

# AUTOMATIZĂRI ȘI INSTRUMENTAȚIE

fondată în 1991

nr. 2

2017

serie nouă

SISTEME ■ MĂSURĂRI ■ ELEMENTE DE EXECUȚIE ■ ACȚIONĂRI ■ COMUNICAȚII ■ ROBOȚI ■ CALCULATOARE DE PROCES



Where  
Automation  
Connects

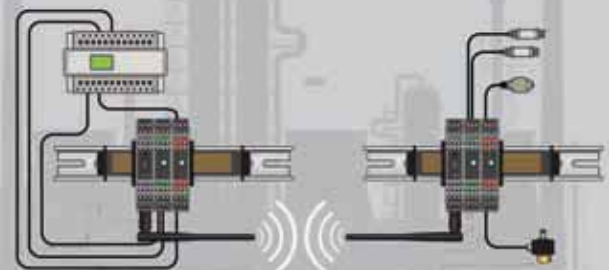
## Point-to-Point Wireless I/O

**ProSoft**  
TECHNOLOGY



If you need to wire I/O from point A to point B and do not want to run long wires, our new Wireless I/O system is one of the easiest and most cost-effective ways to replace wire.

*Our Wireless I/O is a secure, reliable, point-to-point, bidirectional wireless system that can be deployed within a few hours rather than months.*



### Replace that wire with Wireless I/O

- No trenching - No conduit
- No permits - No programming

### Features

- No software configuration needed, making it fast and easy to deploy
- Single power termination per station saves wiring time
- Factory paired, secure radiosystem keeps network protected
- RF and I/O fall detection and reporting - Conformal coating - Response time down to 100 ms



INOVARE | CREATIVITATE | PERFORMANȚĂ | EFICIENȚĂ

# SISTEME SCADA

PENTRU CONTROLUL CALITĂȚII APEI

Cu o experiență de peste trei decenii în domeniul protecției mediului, ICPE Bistrița a avut în mod constant **inovația** ca obiectiv în activitatea sa. Rezultatele cercetării sunt integrate în produsele și tehnologiile oferite pentru tratarea și epurarea apelor.

**Creativitatea** și cunoștințele specialiștilor se reflectă în fluxurile configurate specific, în care caracteristicile procesului reprezintă puncte de plecare.

Sistemele SCADA proiectate și executate garantează **performanța** și **eficiența** necesare asigurării calității apei.



## CONTACT

Adresa: Str. Parcului, Nr. 7, 420035,  
Bistrița, Bistrița-Năsăud, România

Tel/Fax: +40 (0)263 210938

Email: [icpe@icpebn.ro](mailto:icpe@icpebn.ro)

Web: [www.icpebn.ro](http://www.icpebn.ro)

Specialiștii noștri în Electrice și Automatizări proiectează și execută:

- echipamente electrice și electronice personalizate
- instalații electrice și de automatizare fiabile construite din componente de înaltă calitate
- programe pentru automate programabile (PLC) și interfețe operator (HMI) create cu tehnologii de ultimă generație
- rețele de instrumentație multiparametru pentru culegerea datelor de importanță din proces
- rețele complexe de comunicație pentru transmisia în siguranță a datelor (VPN)

Director fondator

Dr. ing. Horia Mihai MOȚIT  
hmotit@aair.org.ro

Colectiv redacțional

Dr. ing. Horia Mihai MOȚIT  
Dr. ing. Ioan GANEA  
Conf. dr. ing. Eugen DIACONESCU

Consultanți

Dr. ing. Dr. h. c. Sergiu Stelian ILIESCU,  
Prof. univ. emerit  
Prof. univ. dr. ing. Dumitru POPESCU  
Prof. univ. dr. ing. Nicolae CUPCEA  
Prof. univ. dr. ing. Ioana FĂGĂRĂȘAN

Tehnoredactare: Vasile HOSU

Adresa redacției

Str. Viesparilor nr. 26, et. 3, ap. 10  
sector 2 București 020643  
Tel/Fax: 021/210.50.55  
Tel/Fax: 031/405.67.99  
e-mail: aair@aair.org.ro  
www.aair.org.ro

Tipărit la

MASTER PRINT SUPER OFFSET  
Șos. Odăi nr. 249-251  
sector 1, București  
Tel: 021.222.42.23  
Mobil: 0724.279307  
e-mail: office@masterprint.ro

Toate drepturile asupra acestei publicații sunt rezervate A.A.I.R.  
Autorilor le revine integral răspunderea pentru opiniile  
exprimate în revista conform art. 205 - 206 din Codul Penal.



# c u p r i n s

## ○ automatizări

- 4 Pur și simplu excelent: Seria ES05 stabilește noi standarde în Pneumatică, **East Electric**
- 6 PowerFlex 755T-nouă generație de sistem de acționare de joasă tensiune de la Rockwell Automation, **Vestra Industry**

## ○ sisteme de automatizare - aplicații

- 8 Soluție de control pentru instalații de preparare a amestecurilor de cauciuc, **INDAS TECH Ltd.**
- 10 Sistem automatizat de tratare a apelor uzate, **Ing. Constantin TUDORAN, Dr. ing. Alexandru HEDEȘ, BEE SPEED Automatizări**

Soluții de automatizare pentru sistemele de irigații,  
**Ing. Tiberiu MARINESCU\***, **Prof. dr. ing. Sergiu Stelian ILIESCU\***,  
**Prof. dr. ing. Ioana FAGARAȘAN\***, **S.I. dr. ing. Nicoleta ARGHIRA\***,  
**S.I. dr. ing. Iulia STAMATESCU\***,  
**Dr. ing. George SUCIU\*\***, **Dr. ing. Andrei VASILESCU\*\***, **Ec. Adrian PASAT\*\***  
\* Facultatea de Automatica și Calculatoare, Universitatea Politehnica București,  
\*\* BEIA Consult International SRL

## ○ acționări

- 17 Utilizarea formelor de undă PWM pentru acționarea elementelor de execuție aferente sistemelor de reglare automată Cazul actuatorilor electromagnetici,  
**Dr. ing. Lucian PÎSLARU-DĂNESCU, Drd. Ing. Albert ARNAU CUBILLO**,  
INC DIE ICPE-CA, București, SC STRAERO SA, București

## ○ internet industrial

- 20 Industrial Internet of Things (IIOT), evoluție sau metamorfoză SCADA ?  
**Conf. dr. ing. Eugen DIACONESCU, Universitatea din Pitești**

Coperta 1 - INDAS TECH Ltd

Coperta 2 - ICPE Bistrița S.A.

Coperta 3 - East Electric S.R.L.

Coperta 4 - ifm



Automatizări electrice industriale  
Elemente și sisteme hidraulice  
Tehnică de montaj și transfer liniar

Elemente și sisteme pneumatice  
Senzori pentru automatizări



## Pur și simplu excelent: Seria ES05 stabilește noi standarde în Pneumatică

Odată cu lansarea noii serii ES05 Essential Valve System, Aventics oferă acum o soluție inteligentă, economică și ușor de utilizat pentru aplicații cu cerințe standard în automatizări industriale. Concepută special pentru a reduce numărul de

componente, asamblarea se face cu un singur instrument, ceea ce facilitează activitatea distribuitorilor, producătorilor de mașini și integratorilor de sistem cu avantajul suplimentar de a reduce riscul de defecte.



Distribuitoarele sunt formate dintr-o carcasă robustă din polimeri de înaltă performanță și sunt deosebit de stabile și compacte. Utilizatorii conectează plăcile de capăt și bază și pot extinde unitatea de valve în perechi de până la douăsprezece distribuitori monostabile sau bistabile. Distribuitorul este controlat prin intermediul unui cablu cu conector de tip CI, o conexiune D-Sub cu 25 de pini, cu elemente electronice AES de la Aventics sau o interfață integrată IO-Link. AES suportă toate protocoalele comune fieldbus și Ethernet. Datorită timpului de comutare de sub 35 de milisecunde pentru toate funcțiile distribuitorului, se garantează o acțiune foarte dinamică pentru cicluri scurte. Cu conexiune unică, ES05 este conformă cu clasa de protecție IP65, astfel încât acest



tip de distribuitor poate fi, de asemenea, instalat în medii expuse la stropi de apă.

Toate celelalte tipuri de conexiune sunt conforme cu clasa de protecție IP50.



Single wire



AES field bus



IO-Link



Individual valve

N O U

# PowerFlex 755T

nouă generație de sistem de acționare de joasă tensiune de la Rockwell Automation

**Eficientă ridicată. Control flexibil.  
Diminuare armonici**

Creșterea productivității și economia de energie sunt obiective cruciale ale oricărei activități de producție și alegerea corectă a unui sistem de acționare este determinant în atingerea acestora. Noile game de convertizoare de frecvență din familia Allen-Bradley® PowerFlex®, PowerFlex 755T reprezintă cheia succesului în ceea ce privește optimizarea sistemelor de acționare cu turație variabilă, în a reduce costurile de întreținere și în menținerea echipamentelor în funcțiune.

Sistemele de acționare PowerFlex 755T sunt concepute pentru a oferi soluții de acționare cu armonici reduse, regenerare a energiei electrice și soluții “comun bus”, contribuie la reducerea costurilor cu energia electrică, la creșterea flexibilității sistemului de acționare și a productivității. PowerFlex755T înglobează tehnologia TotalFORCE™ care permite controlul precis al vitezei, cuplului și poziției sistemului de acționare. Tehnologia TotalFORCE™ înglobează mai multe facilități brevetate, dezvoltate pentru a optimiza sistemele de acționare electrică.

## Echipamentele PowerFlex 755T au fost concepute în 3 variante:

PowerFlex 755TL - oferă nivel redus de armonici și corecție a factorului de putere prin utilizarea tehnologiei AFE ( active front end technology). Nivelul redus de armonici crește eficiență energetică, reduce costurile cu energia electrică și minimizează perturbatiile din rețeaua de distribuție.

PowerFlex 755TR - oferă în plus față de PF755TL funcții de regenerare a energiei electrice, pe secvență de frânare, de la motor spre rețea. Capabilitatea de regenerare reduce sau elimina necesitatea rezistentelor de frânare și evita disiparea neeconomică a energiei.

PowerFlex 755TM - selectabil din configurații predefinite, pentru sisteme de acționare cu mai multe motoare, Configurația poate să gestioneze la comun sistemul de bare de curent continuu (“comun bus supply”) și sistemul de bare al invertoarelor (“comun bus inverter”). Selecția configurațiilor se face dintr-o serie de modele predefinite, soluția obținută fiind economică și optimă din punct de vedere energetic. PowerFlex 755TM oferă armonici reduse și capabilități de regenerare.



Convertizoarele de frecvență PowerFlex 755T reprezintă o extindere a gamei de convertizoare PowerFlex 755, înglobează elemente constructive modulare, având avantajul unei instalări și întreineri rapide și simplificate, cu o gestionare facilă a pieselor de schimb.

Iată câteva din avantajele cheie oferite de tehnologia TotalFORCE înglobată în driverele PowerFlex755T:

- **Diagnoză și întreținere predictivă:** monitorizează condițiile de operare și calculează intervalul de viață rămas pentru componentele sistemului: ventilatoare, relee de contact, dispozitive de putere și condensatoare astfel încât se poate implementa un program de mentenanță preventivă
- **Leader de piață la densitatea de putere** – dimensiunea redusă a componentelor de putere reduce amprenta la sol și permite utilizarea eficientă a spațiului de montaj
- **Armonici reduse** - alinierea la standardul IEEE 519 (max. 5% nivel total al armonicilor)
- **Mentenanță facilă** - componente cheie sunt modulare și ușor accesibile; mentenanță e simplificată și costurile și timpul de intervenție sunt minime
- **Control adaptiv** : funcțiile de supraveghere motor (Load Observer) și ajustare adaptivă (Adaptive Tuning) monitorizează performanțele echipamentului în mișcare și compensează automat schimbările nedorite ce pot să apară
- **Comunicare** : port dual EtherNet/IP, permite o topologie flexibilă și funcționalitate de tip DLR ( Device Level Ring)
- **Opțiuni pentru funcțiile de siguranță:** există posibilitatea selectării, opțional, a modulelor „Oprire de urgență” (Safe Torque -Off), SIL3, Cat3 și/sau „Monitorizare viteză” (Safe speed monitoring), SIL3, Cat4 în funcție de schemă de oprire de urgență a utilajului; funcția Safe Torque-Off e disponibilă și certificată și pe comunicație
- **Structura hardware cu sloturi, patentată** - permite selectarea modulelor opționale pentru siguranță (SAFETY), feedback, comunicație și I/O, dacă și când sunt necesare
- **Design roll in/out** – Filtrele și modulele de putere sunt debrosabile și pot fi instalate/extrase fără deconectarea cablurilor rețea/motor.
- **Funcție „Voltage Boost Ride-Through”** – permite menținerea echipamentului în funcțiune în condițiile în care apar perturbatii de calitate în alimentarea cu energie electrică.

## PowerFlex 755TL și PowerFlex 755TM

Tensiune	755TL	755TR
400V	160...1250 kW	160...2000 kW
480V	250...1800 Hp	250...3000 Hp
600V	250...1500 Hp	250...2500 Hp
690V	200...1400 kW	200...2300 kW

- Port dual EtherNet/IP încorporat
- Înglobează tehnologia standard TotalFORCE™
- Utilizează diagnosticarea predictivă pentru a monitoriza convertizorul și starea motorului
- Instalare și întreținere eficientă
- Configurarea rapidă și programare simplă cu platformele software -Studio 5000 Logix Designer® sau Connected Components Workbench™ pe comunicație sau local prin terminal operator (HIM)
- Grad de protecție IP21 sau IP54
- Certificate: ABS, AC156 Seismic Standards, ATEX, CAN/CSA, CE Mark, DNV, EAC Mark IEC60721-3-3, ISA 71.04-1985, KCC, Lloyd's Register, ODVA EtherNet/IP, RCM, SEMI F47, UkrSepro Mark, UL61800-5-1

## Opțiunile pentru funcțiile de siguranță

Funcțiile de siguranță disponibile la gama PowerFlex 755T ajută la protejarea personalului și a bunurilor și permit revenirea rapidă în regim operațional după un eveniment tip « safety » în instalație.

- Funcția „Safe Torque –Off” este ideală pentru aplicațiile în care se dorește suprimarea alimentării motorului fără întreruperea alimentării convertizorului de la rețea. Această funcție permite o revenire rapidă la funcționare normală după o oprire de urgență și ajută la reducerea uzurii datorate unor porniri repetate ale mașinii. Funcția este disponibilă ca soluție cablată (SIL 3, Ple, CAT 3) sau prin rețeaua de comunicație EtherNet/IP
- Funcția „Safe Speed Monitor” oferă o soluție pentru aplicațiile care au zone cu componentele în mișcare ce prezintă risc de siguranță și accesul personal e necesar. Aceasta funcție ajută la monitorizarea și controlul în siguranță a vitezei aplicației, permițând operatorilor să efectueze activitățile legate de proces sau de întreținere fără a opri instalația. (SIL3, Ple, CAT 3)

Informații suplimentare și documentație

<http://ab.rockwellautomation.com/Drives/Low-Voltage-AC-Drives> sau contactați :

Vestra Industry

Bld. Dimitrie Pompei, nr. 9-9A, Cladirea 20, sector 2, București

0231 507 410 telefon int. 2404

0231 532 905 fax

0755 400 232 mobil

***Vestra Industry este unicul distribuitor oficial pe piață din România al echipamentelor Rockwell Automation și își propune să onoreze acest contract pe următorii cinci ani, cu o prezență activă pe întreg teritoriu României: personal specializat - suport tehnic și comercial, angajamente ferme în ceea ce privește termenele de livrare și o politică de extindere a rețelei de parteneri integratori. Vestra Industry își dorește să asigure pe lângă furnizarea de echipamente și servicii de consultanță pentru beneficiari.***



# SOLUȚIE DE CONTROL PENTRU INSTALAȚII DE PREPARARE A AMESTECURILOR DE CAUCIUC

## Generalități

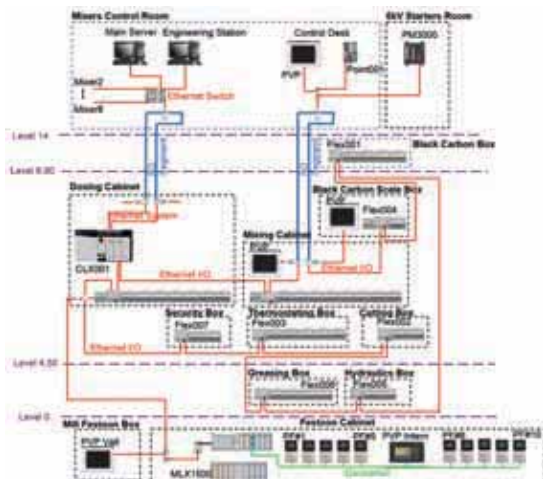
În orice fabrică de anvelope, performanța instalației de amestecare este esențială pentru producția sigură și de calitate a anvelopelor. În această industrie, calitatea amestecării este foarte importantă deoarece mixerele – utilajul principal, trebuie să asigure prelucrarea unei game largi de tipuri de compuși cu diferite grade de duritate, precum și o gamă largă de polimeri de bază și să furnizeze un amestec omogen.

Sistemul de automatizare trebuie să asigure un control continuu, eficient și sigur pentru ca instalația de preparare a amestecurilor să asigure produse de calitate uniformă pentru toate șarjele.

## Structura unei instalații de preparare a amestecurilor de cauciuc

- Instalație de dozare:
  - dozare elastomeri (cauciuc)
  - dozare negru de fum
  - dozare ulei
  - dozare pulverulente
- Instalație amestecare:
  - Malaxor (banda de așteptare cauciuc și pulverulente, tubulatura de descărcare negru de fum, injectorul de ulei, ușa superioară, berbecul, camera de amestec, ușa inferioară, motorul principal, reductorul, coșul de descărcare)
  - instalația de răcire
  - instalația hidraulică
  - instalația ungere lagăre
- Mills festoon:
  - 10 motoare

## Arhitectura sistem de automatizare



- Arhitectură integrată cu produse **Rockwell Automation**:
  - PAC ControlLogix controller
  - Interfațe operator PanelView Plus
  - Convertizoare de frecvență PowerFlex 70
  - Module locale Flex I/O 1794
  - Rețea Ethernet
  - SCADA Software factory Talk View
- Structură distribuit cu dispecer în camera de comandă, procesor PAC, interfațe operator și module I/O în dulapuri și cutii locale
- PLC de tip MicroLogix pentru Festoon

## Instalație dozare

- Interfață operator PanelView Plus 1250 color

- Control dozare ingrediente, conform formulelor din rețetele și planul de fabricație selectate la stația supervisor
- Afișare valori curente
- Prescriere locală date
- Înregistrare parametrilor și afișare grafice evoluție
- Afișare și înregistrare alarme



## Dozare elastomeri (cauciuc)

- Afișare regim de lucru selectat (local, Manual, Automat)
- Afișare șarje dozare în mod Test
- Comenzi manuale către banda cântar
- Afișare date curente șarjă
- Afișare stare curentă cântar (Gol, Ocolit, În Cântărire, Plin, În Golire, Depășire)
- Afișare raport în % dintre sarcina curentă totală de pe cântarul de cauciuc față de referință



## Dozare negru de fum

- Afișare regim de lucru selectat (local, Manual, Automat)
- Afișare șarje dozare în mod Test
- Comenzi manuale elemente de execuție
- Afișare date curente șarjă
- Afișare stare curentă cântar (Gol, Ocolit, În Cântărire, Plin, În Golire, Depășire)
- Afișare raport în % dintre sarcina curentă totală de pe cântarul de negru de fum față de referință
- Afișare referințe/curente





**Dozare ulei**

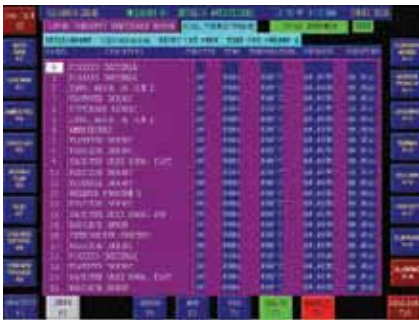
- Afișare regim de lucru selectat (local, Manual, Automat)
- Comenzi manuale elemente de execuție
- Afișare date curente șarjă
- Afișare stare curentă cântar (Gol, Ocolit, În Cântărire, Plin, În Golire, Depășire)
- Afișare raport în % dintre cantitatea totală de ulei dozat și referința totală
- Afișare referințe/curente

**Dozare pulverulente**

- Afișare regim de lucru selectat (local, Manual, Automat)
- Comenzi manuale elemente de execuție
- Afișare date curente șarjă
- Afișare stare curentă cântar (Gol, Ocolit, În Cântărire, Plin, În Golire, Depășire)
- Afișare raport în % dintre sarcina totală de pe cântarul de pulverulente și referința totală
- Afișare referințe/curente

**Instalație amestecare**

- Afișare regim de lucru selectat (Local, Manual, Automat)
- Afișare șarje amestecare în mod Test
- Control amestecare, conform procedurii din rețetele și planul de fabricație selectate la stația supervisor
- Afișare date șarjă amestecare curentă, respectiv numărul procedurii curente, numărul curent de repetări dozare, numărul șarjei curente și timpul curent al șarjei.
- Specificație ciclu de amestecare, cu afișare valori curente de timp, temperatură și energie pentru fiecare pas.

**Malaxor**

- Afișare regim de lucru selectat (local, Manual, Automat)
- Afișare șarje amestecare în mod Test
- Selectare/afișare comenzi manuale
- Afișare date curente șarjă amestecare (procedura curentă, șarja curentă și timpul curent al șarjei, pasul curent al ciclului de amestecare, timpul curent al acestuia și funcția ce se execută în acel pas).
- Bargraf afișare energie totală și curentă, respectiv temperatura totală și curentă.
- Afișare stare pentru elementele componente

**Motor principal**

- Afișare permisie comenzi la distanță, separator cuplat, prezenta 6kV, stare circuit de alimentare
- Afișare timp sarcină, timp total, timp sarcină și timp gol
- Afișare curent, tensiune, putere activă, energie pas și factor de putere.

**Racire/Termostatare**

- Afișare regim de lucru selectat (local, Manual, Automat)
- Afișare șarje amestecare în mod Test
- Selectare/afișare comenzi manuale
- Afișare stare grup termostatare (Pornit, Oprit)
- Afișare/prescriere referințe temperaturi de răcire pentru fiecare din cele 3 zone ale malaxorului.
- Afișare date curente șarjă amestecare (procedură curentă, șarja curentă și timpul curent al șarjei).
- Afișare stare pentru elementele componente

**Ungere și Hidraulică**

- Afișare regim de lucru selectat (local, Manual, Automat)
- Afișare șarje amestecare în mod Test
- Selectare/afișare comenzi manuale
- Afișare stare grup ungere (Pornit, Oprit)
- Afișare nivel în tancurile de ulei (Min/Max)
- Afișare date curente șarjă amestecare (procedura curentă, șarja curentă și timpul curent al șarjei).
- Afișare stare pentru elementele componente

**Stație supervisor – nivel 2**

- PC industrial sau business care rulează programul FactoryTalk View
- Structura server/client
- Amplasare în camera de comandă separată
- Preluare date pentru grafice și afișări
- Preluare date pentru rapoarte
- Editare, stocare și transmitere rețete.



## SISTEM AUTOMATIZAT DE TRATARE A APELOR UZATE

Ing. Constantin TUDORAN, Dr. ing. Alexandru HEDEȘ

**SCP** For intelligent power

**SMC** For clean water

Se prezintă un sistem automatizat de tratare a apelor uzate, bazat pe tehnologia de electrocoagulare, conceput și realizat de societatea noastră în cadrul unui proiect național de cercetare științifică.

Apa reprezintă un bun natural de valoare inestimabilă, pentru utilizarea ei rațională și pentru asigurarea reintegrării ei în natură în stare cât mai pură, niciun efort nefiind de prisos.

În cadrul proiectului național SOLWATCLEAN, demarat în anul 2013, în parteneriat cu Institutul Național de Cercetare Dezvoltare pentru Electrochimie și Materia Condensată Timișoara (coordonator), Universitatea Politehnica Timișoara, Institutul de Chimie Timișoara al Academiei Române și Clusterul de Energii Sustenabile din România (ROSENC), compania BeeSpeed Automatizări a participat la elaborarea și dezvoltarea unei instalații-pilot mobile și a tehnologiei aferente pentru tratarea apelor reziduale prin intermediul electrocoagulării, pe baza energiei solare. Răspunzând acestei provocări, specialiștii societății noastre și-au concentrat preocupările pe conceperea unui reactor de electrocoagulare a apelor uzate, inclusiv a sistemului de automatizare și monitorizare. Tehnologia de electrocoagulare – electrofiltrare reprezintă un proces electrochimic bazat pe aplicarea unui câmp electric într-un reactor de electroliză, parcurs de un curent de soluție contaminată (uzual apă uzată), pentru tratarea și flocularea contaminanților fără adăugarea de coagulanți chimici. Electrocoagularea este o alternativă la metoda clasică de coagulare chimică, fără a necesita utilizarea de agenți de coagulare ( $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{SO}_4$ ), câmpul electric dintre electrozi furnizând coagulantul.

Reactoarele de electrocoagulare utilizează, de regulă, electrozi de fier sau aluminiu, materialul electrozilor fiind determinant pentru reacțiile electrochimice care se desfășoară în

procesul de electrocoagulare. Alegerea optimă a materialului electrozilor depinde de poluanții care trebuie îndepărtați și de proprietățile chimice ale electrolitului.

Parametrii de proces, care influențează evoluția și eficiența procesului de electrocoagulare (pe lângă materialul electrozilor) sunt: pH-ul soluției, conductivitatea electrică a soluției (concentrația anionilor), turbiditatea și temperatura soluției, potențialul electrozilor, densitatea de curent, timpul de procesare etc.

Un aspect important se referă la configurația de conectare electrică a electrozilor la sursa de alimentare, care poate fi: monopolară, cu conectare serie sau paralel, respectiv bipolară cu conectare în paralel. În mod curent, alimentarea electrozilor se face în curent continuu (DC), caz în care rata de

îndepărtare a poluanților scade în timp datorită pasivării electrozilor. Alimentarea în curent alternativ (AC) conduce la un consum energetic mai mic decât în DC. O soluție convenabilă ar fi alimentarea în curent alternativ pulsant, cu pulsuri de polaritate schimbată, care să ducă la depasivarea electrozilor.

Sistemul electric de alimentare și automatizare asigură alimentarea electrozilor reactorului, cu posibilitatea schimbării polarității de conectare, rotirea electrozilor mobili cu viteză ajustabilă, precum și monitorizarea parametrilor de proces ai apei la intrarea și la ieșirea, din reactor. În Fig. 1, se prezintă panoul frontal al controlerului de proces, de tip SC-1000, care monitorizează următorii parametri: turbiditatea, conductivitatea și pH-ul apei.

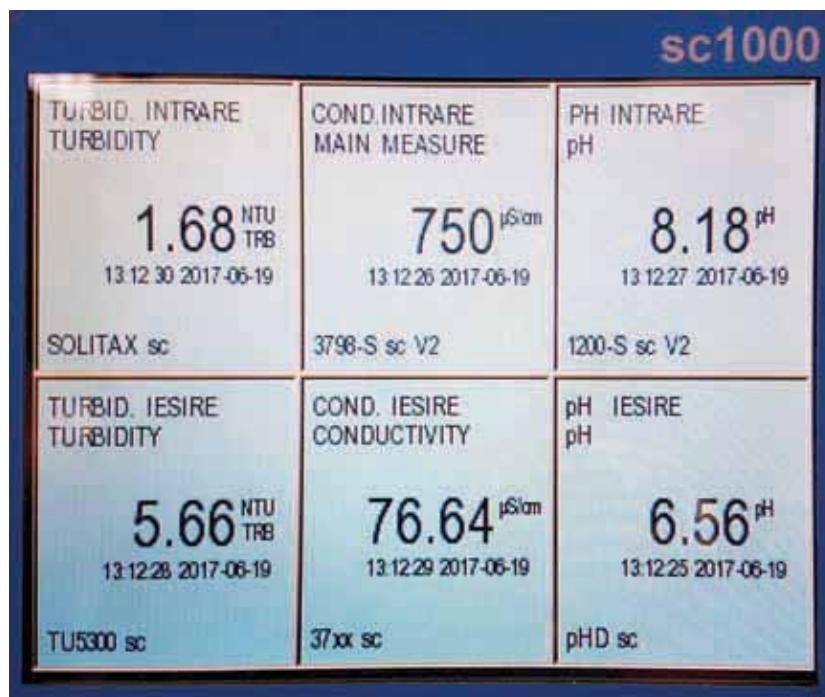


Fig. 1. Schema panoului frontal al controlerului de proces cu parametrii apei la intrare și ieșire.

Colectivul de specialiști ai societății BEESPEED AUTOMATIZĂRI stă la dispoziția celor interesați pentru clarificarea oricărui aspect tehnic legate de implementarea industrială a unor astfel de sisteme, furnizând consultanță, proiectare, execuție, punere în funcțiune, service complet în perioada de garanție și instruirea personalului de exploatare

# ARMĂTURI INDUSTRIALE PENTRU TERMOFICARE, APĂ, ABUR



[www.termodinamic.eu](http://www.termodinamic.eu)



**SC TERMODINAMIC SRL**

tel./fax:

Arad: 0257-250.310 / 256.502

București: 021 - 322.60.02

E-mail: [termodin@inext.ro](mailto:termodin@inext.ro)

- ventile electromagnetice
- presostate
- termostate
- senzori P, T



## Gama nouă de elemente filtrante HYDAC



HYDAC SRL Ploiesti, 0244575778  
[hydac@hydac.ro](mailto:hydac@hydac.ro)



**Optimicron<sup>®</sup>**  
Power

Optimizate pentru centrale electrice și turbine



**Optimicron<sup>®</sup>**  
Pulse

Optimizate pentru aplicații cu pulsații puternice



**Optimicron<sup>®</sup>**  
Pulp & Paper

Optimizate pentru industria hârtiei

Noua tehnologie OPTIMICRON<sup>®</sup> vine cu substanțiale reduceri de energie și micșorare a costurilor de operare a instalației hidraulice pe întreaga durată de viață a elementului filtrant o dată cu scăderea cu până la 30% a presiunii diferențiale



# Soluții de automatizare pentru sistemele de irigații

Ing. Tiberiu MARINESCU\*, Prof. dr. ing. Sergiu Stelian ILIESCU\*, Prof. dr. ing. Ioana FAGARAȘAN\*, S.I. dr. ing. Nicoleta ARGHIRA\*, S.I. dr. ing. Iulia STAMATESCU\*, Dr. ing. George SUCIU\*\*, Dr. ing. Andrei VASILESCU\*\*, Ec. Adrian PASAT\*\*

\* Facultatea de Automatica și Calculatoare, Universitatea Politehnică București, \*\* BEIA Consult International SRL

Water management and irrigation scheduling have become the main subjects of more studies in the last years, due to their importance in precision agriculture. This article proposes an energy efficient system architecture for irrigation management, based on the improvement of the present solutions that are available on the market. In order to define an optimum system structure, firstly, the monitored parameters with high influence on crop productivity are selected with their advantages. Afterwards, the most used control methods in irrigation management systems are explained, considering the need for an adequate water supply in order to increase crop productivity. Finally, it is proposed an integrated automated and telemetry solution for water management in precision agriculture, considering energy efficiency requirements, costs and the advanced control technologies presented. Furthermore, the proposed solution presents forecast and diagnosis functions that generate an important technical impact and a high commercial potential.

## 1. Introducere

Managementul apelor și programarea irigațiilor au devenit subiectele principale în numeroase studii din ultimii ani, prin prisma importanței în agricultura de precizie. Calitatea irigațiilor reprezintă un indicator de performanță, influența acesteia putând fi percepută atât în mod direct, cât și indirect. Necesitatea de irigare a culturilor diferă în funcție de climatul zonei, astfel eficiența energetică și utilizarea economică a resurselor de apă sunt într-o puternică interdependență cu tipul plantației și al solului [20].

Protejarea resurselor naturale de apă prin utilizarea rațională și eficientă a acestora este una dintre problemele cu care se confruntă specialiștii la nivel mondial, fiind necesare măsuri concrete și durabile. Agricultura irigată reprezintă 20% din totalul pământului cultivat, în prezent existând diferite soluții de irigare precum irigarea prin picurare, irigarea prin scurgere la suprafață și irigarea prin aspersiune. Prezentul articol propune o arhitectură de sistem eficient energetic pentru managementul irigațiilor, realizând o îmbunătățire a soluțiilor existente. Pentru stabilirea unei configurații optime a sistemului, se prezintă mai întâi parametrii monitorizați ce au influență ridicată asupra productivității culturilor, explicându-se avantajele monitorizării acestora. Articolul prezintă mai apoi principalele metode de control utilizate în managementul irigațiilor, pentru ca în final să se propună o soluție integrată de automatizare și telemetrie pentru managementul apei în agricultura de precizie, prin considerarea criteriilor de eficiență energetică și economică, dar și a principalelor tehnologii de conducere prezentate.

## 2. Parametrii monitorizați în managementul irigațiilor

Precizia în măsurare este extrem de importantă în agricultură. Parametrii monitorizați într-o plantație sunt dependenți de tipul solului și de climatul regiunii.

### A. Temperatura și umiditatea aerului

Culturile pot fi privite ca funcții dependente în principal de temperatură în cazul în care irigarea se realizează corespunzător [1]. Temperatura are o influență uriașă asupra germinăției semințelor. Deoarece în procesele biochimice fazele de germinăție includ hidra-

țarea și activarea enzimelor, procesul de dezvoltare al plantelor este dependent de temperatură [2].

Câteva argumente importante care susțin necesitatea monitorizării temperaturii sunt centralizate în figura de mai jos.

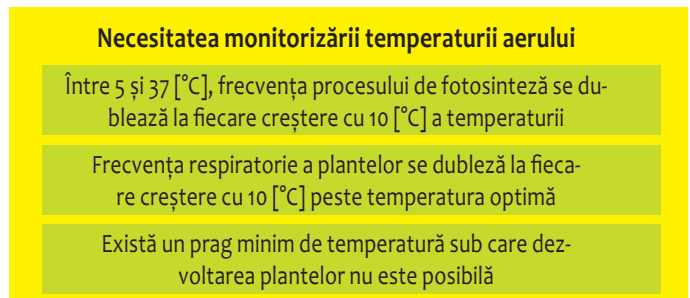


Fig 1. Necesitatea monitorizării temperaturii aerului

Temperatura globală a crescut cu 0.2-0.3 [°C] în ultimii 30 de ani, iar cauzele sunt cunoscute. Sezonul agricol este influențat puternic de temperaturile ridicate sau scăzute și, ținând cont de faptul că în următorii ani se preconizează o creștere a valorilor acestui parametru, cantitatea de apă necesară pentru irigații va crește în funcție de cerințele de evaporare [17]. O metodă numerică a arătat că la o creștere de 1, 2 sau 3 [°C] a temperaturii, va crește necesarul de apă al culturilor cu 11, 19, respectiv 29 [%].

Fiecare plantație necesită o anumită temperatură, în caz contrar semințele vor sta în sol și vor fi expuse atacului unor dăunători, unor boli sau își vor pierde capacitatea germinativă. Un alt aspect important este că temperatura optimă nu corespunde, în general, cu cea de creștere vegetativă, care diferă de la o vegetație la alta [15, 16, 18]. Prin umiditate absolută se înțelege presiunea parțială a vaporilor de apă în aerul umed, exprimată de obicei în milimetri coloană de mercur (1mm Hg = 133,322 N/m<sup>2</sup>). Presiunea parțială a vaporilor de apă în aerul umed și cantitatea de vaporii conținuți într-un m<sup>3</sup> de aer umed, exprimată în grame, sunt numeric egale. Umiditatea relativă oferă informații cu privire la vaporii de apă din aer, acest parametru fiind într-o puternică interdependență cu temperatura. Pe de altă parte, temperatura punctului de rouă explică interdependența dintre umiditatea relativă și temperatură, deoarece odată cu creșterea umidității relative are loc o scădere a temperaturii, iar în cazul scăderii temperaturii sub o anumită limită, aerul ajunge în punctul în care va conține cea mai mare cantitate de vaporii de apă [13, 14]. Temperatura termometrului umed se definește ca temperatura de echilibru dinamic atinsă la interfața apă – aer umed atunci când fluxul termic convectiv de la aer la apă este egal cu fluxul masiv convectiv de la apă la aer. La echilibru, dacă se consideră temperatura termometrului uscat constantă, bilanțul termic la interfața aer-apă este:

$$\sigma_p r (p_{vs} - p_v) = \alpha (t - t_{um}) [W / m^2] \quad (1)$$

în care:  $\sigma_p$  [kg/(m<sup>2</sup>·s·bar)] este coeficientul de transfer masiv;  $t$  [°C] – temperatura aerului umed;  $t_{um}$  [°C] – temperatura termometrului umed;  $p_{vs}$  [N/m<sup>2</sup>] – presiunea parțială a vaporilor din aerul umed saturat (la interfața aer – apă), la temperatura  $t_{um}$  [°C];  $p_v$  [N/m<sup>2</sup>] – presiunea parțială a vaporilor de apă;  $\alpha$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] – coeficientul de transfer termic convectiv.

Importanța monitorizării temperaturii și a umidității aerului provine și din faptul că asigurarea nivelului optim al umidității relative se realizează prin scăderea temperaturii aerului. Umiditatea relativ ridicată a aerului determină dezvoltarea microorganismelor, mai ales la temperaturi mai ridicate.

### B. Temperatura și umiditatea solului

#### Necesitatea monitorizării umidității solului

Determină creșterea evapotranspirației care generează creșterea temperaturii și influențează activitatea biologică

Prin creșterea umidității, are loc o creștere simultană a temperaturii punctului de rouă

Prezintă influență ridicată asupra cantității de precipitații

Fig 2. Necesitatea monitorizării umidității solului [6]

Solul reprezintă o resursă importantă în managementul irigațiilor, întrucât este un rezervor de stocare de carbon. Umiditatea solului este identificată ca un parametru cheie în agricultura de precizie, iar câteva dintre argumentele pentru care monitorizarea acesteia este necesară sunt centralizate în figura de mai jos.

Monitorizarea temperaturii și a umidității solului prezintă o importanță deosebită în agricultura de precizie. În unele regiuni, agricultorii irigă atunci când umiditatea solului depășește o anumită limită (de exemplu 50 %) [5]. Umiditatea solului este de asemenea importantă deoarece influențează indirect irigațiile. Frecvența de irigare depinde de echipamentul utilizat pentru irigarea prin picurare sau de caracteristicile puțurilor de mare adâncime.

Principalul obiectiv al irigației este de a optimiza necesarul de apă al plantelor și acest lucru poate fi realizat printr-o monitorizare eficientă a umidității solului. Se consideră că umiditatea solului ar trebui să fie măsurată de senzori care nu au părți în mișcare și care nu necesită calibrare. [19]

Temperatura solului este influențată într-o proporție importantă de radiația solară și de umiditate. De obicei, temperatura solului este mai ridicată decât cea a aerului, iar propagarea căldurii în sol este un proces lent. Având în vedere aceste aspecte, monitorizarea temperaturii solului este foarte importantă într-o cultură viticolă, pomicolă sau agricolă.

### C. Evapotranspirația

Evapotranspirația reprezintă un parametru esențial pentru dezvoltarea și sănătatea plantelor, fiind bazată pe parametrii meteorologici. Apa pierdută prin evapotranspirație poate fi salvată prin irigarea corespunzătoare care reduce evapotranspirația cu 5-15 [%].

Explicarea interdependenței dintre evapotranspirație și parametrii meteorologici ale căror valori sunt achiziționate de la stațiile de telemetrie aflate în câmp, dar și importanța monitorizării acestui parametru se explică cu ajutorul formulei Penmann-Monteith [13].

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (2)$$

$ET_0$  – evapotranspirația de referință [ $\text{mm zi}^{-1}$ ],  
 $R_n$  – radiația netă la suprafața culturii [ $\text{MJ m}^{-2} \text{zi}^{-1}$ ],  
 $G$  – fluxul de căldură corespunzător solului [ $\text{MJ m}^{-2} \text{zi}^{-1}$ ],  
 $T$  – temperatura aerului la 2 m înălțime [ $^{\circ}\text{C}$ ],  
 $u_2$  – viteza vântului la 2 m înălțime [ $\text{m s}^{-1}$ ],  
 $e_s$  – presiunea la saturație a vaporilor [kPa],  
 $e_a$  – presiunea actuală a vaporilor [kPa],

$e_s - e_a$  – deficitul presiunii vaporilor la saturație [kPa],

$\Delta$  – curba de presiune a vaporilor [ $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ],

$\gamma$  – constanta psihrometrică [ $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ].

Pentru o versiune simplificată de calcul a evapotranspirației se poate folosi relația Priestley-Taylor bazată pe radiație și temperatură.

$$ET_0 = \alpha \frac{\Delta(R_n - G)}{\Delta + \gamma} + \beta \quad (3)$$

unde  $\alpha$  și  $\beta$  sunt doi coeficienți de valoare 0.61, respectiv 0.012.

## 3. Soluții de automatizare pentru sisteme de irigații prin picurare

În cele ce urmează, se vor prezenta câteva sisteme de automatizare pentru irigații prin picurare. Unul dintre acestea este reprezentat de soluția din Greenwood Resources Boardman Tree Farm (BTF), Oregon SUA [6]. În vederea obținerii unei eficiențe ridicate, BTF utilizează programul AHBIS (Advance Hydraulic Balanced Irrigation Scheduling) pentru a optimiza sistemul de irigații.

Informațiile privind umiditatea solului sunt colectate de la cei aproximativ 375 senzori din câmp și în vederea realizării unui optim economic sistemul are ca obiectiv menținerea a mai mult de 80% din umiditatea solului în zona de rădăcină.

Programul de irigații este eșalonat pe șase zile pentru fiecare dintre cele 369 parcele prin AHBIS. Codul este transferat cu ajutorul Ethernet la stația master I-SCADA (Irrigation Supervisory Control and Data Acquisition), care transmite comenzile celor 93 stații RTU (Remote Terminal Unit) prin comunicații radio. Interfața I-SCADA HMI afișează în timp real programul de irigații, respectiv parametrii de proces precum presiunea și debitul de la nivelul fiecărei pompe, alarmele și evenimentele. Pe lângă programul de irigații elaborat în AHBIS se utilizează un sistem de reglare a procesului de irigare, scopul fiind reprezentat de obținerea unei eficiențe maxime. [4, 22] Pentru stabilirea necesarului de irigații, soluția ce urmează a fi propusă va presupune, ca și în cazul BTF, măsurarea umidității solului, care se va realiza prin intermediul unei sonde integrate într-o stație de telemetrie ADCON, amplasată în câmp. Datele colectate vor fi transmise prin intermediul unui server de comunicații către echipamentele de conducere [11, 12]. Similar ca la AHBIS, interfața SCADA – HMI va afișa programul de irigații, dar și aspecte de diagnoză și predicție.

Un alt sistem de automatizare este reprezentat de soluția de planificare a distribuției de apă Scheduled Water Delivery (SWD) din regiunea Middle Rio Grande Conservancy District (MRGCD) [8]. În vederea realizării unei planificări optime a distribuției de apă se utilizează un DSS cu o arhitectură ierarhizată și o arhitectură SCADA. Sistemul DSS (Decision Support Systems - Sistem de Suport al Deciziilor) urmărește 3 obiective:

1. Eșalonarea în timp a necesarului de apă (*Frequency of irrigation*)
2. Durata irigației (*Irrigation duration*)
3. Stabilirea momentului irigației (*Irrigation timing*)

DSS urmărește realizarea seturilor de informații privind necesarul de irigații prin achiziția datelor din câmp și prelucrarea corespunzătoare a acestora. Sistemul DSS este structurat pe 3 module și anume *modulul de planificare*, *modulul necesarului de apă* și *modulul rețelei de alimentare*. Vizualizarea datelor corespunzătoare celor 3 module se realizează cu ajutorul GUI (Graphical User Interface).

Pentru estimarea necesarului de apă se utilizează ET TOOLBOX, care estimează în timp real evapotranspirația prin intermediul datelor meteorologice preluate de la mai multe stații din câmp, dar și cu ajutorul informațiilor specifice corespunzătoare recoltelor [23, 25]. Modulul de planificare are rolul de a estima apa vehiculată atât prin

canalul principal, cât și prin canalele laterale. Sistemul SCADA cuprinde 5 componente, acestea fiind centralizate în figura de mai jos.

1	Componenta de măsură a debitului de apă (WINFLUME)
2	Componenta control automat al stăvililor (AQUA SYSTEMS)
3	Instrumentația de proces
4	Telemetria (transmisii prin radio)
5	Programul de control

Fig 3. Structura sistemului SCADA corespunzătoare SWD

Sistemul DSS a fost inclus în SCADA, având rolul de a furniza operatorilor informații cu privire la necesarul de apă aferent unei anumite culturi, precum și o planificare riguroasă a irigației. Pe baza informațiilor primite de la stația de măsurare ADCON, dar și de la pluviometrul ADCON IRRIGATION METER, respectiv de la unitatea RTU instalată pentru operarea autonomă, sistemul SCADA propus în cadrul acestei lucrări va dispune de funcții de eșalonare în timp pentru necesarul de apă, precum și de stabilire a momentului irigației, la fel ca și soluția SWD.

O soluție completă de monitorizare a parametrilor relevanți din cadrul unui sistem de irigații, este oferită de sistemul BEIA-ADCON [26].

În Figura 4 este prezentată stația Beia-Adcon de monitorizare agricolă. Pe catarg, de sus în jos se regăsesc unitatea de telemetrie RTU A753 GPRS, pluviometrul, senzorul de viteză vânt, panoul solar care alimentează



Fig 4. Stația de telemetrie BEIA-ADCON

RTU și toți senzorii, senzorul de radiație solară totală (piranometrul), senzorul combinat de temperatură și umiditate relativă a aerului, senzorul de umiditate pe frunză.

Componenta RTU este un dispozitiv inteligent care are un microcontroller încorporat pentru a efectua periodic diferite task-uri, cum ar fi: interogarea senzorilor, măsuratori, colectarea și stocarea datelor, dar și verificarea unor parametri interni precum starea bateriei, verificarea canalului radio și alte activități de întreținere a sistemului. RTU este echipat cu un modul radio sau un modem GSM, care permite comunicația fără fir în timp real, cu o stație de bază (Gateway). Gateway-ul transmite mai departe în rețea cererile de date venite de la RTU și stochează temporar datele primite. Prin urmare, Gateway-ul poate asigura un control pentru un anumit număr de echipamente RTU în funcție de tipul receptorului, existând modele care pot gestiona peste 1000 de unități RTU.

Datele măsurate sunt colectate de la rețeaua de senzori și stocate de către RTU, apoi sunt transmise mai departe către Gateway folosind o tehnologie "half-way" GSM-GPRS. Datele sunt mai departe transmise prin comunicații IP până la platforma ADCON de procesare a datelor. După instalarea stației, datele pot fi accesate cu ajutorul

aplicației addVANTAGE Pro. Figura 5 prezintă măsurătorile înregistrate de stația de telemetrie.

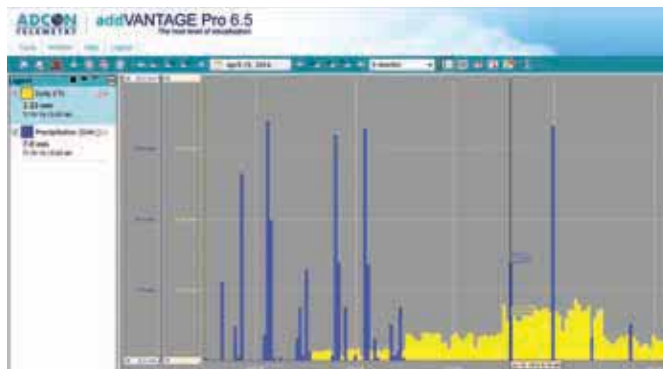


Fig 5. Aplicația addVANTAGE Pro

## 4. Soluții de automatizare pentru sisteme de irigații prin scurgere la suprafață

Cel mai extins sistem SCADA este considerat Rubicon Systems Australia în parteneriat cu Universitatea Melbourne, care au realizat un sistem pentru irigații prin scurgere la suprafață [7, 10]. Prin intermediul senzorilor și al acționărilor se măsoară nivelul apei și poziția stăvilarelor. Structura de control este descentralizată, iar elementele de automatizare comunică prin transmisii radio.

Pentru a distribui apa din rezervor la ferme, toate stăvilarele sunt prevăzute cu acționări și senzori care măsoară nivelul apei și poziția stăvilarelor. Elementele de automatizare comunică printr-o rețea radio. Volumul datelor este menținut la minim prin utilizarea conceptului de *Event driven communication*. Conceptul de *Event driven communication* presupune interconectarea parametrilor măsurăți numai în cazul în care nivelul de apă se modifică (modificarea poziției stăvilarelor sau a referinței), depășind un prag specificat. Prin intermediul structurii de control descentralizate, informațiile legate de necesarul de apă se transmit numai celui mai apropiat regulator din amonte [21].



Fig 6. Structura sistemului Rubicon Systems Australia

Managementul distribuției de apă se poate realiza prin intermediul Total Channel Control, aceasta fiind o soluție de proiectare a sistemelor de irigare. Sistemul este divizat în: nodul central, cu rol de monitorizare de ansamblu, noduri repetoare, noduri canal și noduri fermă. Funcția de automatizare principală se realizează la nivelul nodului central.

Obiectivele principale ale sistemului de automatizare prin scurgere la suprafață sunt eficientizarea consumului de apă prin irigare, furnizarea în timp real a necesarului de apă cerut, respectiv reglarea automată a debitului de apă, acestea reprezentând simultan și obiectivele sistemului ce urmează a fi propus în cadrul acestei lucrări. Regimul dinamic în cazul canalelor deschise este descris de ecuațiile St-Venant, rezultând însă un model de o mare complexitate. Din acest motiv se preferă o abordare bazată pe construirea unui model "grey box".

$$y_{u,i+1}(t) = u_i(t - \tau_i) - u_{i+1}(t) - d_i(t) \quad (4)$$

unde  $i$  reprezintă indicele de regulator,  $i = 1 \dots N$ ;  $u_i$  reprezintă variabilele de intrare (funcții neliniare ale poziției stăvilarelor și nivelului de apă), perturbația  $d_i(t)$  reprezintă debitul total de apă care iese din rezervorul  $i$ , iar valoarea de referință  $y$  reprezintă necesarul de apă. Un sistem de automatizare pentru irigare prin scurgere la suprafață a fost implementat în sudul Braziliei, soluția urmărind creșterea productivității în condițiile micșorării consumului de apă [9]. Măsurarea nivelului apei se realizează cu ajutorul unor senzori cu ultrasunete care transmit informația prin comunicații wireless unui PLC care vehiculează informații către un sistem de achiziție de tip SCADA prin GPRS.

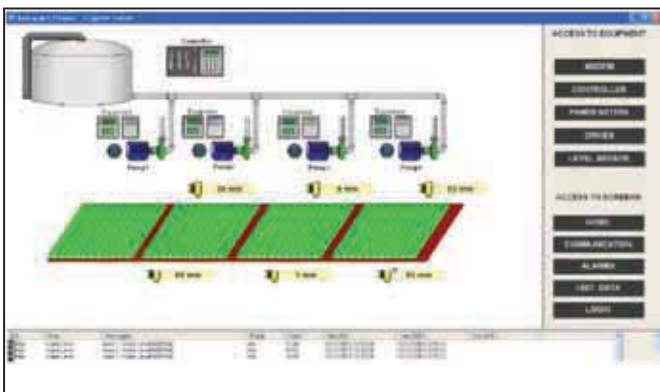


Fig 7. Interfața sistemului de automatizare prin scurgere la suprafață [9]

Logica de comandă este următoarea:

- Dacă nivelul de apă este mai mic decât Refmin în ambii senzori, pompa va funcționa cu frecvență maximă  $f_{max}$ . Acest lucru se estimează că se va întâmpla atunci când se inundă canalul de apă sau în cazul unei evaporări intense.
- Dacă pompa operează cu frecvență redusă, condiția ca să fie oprită este ca nivelul de apă să depășească limita maximă (Refmax) în ambii senzori.
- dacă pompa este oprită (OFF), condiția de a o porni (ON) este ca nivelul de apă să scadă sub referința minimă (Refmin) într-un senzor sau în ambii senzori. În primul caz, pompa este activată cu frecvență redusă, iar în cel de-al doilea caz cu frecvență maximă.

Soluția de telemetrie propusă în cadrul acestei lucrări presupune vehicularea informațiilor dinspre PLC către SCADA prin intermediul tehnologiei GSM.

## 5. Arhitectura sistemului de management al irigațiilor pentru agricultura de precizie

Sistemul de telemetrie și automatizare propus în continuare vizează o monitorizare atentă a parametrilor esențiali pentru cultură, dar și

un sistem de automatizare care să permită controlul irigațiilor într-o manieră care să reducă consumul de energie electrică. Din analiza sistemelor existente și a tendințelor la nivel mondial, se propune arhitectura de sistem de conducere din figura 8, ce include:

- O stație de măsurare evoluată de tip Adcon, cu unitate RTU, panou solar și acumulatori, pentru operare autonomă, pentru achiziția parametrilor de câmp și cu posibilitate de transmitere a comenzilor la echipamentele de acționare;
- Elemente de acționare;
- Un sistem SCADA (o stație SCADA Master (HMI) și mai mulți clienți) care, pe baza datelor de proces și a predicțiilor meteorologice, ia decizii în cazul programării irigațiilor.

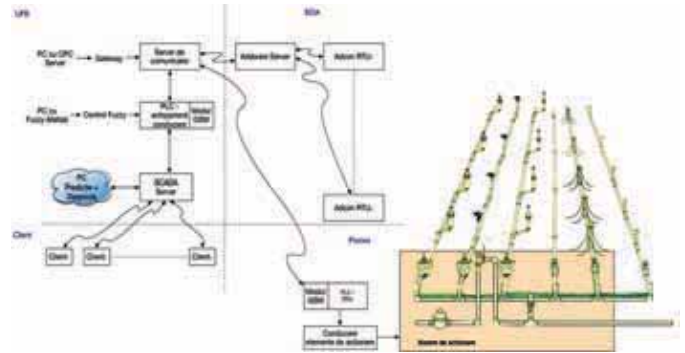


Fig 8. Arhitectura sistemului de conducere

Telemetria pentru sistemul propus este realizată cu o stație Adcon care va măsura parametrii de câmp (umiditatea solului și a aerului, temperatura solului și a aerului etc). Acești parametri vor fi transmiși către sistemul SCADA prin intermediul unui RTU și a unui server de comunicație. Pentru conectarea acestor elemente cu PC-ul sunt necesare conexiuni de tip OPC, prin intermediul unui Gateway (ex. IoT 2020). Comanda și reglarea automată se realizează prin intermediul unor PLC-uri care implementează algoritmi de conducere și dau comandă către elementele de acționare. Comunicația se realizează prin intermediul unor module GSM astfel încât să se reducă complexitatea fizică a rețelei (a cablajelor). Algoritmi de reglare de tip fuzzy vor fi calculați în Matlab și transmiși spre implementare către un PLC care permite controlul fuzzy [24].

Funcțiile sistemului SCADA (reglare, predicție, diagnoză) vor fi realizate pe un calculator PC care dispune de mijloacele de conectare bidirecțională cu serverul SCADA, respectiv cu PLC-ul. Acesta va avea mai mulți clienți în funcție de numărul de utilizatori/beneficiari ai sistemului de telemetrie și automatizare.

Echipamentele de acționare (pompe, vane) au un consum redus de energie în scopul asigurării unei eficiențe crescute a sistemului.

## 6. Concluzii

Sistemele de management al irigațiilor utilizate în agricultura de precizie ar trebui să răspundă necesităților de apă în vederea creșterii productivității culturilor. Studiul a prezentat mai întâi principalii parametri ce trebuie monitorizați în vederea obținerii unei eficiențe ridicate a sistemului de automatizare. Pentru a elabora o arhitectură optimă din punct de vedere energetic și economic, s-au studiat sistemele de conducere automată pentru irigarea prin picurare și prin scurgere la suprafață implementate cu succes în domeniul agricol la nivel mondial.

Sistemul de telemetrie și automatizare propus este compus din 3 componente principale: SCADA, echipamente de acționare și stația de telemetrie. Funcțiile de conducere, predicție și diagnoză asigură o eficiență crescută a irigațiilor, atât din punct de vedere energetic, dar și agricol prin creșterea productivității și prin reducerea riscuri-

lor de boli la plantație. Sistemul de comunicație bidirecțional propus este simplu de implementat.

Soluția prezentată are un consum foarte redus de energie, costuri mici de administrare, scalabilitate, dar și funcții de prognoză și diagnostică care conduc la un impact tehnic important și la un potențial ridicat de comercializare.

## 7. Bibliografie

- [1] G. Rasul, Q.Z. Chaudhry, A. Mahmood, K. W. Hyder, "Effect of temperature rise on crop growth and productivity", *Pakistan Journal of Meteorology*, Volue 8, Issue 15, 2011
- [2] „Effect of temperature on crop production”, <http://pstustudy.blogspot.ro/2010/08/effect-of-temperature-on-crop.html>, , Accessed on 1 april 2017
- [3] K. Bellingham, „The Role of Soil Moisture on our Climate, Weather and Global Warning”, <http://www.soilsensor.com/climatechFigure1-Proposed-telemetry-systemange.aspx>, Accessed on 1 april 2017
- [4] I. Korvath, B. H. M. Gerritsen, „Cyber-Physical Systems: Concepts, Technologies and implementations principles”, Karlsruhe, Germany, 2012
- [5] T. Prichard, "Vineyard Irrigation Systems", Pages 57 - 63 in: Raisin Production Manual. University of California Agricultural and Natural Resources Publication 3393, Oakland, CA
- [6] M. Nabil, "Interaction Of Advanced Scientific Irrigation Management (Asim) With I-Scada System For Efficient And Sustainable Production of Fiber on 10,360 Hectares", *Resource Magazine* March/April 2014.
- [7] I. Mareels, E. Weyer, S. K. Ooi, M. Cantoni, Y. Li, G. Nair, „Systems engineering for irrigation systems: Success and challenges”, *Annu. Rev. Control (IFAC)*, vol. 29, pp. 191-204, 2005a

## Mulțumiri

Prezentul studiu a fost realizat în cadrul proiectului NR 82BG/2016 (PN-III-P2-2.1-BG-2016-0387) - "Sistem de Automatizare si Telemetrie Eficient energetic pentru managementul Resurselor în Agricultură de precizie (SA- TERRA)".

- [8] K Kinzli, D. Patterson, R. Oad, N. Shafike, L. Garcia, D. Gensler, "Improving Irrigation System Performance Through Scheduled Water Delivery in the Middle Rio Grande Conservancy District", *Fifth International Conference on Irrigation and Drainage Irrigation for Food, Energy and the Environment Salt Lake City, USCID Fifth International Conference, Utah — November 4-7, 2009*
- [9] L. L. Pfitscher, D. P. Bernardon, L. M. Kopp, M. V. T. Heckler, J. Behrens, "Automatic Control of Irrigation Systems Aiming at High Energy Efficiency in Rice Crops", *2012 8th International Caribbean Conference on Devices, Circuits and Systems (ICDCS)*
- [10] I. Mareels, Su Ki Ooi, D. Aughton, T. Oakes, "Total Channel Control – The value of automation in irrigation distribution systems", *104 Proceedings USCID Vancouver, 2005b*
- [11] Y. Osroosh, R. T. Peters, C. S. Campbell, Q. Zhang, "Comparison of irrigation automation algorithms for drip-irrigated apple trees", *Elsevier Computers and Electronics in Agriculture* 128 (2016) 87–99, ISBN 0168-1699, 2016
- [12] S. Shahidian, R.P. Serralheiro, J.L. Teixeira, F.L. Santos, M.R.G. Oliveira, J.L. Costa, C. Toureiro, N. Haie, R. M. Machado, "Drip irrigation using a PLC based adaptive irrigation system", *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 2012
- [13] <https://extension.illinois.edu/treehouse/clouds.cfm?Slide=3>, Accessed on 1 april 2017
- [14] Winkler A.J., Cook J.A., Kliewer W. M. and Lider L.A., "General Viticulture", University of California Press Berkeley, 1974
- [15] Castia T., Franco M.A., Mattivi F., Muggioli G., Sferlazzo G., Versini G., "Characterization of grapes cultivated in Sardinia : chemometric methods applied to the anthocyanic fraction", *Lavoisier, Paris*, 1992
- [16] G. Naheed, G. Rasul, "Projections of Crop Water Requirement in Pakistan under Global Warming", *Pakistan Journal of Meteorology*, Vol. 7, Issue 13, 2010
- [17] M. Downey, N. Dokoozian, M. P. Krstic, "Cultural Practice and Environmental Impacts on the Flavonoid Composition of grapes: A Review of Recent Research", *American Journal of Enology and Viticulture*, 57: 257-268, 2006
- [18] P. A. Bhosale, Prof. V. V. Dixit, "Water Saving-Irrigation Automatic Agricultural Controller", *International Journal of Scientific & Technology Research* Volume 1, Issue 11, 2012
- [19] "Importance of Water Management in Crop Production", [https://www.indiaagronet.com/indiaagronet/water\\_management/water\\_3.htm](https://www.indiaagronet.com/indiaagronet/water_management/water_3.htm), Accessed on 15 april 2017
- [20] R. Evans, R. E. Sneed, J. H. Hunt, "Irrigation Management Strategies to Improve Water and Energy Use Efficiencies", 1996
- [21] A. Lacasta, M. Morales-Hernandez, P. Brufau, P. Garcia-Navarro, "Simulation of PID control applied to irrigation channels", *Procedia Engineering*, vol 70, 2014, pp 978 – 987
- [22] M. S. Goodchild, K. D. Kühn, M. D. Jenkins, K. J. Burek & A. J. Dutton, "A Method for Precision Closed-loop Irrigation Using a Modified PID Control Algorithm", *Sensors & Transducers*, Vol. 188, Issue 5, May 2015, pp. 61-68
- [23] M.F. Leroux, "Design of an automated irrigation system", *McGill University*, 2005
- [24] R.Ji, L.Qi, Z.Huo, "Design of fuzzy control algorithm for precious irrigation system in greenhouse" in *Computer and Computing Technologies in Agriculture V. CCTA 2011, IFIP Advances in Information and Communication Technology*, vol 370, Springer, Berlin, Heidelberg
- [25] S K Saleem, D K Delgoda, S K Ooi, K B Dassanayake, L Liu, M N Halgamuge, H Malano, "Model Predictive Control for Real-Time Irrigation Scheduling", *IFAC Proceedings Volumes*, Volume 46, Issue 18, August 2013, Pages 299-304
- [26] G. Suciuc et. al, *Unified Intelligent Water Management using Cyberinfrastructures based on Cloud Computing and IoT*, *CSCS* 21, 2017

**IO-Link – we connect you!**

Mai multe produse cu IO-Link de la ifm!

**IO-Link Master**

- 4 porturi IO-Link cu functionalitate deplină V1.1
- 2 porturi Ethernet de 10/100 Mb/s cu switch Profinet
- pregătit pentru SAP datorită **LR AGENT EMBEDDED**

**Sisteme de evaluare a pulsului**

- Mini display vizibil pentru monitorizarea valorilor
- Design compact cu protecție IP 67
- Conversie în comunicație IO-Link a valorilor analogice măsurate

ifm – partenerul tău în sisteme IO-Link.

ifm – close to you!

5 years warranty

Contactează-ne astăzi! 0269 / 224 550  
info.ro@ifm.com www.ifm.com



# Utilizarea formelor de undă PWM pentru acționarea elementelor de execuție aferente sistemelor de reglare automată Cazul actuatorilor electromagnetici

Dr. ing. Lucian PÎSLARU-DĂNESCU, Drd. Ing. Albert ARNAU CUBILLO, INCIE ICPE-CA, București  
SC STRAERO SA, București

## 1. Abstract

In the case of electromagnetic actuators with proportional action, the principle of pulse width modulation P.W.M. can be used to make the electronic control part. The excursion of the mobile equipment depends on the ratio of the duration of the pulse to the signal period P.W.M. The automatic system that uses this principle for controlling proportional actuators has a moving sensor on the reverse loop of the automatic adjustment loop.

## 2. Introducere

În cazul actuatorilor electromagnetici cu acțiune proporțională, principiul modulației în lățime a pulsurilor P.W.M. poate fi utilizat la realizarea părții electronice de comandă. Excursia echipamentului mobil depinde de raportul dintre durata impulsului și perioada semnalului P.W.M. Sistemul de reglare automată ce utilizează acest principiu pentru comanda actuatorilor electromagnetici cu acțiune proporțională prezintă pe calea inversă a buclei de reglare automată un senzor de deplasare a echipamentului mobil. Echilibrul realizat în fiecare moment între forța electromagnetică  $F_{act}$  a actuatorului electromagnetic și forța elastică  $F_{el}$  a unui resort antagonist determină stabilirea unui punct de funcționare stabil. Forța electromagnetică dezvoltată de actuator și implicat deplasarea echipamentului mobil depinde în principal de factorul de umplere  $K_u\%$  a tensiunii de excitație a bobinei, dar și de frecvența de lucru constantă a formei de undă dreptunghiulară.

## 3. Principiul modulației în lățime a pulsurilor P.W.M. utilizat pentru comanda actuatorilor electromagnetici cu acțiune proporțională

Principiul modulației în lățime a pulsurilor este utilizat la realizarea părții electronice de comandă a actuatorilor electromagnetici cu acțiune proporțională, utilizați ca elemente de execuție ale buclelor de reglare automată a proceselor, [1].

Formele de undă de control de tipul P.W.M. (Pulse Width Modulation) reprezintă un semnal dreptunghiular cu o frecvență constantă și o durată variabilă a pulsului.

Valoarea medie R.M.S. a curentului ce trece prin actuator, pentru o frecvență fixată a tensiunii de comandă P.W.M., depinde în principal de factorul de umplere. În acest mod, excursia echipamentului mobil a actuatorului electromagnetic cu acțiune proporțională depinde de raportul dintre durata impulsului și perioada semnalului P.W.M. Astfel, un impuls de durată scurtă determină un curent redus prin actuator respectiv o deplasare mică a echipamentului mobil, în timp ce un impuls de lungă durată determină un curent mai mare precum și o deplasare direct proporțională cu valoarea acestuia. Un generator de semnal P.W.M. utilizat pentru activarea actuatorilor electromagnetici cu acțiune proporțională, având caracteristicile: forma de undă dreptunghiulară, frecvența constantă a tensiunii de ieșire  $f = 24$  kHz, posibilitatea variației factorului de umplere  $K_u$  în intervalul 10% - 90% și amplitudinea maximă  $U_{max} = 24$  Vcc este prezentat în Fig. 1.

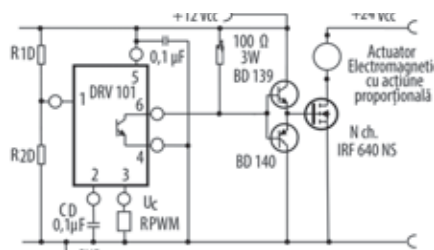


Fig. 1. Generatorul de semnal P.W.M. pentru activarea actuatorilor electromagnetici cu acțiune proporțională.

În figurile Fig. 2., Fig. 3., Fig. 4. și Fig. 5, se prezintă forma impulsurilor dreptunghiulare P.W.M. de la ieșirea generatorului, pentru un factor de umplere de 30%, 36%, 40%, respectiv 66%. Ieșirea generatorului de impulsuri P.W.M. debitează pe impedanța actuatorului electromagnetic. În paralel cu acesta se montează sonda unui osciloscop FLUKE 190. Osciloscopul utilizat deține capabilități digitale, fiind conectat cu calculatorul printr-un port serial RS 232 cu izolare optică. Calculatorul rulează "Fluke View software for Fluke Scope Meter", un software ce permite utilizatorului să transfere formele de undă rezultate către PC. De asemenea, arhivarea formelor de undă, analiza și efectuarea diferitelor calcule, cum ar fi valoarea RMS în cazul studiat sunt posibile. Astfel, s-au obținut următoarele rezultate experimentale sintetizate în Tabelul 1.

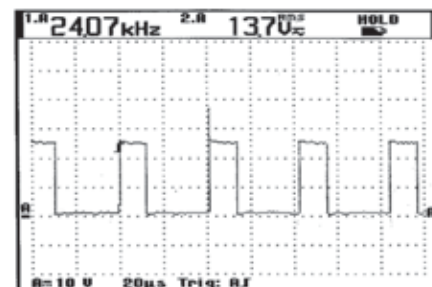


Fig. 2. Forma de undă PWM pentru un factor de umplere de  $K_u=30\%$ .

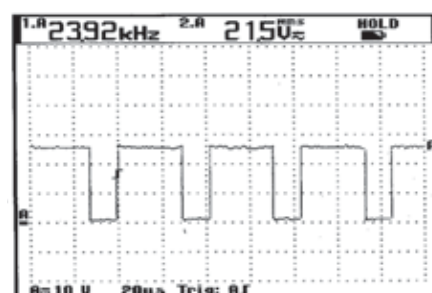


Fig. 3. Forma de undă PWM pentru un factor de umplere de  $K_u=36\%$ .

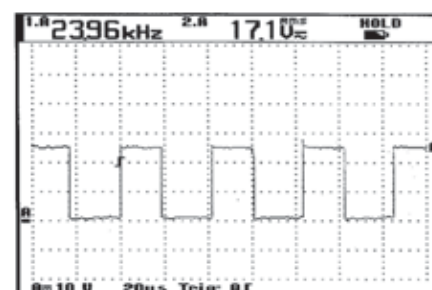


Fig. 4. Forma de undă PWM pentru un factor de umplere de  $K_u=40\%$ .

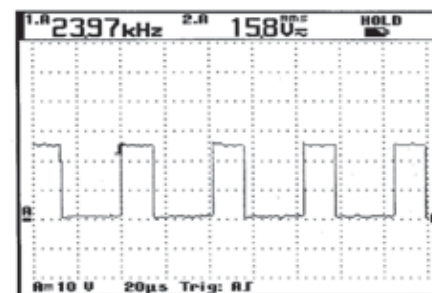


Fig. 5. Forma de undă PWM pentru un factor de umplere de  $K_u=66\%$ .

Tabelul 1. Valoarea medie RMS [V] a tensiunii de la ieșirea generatorului de impulsuri P.W.M. ce se obține pentru diferite valori ale factorului de umplere

Frecvența de lucru [kHz]	Factorul de umplere Ku [%]	Valoarea medie RMS [V]
24 kHz, corespunzătoare unei amplitudini maxime a pulsului de $U_{max} = 24 V$	30	13.7
	36	15.8
	40	17.1
	66	21.5

Factorul de umplere al tensiunii de ieșire care comandă actuatorul electromagnetic cu acțiune proporțională,  $K_u$  [%], este reglabil în funcție de tensiunea de comandă  $U_c$ , Fig. 1 și Fig. 13. Echilibrul realizat în fiecare moment între forța electromagnetică  $F_{act}$  a actuatorului, și forța elastică  $F_{el}$  a unui resort antagonist determină deplasarea echipamentului mobil, [1] precum și stabilirea unui punct de funcționare stabil. Întrucât forța electromagnetică și forța elastică acționează pe aceeași direcție, dar au sensuri opuse, se poate scrie

$$F_{act} = k(x + x_0) \quad (1)$$

unde  $k$  reprezintă constanta elastică a resortului antagonist, iar  $x$  - deplasarea resortului în raport cu poziția de precomprimare  $x_0$ . Forța electromagnetică dezvoltată de actuator și implicit deplasarea echipamentului mobil conform relația 1 depinde în principal de factorul de umplere  $K_u$  a tensiunii de excitație a bobinei, dar și de frecvența de lucru constantă a formei de undă dreptunghiulare. Un alt factor important este amplitudinea maximă a pulsului.



Fig. 6. Actuatorul electromagnetic cu acțiune proporțională.

În Fig. 6 se prezintă actuatorul electromagnetic cu acțiune proporțională, iar în Fig. 7 pozițiile extreme ale echipamentului mobil corespunzătoare unui factor de umplere a formelor de undă PWM de  $K_u=30\%$  respectiv  $K_u=66\%$ .

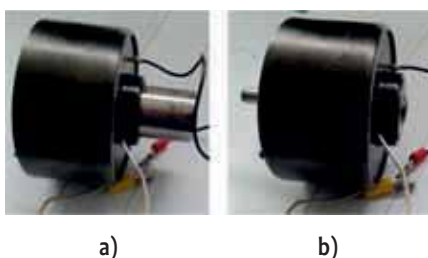


Fig. 7. Pozițiile extreme ale echipamentului mobil al actuatorului electromagnetic cu acțiune proporțională corespunzătoare unui factor de umplere a formelor de undă PWM de a)  $K_u=30\%$  respectiv b)  $K_u=66\%$ .

#### 4. Sistem de reglare automată ce utilizează principiul modulației în lățime a pulsurilor pentru comanda actuatorilor electromagnetici cu acțiune proporțională

Sistemul de reglare automată pentru comanda actuatorilor electromagnetici cu acțiune proporțională, Fig. 8, prezintă câteva particularități, și anume:

elementul de execuție este un dispozitiv electromagnetic cu acțiune proporțională (actuatorul electromagnetic), comandat de un bloc electronic care generează impulsuri modulate în lățime P.W.M.;

pe calea inversă a buclei de reglare automată se află un senzor de deplasare a echipamentului mobil. Senzorul de deplasare este realizat cu un senzor de câmp magnetic Hall fix, având ieșirea liniară în tensiune, de tip AD 22151 Analog Devices, [2] și un magnet permanent din NdFeB mobil, dispus pe axul senzorului Hall, Fig. 8.

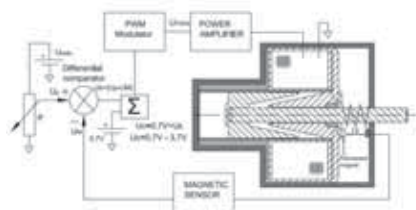


Fig. 8. Sistem de reglare automată pentru comanda actuatorilor electromagnetici cu acțiune proporțională.

În Data Sheet, [2], senzorul de câmp magnetic este prezentat ca având ieșirea liniară, abaterile de neliniaritate (pe porțiunea între 10% și 90% a gamei de măsură) sunt de 0.1% FS iar tensiunea maximă de ieșire este de 93% din tensiunea de alimentare  $V_{cc}$ . La 0 Gauss senzorul Hall utilizat în configurație bipolară, prezintă la ieșire tensiunea  $V_{cc}/2$ , Fig 9. Utilizând un magnet permanent realizat din NdFeB ce prezintă o inducție remanentă de 4300 Gs se poate obține prin poziționarea acestuia pe direcția N-S o tensiune de 0.93  $V_{cc}$  la ieșirea senzorului magnetic Hall, Fig. 9. Funcția de transfer asociată senzorului Hall de câmp magnetic AD 22151, determinată experimental se poate reprezenta ca în Fig. 10.

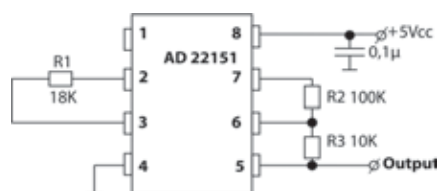


Fig. 9. Schema electronică de încadrare a senzorului de câmp magnetic Hall, utilizat într-o configurație bipolară.

Generatorul de semnal P.W.M. pentru acționarea actuatorilor electromagnetici cu

acțiune proporțională, Fig. 1, utilizează controller-ului de forme de undă PWM, DRV101T, [3], fabricat de către firma Burr-Brown & Texas Instruments. Se observă din Fig. 1, modul diferit de alimentare cu tensiune continuă, a etajului final de putere respectiv a controllerului și a driverului tranzistorului MOS. Astfel, etajul final de putere este alimentat de către o sursă externă de tensiune continuă de +24Vcc ce poate furniza un current maxim de până la  $I_{max} = 6A$ , iar controllerul de forme de undă PWM și circuitele electronice aferente sunt alimentate de către o sursă de tensiune continuă stabilizată de +12 Vcc, [4].

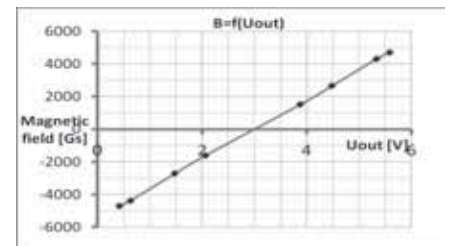


Fig. 10. Reprezentarea grafică a funcției de transfer asociată senzorului Hall de câmp magnetic AD 22151.

Acest mod specific de alimentare cu tensiune continuă permite conectarea oricărui tip de actuator electromagnetic cu acțiune proporțională, singura limitare fiind data de tensiunea drena-sursă a tranzistorului MOS de tip IRF 640 NS canal N, respectiv curentul de drena a acestuia,  $I_D$ , [5].

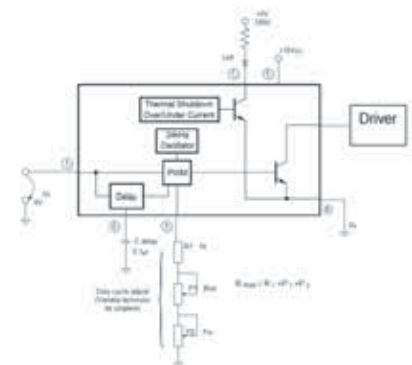


Fig. 11. Controller realizat cu DRV 101T, Burr-Brown & Texas Instruments.

Între grila tranzistorului de putere MOS canal N (comandat cu impulsuri de tensiune), tip IRF 640 NS și ieșirea controllerului DRV101T (pinul 6), Fig 1, se plasează un etaj driver realizat cu tranzistoarele bipolare complementare BD 139 și BD 140 și componentele aferente. În regimul „liniar”, pe intrarea controllerului DRV101T pinul 1, Fig 1 și Fig. 11, se aplică un semnal „1” logic, în logica pozitivă TTL. Numai în acest caz factorul de umplere al tensiunii de comandă, aplicată pe grila tranzistorului de putere MOS canal N este variabil, în limitele  $K_u=10\% - 90\%$ , iar frecvența este constantă,  $f = 24 kHz$ . Se observă

că acest semnal „1” logic în logica pozitivă TTL se aplică intrării microcontrolerului prin intermediul unui divizor de tensiune, realizat cu rezistoarele R1D și R2D, [3], care divizează tensiunea stabilizată de alimentare de 12 VCC, Fig. 1. Variația factorului de umplere reprezintă un mod precis pentru controlul puterii livrate către sarcină. Factorul de umplere este programat prin intermediul rezistorului extern RPWM, [3], conectat între pinul 3 și potențialul de referință, Fig. 1 și Fig. 11. Factorul de umplere Ku poate fi setat de la 10% la 90%, atât prin intermediul rezistorului extern RPWM cât și prin aplicarea unei tensiuni continue de comandă Uc în intervalul 0.75 V – 3.7 V, Tabelul 2. De asemenea, creșterea valorilor rezistorului extern RPWM corespunde cu descreșterea factorului de umplere, [5], Tabelul 2.

Tabelul 2. Variația factorului de umplere în funcție de RPWM sau Uc, pentru TA= +25°C, VS = +24V

Factorul de umplere Ku [%]	Rezistor <sup>(1)</sup> RPWM [kΩ]	Tensiunea de comandă Uc [V]
10	976	3.7
20	205	3.4
30	84.5	3
40	46.4	2.6
50	28.7	2.2
60	18.2	1.75
70	11.8	1.35
80	7.50	1
90	4.87	0.75

(1) Valorile rezistorului enumerate sunt apropiate de valorile standard de 1%.

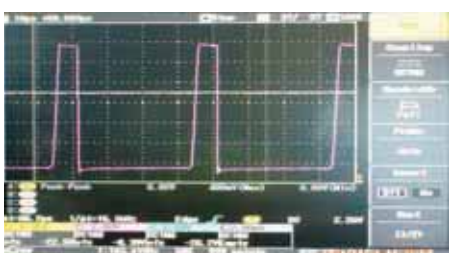


Fig. 12. Forma de undă a tensiunii aplicată pe grila tranzistorului de putere MOS, IRF 640 NS, ce corespunde unui factorul de umplere de Ku = 30%.

În Fig. 12 se prezintă forma de undă a tensiunii aplicată pe grila tranzistorului de putere MOS, IRF 640 NS, corespunzător unui factorul de umplere de Ku = 30%, realizat pentru RPWM= 84.5 kΩ, Fig. 1. Frecvența este constantă, f = 24 kHz.

O caracteristică a controller-ului de forme de undă PWM, DRV101T este capacitatea de a oferi un curent de ieșire constant și apoi de a trece în modul PWM, pentru a economisi energie. Durata acestui proces poate fi controlată din exterior, prin intermediul

unui condensator CD, conectat între pinul 2, și potențialul de referință, Fig. 1 și Fig. 11. De exemplu, timpul de „întârziere” Δt = 100 ms se realizează pentru o valoare a condensatorului CD de 0.1 μF.

În Fig. 13 se prezintă dependența factorului de umplere Ku[%] în funcție de tensiunea de comandă Uc[V] iar în Fig. 14 se prezintă dependența deplasării echipamentului mobil al actuatorului electromagnetic cu acțiune proporțională d [mm] în funcție de tensiunea de comandă Uc[V]. Se observă o variație liniară a deplasării echipamentului mobil în funcție de tensiunea de comandă Uc[V], Fig. 14. Excursia tensiunii de comandă Uc[V] este între 0.75 V și 3.4 V.

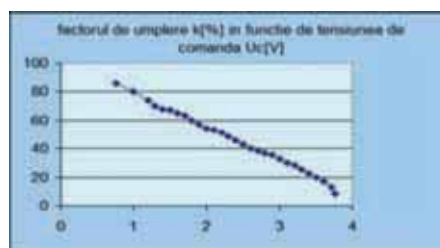


Fig. 13. Dependența factorului de umplere Ku[%] în funcție de tensiunea de comandă Uc[V], [1].

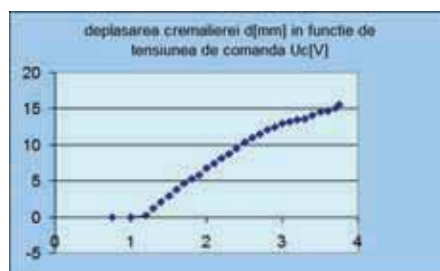


Fig. 14. Dependența deplasării echipamentului mobil al actuatorului electromagnetic cu acțiune proporțională d[mm] în funcție de tensiunea de comandă Uc[V], [1].

## 5. Concluzii

1. Actuatorul electromagnetic cu acțiune proporțională poate fi utilizat ca element de execuție în cadrul sistemelor de reglare automată a proceselor. Acest tip de actuator, prezentat în lucrare, poate realiza deplasări liniare controlate ale echipamentului mobil de până la 25 mm.

2. Utilizând formulele de undă PWM, prin variația factorului de umplere Ku în intervalul 10% - 90% este posibil să realizăm deplasări controlate ale actuatorilor electromagnetici cu acțiune proporțională, ca o consecință a echilibrului realizat în fiecare moment între forța electromagnetică dezvoltată și forța elastică a unui resort antagonist. Compensările prin raport cu o valoare prescrisă a deplasării, datorate histerezisului, variațiilor termice și driftului se pot efectua

prin intercalarea unui senzor de poziție adecvat, montat pe calea inversă a sistemului de reglare automată.

3. Prin utilizarea generatorului de semnal prezentat în lucrare, în scopul activării actuatorilor electromagnetici cu acțiune proporțională se poate asigura și un regim de funcționare oscilatoriu, dacă se renunță la divizorul realizat cu rezistoarele R1D și R2D și se aplică pe pinul 1 un semnal dreptunghiular TTL de o frecvență în intervalul 0.5 - 100 Hz. Masele în mișcare implicate în construcția echipamentului mobil al actuatorului electromagnetic cu acțiune proporțională limitează frecvența la 100 Hz, deoarece introduc inerții mecanice. De asemenea, resortul antagonist introduce atât inerții mecanice cât și constante de timp suplimentare de care trebuie să se țină seama în proiectarea sistemului de reglare automată.

4. Amplitudinea tensiunii vârf la vârf aplicată bobinei de activare a actuatorului electromagnetic cu acțiune proporțională este limitată de tensiunea drenă-sursă a tranzistorului MOS de tip IRF 640 NS canal N, respectiv de curentul de drenă a acestuia, ID. Totuși, în majoritatea aplicațiilor aceasta nu depășește 50 V vârf la vârf.

## Bibliografie:

- [1] Mircea IGNAT, Lucian PASLARU – DANESCU, Ioan PUFLEA, George ZARNESCU, Victor STOICA, Laurentiu CATANESCU, “ACTUATORI ELECTROMAGNETICI”, Editura Electra, 2008, ISBN 978-606-507-015-8.
- [2] \*\*\* Data Sheet AD22151, "Linear Output Magnetic Field Sensor", 2003 Analog Devices, Inc., One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
- [3] \*\*\* Data Sheet DRV 101, "PWM SOLENOID/ VALVE DRIVER", 2009, Texas Instruments Inc., Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265, U.S.A.
- [4] Lucian PÎSLARU-DĂNESCU, Victor STOICA, “Noi tipuri de elemente de acționare electrica/actuatoare cu utilizare în sisteme de reglare automată a proceselor”, Automatizări și Instrumentație, Nr. 3-4, 2012, pp. 24-27, ISSN: 1582-3334.
- [5] Lucian PÎSLARU-DANESCU, Valeriu Nicolae PANAITESCU, Mircea IGNAT, Victor STOICA, “THE USE of the ELECTROMAGNETIC ACTUATORS în DIESEL FUEL INJECTION SYSTEMS WHICH Are EURO 2 and EURO 3 NORM with COMPLIANCE”, 3rd International Conference on Energy and Environment CIEM 2007, 22-23 November, Bucharest, Romania, CD Proceedings of the International Conference on Energy and Environment (CIEM 2007), Section 6, pp. 475-480, ISSN 1454 – 234x, ISBN 978-960-8932-0-5.

# Industrial Internet of Things (IIOT), evoluție sau metamorfoză SCADA ?

Conf. dr. ing. Eugen DIACONESCU, Universitatea din Pitești

De mai mult de 40 de ani, SCADA a contribuit în diferite moduri la monitorizarea și managementul în diverse industrii a unor procese și aplicații cu scopul eficientizării operațiilor și reducerii costurilor. În prezent pare că SCADA și-a atins limitele pe baza dezvoltărilor tehnologice și a soluțiilor tehnice și o altă tehnologie, mai generală și cu posibilități mai mari de extindere este pregătită să o înlocuiască. Seria celor trei generații de SCADA - SCADA local centralizată, SCADA distribuită și SCADA în rețea, este posibil să fie înlocuite sau succedate de a patra generație de SCADA – Internet of Things (IoT) [1]. IoT aduce mai multe lucruri noi în SCADA, dar elementele revoluționare ar putea fi standardizarea și deschiderea. IoT, fiind bazat pe protocoale de comunicație standard, va asigura astfel scalabilitatea, interoperabilitatea și îmbunătățirea securității prin introducerea conceptului de middleware sau platformă IoT.

În consecință soluțiile SCADA fragmentare, proprietare și izolate între ele pot fi înlocuite de standarde deschise (open) de comunicație, iar datele vor fi accesate sau distribuite prin interfețe API standard sau servicii Web. Acest fapt va stimula dezvoltarea aplicațiilor comerciale și a softwareului de analiză bazat pe noul middleware care va fi capabil să colecteze date de la milioane de dispozitive [1]. Acest progres nu va diminua totuși utilitatea unor sisteme SCADA clasice deoarece vor exista suficiente aplicații critice de colectare a parametrilor dintr-o serie de domenii industriale, de exemplu cele cu grad mare de pericolozitate, unde se cere o siguranță mărită. Trecerea la IoT este favorizată de interesul utilizatorilor de a nu mai fi legați de un singur furnizor de SCADA, existând un larg interes pentru soluțiile standardizate, scalabile și inter-operabile, cu componente procurabile dintr-o piață cu mulți producători.

## IoT și IIoT

Există în prezent multe definiții pentru “Internet of Things” și găsirea unei terminologii comune este încă un lucru dificil. Internet of Things (IoT) este definit de ITU și IERC ca o infrastructură de rețea cu capacitatea de auto-reconfigurare bazată pe protocoale de comunicație standard, în care “lucruri” reale și virtuale au identități, atribute fizice și personalități virtuale, utilizează interfețe inteligente și sunt integrate perfect într-o rețea informațională [2]. O altă definiție a IoT este legată de faptul că în cazul său, datele sunt produse și introduse în rețea de mașini, nu de ființele umane ca în majoritatea situațiilor de până acum. De aici apare întrebarea: care este diferența dintre IoT și Big Data (manipulare eficientă a unor volume uriașe de date), sau față de sistemele machine-to-machine (M2M), sau comunicația device-to-device (D2D), sau sistemele cyber-physical (CPS) în care interacțiunea cu lumea reală se face prin intermediul senzorilor și actuatorilor? Un răspuns se poate obține definind IoT ca fiind ceea ce rezultă când se conectează la Internet lucruri care nu sunt operate de ființe umane [3]. O definiție mai simplă poate fi următoarea: “Internet of Things” este o viziune în care fiecare obiect al lumii are potențialul de a se conecta la Internet furnizând date și în același timp poate să obțină date pertinente în mod independent sau prin intermediul altor obiecte conectate [4]. Cantitățile uriașe de date colectate prin IoT (de la senzori, obiecte IP, telefoane inteligente - figura 1, etc.) sunt trimise la servicii centrale bazate pe Cloud unde sunt agregate cu alte date și apoi partajate cu utilizatorii finali pentru a le fi utile. Astfel IoT va îmbunătăți automatizarea în transporturi, magazine, clădiri, industrii, etc.



Fig. 1. Telefoanele inteligente (aici iPhone5s, are 14 senzori) au mai mulți senzori care pot genera date

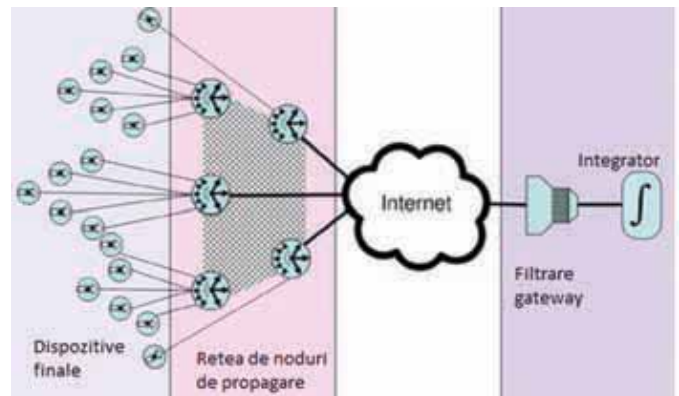


Fig. 2. Structura IoT, după [7]

Arhitectura IoT este încă în dezvoltare. Structura generală din figura 2 este considerată cea mai apropiată de realitate, incluzând dispozitive/obiecte finale, noduri de propagare și funcții de integrare. Dispozitivele/obiectele finale sunt senzori, actuatori, telefoane inteligente, electrocasnice, automobile, etc. Ele transmit sau recepționează cantități mici de date în diferite moduri: conexiune directă, wireless utilizând diferite protocoale, linii de alimentare cu electricitate etc.

Nodurile de propagare asigură transportul și porturile de intrare la Internetul tradițional.

Funcțiile de integrare oferă analiză, control și interfețe adaptate oamenilor spre IoT.

Aplicarea IoT în industria de fabricație (manufacturing) este denumită Industrial Internet of Things – IIoT. Beneficiile vor fi îmbunătățirea conectivității, eficienței, economisirea timpului și a costurilor, mentenanța predictivă, creșterea securității, etc. IIoT va permite managerilor să ia decizii mai bune pe baza vederilor de ansamblu mai precise a producției și procesului industrial/economic. Filozofia din spatele IIoT este bazată pe ideea că mașinile inteligente sunt mai bune decât oamenii în ceea ce privește precizia prelucrării, achiziției și comunicării datelor. În toate industriile, dar în special în fabricație, IIoT poate permite firmelor industriale să rezolve problemele și ineficiențele mai rapid, economisind timp și bani, îmbunătățind controlul, susținând politicile ecologice de mediu, sau contribuind la o mai bună aprovizionare, urmărire și gestionare a resurselor.

Provocările cele mai mari ale IIoT sunt interoperabilitatea și securitatea. Firmele utilizează în prezent sisteme cu arhitecturi și protocoale diferite. Proliferarea senzorilor și a actuatorilor a făcut să crească numărul de vulnerabilități în securitatea datelor și comunicațiilor. În acest context a început o rapidă standardizare a protocoalelor IIoT de încredere, un exemplu cunoscut fiind Message Queueing Telemetry Transport - MQTT, un protocol de comunicație foarte sigur în domeniul IoT.

Există un număr mare de modele pentru IoT cunoscute sub numele de "stive IoT". Pentru IIoT poate fi valabil modelul stivă de niveluri din figura 3 [5]. Trebuie făcută observația: IoT îmbină atât elemente tehnologice din Information technology - IT, cât și din Operation Tehnology - OT.

Tehnologia operațională OT este un concept care a prins contur în ultimii ani și se apropie tot mai mult de de maturitate. OT înseamnă utilizarea echipamentelor hardware și a softwarelui dedicat în scopul detectării sau producerii de modificări proceselor fizice prin monitorizare directă sau control prin PLC-uri, sisteme DCS sau SCADA, CNC-uri, aparatură de achiziții de date și măsurare, acționând asupra actuatorilor de tipul electrovalve, pompe, motoare electrice, etc. OT este prezentă în aproape toate mediile industriale: petrol și gaze, energie și utilități, chimie, tratarea apelor, managementul deșeurilor, transport etc.

Valorificare – colaborare utilizatori consumatori, asigurare servicii procese economice

Aplicații – Rapoarte, statistici, analitice

Stocare și acces date

Agregare date, procesare, transformare – strat de tip gateway

Conectivitate inteligentă – unități de comunicare și procesare

Dispozitive fizice – "lucruri" in IoT

Nivel IT:4, 5, 6  
Bazat pe interogări.  
Stocare date  
Offline

Nivel OT:1, 2, 3  
bazat pe evenimente date în mișcare imp real sau apropiat de timpul real



Fig. 3 Un model simplu de stivă IIoT (prelucrare după [5])



Fig. 4 Structura unei platforme IoT [8]

## Platforme IoT

Pentru a fi utilizată, informația colectată de sutele și miile de dispozitive IoT existente într-un anumit domeniu, trebuie să fie conectată la alte dispozitive și aplicații IoT prin intermediul protocoalelor internetului. Această misiune, de a completa spațiul dintre dispozitivele IoT și rețelele de date, transferând informația în toate direcțiile, este îndeplinită de platformele IoT. O structură de tip platformă, figura 4 [8] poate conține zeci sau sute de servicii pentru managementul dispozitivelor IoT, rețelelor, aplicațiilor, riscurilor, sau unelte software de dezvoltare, de procesare, de analiză a traficului de date, de asigurarea securității, de interfațare, etc.

Câteva exemple foarte cunoscute, funcționale, de platforme IoT sunt următoarele: IBM Watson IoT, Amazon Web Services (AWS) IoT, Microsoft Azure IoT, ThingWorx IoT Platform, Cisco IoT Cloud Connect, Salesforce IoT Cloud, Oracle Integrated Cloud, General Electric Predix, Kaa (Open Source IoT Platform), etc.

Cele mai multe dintre aplicațiile utilizând platforme IoT vor fi dezvoltate în domeniile considerate ca oferind cele mai mari perspective tehnologiilor IoT: sănătate, transport și distribuție, energie și utilități, clădiri inteligente, orașe inteligente, agricultură și bineînțeles, fabricație (manufacturing).

Luînd în considerație și platformele IoT, o stivă IoT se poate descrie sintetic sub forma din Tabelul 1 [4].

Tabelul 1 Un model complex de "Stiva IoT" bazată pe platforme IoT

Aplicații	Aplicații industriale (fabricație, clădiri, infrastructură, energie, etc.)	Managementul securității
	Aplicații la consumatorii casnici (casă, mobilități, etc)	Managementul aplicațiilor
Platforme ale cunoașterii	Interacțiune (vorbitură, gesturi) Învățarea directă/la distanță Cunoaștere/cunoștințe	Managementul serviciilor
Platforme de analiză a datelor ("analytics")	Servicii (domeniul geospațial) Informații pertinente, date concrete (evenimente, raportare) Învățarea/instruirea mașinilor Procesarea fluxurilor de date	Autorizare
		Autentificare
Platforma de bază IoT	Stocare date, filtrare și agregare de date Mesagerie, structuri middleware, protocoale de tip gateway	Simulare
		Securitatea dispozitivelor
Protocoale de comunicație	MQTT, COAPP, DDS, XAMP, IPV5, IPV6, Bluetooth, GSM, ZIGBEE, Modbus, BacNET	Managementul dispozitivelor
		Implementare
Dispozitive IoT	- Dispozitive și componente inteligente: senzori, actuatori, dispozitive încorporate (embedded)	Actualizare Firmware și Software

## Comparație SCADA și IIoT

SCADA și IIoT utilizează concepte și o terminologie oarecum asemănătoare. Sintetic, asemănările și deosebirile existente între SCADA și IIoT sunt prezentate în tabelul 2 [5].

Tabelul 2 Comparație între conceptele și rezultatele aplicațiilor SCADA și IIoT

Concepte/efecte SCADA	Concepte/efecte IIoT
Monitorizare de la distanță	Agregarea datelor
Control supervisor	Analiza predictivă. Determinarea evenimentelor posibil să se întâmple.
Raportare	Analiza când, unde, de ce, ce trebuie făcut
Alarmare/Atenționare	Datele culese creează valori în multe aplicații
Crește autonomia	Validarea unor noi modele de aplicații/afaceri
Scăderea costurilor de operare	Crește numărul de aplicații/afaceri

Definiția sistemelor SCADA oglindește foarte indeaproape principalele elemente ale IIoT/IIoT, ceea ce face să pară că IIoT este de fapt un superset construit și pe realizările SCADA, printre altele. Tipic, componentele SCADA sunt PLC-uri, sau RTU-uri care procesează date; sisteme de telemetrie care funcționează ca o rețea locală sau de arie largă; servere pentru stocarea datelor; aplicații pentru controlul instalațiilor. După zeci de ani de utilizare, aceste sisteme au evoluat pentru a răspunde nevoilor producției de bunuri sau controlului altor instalații, contribuind semnificativ la creșterea a ceea ce azi numim Internet of Things [6]. De fapt, IIoT este un SCADA mai bun, mai rapid și mai ales, mai ieftin. În realitate, în mod esențial viziunea IIoT înseamnă abilitatea de a integra și a analiza date în

moduri noi care au profunde semnificații atât pentru industrie cât și pentru consumatori. Barierele de cost ale softwareului de analiză a datelor au fost înlăturate datorită instrumentelor de analiză și management al datelor bazate pe tehnologiile cloud, componentele open-source și modularizarea softwareului. Practic, se poate vorbi de democratizarea domeniului “analytics tools”, prin care s-a deschis accesul la unelte sofisticate de prelucrare a datelor, altădată greu accesibile datorită costurilor.

IIoT reprezintă mult mai mult decât sistemele SCADA și nu este doar o metamorfoză a acestora deoarece combinația dintre scăderea costurilor dispozitivelor și accesul la puternicele sisteme de analiză a datelor din cloud a creat o oportunitate unică pentru crearea de noi valori. Esențial pentru crearea acestor noi valori este abilitatea sistemelor IIoT de a contextualiza informația, a aduce la suprafață evenimente ascunse, relații, cauzalitate și precursori. Această capacitate plasează IIoT deasupra SCADA [6].

## Referințe

- [1] Thierry Sens, Is IIoT replacing SCADA?, Nokia, 2016
- [2] Ovidiu Vermesan, Peter Friess (ed.), Internet of Things – From Research and Innovation to Market Deployment, River Publishers, Denmark, 2014
- [3] Peter Waher, Learning Internet of Things, PACKT Publishing, 2015
- [4] Naveen Balani, Enterprise IIoT, A Definitive Handbook, <http://naveenbalani.com>, 2015
- [5] Mike Fahrion, Evolving from SCADA to IIoT, 2015
- [6] Eric Rogge, Why IIoT and not SCADA?, Eckerson Group, 2015
- [7] Francis daCosta, Rethinking the Internet of Things - A Scalable Approach to Connecting Everything, Apress, 2013
- [8] Steve Jennis, Industrial IIoT vs. SCADA and M2M, Industrial Internet Energy Summit, Houston, 2015

## TALON ABONAMENT - 2017 Revista AUTOMATIZĂRI ȘI INSTRUMENTAȚIE

Prețul abonamentului pentru anul 2017 la revista AUTOMATIZĂRI ȘI INSTRUMENTAȚIE este de **90 RON + TVA (5%)** inclusiv taxe de expediție. Plata se poate face prin ordin de plată în contul Asociației pentru Automatizări și Instrumentație din România - cod fiscal RO 13289718 cod IBAN RO02RNCB0073049975630001 deschis la BCR - sector 2 sau la sediul Redacției din str. Viesparilor nr. 26, ap. 10, sect. 2 București 020643. Vă rugăm să ne transmiteți la redacție prin fax sau prin poștă datele solicitate mai jos, însoțite de o copie a ordinului de plată (cu ștampila băncii), pentru a vă înregistra ca abonat

S.C.: \_\_\_\_\_  
 Adresa: \_\_\_\_\_  
 obiect de activitate: \_\_\_\_\_  
 nr. cont: \_\_\_\_\_  
 deschis la: \_\_\_\_\_  
 nr. înregistrare la Reg. Com.: \_\_\_\_\_ C.U.I. (Cod fiscal): \_\_\_\_\_  
 Tel.: \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_ e-mail: \_\_\_\_\_  
 Nr. de abonamente: \_\_\_\_\_  
 Nume responsabil (persoană de contact): \_\_\_\_\_  
 Funcția: \_\_\_\_\_

### Vă rugăm să ne comunicați:

- Coordonatele dumneavoastră complete (adresa completă, tel., fax, e-mail) și să menționați dacă doriți factură.
- Sugestiile dumneavoastră privind conținutul revistei și dacă doriți să publicați materiale în revistă.

### Relații suplimentare la:

Tel/Fax: 021 210 50 55, 031 405 67 99  
 de luni până vineri între orele 10 - 17.

### Adresa Redacției:

Str. Viesparilor nr. 26, et. 3, ap. 10,  
 sector 2 București 020643

### Facilități A.A.I.R.:

- Toți membrii A.A.I.R. persoane juridice, care au cotizația plătită la zi, primesc GRATUIT revista AUTOMATIZĂRI ȘI INSTRUMENTAȚIE.
- Firmelor prezente cu materiale publicitare în revista AUTOMATIZĂRI ȘI INSTRUMENTAȚIE li se oferă o serie de facilități, atât în ceea ce privește adresabilitatea revistei, cât și numărul de reviste obținabile (la cerere, în limita disponibilului)



B-dul Basarabia nr.256  
(incinta Republica S.A.) Sector 3,  
cod: 030352 București- ROMANIA  
Tel: +40 31 401 63 01  
Fax: +40 31 401 63 02  
E- mail: office@eastelectric.ro  
Web: www.eastelectric.ro



**AVENTICS**

**EAST ELECTRIC SRL, distribuitor oficial al produselor Aventics în România.**

În anul 2014, divizia de pneumatică s-a detașat de grupul Bosch Rexroth, astfel formându-se noua companie, denumită **AVENTICS GmbH**.

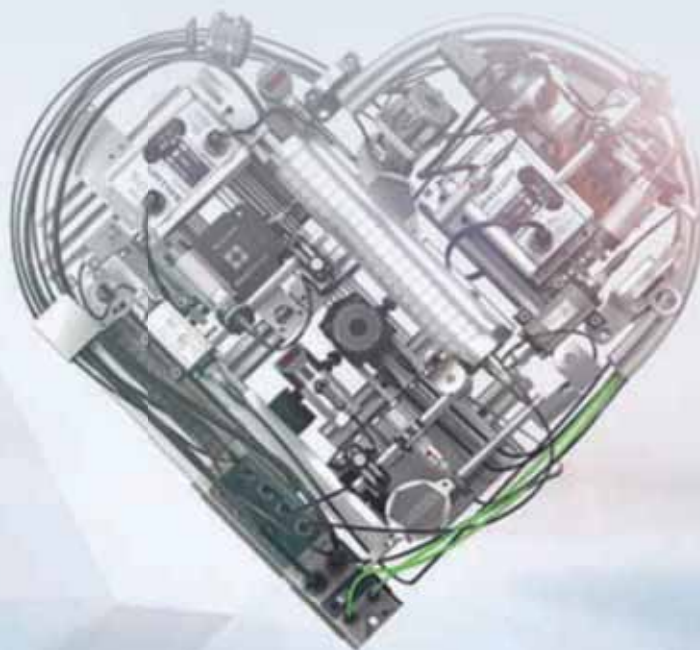
Vechile branduri individuale ce sunt reprezentate de AVENTICS:

**|Wabco | Mecman | Mannesmann Rexroth | Bosch Rexroth |**

**BALLUFF**

**A 4-a revoluție industrială este aici! Sunteți pregatiți?**

Industry 4.0 necesită sisteme inteligente de producție. Ca un partener de încredere în automatizări industriale, lucrăm alături de dvs. pentru a mări eficiența, eficacitatea, performanța și profitabilitatea proceselor dvs.



**S.C. BALLUFF AUTOMATION S.R.L.**

Str. Industriilor, nr. 56, bloc 1, etaj 1  
Sector 3, 032901 București  
Tel: +40 374 926 252  
Fax: +40 374 097 423  
E- mail: office@balluff.com.ro  
Web: www.balluff.ro



Vă așteptăm în Satul de Vacanță  
CampoEuroClub Delta Dunarii  
(www.campoeuroclub.ro),  
parte din grupul de firme  
East Electric SRL



## Experți în automatizări



### Automatizarea - la îndemâna ta!

Soluții inovatoare pentru toate domeniile automatizării industriale:

Senzori de poziție și recunoaștere a obiectelor, senzori pentru fluide și sisteme de diagnosticare, precum și sisteme de identificare, bus și de comandă. Soluțiile sunt adaptate cerințelor specifice industriei, de exemplu pentru aplicații igienice în industria alimentară sau pentru aplicații deosebit de robuste în domeniul utilajelor mobile. Iar datorită IO-Link, senzorii sunt bine pregătiți pentru industria 4.0.

Suntem acolo unde aveți nevoie de noi: lângă dumneavoastră.

ifm – close to you!



[www.ifm.com](http://www.ifm.com)

Telefon: 0269 224 550

