

# NECESITY OF TRAINING SCADA SYSTEMS AND THEIR EFFECTS ON THE POWER SYSTEMS IN DEREGULATED ENERGY MARKETS

## NECESITATEA INTRODUCERII SISTEMELOR DE INSTRUIRE TIP SCADA ȘI INFLUENȚA LOR PE PIEȚELE DE ENERGIE DEREGULARIZATE

**Dieter METZ**

University of Applied Science Darmstadt  
Fachbereich Elektrotechnik/Energietechnik  
D 64295 Darmstadt

Tel/Fax: 496151168930; E-mail: dmetz@fbe.fh-darmstadt.de

**Denisa RUȘINARU**

University of Craiova, Electrotechnics Faculty  
B-dul Decebal, 107, 1100-Craiova, Romania  
Tel/Fax: 4.251.436447; E-mail: drusinaru@elth.ucv.ro

**Ion MIRCEA**

University of Craiova, Electrotechnics Faculty  
B-dul Decebal, 107, 1100-Craiova, Romania  
Tel/Fax: +40(0) 4.251.436447; E-mail: imircea@elth.ucv.ro

**Rezumat:** *Lucrarea prezintă configurația și caracteristicile unei aplicații software de tip simulator dinamic de sistem electroenergetic, implementată în cadrul Centrului Regional de Formare Continuă în Domeniul Energetic al Universității din Craiova. Simulatorul, aplicație din familia RESY a firmei specializate REPAS AEG Automation Germania, permite pregătirea profesională a personalului de exploatare din cadrul rețelelor electrice, dar și a studenților, având posibilitatea simulării în timp real a proceselor din sistemul test implementat și a răspunsurilor acestuia la acțiunile utilizatorilor.*

**Keywords:** *sistem electroenergetic, sistem SCADA, simulator software, instruire personal, liberalizare*

**Abstract:** *The paper presents the configuration and the main features of a software application meaning a power system simulator. This one was implemented in the framework of the Regional Center for Continue Training in the Energy Field of University of Craiova. The simulator is a product of REPAS AEG Automation Company Germany. It was designed for a professional training of the utilities specialized persone and has capabilities to simulate on-line the processes of the implemented test system, as well as its reactions following the users acts.*

**Keywords:** *power system, SCADA system, software simulator, personnel training, liberalization*

### 1. Introducere

Tendința actuală înregistrată la nivel mondial în direcția îmbunătățirii calității energiei electrice furnizate reprezintă una din cele mai serioase preocupări ale părților implicate în proces, depunându-se în acest sens, eforturi importante pentru creșterea fiabilității și stabilității sistemelor electroenergetice.

Pe de altă parte, actuala filozofie de funcționare a piețelor de energie deregularizate a impus, după o perioadă de creștere a nivelului calitativ, o reducere a costurilor aferente procesului de furnizare a energiei electrice prin creșterea productivității. În aceste condiții a fost generată o presiune serioasă în sensul reducerii costurilor de personal. Pe acest fundal este evident că numai un personal bine pregătit poate garanta menținerea standardului în acest domeniu la cote ridicate.

Ținând cont de deschiderea piețelor de energie și de tendința de asumare legală a responsabilității, devine deosebit de importantă utilizarea unor instrumente care să pună în evidență eforturile de creștere a calității energiei electrice furnizate. O opțiune pentru aceste instrumente sunt cele de control și cele de instruire de tip SCADA standard, capabile să asigure pregătirea competentă a personalului. Tehnica asistată de calculator a fost utilizată inițial în universități pentru activitatea de pregătire a studenților, dovedindu-se ulterior un instrument eficient și în procesul de pregătire continuă a personalului specializat din domeniul energetic.

Lucrarea urmărește prezentarea principalelor caracteristici ale unui simulator dinamic de instruire în domeniul sistemelor electroenergetice - sistemul SCADA RESY-CIM. Sistemul a fost proiectat și dezvoltat în cadrul unui parteneriat între firma germană repas-AEG Automation și Universitatea de Științe Aplicate din Darmstadt. Variante ale produsului au fost implementate în câteva instituții europene, printre care

### 1. Introduction

The actual international trend for improving of delivered electricity represents without any doubt one of the most serious concerns of all parts implied in delivery process. In this sense there are registered huge efforts that lead to increasing of liability and stability of power systems.

On the other hand, the present philosophy of deregulated energy markets leads, after a period of quality level increasing, to a reduction of those costs associated to the process of electricity delivery by an efficiency enhancing. These conditions stand as the reason of a serious pressure for staff costs reduction. So that it is obviously that only a well-trained personnel can ensure a high level standard in this field.

On the background of deregulation electricity markets there is a reality the tendency of legally assumed responsibilities. So that, utilization of some proper instruments enable to outline the efforts for power quality increasing is of great importance. Feasible options for these ones are the SCADA type control and training instruments, capable to ensure a competent training of the personnel. Last generation computer-assisted techniques were used initially in universities, for teaching purposes, proving later excellent characteristics for the training activity of personnel in the energy field activities.

The present paper refers at the main features of a dynamic training simulator, RESY-CIM SCADA system. This system was designed and developed in the framework of a partnership between REPAS AEG Automation and Fachhochschule Darmstadt. Some versions of this product were implemented in some European institutes, in which is included also the Regional Center for Continue Training in the Energy Field of University of Craiova (RCCTEF).

se numără și Centrul Regional de Formare Continuă în Domeniul Energetic al Universității din Craiova (CRFCDE).

Rețeaua test implementată pe simulator este controlată optimal cu ajutorul unor instrumente complexe, care permit pregătirea personalului prin studiul efectelor unor situații de defect, al unor operații planificate sau având ca scop optimizarea configurației de rețea, considerând și aspectele economice.

## 2. Necesitatea aplicării unui mod de instruire interactiv pe fundalul liberalizării piețelor de energie electrică

Configurația actuală a piețelor de energie europene este rezultatul unui proces inițiat încă de la mijlocul deceniului trecut și aproape finalizat în țările vest-europene. Reglementările europene au creat cadrul care poate permite descentralizarea activităților implicate în procesul de livrare a energiei electrice și libera alegere a furnizorului de servicii de către consumator. Pe de altă parte, în majoritatea țărilor funcționează autorități de reglementare care supervizează asigurarea nediscriminării stabilirii prețurilor asociate transferului. Deși rezultatele procesului de liberalizare sunt diferite, depinzând de momentul inițierii și de condițiile specifice fiecărei țări, obiectivele și cerințele sunt aceleași, mecanismele de piață fiind complet activate [1, 2].

Se urmărește o scădere semnificativă a prețului energiei electrice furnizate. Consecința imediată a acestui obiectiv se face simțită printr-o diminuare a costurilor în zona celor alocate personalului de exploatare, dar și a investițiilor, investitorii fiind interesați în mod natural de o recuperare rapidă a lor și mai puțin de necesitatea unor operații de rețehnologizare. În timp, aceste decizii însă se pot resimți, în ciuda cerințelor impuse prin contracte, printr-o scădere a siguranței în alimentare și a calității energiei furnizate.

Privită sub anumite aspecte, restructurarea sectorului energetic nu este întotdeauna o perspectivă ușor acceptată. Rămâne totuși o certitudine faptul că unitățile implicate în procesul de transport, distribuție și furnizare a energiei electrice încearcă să-și construiască adevărate strategii pentru a face față competiției de pe piețele deschise și în cadrul acestora un personal bine pregătit constituie poate cel mai important capital. Un procent major al investițiilor anterioare și de perspectivă este dedicat asigurării și chiar creșterii siguranței alimentării cu electricitate.

Răspunsurile la întrebări de tipul:

- Cum poate fi crescută eficiența sistemelor energetice ?
- Dar a operatorilor dintr-un sistem ?
- Există strategii de întreținere a rețelei optimizate ?

conduc la ideea că este necesară folosirea unui instrument de instruire care să dezvolte noi aptitudini ale utilizatorului.

De asemenea suprasolicitația componentelor sistemului energetic, precum și scăderea parțială a eficienței ca rezultat al erorilor rețelei impune nevoia de pregătire a dispecerilor.

Scopurile instruirii pot fi diferite, depinzând de caracteristicile rețelei și nivelul de pregătire al echipei. Instruirea presupune exersarea tuturor situațiilor de operare a sistemului energetic sau a adoptării unor măsuri tehnice de modificare a indicatorilor economici.

Identificarea unui eveniment în sistemul controlat și derularea unor ordine adecvate de detectare și control, necesită o experiență avansată din partea operatorilor. Din acest punct de vedere, chiar dacă rata erorilor scade, ea se menține la un nivel periculos, întrucât nu dispare niciodată. În cazul lipsei de experiență, eventualele manevre greșite pot fi foarte costisitoare. De aceea este necesar un număr mare de exerciții, care să pună în evidență alternativele de stare ale sistemului.

The test network implemented by simulator is optimally controlled by complex instruments, that allow the staff training by studying the fault effects, planned operations or different measures for optimization of the network configuration, being taken into account also the economical aspects.

## 2. Necessity of dynamic training instruments in the framework of electricity markets liberalization

The present state of the energy markets in Europe is the result of a process initiated even in the middle of the last decade and almost finished in the West-European countries. The European regulations ensured the background that allows deregulation of power delivery processes and free choice of consumers regarding the service trader. On the other hand, in most of the countries there are regulation authorities supervising the non-discriminatory price and service allocation. Although the results of liberalization process are different from country to country, depending on the start moment of process or national specific conditions, the tasks and requirements are almost the same and the markets mechanisms are activated [1, 2].

There is a strong trend for serious reduction of energy price. An immediate consequence is seen in the area of staff expenses area, as well as in that of the investments, investors being naturally interested in a rapid money recovering and less in system maintenance actions. The future can prove these decisions as inadequately, leading to decreasing of supply continuity and power quality.

Taking into consideration certain aspects, the restructuring of the energy sector is not always an easily accepted perspective.

Even so, there is a fact that all units involved in the power delivery process try to build on proper strategies in order to cope with the challenges of new free energy markets.

In this context, a high level-trained personnel represents maybe the most important capital.

A major percentage of the former and further investments are allocated to ensuring and enhancing of the reliability of supplying.

Questions as:

- How can be increased the efficiency of power systems ?
- How about that of system operators?
- Are there proper strategies for optimal maintaining of the networks?

Found answers that lead to idea of necessity of proper training instruments for developing new operators skills.

Simultaneously, decreasing in network efficiency as results of network components overcharging or malfunctions imposes the need for a good dispatchers training.

The training purposes can differ, depending on the network configuration, voltage level or staff performances. The training process assumes exercising the all categories of system operations or technical measures meaning changing of economic indices.

Identifying of an event in the controlled system and performing an adequate operation for detecting and controlling ask for an advanced operators' experience. From this point of view, even a low rate of errors is dangerous, by its simple existence. In the case of a lack of experience, the wrong operations can be quite expensive. Therefore, a high numbers of exercises for studying the system operational versions are needed for.

Actualmente, din ce în ce mai multe funcții ale rețelelor sunt preluate de automatizări cu interblocaje și funcții software foarte puternice. În ciuda capacităților de control, există totuși și măsurători on-line, precum și un mare număr de operații controlate local. Suportul software pentru operarea sistemului energetic este deci limitat. Ca urmare, este foarte importantă o bună coordonare între centrul de control și elementele rețelei, pentru a preveni neînțelegerile și accidentele. Și în această direcție, pentru a crește profesionalismul pot fi exersate numeroase scenarii.

Așadar, preocupări deosebite au fost orientate către modalitățile prin care poate fi crescută abilitatea operatorilor. Aceștia obișnuiesc să discute probleme teoretice prin studierea unor cazuri de interes. Adoptarea noilor posibilități tehnice on-line de antrenare poate oferi soluții practice noi ale aceleiași idei de bază. Beneficiile maxime în activitatea de pregătire s-au înregistrat prin integrarea unor instrumente de antrenare on-line chiar la nivelul sistemului de control central sub forma unor simulatoare software de rețea.

Operatorii aflați în procesul de instruire trebuie și pot să cunoască progresiv structura și comportamentul rețelei electrice prin experimentarea pe aceste simulatoare dinamice a funcțiilor de control și operațiilor strategice. Ei pot simula perfect, în timp real și fără nici un risc pentru componentele de rețea sau consumatori, toate operațiile în rețea, în condiții normale sau de avarie.

### 3. Instrumente de instruire [3]

Principiul care stă la baza instruirii personalului de exploatare a rețelelor constă în efectuarea operațiilor de pregătire chiar la stația de lucru originală a operatorului, care are posibilitatea comutării pe *modul de antrenare*. În acest mod de lucru, toate comenziile de control sunt conectate la un computer separat pe care rulează un simulator software al sistemului energetic. Software-ul lucrează interactiv și preia toate reacțiile rețelei. Conceptul de bază este arătat în fig. 1, în care observă cele două componente ale sistemului de control.

Partea superioară servește efectuării operațiilor on-line și include un computer principal (MC<sub>1</sub>) cu funcții SCADA și MMI. Informațiile procesate din rețea sunt transmise consolelor operator (OC<sub>1</sub>, OC<sub>2</sub>), controlul on-line executat permanent folosind aceleași console.

Partea de jos a sistemului de control servește pregătirea dinamică în timpul când sistemul este comutat pe modul de antrenare. Cel de-al doilea computer principal (MC<sub>2</sub>) include deasemenea toate funcțiile SCADA și MMI, fiind conectat la simulatorul de rețea (NS) și nu la liniile de control.

Simulatorul de rețea este un sistem software care lucrează ca o "rețea artificială", producând un volum de informație similar liniilor de comandă. Computerul principal MC<sub>2</sub> procesează datele din rețeaua artificială și o controlează de la consola OC<sub>3</sub>, în timp ce MC<sub>1</sub> procesează datele din rețeaua reală și permite operatorului s-o controleze de la consolele OC<sub>1</sub>, OC<sub>2</sub>. Terminalul din dreapta jos este folosit de către un instructor care supraveghează și influențează partea de antrenare. Dacă modul instruire nu este activat, MC<sub>2</sub> poate fi folosit pentru procesarea paralelă de date ale rețelei.

Dezvoltarea unui astfel de tip de sistem de pregătire a început încă din anii 80', moment la care PC-urile INTEL 286 lucrau cu o frecvență de 10 MHz. Sistemele actuale sunt echipate cu PC-uri de până la 1 GHz/256 Mb, în condițiile unui preț de producție relativ scăzut al calculatoarelor personale și stațiilor de lucru, putând de implementa și reda comportamentul unor rețele electrice cu mii de noduri.

Actually, interlocking automation and powerful software functions overtake more and more functions in the networks. In spite of control capabilities, there are maintained on-line measurements and a lot of locally controlled operations. The software mean for power system operation is therefore restricted. So that, a good coordination between control center and network components is very important to overcome the misunderstandings and accidents. Also in this direction, for additional skills development some scenarios can be exercised.

A lot of recent actions were oriented towards the modalities of increasing of operators' abilities. The operators use to discuss theoretical problems by studying some interesting cases. Using the new technical on-line training instruments can supply practical new solutions of the same basic idea. The maximum benefits in the training activity were registered by integration of on-line training instruments at the level of central control system as software network simulators.

Those operators going through a training process must and can have step-by-step the knowledge about the structure and behavior of the administrated electrical network, by experimenting the control functions and strategic operations on these dynamic simulators. They can perform perfect, on-line simulations of the all type of network operations (normal or fault conditions) without assuming any risk for network components or consumers.

### 3. Training instruments [3]

The basic principle of the training process of network operators consists in performing of this activity even at the original working stations, having the possibility of switching on the training mode. In this working mode, all the control commands are connected at a separate computer on which a power system simulator is running. The software is dynamically running and takes over all the test network reactions. The basic concept is shown in the figure 1, in which the both control system components can be seen.

The upper part is dedicated to on-line operations and includes a main computer (MC<sub>1</sub>) with SCADA and MMI functions. The computed network information is transmitted to operator consoles (OC<sub>1</sub>, OC<sub>2</sub>). The permanent on-line control is using the same consoles.

The bottom part of the control system is designed to dynamic training while the system is switched on training mode. The second master computer (MC<sub>2</sub>) has also implemented all SCADA and MMI functions, being connected to the network simulator instead to the control lines.

Basically the network simulator is a software system that works as an "artificial network" and generates information similar to those received on control lines. MC<sub>2</sub> processes data of artificial networks and MC<sub>1</sub> those of the real one. While the real network operation is controlled by the operator from OC<sub>1</sub> and OC<sub>2</sub> through MC<sub>1</sub>, the artificial network is controlled by MC<sub>2</sub> through OC<sub>3</sub>. The bottom right-hand terminal can be used by instructor that supervises and commands the training component. If the training mode is off, MC<sub>2</sub> can be used for a parallel processing of the network data.

The developing of such kind of training system began since 80'. While at that moment the 286 INTEL PC's used to work at a 10 MHz frequency, the actual systems are endowed with very powerful PC's (1 GHz/256 Mb), extremely cost-convenient, able to implement thousand of nodes sized networks.

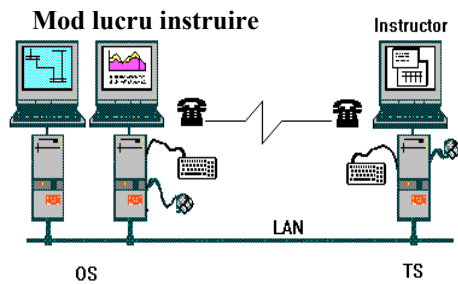


Fig. 2. Configurarea hard pentru studiul off-line al rețelei  
Fig. 2. Hard configuration for the network off-line study

Simulatorul de rețea prezentat în lucrare a fost conceput în 1988 de compania germană – REPAS AEG Automation, în colaborare cu Universitatea de Științe Aplicate FH-Darmstadt. Din 1989, aceste prototipuri au fost folosite pentru testarea și aprofundarea cunoștințelor studenților. În prezent în universități și întreprinderi din Germania și mai nou în două universități din Europa de Est (Universitatea din Craiova și Universitatea Tehnică din Skopje) se află un important număr de instalații similare, care folosesc programe de instruire în cadrul mai multor aplicații. Sistemul menționat este folosit și în cadrul testelor de acceptare la producător înaintea instalării sistemelor de control într-o companie de profil.

Odată cu antrenamentul în rețea, personalul de exploatare capătă sau își actualizează cunoștințe foarte importante [1, 3, 4]. Sunt folosite două căi:

- Prima constă în prezentarea de ansamblu a comportamentului rețelei în cazul unor evenimente planificate. Pentru aceasta a fost dezvoltat un sistem SCADA standard din familia produselor RESY, RESY-CIM.
- A doua este o instruire efectuată în mod off-line de utilizator. Pe configurația hardware prezentată în fig. 2, cu structură procesor INTEL Pentium PC, sunt instalate:
  - sistem de operare: QNX/2 sau QNX/4
  - aplicații software: RESY-CIM (sistem de control, MMI, SCADA și EMS) și RESY-NES (simularea sistemului energetic) [5, 6].

Sistemul de instruire off-line reprezintă un sistem de sine stătător, neconectat la nici un proces energetic real. Softurile SCADA, EMS și MMI sunt implementate pe o singură stație de operare, OS. Construcția noilor PC-uri permite ca aplicația să ruleze pe un singur calculator cu mai multe plăci video (3-4 monitoare, afișând aceeași stare a sistemului). Simularea software a sistemului energetic este realizată în stațiile de lucru, de la consolele OS, datele de rețea fiind preluate din stația principală instructor TS, de unde se supraveghează pregătirea. Schimbul de informație între stațiile de lucru este realizat prin LAN sau altă legătură standard. Ordinele de control converg către software-ul de simulare rețea. Reacțiile acestuia, măsurătorile și mesajele sunt prezentate de funcții standard MMI.

#### 4. Descrierea simulatorului dinamic de sistem electro-energetic RESY (produs REPAS AEG)

Achiziționat în 2001 în cadrul unui parteneriat încadrat într-un program de colaborare finanțat de DAAD Germania (Stability Pact for South-East Europe) și încheiat între FH Darmstadt din Germania, CRFCDE al Universității din Craiova și Universitatea Tehnică din Skopje, simulatorul de sistem electroenergetic aflat în dotarea laboratorului de conducere a sistemelor electroenergetice al CRFCDE Craiova prezintă o configurație hardware cu următoarele componente (4 noduri – 3 posturi de lucru pentru 9 utilizatori) (fig. 3).

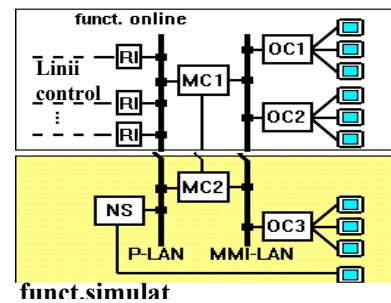


Fig. 1. Exemplu de sistem de control cu funcționare on-line și funcție simulator

Fig. 1. Example of a control system on-line operating with simulator functions

The power system simulator presented in the paper was conceived in 1988 by REPAS AEG Automation, in collaboration with Fachhochschule Darmstadt. Since 1989 these prototypes are used initially for testing and preparation of the students. Presently, in some German universities and enterprises and recently in two East-European universities (University of Craiova and Technical University of Skopje) are implemented similar installations, which are using training applications for different activity fields. The system was also developed to be used in the producer's acceptance tests, before the installation of the control systems in a customer company.

The training activity allows to the operators to receive or improve their knowledge level [1, 3, 4]. Two alternatives are available:

- The first one allows the study of the whole network behavior in the case of certain planned events. A standard SCADA system was developed for this purpose.
- The second one is offered by an off-line mode training, using a hardware configuration given in figure 2 with INTEL Pentium PC and the following software installed:
  - operation system: QNX/2 or QNX/4
  - software applications: RESY-CIM (control system, MMI, SCADA and EMS) and RESY-NES (power system simulation) [5, 6].

The off-line training system is an independent one, not being connected at any real process. The SCADA, EMS and MMI software are implemented in a single workstation (OS). The new PC's configurations allow application to run on more screens simultaneously (3-4 monitors, displaying the same state of the system). The software simulation of the power system is performed from consoles of the workstations. The network data are prevailed from the main instructor station (TS), from where the training is supervised. The information interchanging among stations is achieved through LAN or any other standard link. The control commands are directed to the network simulator software. The network reaction, measurement data and messages about the network state are represented by standard MMI functions.

#### 4. Description the RESY power system dynamic simulator (REPAS AEG product)

In 2001 the laboratory of power system control of RCCTEF of Craiova's University was endowed with a RESY type power system dynamic simulator (REPAS AEG product), in the framework of a collaboration program (Stability Pact for South-East Europe) with Fachhochschule Darmstadt and Skopje Technical University. The application was implemented on a hardware configuration with 4 nodes, from which 3 are workstations with 9 operators work possibilities (Fig. 3):

<i>Nod 1 (Server):</i>	<i>Nod 2, 3, 4 (statii de lucru):</i>
PC Pentium III	PC Pentium III
(min. 500 MHz)	(min. 500 MHz)
192 MB RAM	128 MB RAM
13 GB HDD	13 GB HDD
1 monitor 19"	3 monitoare 19 / 17 "

cu componentele soft:

- Nodul 1 (stație instructor) pe care sunt instalate o platformă QNX 4, SO Windows NT 4 considerat fereastră comună, coduri de bază DOS/QNX.
- Nodurile 2, 3, 4 (stații de lucru) cu platformă DOS/WINDOWS, Windows (fereastră comună), interfață de pregătire (Windows), instrucțiuni standard pentru alte programe, sistem RESY-NES (simulator de rețea), sistem RESY-CIM (general, modul grafic, protocol).

Simularea software a rețelei include modele detaliate pentru topologie, generare, reglaj de tensiune și frecvență putere activă și reactivă, calcule de stare a rețelelor, reglaje și ieșiri ale echipamentelor de protecție, mesaje.

O sesiune de instruire poate fi concepută, controlată și înregistrată în orice moment de către instructor.

Software-ul sistemului de control, ca și cel de simulare a rețelei sunt de forma unor module programate în limbaj C++ în platformă QNX 2, fiind disponibile și pe QNX 4.x și toate platformele folosind standardele POSIX C. Sistemul este "deschis" de-a lungul LAN-ului pentru toate liniile de comandă, în orice sistem de control, simulările realizate fiind realiste.

Ca orice sistem cu reacții în timp real, cel descris prezintă câteva aspecte care trebuie luate în calcul:

- Liniile de comandă și sistemele de telemetrie au cicluri între 2 și 10 secunde.
- Pentru calcularea și prezentarea informațiilor rețelei este suficient un ciclu de calcul al simulatorului de 2 sec.
- Sistemele de protecție ale rețelei reacționează într-un timp mai scurt în timp de 100 ms.
- Indicațiile protecțiilor și dinamicilor de sistem nu sunt prezentate în camerele de control, ci numai mesajele pornirii releelor și timpii reali de execuție.
- Reglajele puterii și frecvenței au constante de timp în jur de 1 sec.
- Timpul de procesare depinde de puterea stației de lucru și de mărimea rețelei (numărul de componente).
- Pentru circulația de sarcină și problemele de reglare este necesar un ciclu de o secundă. În caz de scurtcircuit și acționări ale releelor de protecție este nevoie de un ciclu mai rapid (50...100 ms).
- Pentru procesele rapide este necesară o extensie de timp de 1 :10 s.

După terminarea calculelor asociate funcționării sistemului, lista de evenimente este afișată în timp real.

#### 4.1. Caracteristicile sistemului electroenergetic implementat [3, 5, 6]

Sistemul implementat de simulator este unul de dimensiune relativ redusă (13 noduri), toate componentele lui aparținând unei companii private fictive, FHD-AEG. Include toate tipurile de surse de generare și nivele de tensiune de 400, 110 și 20 kV, plus rețeaua de distribuție de joasă tensiune. Adicional există un nivel de tensiune de 15,5 kV la care debitează centralele hidroelectrice.

Circulația de sarcină în întreaga rețea este de aproximativ 1000 MW. Sistemul este interconectat cu cel extern prin trei linii de sursă. Grupurile de generare a puterii în sistem au

<i>Node 1 (Server):</i>	<i>Node 2, 3, 4 (work stations):</i>
PC Pentium III	PC Pentium III
(min. 500 MHz)	(min. 500 MHz)
192 MB RAM	128 MB RAM
13 GB HDD	13 GB HDD
1 monitor 19"	3 monitors 19 / 17 "

with software components:

- Node 1 (trainer station) having installed a QNX 4 platform, SO Windows NT 4 considered common windows, base codes DOS/QNX.
- Nodes 2, 3, 4 (work stations) with DOS/WINDOWS platform, Windows common window, Windows training interface, standard instructions for other programs, RESY-NES system (network simulator), RESY-CIM system (general SCADA, alarms, graphic mode, protocols).

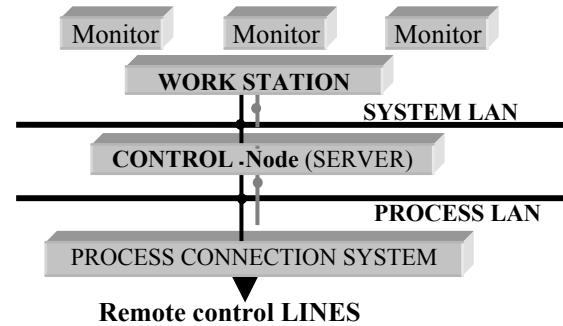


Fig. 3. Structura hardware a sistemului de instruire implementat în cadrul CRFCDE Craiova

Fig. 3. Hardware structure of RCCTEF Craiova's dynamic training system

The network software simulation includes detailed models for topology, generation, voltages, frequency, active and reactive power adjusting, network state computation, adjusting and outputs of protection devices, messages, alarms, etc.

Any training session can be any time conceived, controlled and registered by the trainer.

The control system software, as well as that of the network simulation is of C++ written type modules, on QNX 2. platform, being available also on QNX 4.v or other platforms using POSIX C standards. The system is "open" along the LAN for all control lines, in any control mode, the simulation being a quite realistic one.

As any other system with real-time response, the mentioned one presents some mentionable features:

- Remote control lines and systems have 2-10 sec. cycles.
- For computing and displaying of information a computing cycle of up to 2 seconds is requested.
- The network protection systems reaction takes less than 100 ms.
- The indications of protection and dynamics of the system are not displayed in the control chambers, but only the messages about relays starting and real operating times.
- Powers and frequency adjusting have time constants of almost 1 sec.
- Processing time depends on the station power and network size.
- For load flow and adjusting tasks there are needed cycles up to 1 sec. For short-circuits and relays command the computing times are shorter than 50...100 ms.
- For rapid processes a time extension of 1 to 10 sec is needed. Fortunately, the most defects in the network due to breakers faults take only some hundreds of  $\mu$ s. The events lists are displayed in real-time.

caracteristicile: grupul pe cărbune injectează maxim 500 MW în rețeaua de 400 kV; centrala pe gaz debitează maxim 100 MW în rețeaua de 110 kV; centrala hidroelectrică, cu 4 grupuri, generează aproximativ 1500 MWh pe 15,5 kV. Consumatorii din sistem acoperă toate categoriile de consum, fiind întâlniți atât consumatori industriali mari de tipul fabricilor metalurgice sau de prelucrare a aluminiului, cât și consumatori casnici (cartiere de locuințe).

Toate substațiile sunt legate cu centrul de control prin linii de control; stațiile de medie tensiune au linii de control proprii, în timp ce rețeaua de distribuție de 20 kV și posturile de transformare sunt controlate centralizat.

În stațiile de transformare manevrele pot fi executate doar de personalul din stații. Aceste operații sunt avizate de centrul de control (dispecer) telefonic. Comunicațiile și acțiunile întreruptoarelor sunt simulate de instructor (meniu TRAINER).

Aplicația utilizează un sistem generator de date unic pentru toate funcțiile: SCADA, EMS și programul de pregătire. În plus, funcția de pregătire pentru o analiză post-mortem necesită o legătură specială cu sistemul SCADA pentru a putea gestiona situațiile de criză sau alte fișiere de evenimente on-line.

Exercițiile de mai jos oferă o imagine generală asupra situațiilor cu care pot fi confrunțați operatorii prin inițierea unor aplicații pe simulator, indiferent de nivelul lor de pregătire:

- studiul funcțiilor de control ale software-ului;
- transmisia la distanță și efectele telemetriei;
- efecte și măsuri în urma apariției unor tipuri diferite de defecte în rețea (scurtcircuite, puneri la pământ, întreruperi circuite, etc.);
- calculul mărimilor de stare în nodurile și pe laturile sistemului în orice moment;
- efectele conectării liniilor în paralel (pierderi de putere și tensiuni în noduri);
- efectele conectării în paralel a transformatoarelor cu reglaj sub sarcină și investigarea automatizărilor acestora pentru diverse regimuri;
- reglarea tensiunii și frecvenței prin acțiuni la nivelul circulației de puteri;
- dependența tensiune-sarcină, frecvență-sarcină;
- măsuri de reducere a pierderilor în rețea;
- analiza contingențelor;
- comunicarea cu echipele de intervenție din rețea;
- verificarea parametrilor releelor;
- strategii de localizare a defectelor;
- strategii de restaurare a rețelei;
- aspecte economice ale funcționării sistemului energetic etc.

Experiența a arătat că operatorii sistemului energetic sunt deseori preocupați de posibilitatea primirii din rețea a unor informații eronate sau de lipsa acestora, care pot crea dificultăți în aprecierea corectă a stării rețelei. O simulare autentică ar trebui să țină seama și de aceste probleme, care se pot dovedi mai importante chiar decât simularea perfectă a rețelei.

Simulatorul dinamic de sistem prezintă modelul original de rețea și simulează un mediu real. Pot fi create formate de afișaj noi sau modificate corespunzător cele vechi, operația afectând afișajul de date statice și dinamice în aceeași măsură. Acest lucru duce la perfecționarea sistemului de monitorizare a alarmelor, ale căror mesaje devin foarte clare.

În acest fel, pregătirea operatorilor poate fi făcută ușor și fără riscuri. Ultimul pas care rămâne de făcut este trecerea operatorilor, acum experimentați, de la simulator la pupitrul de comandă și control.

#### 4.1. Features of the implemented power system [3, 5, 6]

The power system simulator is a relatively small-sized one (13 nodes) and was designed as property of a fictive private company, FHDarmstadt – AEG. It includes all types of generation sources and 400, 110 and 20 kV voltage levels, as well as the low voltage distribution level. Additionally, there is also a 15,5 kV level at which the hydropower stations inject.

The total load flow is around of 1000 MW. The system is externally interconnected through 3 supplying high voltage lines. The generation groups have the following characteristics: the coal plant is injecting maximum 500 MW in the 400 kV network; the gas plant injects maximum 100 MW on 110 kV level; the hydro-power station has 4 groups of almost 1500 MWh on 15,5 kV. The system consumers cover the all consumption types; there could be met big industrial consumers (steel or aluminum plants), as well as household consumers (districts).

All transformer substations are linked with the control center through control lines. The high-voltage substations have their own control lines, while the 20 kV network and the low-voltage substations are centrally controlled.

In the transformer substations the switching are executed only by the local operator, being approved by phone by the control center (dispatcher). The communication and the breakers commands are simulated by the trainer (TRAINER menu).

The soft application is using a single data generating system for all functions: SCADA, EMS and training module. Additionally, the training function for post-mortem analysis asks for a special link with the SCADA system in order to administrate the crisis events or other on-line events' files.

The following exercises gives an overview of the different situations, which the operators can be faced with by simulate applications, no matter the operator knowledge level:

- the study of the software control functions;
- possibilities and effects of remote control operations;
- effects and measures in the case of different fault types (short-circuits, earth faults, circuits interruption, etc.);
- computing of the state values in the nodes and on the branches of the system in any moment;
- the effects of the parallel lines connecting (power losses and bus voltages);
- the effects of the parallel connection of the transformers with on-load adjusting and their automatic studying under different operation situations;
- voltage and frequency regulation by power flow modification;
- voltage-load and frequency-load dependencies;
- power losses reduction measures;
- contingency analysis;
- communication with emergency personnel in the field;
- verification of relays parameters;
- local strategies for fault detection;
- network restoration strategies;
- economic aspects of the network operation, etc.

The experience proved the power system operators are often concerned by the eventuality of some false information or by the lack of this, leading to serious difficulties in a correct network state evaluation. An authentic simulation should also consider these problems, which could become even more important than a perfect simulation of the network operation.

The dynamic network simulator presents an original network model and is able to simulate a real environment. There is the possibility to create new display characteristics

O soluție omogenă poate fi oferită de dublarea tuturor componentelor hard ale sistemului și echiparea acestuia și pentru preluarea funcțiilor de control on-line asupra rețelei reale. În acest caz, operatorul poate schimba modulele de lucru pe aceeași stație, controlând rețeaua reală sau cea simulată.

La finalul unei sesiuni de instruire trebuie discutat un set de funcții numit "Evenimente în instruire și înregistrare/reluare". Aceste funcții permit înregistrarea de informații în timpul unei sesiuni de pregătire și prezentarea în reluarea succesiunii de operații aplicate. Utilizarea acestei funcții poate permite prin rediscutarea deciziilor și găsirea unei variante optime de gestionare a situației.

### 5. Experiențe privind utilizarea simulatorului de sistem electroenergetic în industrie și universități

În multe țări a devenit deja un obicei ca echipe din universități să fie invitate de companiile de electricitate la discuții privind probleme specifice funcționării rețelelor și variantelor de automatizare a acestora [1, 7]. Actualmente o serie de universități pot desfășura pro-grame de cercetare pe baza unor contracte încheiate cu parte-neri din industrie. Acestea constituie cadrul pentru dezvoltarea aspectelor legate de automatizarea distribuției sau de pachete de programe destinate proiectării sau planificării optime a rețelelor.

Proiectele de anvergură sunt adeseori finanțate din fonduri naționale sau din programe internaționale, vizând dezvoltarea unui domeniu de interes într-o zonă strategică (cazul programului DAAD în Sud -Estul Europei).

Pot fi deasemenea organizate programe de studiu post-universitare pentru creșterea nivelului de educație profesională a inginerilor. Participarea personalului de exploatare din companiile de profil la aceste programe de pregătire nu numai că permite îmbunătățirea performanțelor lor profesionale, dar poate stimula furnizarea, pe baza experienței proprii, de informații despre situațiile de criză care pot să apară și soluții pentru gestionarea acestora.

Rezultatele înregistrate în urma utilizării sistemelor RESY sunt extrem de încurajante. Implementarea în sistemele de control on-line a unor funcții alocate situațiilor de defect, monitorizării permanente a mărimilor, controlului și restabilirii rețelei pot duce la o reducere semnificativă a timpului mediu de nefuncționare a rețelei, la care contribuie și o pregătire corespunzătoare a personalului, capabil să soluționeze situațiile de criză.

Un alt obiect al acestor aplicații îl constituie minimizarea costurilor totale de funcționare prin monitorizarea unor indicatori caracteristici. Informația poate conduce la reducerea costurilor de nefuncționare, a pierderilor de energie și implicit a cheltuielilor aferente, dar și la detectarea depășirilor limitelor tehnice sau economice.

Una din marile contribuții pe care le poate aduce un astfel de sistem de control o constituie aplicabilitatea sa în cazul unor evenimente reale, încă din faza de debut ("profilaxia" defectelor), acest lucru fiind permis și datorită timpului de răspuns bun al sistemului.

Dificultățile în realizarea unui sistem de control sunt constituite de realizarea unei interfețe suficient de accesibilă utilizatorului, conexiunile între bazele de date și interfața finală utilizator. Succesul implementării acestor sisteme a fost asigurat de aplicarea unor metode avansate de inteligență artificială (metodele de evaluare a sarcinilor, tehnicile fuzzy de detectare a defectelor, de considerare a costurilor de nefuncționare sau a timpului de restaurare).

Experiența a demonstrat că utilizarea acestor sisteme nu necesită un volum excesiv de investiții. În condițiile în care

or change the older ones, this operation being executed for both the dynamic and static data. This fact leads to perfecting of the monitoring alarm system, the alarms becoming clearer.

This is mainly the principle according with the training of the operators can be made easily and free of risk. The last step is moving of the operator from the simulator to the control desk.

Doubling the hard system components in order to endow it for taking over the on-line control over the real network can ensure a homogeneous solution. In this case, the operator can change the running modes on the same workstation, controlling either the real network or the simulator.

In the end of a training session a set of functions named „Events during the training and recording/replay” must be discussed. These functions allow the information achieving and recording during a training session and their presentation during a further replaying of the studied situation. Using these functions the former decisions can be discussed and some optimal versions for the event administration can be found.

### 5. Experiences regarding the using of the dynamic power system simulator in industry and universities

In many countries there is already a custom that academic teams to be invited by utilities to discuss the items regarding the optimal operation and automatization of the electricity networks [1, 7]. Nowadays a lot of universities can develop research pro-grams according of contracts signed with industry partners. These programs organize the framework for further actions directed to the distribution automation or optimal design and planning of the networks.

The large programs are often financed by government funds or international funds, aiming the developing of a certain field in a strategic geographical area (for instance the DAAD program in South-East Europe).

There could be also organized some post-university study programs for increasing the professional knowledge level of the engineers or other exploitation personnel categories. Involving the personnel of the electricity companies in these programs leads to the improving of their performances, as well as to dissemination of the experiences achieved in crisis situations and supplying of proper solution for administration.

The results achieved by use of RESY applications are very encouraging. The implementation of some functions for fault situation administrations, permanent monitoring of the state values, control and restoring of the network in the on-line control system can result in a significant reduction of the network interruption times, as well as a proper personnel abilities for coping with crisis situations.

Another task of these applications is the minimization of the exploitation total costs, by monitoring certain characteristic indicators. This information leads to the no-operation costs reduction, power loss and associated costs decreasing, as well as to the detection of restrictions exceeding.

One of the most important contributions of such kind of control system consists in its large applicability, even in the initial stage of some real events (network fault prediction), this because of a good answer time of the system.

The difficulties items in designing of this system are the user interface that should be friendly enough for the operator and the data base connectivity. The success of this application implementation was completely ensured by some advanced artificial intelligence methods application (new method for load prediction, fuzzy methods for fault detection, no-operation costs and restoring time).

Experience proved the using of these control and dynamic training systems do not ask for large investments.



nivelul de automatizare a distribuției este unul satisfăcător, cerințele hardware și costurile asociate sunt rezonabile.

## 6. Concluzii

Complexitatea rețelelor electrice actuale și a aspectelor urmărite în funcționarea acestora (tehnice și economice în egală măsură) stă la baza unei nevoi acute de monitorizare și control exact și rapid, care necesită unelte specializate și performante. Pornindu-se de la ideea că numai un personal experimentat și foarte bine pregătit poate garanta realizarea profesională a acestor funcții, devine justificată necesitatea utilizării unor instrumente de instruire dinamice cu care se pot studia scenarii realiste, cu desfășurare în timp real.

Lucrarea prezintă contextul care a justificat introducerea sistemului RESY de instruire în domeniul sistemelor electroenergetice și caracteristicile principale ale acestuia.

Modul profesional de abordare a studiului sistemului test implementat de simulator, referindu-ne atât la comportamentul fidel reprodus al sistemului, cât și la multitudinea tipurilor de exerciții efectuate pe simulator, urmărindu-se atât aspecte tehnice, cât și cele de natură economică, fac din aplicația RESY (CIM & NES) un instrument performant și util, oferind toate avantajele ce decurg din utilizarea unui sistem de control și pregătire informatizat de conducere operativă:

- Cunoașterea în orice moment a stării rețelei, care permite eficientizarea proceselor de decizie, dependente de corectitudinea informațiilor din sistem și reducerea duratei de depistare a defectelor.
- Trecerea de la configurația de rețea ce rezultă în urma unei avarii, la o nouă configurație în care, după izolarea defectului sunt alimentați un număr cât mai mare de consumatori se poate face automat, rapid.
- Informațiile legate de regimurile de avarie sunt mult mai detaliate și mijloacele de analiză post-avarie a acestora sunt mult mai exacte, permițând determinarea precisă a cauzelor incidentelor.
- Optimizarea regimurilor de funcționare ale sistemului se poate face mai precis și mai des decât în prezent.
- Economie de personal - nu în ultimul rând și de cele mai multe ori, în mod natural, greu acceptată.

Toate aceste avantaje ale informatizării sistemului de distribuție a energiei electrice se materializează prin reducerea cheltuielilor de diverse tipuri și creșterea încasărilor companiilor de electricitate datorate unei mai bune continuități în alimentare, având ca rezultat o cantitate mai mare de energie vândută și o scădere a despăgubirilor datorate nealimentării consumatorilor, calculate conform reglementărilor ANRE (Decizia pentru aprobarea contractelor cadru de furnizare a energiei electrice – M.O. nr. 623/21.12.1999).

Implementarea unui sistem de conducere informatizat determină reducerea semnificativă a cheltuielilor de exploatare în sistemul de distribuție automatizat, alături de o pregătire performantă a personalului de exploatare, capabil astfel să-și gestioneze eficient secțiunile de rețea aflate sub administrare.

## Bibliografie

1. Metz, D.; Mircea, M. *New SCADA & Training Tools to increase Efficiency and Quality of Power Supply in the Restructured Market*. Proceedings 3<sup>rd</sup> Balcanic Power Conference, Bucharest 2003.
2. Rusinaru, D., Mircea, I. *Romanian Situation Regarding the Liberalization Process of Power Market*. International Colloquium DAAD/FH-Darmstadt Dec. 2002: Future Challenges in Restructured Electricity markets.
3. Metz, D. *Power System Operational Training Planning and Control Technology*. FH Darmstadt, 2001.

Taking into account the good automation level, the hardware request and associated costs are more than reasonable.

## 6. Conclusions

The complexity of the actual electricity networks, as well as of the followed operation aspects (technical and economic equally) is the main reasons for a serious need for a correct monitoring and exact fast control, asking for specialized and performant tools. Starting from the idea that only a well-trained and experimented personnel can guarantee a professional achieving of these functions, there is totally justified the necessity of some dynamic training system using. They can allow the study of quite realistic scenarios, with real-time performing.

The present paper refers to the background that justifies the introduction of the RESY product training system in the electricity field.

The professional approach of the test system implemented in the simulator (the exact behavior reproducing, as well as the number and variety of the exercises, following both the technical and economic aspects) makes the RESY application (CIM&NES) to appear as an useful performant tool, giving the all advantages associated to a computer-aided control and training system for the electrical networks. Some of these advantages worth to be mentioned as bellow:

- Permanent knowledge of the network state, enabling the efficiency increase of the decisional processes depending on the information precision, as well as reduction of fault detection times.
- Changing in the network configurations resulting after a fault introduction and aiming an automatic fast supply restoration.
- The information about the fault situations is more detailed and the post-mortem analysis means are more precise, allowing a correct events' evaluation.
- The optimization of the power system operation can be done more precisely and often than till now.
- Staff reduction – not in the last order and naturally hardly accepted most of the time (social effects).

All these advantages of the computed-assisted distribution system can be really felt by a serious reduction of different types of costs and a massive enhance of the companies financial gains due to good supply continuity. The further result is more sold electricity and a reducing of the compensations associated to consumers non-supplying, calculated according for instance to ANRE regulations (Decision for approval of the framework contracts for electricity supplying).

In generally, the implementation of a computer-assisted system leads to a serious reduction of the exploitation expenses in the automatized distribution network, beyond a performant training of the personnel, capable so to high efficiently administrate their own network sections.

## References

4. Metz, D.; Offenbacher, H. *Optimization of Strategies by Dynamic Power System Training with Respect to the Deregulated Market*. Proceedings 2<sup>nd</sup> Balcanic Power Conference, Belgrad 2002.
5. \*\*\*REPAS AEG. *RESY-NES Application. User's Guide*. Dreieich 2001.
6. \*\*\*REPAS AEG. *RESY-CIM System. User's Guide*. Dreieich 2001.
7. Partanen, J. *A PC-Based Information and Design System for Electricity Distribution Networks*. Thesis for degree of Doctor of Technology, Tampere 1991.