

Stadiul actual al realizării unor platforme avansate pentru educație în ingineria reglării automate

I.Fagarasan, G. Stamatescu, I. Stamatescu, S.S. Iliescu,
N. Arghira, V. Calofir, D. Hossu

1. Introducere

Teoria și ingineria reglării automate au devenit larg răspândite și integrate în majoritatea aplicațiilor industriale, economice și chiar și sociale. Se constată astfel o nevoie reală de actualizare a resurselor și infrastructurilor educaționale și de cercetare pentru a ține pasul și a fi în avangarda noilor dezvoltări. În special prin emergența noilor paradigme cum sunt sistemele cyber-fizice (*Cyber-physical Systems – CPS*), mai amplă, orientată către mediul academic, sau Industry 4.0, alternativă mai aplicată, orientată către transformarea digitală în mediul de producție. Ambele concepte se focalizează însă pe asocierea și integrarea eficientă a lumii fizice cu cea virtuală prin rețele de dispozitive inteligente bazate pe software. În practică, se constată o convergență între domeniul ITC și cel al automatizărilor convenționale iar în acest context atât universitățile cât și centrele de pregătire tehnică au nevoie de instrumente educaționale moderne care implementează și ilustrează aceste noi concepte și contribuie la educația și formarea specialiștilor prin platforme flexibile pentru multiple rezultate didactice.

Particularizarea unor astfel de sisteme pentru domeniul energetic, cu aplicații și procese ce acoperă de la partea de generare, transport/distribuție și consumatori, implică acoperirea unei game largi de teme de comandă, reglare continuă și discretă. Prin intermediul viitoarelor Smart Grids, controlul în timp real, la scară largă, devine o necesitate, incluzând și provocările aduse de generarea distribuită a energiei, predicția surselor regenerabile, infrastructura limitată de stocare și tiparele variabile de consum. Implementarea acestora în procese simulate, pentru control, se poate concretiza în reglarea debitului și a nivelului, a temperaturii, controlul sistemelor de acționări cu motoare electrice, sisteme de protecții ale rețelelor, comutarea automată a liniilor electrice și a rezervei, monitorizarea și controlul sistemelor de stocare a energiei și a mașinilor electrice, etc. În paralel, o importanță deosebită este acordată creării de soluții HMI-SCADA pentru vizualizarea și operarea proceselor, la nivel educațional și al specialiștilor de sistem. Magistralele de câmp care asigură comunicația pot include sisteme ModBus RTU sau TCP/IP, Ethernet Industrial sau alte protocoale specifice domeniilor de aplicații. Utilitățile software deschise și gratuite folosite în dezvoltarea unor modele simulate care vor rula pe platforma ASID, oferă utilizatorilor avansați perspectivele dezvoltării și extinderii sistemului în concordanță cu cerințe specifice.

Principalul obiectiv în proiectarea sistemului ASID îl reprezintă un sistem de nouă generație, cu ecran tactil, pentru simularea proceselor industriale din domeniul energetic, cu aplicabilitate în educație și pregătirea specialiștilor din industrie. Funcționalitățile propuse ale sistemului sunt următoarele:

- Ecran tactil color de dimensiune mare (12-15”), cu rezoluție înaltă pentru o experiență educațională;
- Arhitectură hardware robustă și scalabilă, prin urmărirea unor principii Industry 4.0;
- Pachet software complet pentru aplicații de automatizare discrete și continue, în domeniul energetic, pe multiple paliere de complexitate;

- Conectori de semnale standardizați, de 4mm, 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;
- Carcasă securizată, rezistentă la utilizare îndelungată.

În continuarea raportului, capitolul 2 prezintă succint stadiul actual al realizării unor platforme avansate pentru educație în ingineria reglării automate. Capitolul 3 discută proiectarea de ansamblu, hardware și software, a sistemului ASID cu accent pe cele mai relevante decizii de proiectare. În capitolul 4 sunt oferite aspecte legate de proiectarea de detaliu privitoare la alegerea componentelor sistemului și integrarea acestora.

2. Stadiul actual

În acest capitol se prezintă stadiul actual al realizării unor platforme avansate pentru educație în ingineria reglării automate, platforme bazate pe simulatoare de proces ce utilizează tehnologii sau arhitecturi diferite.

În lucrarea *“A Multipurpose Process Simulator for Automation Engineering Laboratory”* autorii (Palma J. et al, 1997) prezintă un sistem simplu electronic care poate fi asociat cu un calculator personal (PC) și utilizat pentru a simula procese reale. Simulatorul constă dintr-un circuit electronic – un microcontroler pe 8 biti (interface unit), mai multe intrări/iesiri (I/O) digitale și analogice (local panel), o interfață serială pentru comunicarea cu un PC-u (RS-232), un automat programabil (PLC) și un calculator (PC). Porturile de I/O reproduc elementele de execuție și senzorii unui sistem real, în timp ce PC-ul rulează programul de simulare ales și arată comportamentul sistemului într-un mediu grafic. Mediul grafic de dezvoltare este Turbo Pascal, Borland Inc, MS-DOS.

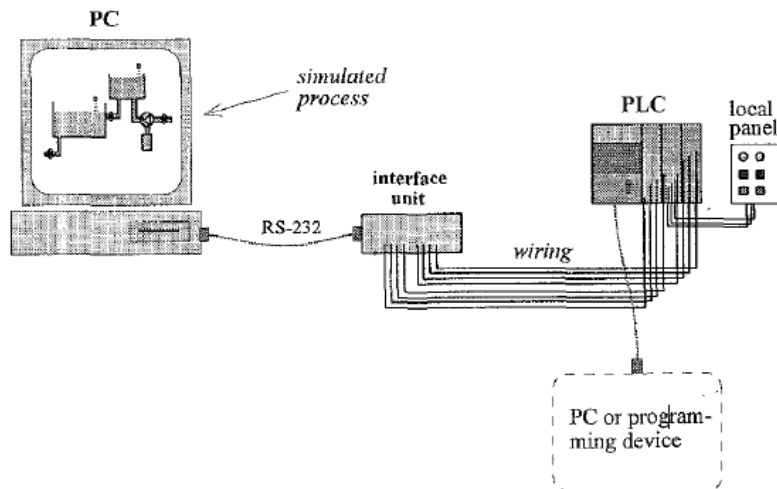


Figura 2.1. Simulatorul propus de Palma J. et al, 1997

Avantajul principal al aceste structuri era existența conexiunii fizice astfel încât aplicația să poată comunica cu PLC-ul din lumea reală. Dezavantaje sunt legate de existența unui software învechit și dezvoltarea unui software experimental ce nu a mai fost dezvoltat ulterior.

În lucrarea *“PLC controlled industrial processes on-line simulator”* autorii (Pinto V. et al. 2007) prezintă un simulator de procese industriale compus din: un PC cu ajutorul căruia este

simulat procesul, un microcontroller si un PLC. Legatura dintre PC si PLC este realizata cu ajutorul unui microcontroller Atmel AT89S8252. Procesul este simulat folosind programul Visual C++.

Avantajele acestei structuri sunt legate de:

- Existenta unei conexiuni fizice astfel incat aplicatia sa poata comunica cu PLC-ul din lumea reala.
- Conectivitatea la o varietate larga de automate programabile

Dezavantajul principal este numarul limitat de aplicatii datorat numarului finit de intrari/iesiri de care dispune microcontrollerul.

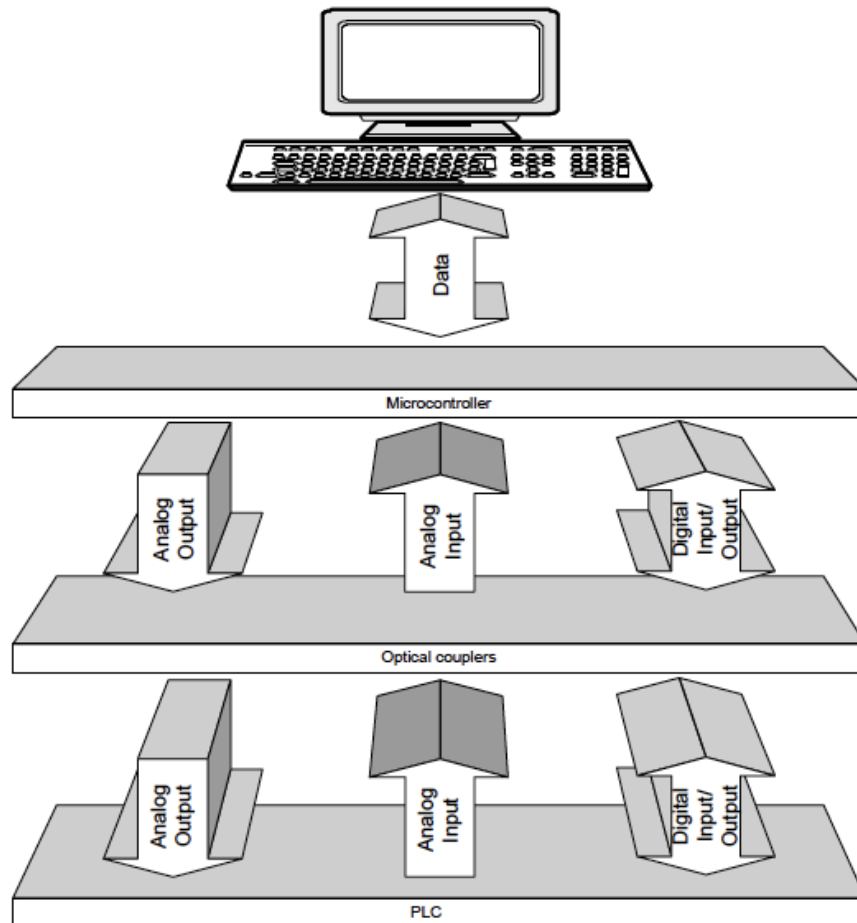


Figura 2.2. Simulatorul propus de(Pinto V. et al. 2007)

In lucrarea “*3D simulator of industrial systems for control education with automated assessment*” autorii(Sánchez del Pozo A. J. et al., 2013) prezinta un simulator 3D pentru procese industriale. Conducerea procesului este implementata folosind automate programabile (programmable logic controller - PLC). Simulatorul este alcatuit dintr-un calculator ce ruleaza un program grafic bazat pe tehnologia jocurilor video ce poate comunica cu PLC-uri folosind protocolul OPC și permite studentului testarea proiectelor în timp real.



Figura 2.3. Simulatorul propus de Sánchez del Pozo A. J. et al., 2013

Simulatorul dezvoltat este format din două module diferite. Primul modul este o aplicație de proiectare a scenariu, a aplicației industriale ce se dorește a fi comandată, în care utilizatorul (instructorul) poate proiecta noi sisteme industriale utilizând o interfață grafică cu o bibliotecă de elemente predefinite. Utilizatorul poate adăuga elemente noi și să definească poziția, orientarea și parametrii care-i definesc. Acest element este cunoscut sub denumirea de "World Builder" în industria jocurilor video. Modulul generează un simulator interactiv 3D ce pentru a fi utilizat de către studenții. Interfața procesului este realizată în mediul de programare #D, XNA Game Studio 3.1 de la Microsoft XNA. Interfața grafică a fost proiectată să comunice folosind OPC (proces de control standard) cu automate programabile. Aceasta permite studentului să interacționeze în diferite moduri, de exemplu, pentru a genera defecte sau pentru a testa algoritmi implementați. Simulatorul permite conducerea atât în buclă deschisă cât și în buclă închisă prin intermediul modului de comunicație OPC (proces de control standard). În acest scop, Unitatea Pro XL a fost utilizată ca platformă de programare. Unitatea Pro oferă un PLC care poate comunica direct prin TCP/IP cu serverul OPC Schneider.

Avantajele acestui echipament sunt următoarele:

- Software de simulare 3D pentru sisteme industriale controlate de automate programabile (programmable logic controller - PLC)
- Existența unei conexiuni fizice întrucât aplicația poate comunica cu PLC-ul din lumea reală folosind OPC server.

Principalele dezavantaje pot fi enumerate mai jos:

- Biblioteca limitată existentă pentru generarea unei noi interfețe
- Dezvoltarea greoaie a unor aplicații noi de către utilizatori neinstruiți.
- Imposibilitatea folosirii diferitelor tipuri de automate programabile.
- Costul foarte ridicat al echipamentelor
- Software experimental ce nu a mai fost dezvoltat ulterior

Un simulator destinat funcționării PLC-urilor este **Simulatorul de procese industriale PSIM** (***)PSIM) compus din trei programe distincte, combinate într-un singur pachet. În primul rând, PSIM conține un editor general, care permite utilizatorilor să creeze și să editeze programe PLC, aparținând familiei Allen Bradley. În al doilea rând, PSIM emulează secvența de scanare a unui PLC. În al treilea rând, PSIM conține o serie de simulări animate (proces industrial simulat) care răspund cu acuratețe la intrările și ieșirile din PLC emulat.

Principalul avantaj al acestei structuri este faptul că simulatorul dispune de câteva procese industriale predefinite. Printre dezavantajele posibile pot fi menționate următoarele :

- Simulatorul poate fi folosit doar cu AP - Allen Bradley
- Nu pot fi dezvoltate alte procese industriale

Asa cum se poate observa si din scurta prezentare anterioara, **dezvoltarea de sisteme educaționale pentru specializari inteligente prin intermediul mediilor bazate pe PC și a sistemelor embedded reprezintă o preocupare activă a mai multor grupuri de cercetare.**

În special acestea au vizat modelarea și simularea unor sisteme complexe sau periculoase, cum sunt de exemplu procesele energetice sau procesele chimice din instalațiile de prelucrare a petrolului și a gazelor, permițând astfel studiul și experimentarea într-un mediu controlat, în laborator sau prin acces la distanță.

Autorii (Acebes L.F. et al., 2013) discută dezvoltarea unui mediu de simulare bazat pe Windows, cu peste 20 de studii de caz. Temele abordate includ proiectarea clasică a buclelor de reglare: reglare PID, control în cascadă și feedforward, precum și concepte SCADA și comunicații prin middleware standardizat de tipul OPC. În acest caz aplicația este rulată local, fără interfațare cu echipamente de control dedicate.

O altă categorie relevantă pentru studiul curent este aceea a simulatoarelor embedded pentru testarea hardware-in-the-loop (HiL) a strategiilor de reglare. S-a constatat existența mai multor realizări, atât pentru prototiparea strategiilor de reglare a sistemelor complexe cât și în scopuri didactice. Un exemplu relevant este descris în (Usenmez, S., 2014) unde un instrument de simulare 3D HiL este prezentat în contextul aplicațiilor de modelare a sistemelor dinamice. Proiectul software poate integra conectivitatea cu echipamente hardware și oferi suport în cursurile de reglare de nivel înalt. O simulare mai complexă a fost prezentată de (Iacob M. et al., 2011), prin care se dorește controlul adaptiv multivariabilă pentru un sistem de turbină cu boiler. S-a folosit mediul de dezvoltare LabVIEW pentru modelarea procesului și dezvoltarea interfeței grafice, în timp ce un server OPC asigură integrarea cu echipamentele de control externe. Autorii lucrării argumentează beneficiile acestei soluții prin faptul că o abordare de simulare preliminară conduce la o implementare mai rapidă, deja testată, a sistemului real.

În (Dumitru I. et al. 2009) și (Dumitru I. et al. 2010) a fost descris un simulator bazat pe o structură hardware cu microprocesor și o serie de diagrame statice de proces. Studenții pot opera sistemul prin intermediul unor butoane fizice și potențiometre de pe echipament, în concordanță cu diagrame de proces predefinite (tip P&ID) și vizualiza răspunsul sistemului pe indicatoare cu led-uri. Acest sistem este utilizat de mai mulți ani și reprezintă un instrument esențial în cursurile de pregătire a specializărilor din domeniul ingineriei sistemelor. Nevoia unui nou simulator de proces, cu accent pe specializarea inteligentă în domeniul energetic, a fost identificată prin apariția noilor paradigme Cyber Physical Systems – CPS/Smart Grid/Smart City/Industry 4.0 cât și printr-o creștere considerabilă a flexibilității, versatilității, a performanțelor și a opțiunilor de comunicații.

Alte dezvoltări recente ce stau la baza noilor concepte integrate în proiectarea de ansamblu și de detaliu a sistemului ASID includ arhitecturi de sistem IoT (Internet of Things) pentru monitorizarea și controlul sistemelor de stocare a energiei (Stamatescu, G., et al. 2014a). Conceptul și implementarea unor laboratoare SCADA integrare este discutat în (Stamatescu, G., et al. 2014b). O serie de aplicații relevante pentru modelarea și controlul sistemelor energetice complexe sunt introduse în (Fagarasan, I., et al. 2016). Toate aceste contribuții definesc (parțial) stadiul actual și stau la baza proiectării noului sistem ASID care integrează experiența existentă pentru îmbunătățirea rezultatelor educaționale. Accentul este pus pe diferite aspecte de automatizare în conducerea proceselor energetice.

Bibliografie

- (*Acebes L.F. et al., 2013*) Acebes, L.F., Merino, A., Gomez, L., Alves, R., Mazaeda, R., and Acedo, J. (2013). Educational Simulators for Industrial Process Control, 151–163. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- (*Dumitru I. et al. 2009*) Dumitru, I., Fagarasan, I., Iliescu, S.S., Stamatescu, G., Arghira, N., and Barbulea, V. (2009). A modular process simulator with PLC. In Proceedings of the 9th WSEAS International Conference on Simulation, Modelling and Optimization, SMO'09, 391–394. World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS), Stevens Point, Wisconsin, USA.
- (*Dumitru I. et al. 2010*) Dumitru, I., Fagarasan, I., and Iliescu, S.S. (2010). Process control simulator for components of a complex power system. IFAC Proceedings Volumes, 43(8), 430 – 434. doi:http://dx.doi.org/10.3182/20100712-3-FR-2020.00071.
- (*Fagarasan, I., et al. 2016*) Fagarasan, I., Arghira, N., Calofir, V., Iliescu, S.S., Stamatescu, I., and Stamatescu, G. (2016). Virtual labs for power system studies. In The International Scientific Conference eLearning and Software for Education, volume 3, 266. ”Carol I” National Defence University.
- (*Iacob M. et al., 2011*) Iacob, M., Andreescu, G.D., Antal, R., and Dan, A.M. (2011). Multivariable adaptive control with hardware-in-the-loop for a drum-type boiler-turbine system. In Control Automation (MED), 2011 19th Mediterranean Conference on, 898–903. doi: 10.1109/MED.2011.5983118.
- (*Palma J. et al, 1997*) João Palma, Luis Lacerda, José Antunes, Filomena Simaes, A *Multipurpose Process Simulator for Automation Engineering Laboratory*, ISIE'97 - Guimarães, Portugal.
- (*Pinto V. et al. 2007*) Valter Pinto, Silviano Rafael, J.F.Martins, *PLC controlled industrial processes on-line simulator*, IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 2007 (ISIE 2007).
- (*Sánchez del Pozo A. J. et al., 2013*) Adolfo J. Sánchez del Pozo, Juan Manuel Escaño, David Muñoz de la Peña, Fabio Gómez-Estern, *3D simulator of industrial systems for control education with automated assessment*, 10th IFAC Symposium Advances in Control Education The International Federation of Automatic Control, August 28-30, 2013. Sheffield, UK
- (*Stamatescu, G., et al. 2014a*) Stamatescu, G., Stamatescu, I., Arghira, N., Fagarasan, I., and Iliescu, S.S. (2014a). Embedded networked monitoring and control for renewable energy storage systems. In Development and Application Systems (DAS), 2014 International Conference on, 1–6. doi: 10.1109/DAAS.2014.6842417.
- (*Stamatescu, G., et al. 2014b*) Stamatescu, G., Stamatescu, I., Arghira, N., Fagarasan, I., and Iliescu, S.S. (2014b). Innovative SCADA test bed infrastructure for engineering education and research. In The International Scientific Conference eLearning and Software for Education, volume 2, 464. ”Carol I” National Defence University.
- (*Usenmez, S., 2014*) Usenmez, S., Yaman, U., Dolen, M., and Koku, A.B. (2014). A new hardware-in-the-loop simulator for control engineering education. In 2014 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 1–8. doi: 10.1109/EDUCON.2014.6826058.