

**APLICAȚII DE AUTOMATICĂ ȘI SCADA
ÎN ENERGETICĂ ȘI MONITORIZAREA
ECHIPAMENTELOR ELECTRICE**

Cercet. Șt. II dr. ing. Marcel NICOLA
Cercet. Șt. II dr. ing. Dumitru SACERDOȚIANU
Cercet. Șt. III drd. ing. Claudiu-Ionel NICOLA

**APLICAȚII DE AUTOMATICĂ
ȘI SCADA ÎN ENERGETICĂ
ȘI MONITORIZAREA
ECHIPAMENTELOR ELECTRICE**



Editura AGIR

București, 2021

ASOCIAȚIA GENERALĂ A INGINERILOR DIN ROMÂNIA

Copyright © Editura AGIR și autorii, 2021
Editură acreditată de CNCSIS

Toate drepturile asupra acestei ediții
sunt rezervate Editurii AGIR și autorilor

Editura AGIR

Calea Victoriei, nr. 118, sector 1,
010093 București;
Tel.: 4021-3168992, 4021-3168993
Fax: 4021-3168992
e-mail: editura@agir.ro; www.agir.ro

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

NICOLA, MARCEL

**Aplicații de automată și SCADA în energetică și monitorizarea
echipamentelor electrice / cercet. șt. II dr. ing. Marcel Nicola, cercet.
șt. II dr. ing. Dumitru Sacerdoțianu, cercet. șt. III drd. ing. Claudiu-Ionel
Nicola. - București : Editura A.G.I.R., 2021**

Conține bibliografie

ISBN 978-973-720-836-1

I. Sacerdoțianu, Dumitru

II. Nicola, Claudiu-Ionel

004

REFERENȚI ȘTIINȚIFICI:

Prof. dr. ing. Gheorghe MANOLEA, MC-ASTR

Prof. dr. ing. Dan SELIȘTEANU

Prof. dr. ing. Cosmin IONETE

Îngrijire editorială: **Mihaela MARIUȚĂ**

Coperta: ing. **Ion MARIN**

Bun de tipar: 18.03.2021
ISBN 978-973-720-836-1



Cercet. Șt. II dr. ing. Marcel NICOLA născut în Craiova, absolvent (1995) al Universității din Craiova, Facultatea de Automatică, Calculatoare și Electronică. Masterat (1997) și Doctorat (2004) în Automatică la Universitatea din Craiova. Principalele domenii de interes: automatizări și software industrial, sisteme SCADA, modelări matematice și simulări numerice, teoria sistemelor automate cu saturație și întârziere, electric drives control and optimizations. În perioada 1997 – 2009 inginer la INCDE-ICEMENERG Sucursala Craiova, Cercetător științific principal gradul II din 2006. În perioada 2005 – 2009 Șef Laborator Automatizări și Calculatoare și Locțiitor Director Sucursală. În perioada 2006 – 2007 Director Adjunct al Sucursalei Craiova a Asociației pentru Automatizări și Instrumentație din România (AAIR). Din 2009 la Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare și Încercări pentru Electrotehnică – ICMET Craiova. Din 2020 ocupă funcția de Director Științific și Președinte al Consiliului Științific la ICMET Craiova. Între 2011 și 2015 Cadru didactic asociat la Universitatea din Craiova, Facultatea de Automatică, Calculatoare și Electronică și membru în Consiliul Școlii Doctorale de Inginerie Electrică din 2021. Număr total de lucrări științifice, proiecte de cercetare științifică și dezvoltare tehnologică: 269, din care 129 articole (41 ISI, IF > 7), 5 cărți și 117 proiecte de cercetare științifică și dezvoltare tehnologică. Brevete de invenție/CBI – 4. Premii, diplome și medalii naționale/internaționale – 13. Este membru în Asociația Generală a Inginerilor din România (AGIR) și Societatea Româna de Automatică și Informatică Tehnică (SRAIT). Este Editorial board memberships al jurnalului Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal, ASTEJ, USA, din 2017, și Verified reviews pentru jurnalele: IEEE Acces, IEEE International Power Electronics and Motion Control Conference, Engineering Science and Technology, an International Journal (WOS), Materials Today: Proceedings.



Cercet. Șt. II dr. ing. Dumitru SACERDOȚIANU născut în Drăgășani, județul Vâlcea, absolvent al Universității din Craiova, Facultatea de Inginerie Electrică (1985) și Master „Calitatea energiei electrice și Compatibilitate Electromagnetică în Sisteme Electrice”. A obținut titlul de doctor în Științe ingineresti, domeniul Inginerie Electrică (2010), la Universitatea din Craiova. Este cercetător științific gradul II la Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare și Încercări pentru Electrotehnică – ICMET Craiova, autor a peste 110 lucrări științifice și proiecte de cercetare, din care: 25 lucrări ISI, 38 lucrări BDI publicate și prezentate la manifestări științifice naționale și internaționale în domeniul ingineriei electrice, 3 cărți și peste 50 proiecte de cercetare științifică și dezvoltare tehnologică, 5 brevete. Diplome și medalii de aur și argint la Saloanele internaționale de invenții de la Bruxelles, Budapesta, Zagreb, Cluj Napoca, Iași și București – 15. A conceput și realizat echipamente destinate monitorizării unităților de transformare, detensionării prin vibrații și controlului proceselor industriale. Domenii de interes: concepția și realizarea echipamentelor destinate monitorizării funcționării echipamentelor electroenergetice și electrice, detensionarea prin vibrații a structurilor metalice, măsurări electrice și electronice. Este membru în Asociația Generală a Inginerilor din România (AGIR).



Cercet. Șt. III drd. ing. Claudiu-Ionel NICOLA născut în Craiova, absolvent (2003) al Universității din Craiova, Facultatea de Automatică, Calculatoare și Electronică. Masterat (2011) în Automatică Sistemelor Complexe la Universitatea din Craiova. Din octombrie 2018 este student doctorand în cadrul Școlii Doctorale „Constantin Belea” la Universitatea din Craiova. Din ianuarie 2007 este angajat al Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare și Încercări pentru Electrotehnică – ICMET Craiova în cadrul Diviziei de Cercetare-Dezvoltare.

Cercetările de interes sunt modelarea și simularea sistemelor și proceselor, conceperea și implementarea soluțiilor software și hardware în cazul sistemelor de achiziție de date pentru aplicații de monitorizare și control, precum și, software pentru integrarea în sisteme SCADA. Cercetător științific III, este autorul a peste 80 de lucrări științifice publicate în reviste ISI sau BDI și în volume ale conferințelor naționale sau internaționale (36 ISI, IF > 6), a unui brevet de invenție și 3 diplome și premii naționale/internaționale. Este membru în Asociația Generală a Inginerilor din România (AGIR) și Societatea Română de Automatică și Informatică Tehnică (SRAIT).

CUVÂNT ÎNAINTE

Pornind de la lucrarea „Sisteme SCADA pentru monitorizarea echipamentelor electrice” publicată în urmă cu un deceniu de același nucleu de autori, în această lucrare se prezintă 30 de aplicații de automată și SCADA, din domeniul energetic și al echipamentelor electrice. Dacă în prima lucrare s-au prezentat conceptele teoretice și doar două aplicații practice, în prezenta lucrare autorii și-au propus să prezinte doar aplicații practice realizate în ultimele două decenii, componenta teoretică fiind apelată în bibliografia fiecărei aplicații. Menționăm că aplicațiile prezentate au fost realizate de către autori de-a lungul timpului în cadrul colectivelor în care și-au desfășurat activitatea de cercetare, autorii realizând alegerea structurilor hardware și implementarea software a programelor necesare îndeplinirii caietelor de sarcini impuse de beneficiari. Majoritatea acestor aplicații au fost puse în funcțiune și date în exploatare către beneficiari de tipul companiilor naționale din domeniul electroenergetic. Celelalte aplicații au fost testate în laboratoarele INCDIE-ICMET Craiova în cadrul unor proiecte naționale de cercetare. Implementarea acestor aplicații, împreună cu urmărirea în timp a funcționării în vederea optimizării a durat în unele cazuri câțiva ani și este rodul unor eforturi susținute imperios necesare în activitatea de cercetare. Nu este lipsit de importanță faptul că majoritatea soluțiilor implementate au reprezentat premiere la momentele respective în ceea ce privește hardware-ul și software-ul utilizat, dat fiind faptul că în majoritatea aplicațiilor se făcea trecerea de la epoca automatizării prin relee la automatizarea bazată pe calculatoare de proces, iar cerințele exprese ale beneficiarilor erau de aliniere la nivel mondial a obiectivelor automatizate.

Prin enumerarea de termeni tehnici/cuvinte cheie care se regăsesc în cele 30 de aplicații prezentate, sperăm să declanșăm interesul cititorului, dat fiind faptul că acești termeni se regăsesc în domenii ca automată, comunicații de date, tehnologia informației și a calculatoarelor, inginerie electrică și energetică. Astfel, dintre acești termeni amintim: SCADA, HMI, OPC-UA, tehnologia Microsoft DCOM, DataSocket Server, Servere I/O Modbus LabVIEW, NI-PSP, Fuzzy Logic, Gmail server, MySQL, JSON, Web server, Cloud database, ZigBee, SIL, filtru Kalman, VSR, LQR, Wavelet Transform, filtru Daubechies, transformata Hilbert, ARX, ecuația Riccati, aproximația Padé, FPGA, DGA, Fanuc TCP/IP, PROFIBUS, mașină de inferență, baze de fapte și reguli, CLIPS, Matlab/SIMULINK, Ziegler-Nichols, CANopen, MRAC, PLL, SPWM, FOC.

Lucrarea de față încearcă să acopere un gol în literatura tehnică din țara noastră în ceea ce privește prezentarea de aplicații din tematica sus amintită. Aplicațiile prezentate, deși sunt eterogene, au fost grupate, în ordinea prezentării, în aplicații din hidroenergetică (automatizarea și monitorizarea serviciilor proprii și generale pentru hidrocentrale, automatizarea instalațiilor de acționare electrică, hidraulică și de încălzire a stăvilor cu clapetă de pe barajele din hidrocentrale și controlul temperaturii generatoarelor hidroagregatelor), aplicații din termoenergetică și stații electrice (reglarea temperaturii la cuptoarele de calcinare, monito-

rizarea conductivităților electrice și a debitelor bazinelor de tratare chimică a apei din termocentrale, calculul și monitorizarea entalpiei și energiei termice la cazane termice, modernizarea surselor de alimentare de rezervă din stațiile electrice, teleconducerea și integrarea în SCADA a stațiilor electrice).

Se prezintă și o serie de aplicații individuale privind automatizarea procesului de trecere la nivel cu calea ferată și integrarea în SCADA, automatizarea instalației de uscarea cu vapori de kerosin, monitorizarea bazată pe amprenta acustică pentru procesul de sertizare a izolatoarelor compoziți, detecția scurgerilor prin conducte utilizând tehnica emisiilor acustice bazat pe funcția de cross-corelație, detensionarea prin vibrații controlate a pieselor metalice cu tensiuni interne reziduale utilizând transformata Wavelet, integrarea în SCADA a aplicațiilor pentru controlul proceselor industriale, monitorizarea stării cablurilor electrice, monitorizarea stării echipamentelor electrice în special a transformatoarelor de putere, prin automatizarea sistemului de răcire al acestora, determinarea temperaturii de hot-spot și estimării stării de defect pe baza analizei gazelor dizolvate utilizând logica fuzzy.

De asemenea, în ceea ce privește analiza calității energiei electrice se prezintă o aplicație bazată pe un sistem embedded Compact-RIO și module FPGA folosind transformata Wavelet. O aplicație aparte o reprezintă problema cuburilor, transformarea configurației inițiale în cea finală, cu generarea automată a traiectoriei unui braț manipulator în coordonate carteziene, problemă prezentă în automatizările discrete, în operațiile de paletizare și sortare piese.

O altă aplicație se referă la controlul acționărilor electrice cu motoare asincrone în care se prezintă controlul acționărilor electrice multimotor cu dinamică ridicată, cu modificări rapide ale cuplului și vitezei, cu cuplaj rigid sau flexibil al motoarelor, cu strategia de control de tip Field Oriented Control (FOC) pentru fiecare acționare și control distribuit în rețeaua locală de comunicații utilizând protocolul CANopen. Tendința generală este de a utiliza motoare asincrone cu rotor în scurtcircuit (inclusiv în industria minieră de suprafață din care este selectată aplicația prezentată), datorită avantajelor acestui motor atât în ceea ce privește proiectarea, cât și funcționarea. Pentru a obține viteză variabilă, se utilizează convertoare de frecvență statice cu control sensorless, unde viteza este estimată folosind un estimator de tipul Model References Adaptive System Estimator (MRAS). Sistemul global de control propus în această lucrare conține un estimator de tip MRAS împreună cu controlere de tip PI, care asigură o performanță dinamică bună dar într-o complexitate mai mică a structurii astfel încât să fie implementate în timp real într-un sistem de control distribuit cu DSP într-o rețea locală utilizând protocolul CANopen cu avantaje în ceea ce privește tehnologia software, precum și costul de control și flexibilitatea utilizării. Urmând aceste direcții, o aplicație funcțională a fost implementată și testată în practică.

Aplicațiile prezentate înglobează soluții concrete verificate în practică prin implementarea de software în echipamente ale marilor producători mondiali: Siemens, GE Fanuc, National Instruments, Saia Burgess, Microchip etc. Pentru a evita redundanța în expunere (deși fiecare aplicație poate fi studiată individual), în

unele aplicații s-au prezentat preponderent arhitecturile și structurile hardware alese ca soluție, în timp ce alte aplicații s-au axat pe prezentarea implementării software și/sau pe prezentarea simulărilor numerice. Mediile de programare software folosite sunt de cel mai înalt nivel, dintre care enumerăm: Cimplicity, WinCC, LabVIEW, Visual Studio, Matlab/SIMULINK, MPLAB IDE, Instruction List – limbaj de asamblare etc. Explicațiile privind soluțiile alese pentru implementarea practică a aplicațiilor sunt generoase, și însoțite de peste 450 de figuri.

Deși soluțiile aplicațiilor prezentate pot fi îmbunătățite și în mod evident versiunilor software și structurilor hardware utilizate trebuie „aduse la zi”, valoarea metodologică a soluțiilor pentru aplicațiile prezentate se păstrează, iar aceste soluții pot constitui atât un punct de plecare cât și o variantă viabilă și verificată pentru abordările ulterioare ale aplicațiilor prezentate. Astfel, lucrarea se adresează unui public larg, de la studenți, masteranzi și doctoranzi, până la cercetători seniori din domeniile vizate.

Autorii mulțumesc tuturor colaboratorilor și celor care le-au oferit sprijin și indicații în rezolvarea și punerea în practică a aplicațiilor prezentate. Dat fiind faptul că aceste aplicații au fost realizate în primele două decenii ale acestui mileniu, este greu de adresat mulțumiri individuale tuturor colaboratorilor, astfel că sperăm că suntem înțeleși și cuprindem un număr cât mai mare dintre aceștia, când ne adresăm mulțumirile și sincere recunoștințe colectivelor de cercetare din cadrul Institutelor Naționale de Cercetare INCDIE-ICMET Craiova și INCD-ICEMENERG (Sucursala Craiova), dar și cadrelor didactice ale Facultăților de Automatică, Calculatoare și Electronică și Inginerie Electrică din cadrul Universității din Craiova. De asemenea, mulțumim firmelor partenere și beneficiarilor din cadrul companiilor naționale din domeniul electroenergetic cu care am colaborat în acest timp pentru implementarea aplicațiilor prezentate.

Craiova, februarie 2021

Autorii

FORWORD

Starting from the paper titled “SCADA systems for electrical equipment monitoring” published a decade ago by the same nucleus of authors, this paper presents 30 automation and SCADA applications, in the field of energy and electrical equipment. While the theoretical concepts and only two practical applications were presented in the first paper, in this paper the authors set out to present only practical applications achieved during the last two decades, the theoretical component being referred to in the bibliography section of each application. We specify that the presented applications have been achieved by the authors over time as part of the teams with whom they carried out their research activities, and the authors carried out the selection of the hardware structures and the software implementation of programs necessary to meet the specification required by beneficiaries. Most of these applications have been put into operation and commissioned to beneficiaries such as national power companies. The other applications were tested in the laboratories of the National Institute for Research, Development and Testing in Electrical Engineering-ICMET Craiova as part of national research projects. The implementation of these applications, together with the tracking of the operation over time, aiming at optimization lasted in some cases for several years and is the result of sustained efforts which are imperative for the research activity. It is not unimportant the fact that most of the implemented solutions were premieres at that moment, in terms of the hardware and software used, considering that, for most applications there was a transition from the era of relay-based automation to process computer-based automation, and the express requirements of the beneficiaries aimed for the alignment of the automated objectives worldwide.

By listing the technical terms/keywords mentioned in the 30 applications presented, we hope to spark the reader's interest, given that these terms are mentioned in areas such as automation, data communications, information and computer technology, electrical and power engineering. Thus, among these terms we mention: SCADA, HMI, OPC-UA, Microsoft DCOM technology, DataSocket Server, ModV LabVIEW I/O servers, NI-PSP, Fuzzy Logic, Gmail server, MySQL, JSON, Web server, Cloud database, ZigBee, SIL, Kalman filter, VSR , LQR, Wavelet Transform, Daubechies filter, Hilbert transform, ARX, Riccati equation, Padé approximation, FPGA, DGA, TCP/IP Fanuc, PROFIBUS, inference machine, facts and rules, CLIPS, Matlab/SIMULINK, Ziegler-Nichols , CANopen, MRAC, PLL, SPWM, FOC.

This paper tries to span a gap in the technical literature in our country in terms of presenting applications on the above mentioned topic. The applications presented, although heterogeneous were grouped, in the order of their presentation,

under hydropower applications (automation and monitoring of its own and general services for hydroelectric power plants, automation of electrical, hydraulic and bear-trap dams on dams in hydropower plants and the temperature control of the generators of hydro-aggregates), applications in thermal power and electric sub-stations (regulation of temperature in roasting furnaces, monitoring of electrical conductivities and flow rates of chemical water treatment tanks in steam power plants, calculation and monitoring of enthalpy and thermal energy in boilers, modernization of backup power supply of electric sub-stations, telecontrol and integration of electric sub-stations into SCADA).

It also presents a series of individual applications on the automation of the level crossing process and integration into SCADA, the automation of the kerosene vapor drying installation, acoustic fingerprint monitoring for the composite insulator crimping process, pipe leakage detection using the acoustic emission technique based on the cross-correlation function, controlled vibration stress relief of metal parts with residual internal stresses using the Wavelet transform, the integration into SCADA of applications for the industrial process control, monitoring of electrical cables, the monitoring of electrical equipment, especially power transformers, based on the automation of their cooling system, the determination the hot-spot temperature and the assessment of the fault condition based on the dissolved gases analysis using the fuzzy logic.

Also, in terms of power quality analysis, an application based on an embedded Compact-RIO system and FPGA modules using the Wavelet transform is presented. A special application is the problem of cubes, the transformation of the initial configuration into the final one, with the automatic generation of the trajectory of a manipulator arm in Cartesian coordinates, a problem which occurs in discrete automations, in palletizing and parts sorting.

Another application relates to the control of electric drives with asynchronous motors, which presents the control of high-dynamic multi-motor electric drives, with fast changes in torque and speed, with rigid or flexible coupling of motors, with Field Oriented Control (FOC) strategy for each drive and control distributed in the local communications network using the CANopen protocol. The general tendency is to use asynchronous motors with short-circuited rotors (including in the surface mining industry from which the presented application is selected), due to the advantages of this motor, both in terms of design and operation. To obtain variable speeds, static frequency converters with sensorless control are used, where the speed is estimated using an estimator such as the Model References Adaptive System Estimator (MRAS). The global control system proposed in this paper contains an MRAS type estimator together with PI-type controllers, which ensures a good dynamic performance, but with a lower complexity of the structure, in order for them to be implemented in real time in a control system distributed by DSP in a local network using the CANopen protocol with advantages in terms of the software technology, as well as the cost of control and flexibility of use. By following these directions, a functional application has been implemented and tested in practice.

The presented applications include concrete solutions, verified in practice by implementing software into equipment of major world manufacturers: Siemens, GE Fanuc, National Instruments, Saia Burgess, Microchip etc. To avoid presentation redundancy (although each application can be studied individually), mainly the architectures and hardware structures selected as solutions were presented in the case of some applications, while other applications focused on the presentation of the software implementation and/or the presentation of numerical simulations. The software programming environments used are of the highest level, among which we mention: Cimplicity, WinCC, LabVIEW, Visual Studio, Matlab/SIMULINK, MPLAB IDE, Instruction List – assembly language etc. The explanations regarding the solutions selected for the practical implementation of the applications are generous, and accompanied by over 450 figures.

Although the solutions of the presented applications can be improved and obviously the software versions and the hardware structures used need to be “updated”, the methodological value of the solutions for the presented applications is maintained, and these solutions can be both a starting point and a viable and verified option for subsequent approaches to the applications presented. Thus, the paper is addressed to a wide audience, from undergraduates, MSc. and PhD students, to senior researchers in the fields concerned.

The authors would like to thank all the collaborators and those who offered their support and guidance in solving and implementing the applications presented. Given the fact that these applications have been achieved in the first two decades of this millennium, it is difficult to give individual thanks to all collaborators, therefore we hope that they would understand us and we will include as many of them as possible when we address our thanks and sincere gratitude to the research teams within the National Research Institutes ICMET Craiova and ICEMENERG (Craiova Branch), as well as the teachers of the Faculties of Automatics, Computer Science and Electronics and Electrical Engineering within the University of Craiova. We would also like to thank the partner companies and beneficiaries in the national companies in the field of electric power with which we collaborated during this time for the implementation of the presented applications.

Craiova, February 2021

The authors

CUVINTE CHEIE ȘI ABREVIERI

SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition/Sistem de Control, Supraveghere și Achiziție de Date
HMI – Human Machine Interface)
OPC-UA – OLE-Object Linking and Embedding for Process Control - Unified Architecture
tehnologia Microsoft DCOM – Distributed Component Object Model
DataSocket Server
Servere I/O Modbus LabVIEW
NI-PSP – NI Publish and Subscribe Protocol
LabVIEW – Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench
LabVIEW MathScript RT
LabVIEW Report Generation
LabVIEW DSC – Datalogging and Supervisory Control
LabVIEW Database Connectivity
LabVIEW ActiveX
LabVIEW Real-Time
Instruction List – Limbaj de asamblare
Gmail server
SMTP – Simple Mail Transfer Protocol
SSL – Secure Sockets Layer
MySQL – Structured Query Language
ODBC – Open Database Connectivity
Microsoft UDA – Universal Data Access
Microsoft ADO – ActiveX Data Object
JSON – JavaScript Object Notation
Web server
Cloud database
TDMS – Technical Data Management Streaming
MAX – Measurement & Automation Explorer
NI-DAQmx Application Programming Interface – API
protocolul TCP/IP Modbus
protocol ZigBee – implementare specificații IEEE 802.15.4
NI WSN – NI Wireless Sensor Network
NI Gateway

SIL – Safety Integrity Level
LC – level crossing
AE – Acoustic Emission/Tehnică de emisie acustică
Funcția de cross-corelație
filtru Kalman
VSR – Vibratory Stress Relief
LQR/RLP – regulatorul liniar-patratric
LQG/LPG – problema linear-patratrică-Gaussiană de control
WT – Wavelet Transform/Transformata Wavelet
DWT – Discret Wavelet Transform/Transformata Wavelet Discretă
filtru Daubechies
transformata Hilbert
PRMSD – diferența pătratică medie procentuală
funcție de transfer
ARX – Auto-Regressive with Exogenous
LQR – Linear Quadratic Regulator
ecuația Riccati
aproximația Padé
DGA – analiza gazelor dizolvate
control fuzzy logic
FPGA – Field-Programmable Gate Array
DMA – Direct Memory Access
CompactRIO
RT FIFO – Real Time First-In-First-Out memory buffers
Modbus SMS/GSM
Modbus RTU – Remote Terminal Unit
rețea GPRS
mașină de inferență
baze de fapte și reguli
CLIPS – Language Integrated Production System, A Tool for Building Expert Systems
Matlab/SIMULINK
Ziegler-Nichols
CANopen
MRAC – Model References Adaptive Control
PLL – Phase Locked Loop technique
SPWM – Sinusoidal Pulse Width Modulation
FOC – Field Oriented Control

CUPRINS

1. Sistem de automatizare și monitorizare a serviciilor proprii și generale pentru hidrocentrale.....	19
2. Sistem integrat de automatizare a stavelor cu clapetă de pe barajele din hidrocentrale.....	60
3. Sistem de automatizare a instalației de captare a unei acumulări din barajele hidroenergetice	101
4. Sistem de automatizare a instalației de măsurare nivele și debite pentru hidrocentrale.....	121
5. Sistem de monitorizare a stocurilor de ulei de turbină din hidrocentrale.....	133
6. Sistem de monitorizare a deplasărilor în plan orizontal al barajelor hidrocentralelor	148
7. Automatizarea instalației sistemului de răcire a transformatoarelor de putere.....	158
8. Sistem de măsurare și control al temperaturii generatoarelor hidroagregatelor	173
9. Reglarea temperaturii la cuptoarele de calcinare	205
10. Monitorizarea conductivităților electrice și a debitelor bazinelor de tratare chimică a apei din termocentrale.....	208
11. Calculul și monitorizarea entalpiei și energiei termice la un cazan din termocentrale.....	213
12. Monitorizarea transformatoarelor de putere.....	218
13. Modernizarea surselor de alimentare de rezervă din stațiile electrice.....	238
14. Sistem de teleconducere SCADA pentru o stație electrică de 20kV din cadrul unui baraj hidro	250
15. Sistem pentru automatizarea instalației de uscare cu vapori de kerosin.....	260
16. Sistem automat wireless pentru determinarea temperaturii de hot-spot a transformatoarelor de putere.....	276
17. Automatizarea procesului de trecere la nivel cu calea ferată și integrarea în SCADA	305
18. Dimensionarea bobinelor de reactanță folosind instrumentația virtuală	320
19. Sistem de monitorizare bazat pe amprenta acustică a procesului de sertizare a izolatoarelor compoziți.....	339

20. Detectarea automată a scurgerilor din conducte utilizând tehnica emisiilor acustice și a funcției de cross-corelație	374
21. Sistem de monitorizare a temperaturii de hot-spot a înfășurărilor transformatoarelor de putere folosind senzori cu fibră optică, filtru Kalman și integrare în SCADA.....	390
22. Considerente asupra monitorizării echipamentelor din stațiile electrice și integrarea în SCADA.....	405
23. Sistem de detensionare prin vibrații controlate a pieselor metalice cu tensiuni interne reziduale utilizând Transformata Wavelet.....	431
24. Arhitectura sistemelor SCADA bazate pe servere OPC/Web și integrarea aplicațiilor pentru controlul proceselor industriale.....	449
25. Sistem pentru diagnosticarea defectelor transformatoarelor de putere bazat pe analiza gazelor dizolvate și compușilor furanici utilizând logica fuzzy	469
26. Sistem de monitorizare în timp real a calității energiei electrice bazat pe sistemul embedded Compact-RIO și module FPGA folosind Transformata Wavelet.....	485
27. Sistem de monitorizare a stării cablurilor electrice aeriene.....	500
28. Sistem embedded pentru controlul temperaturii și umidității utilizând filtru de aer/praf la transformatoarele de putere	513
29. Problema cuburilor – transformarea configurației inițiale în cea finală – cu generarea automată a traiectoriei unui braț manipulator în coordonate carteziane.....	534
30. Controlul acționărilor electrice cu motoare asincrone.....	553