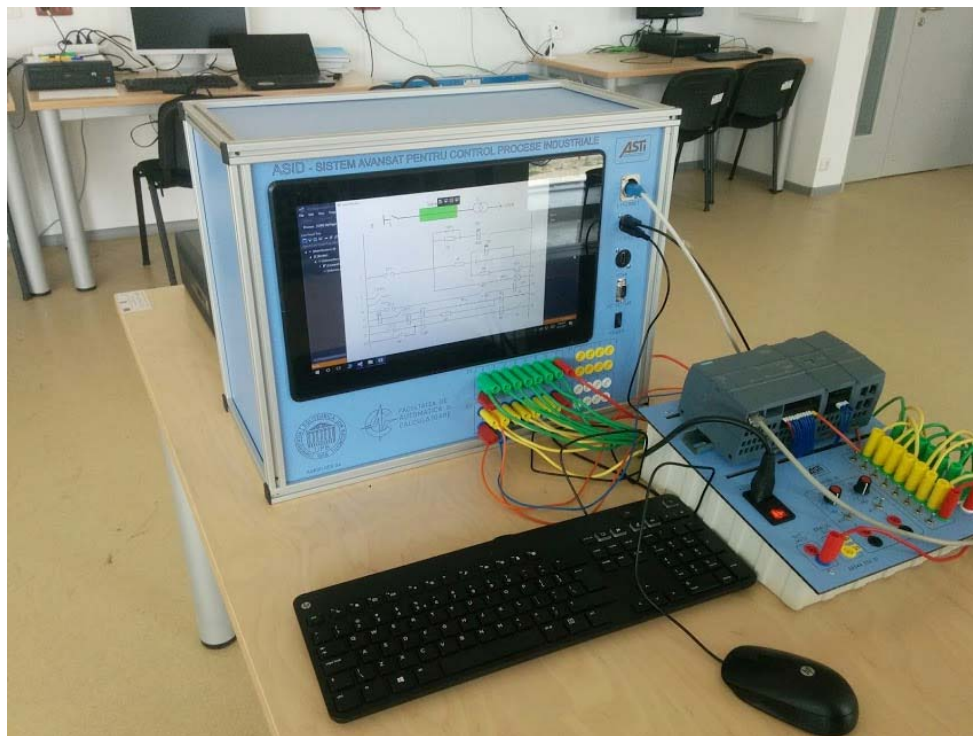
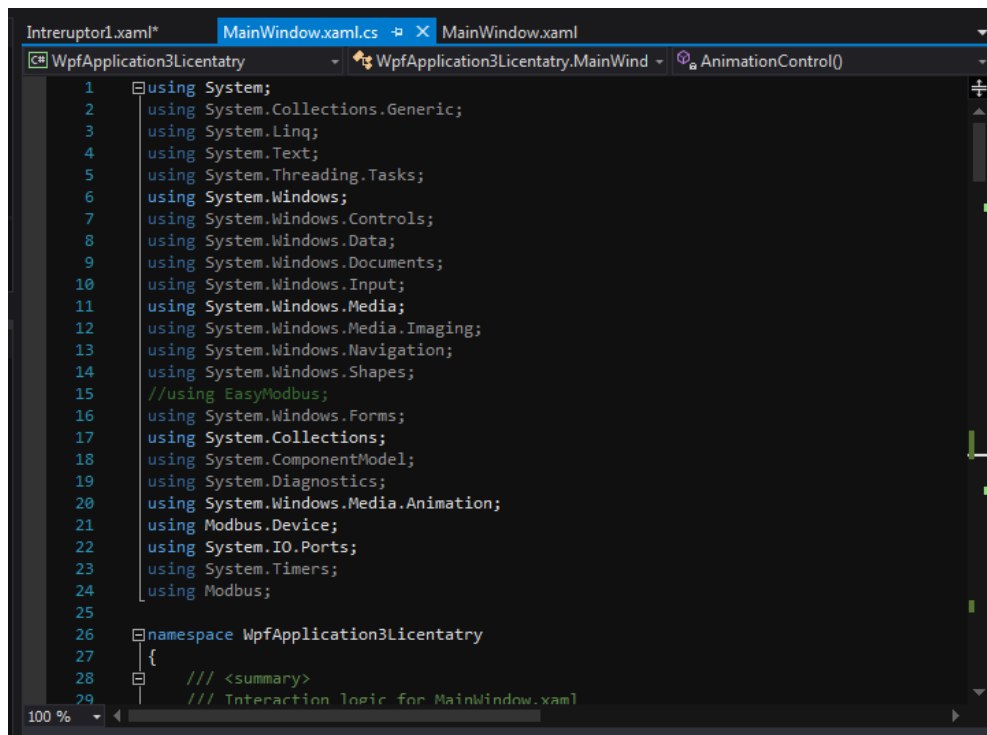


Figura 7 Interfața grafică încărcată pe simulatorul ASID și conectă la automatul

În aplicația realizată evenimentul ce declanșează simularea procesului de Reanclanșare Automată Rapidă este chiar declanșarea întreruptorului, adică apariția unui defect pe rețea, mai exact apăsarea butonului de către utilizator. O dată apăsat butonul,

semnalul este trimis de catre simulatorul de procese ASID către automatul programabil care sesizează acest lucru și acționează corespunzător. Acest lucru nu este ușor de implementat, însă odată cu dezvoltarea programelor de dezvoltare, procesul va deveni din ce în ce mai intuitiv și accesibil pentru publicul larg. Pentru realizarea conexiunii s-a folosit protocolul de comunicare serială Modbus. Acesta a fost realizat de Schneider Electric în scopul utilizării eficiente a automatelor programabile (PLC). Simplu și robust, acesta a devenit un protocol standard de comunicare și este acum un mijloc comun de conectare a dispozitivelor electronice industriale. Principalele motive pentru utilizarea Modbus în mediul industrial sunt:

- este o aplicație dezvoltată având în prim plan aplicațiile industriale;
- este gratuit și public pentru toată lumea;
- ușor de instalat.



```
1 using System;
2 using System.Collections.Generic;
3 using System.Linq;
4 using System.Text;
5 using System.Threading.Tasks;
6 using System.Windows;
7 using System.Windows.Controls;
8 using System.Windows.Data;
9 using System.Windows.Documents;
10 using System.Windows.Input;
11 using System.Windows.Media;
12 using System.Windows.Media.Imaging;
13 using System.Windows.Navigation;
14 using System.Windows.Shapes;
15 //using EasyModbus;
16 using System.Windows.Forms;
17 using System.Collections;
18 using System.ComponentModel;
19 using System.Diagnostics;
20 using System.Windows.Media.Animation;
21 using Modbus.Device;
22 using System.IO.Ports;
23 using System.Timers;
24 using Modbus;
25
26 namespace WpfApplication3Licentatry
27 {
28     /// <summary>
29     /// Interaction logic for MainWindow.xaml
```

Figura 8 Bibliotecile folosite în programul de simulare RAR

Modbus permite comunicarea între mai multe dispozitive conectate la aceeași rețea și poate fi folosit de asemenea pentru a conecta un calculator de supraveghere cu o unitate terminală la distanță în sistemele de supraveghere și achiziție de date SCADA.

