

RAPORTUL DE FINALIZARE AL PROIECTULUI

DENUMIRE PROIECT PN 18 25 02 03 „Sistem informatic distribuit în timp real utilizând algoritmi de control avansați de tip Simulink/Matlab și LabVIEW implementați în sisteme embedded cu DSP pentru monitorizarea parametrilor de calitate ai energiei electrice“

OBIECTIV: Creșterea siguranței și eficienței energetice prin realizarea de echipamente și tehnologii performante (CSEE)

- **Nr. contract / cod proiect:** Contractul nr. 19N/2018 / PN 18 25 02 03

- **Perioada de implementare a proiectului:**

- **data începerii** Martie 2018
(luna) (an)

- **data finalizării:** Decembrie 2018
(luna) (an)

- **valoare totală a proiectului** 317.504 lei

CONȚINUT TEMATIC:

În conformitate cu normativele energetice în vigoare, calitatea energiei electrice reprezintă totalitatea caracteristicilor acesteia referitoare la frecvența tensiunii, amplitudinea și variația tensiunii, golurile de tensiune, nesimetria tensiunii pe cele trei faze, flicker, armonici și interarmonici, supratensiuni temporare și tranzitorii.

Transformarea Wavelet (WT) a fost utilizată în zona calității energiei electrice pentru a efectua mai multe studii care vizează detectarea și localizarea perturbațiilor de tip sag, swell, întrerupere, etc. ale semnalelor nestaționare. Prin urmare, coeficienții WT pot fi studiați la nivele de descompunere foarte ridicate pentru a determina apariția evenimentelor de perturbare, precum și timpul de apariție a acestora.

Sistemul propus prezentat în continuare se bazează pe capabilitățile în timp real ale sistemului de operare LabVIEW Real-Time și pe un computer în timp real CompactRIO - National Instruments, care conține o rețea de porți logice reconfigurabile tip FPGA care oferă o mare flexibilitate, fiabilitate și viteză de execuție. Transformarea DWT este folosită pentru a analiza calitatea energiei și pentru a detecta fenomenele tranzitorii caracteristice semnalelor cvasi-periodice.

FORMA DE FINALIZARE A PROIECTULUI (se va marca o singură căsuță)

- Studii
- Standarde, normative, prescripții, metodologii
- Produe program

- Tehnologii
- Realizarea de produse, echipamente, instalații, standuri, etc.
- Alte forme

PERFORMANȚE REALIZATE:

În urma proiectării, realizării și testării modelului experimental s-au obținut:

- Realizarea unui sistem informatic în timp real care să înglobeze algoritmi avansați de conducere implementabili într-un mediu dedicat controlului (Simulink/Matlab) și LabVIEW cu generare de cod și implementare în sisteme embedded realizate cu procesoare specializate de tip DSP pentru monitorizarea parametrilor de calitate ai energiei electrice;
- Publicare articole științifice în baze de date indexate - BDI.

ESTIMĂRI PRIVIND APLICABILITATEA/IMPACTUL REZULTATELOR PROIECTULUI ASUPRA DOMENIILOR *(se vor marca câte căsuțe sunt necesare)*

- | | |
|--|---|
| 1. <input type="checkbox"/> Retehnologizarea unităților economice | <input type="checkbox"/> 8. Reciclarea materialelor |
| 2. <input type="checkbox"/> Modernizarea produselor | <input type="checkbox"/> 9. Optimizarea deciziei |
| 3. <input type="checkbox"/> Realizarea de produse noi | <input checked="" type="checkbox"/> 10. Protecția mediului |
| 4. <input checked="" type="checkbox"/> Creșterea productivității | <input type="checkbox"/> 11. Protecția muncii |
| 5. <input type="checkbox"/> Evitarea/reducerea importului | <input checked="" type="checkbox"/> 12. Protecția vieții și a sănătății |
| 6. <input checked="" type="checkbox"/> Reducerea consumurilor energetice | <input type="checkbox"/> 13. Creșterea calității vieții |
| 7. <input type="checkbox"/> Reducerea consumurilor de materiale | <input type="checkbox"/> 14. Asigurarea calității |
15. Consolidarea domeniilor de specializare inteligentă
16. Formarea resursei umane în domenii inovative
17. Cunoașterea științifică și tehnică

LUCRĂRI PUBLICATE ÎN ȚARĂ:

Nr. Crt.	Autor (Nume și prenume)	Editura	An apariție	Cod ISBN
1	Marcel Nicola, Claudiu-Ionel Nicola, Sebastian Popescu, Dumitru Sacerdoțianu, Marian Duță	Disturbance Analysis for Power Systems Based on LabVIEW Real-Time and Reconfigurable FPGA Modules Using Wavelet Transform, Analele Universitatii din Craiova, 2018;	2018	1842-480

LUCRĂRI PUBLICATE ÎN STRĂINĂTATE:

Nr. Crt.	Autor (Nume și prenume)	Editura	An apariție	Cod ISBN
1	Marcel NICOLA, Claudiu-Ionel NICOLA, Dumitru SACERDOȚIANU, Iulian HUREZEANU, Marian DUȚĂ,	Monitoring System for Power Transformer Windings Hot Spot Temperature Using Fiber Optic Sensors, Kalman Filter and Integration in SCADA System, American Journal of Signal Processing, Vol. 8, No. 2, 2018, pp. 33-44, USA, p-ISSN: 2165-9354, e-ISSN: 2165-9362, DOI: 10.5923/j.ajsp.20180802.02; [BDI]	2018	2165-9354

COMUNICĂRI ȘTIINȚIFICE ÎN ȚARĂ:

Nr. Crt.	Titlu manifestare științifică	Autor (Nume și prenume)
1.	System for Monitoring of Hot Spot Temperature of Power Transformer Windings Using Fiber Optic Sensors, Kalman Filter and SCADA Integration, Proceedings of the 14th International Conference on Development and Application Systems (DAS), Suceava, Romania, 24-26 May, 2018, pp. 99-104, DOI: 10.1109/DAAS.2018.8396079;[ISI]	Marcel NICOLA, Claudiu-Ionel NICOLA, Dumitru SACERDOȚIANU, Iulian HUREZEANU, Marian DUȚĂ,
2	Power Quality Analysis System Based on LabVIEW Real-Time and Reconfigurable FPGA Modules Using Wavelet Transform, Proceedings of the International Conference on Applied and Theoretical Electricity (ICATE), Craiova, Romania, 4-6 October, 2018; [ISI]	Marcel Nicola, Claudiu-Ionel Nicola, Sebastian Popescu, Dumitru Sacerdoțianu, Marian Duță
3	Sistem de monitorizare in timp real a calitatii energiei electrice bazat pe sistemul embedded Compact-RIO si module FPGA, folosind transformata Wavelet, Simpozionul National de "Informatica, Automatizari si Telecomunicatii in Energetica" - SIE 2018, a XII-a editie, Sinaia, 24 - 26 octombrie 2018, ISSN: 1842-4392, Editura SIER;	Marcel Nicola, Claudiu-Ionel Nicola, Sebastian Popescu, Dumitru Sacerdoțianu, Marian Duță

PRODUSE SAU TEHNOLOGII

Denumire:

Model experimental pentru un Sistem informatic în timp real care înglobează algoritmi avansați de conducere implementabili într-un mediu dedicat controlului (Simulink/Matlab) și

LabVIEW cu generare de cod și implementare în sisteme embedded realizate cu procesoare specializate de tip DSP pentru monitorizarea parametrilor de calitate ai energiei electrice.

Domeniu de aplicabilitate: Monitorizarea perturbațiilor și parametrilor de calitate ai energiei electrice, integrare în SCADA și sisteme de monitorizare industriale.

Prezentare generală:

Arhitectura propusă (la finalul Fazei 1) a aplicației de timp real, de implementare în sisteme embedded cu DSP pentru monitorizarea parametrilor de calitate ai energiei electrice este prezentată în Fig. 7. În Faza 2 s-a realizat Execuția modelului experimental al sistemului de monitorizare a parametrilor de calitate a energiei electrice. Cu ajutorul acestui model experimental s-au realizat Experimentările din Faza 3.

În conformitate cu normativele energetice în vigoare, calitatea energiei electrice reprezintă totalitatea caracteristicilor acesteia referitoare la frecvența tensiunii, amplitudinea și variația tensiunii, golurile de tensiune, nesimetria tensiunii pe cele trei faze, flicker, armonici și interarmonici, supratensiuni temporare și tranzitorii.

Aceste perturbații care apar în funcționarea sistemelor energetice au o influență negativă asupra tuturor caracteristicilor unde de tensiune: formă, frecvență, amplitudine, simetrie (în sistemele trifazate).

Transformarea Wavelet (WT) a fost utilizată în zona calității energiei electrice pentru a efectua mai multe studii care vizează detectarea și localizarea perturbațiilor de tip sag, swell, întrerupere, etc. ale semnalelor nestaționare. Prin urmare, coeficienții WT pot fi studiați la nivele de descompunere foarte ridicate pentru a determina apariția evenimentelor de perturbare, precum și timpul de apariție a acestora. Datorită acestui fapt, tehnicile Transformata Wavelet Transform Discretă (DWT) au fost utilizate pe scară largă pentru a analiza evenimentele de perturbare ale sistemelor de alimentare. Wavelet-urile localizează informațiile în planul frecvență-timp; ele sunt în mod special potrivite pentru analiza semnalelor nestaționare, deoarece sunt capabile să analizeze multirezoluție.

Sistemul propus prezentat în continuare se bazează pe capacitățile în timp real ale sistemului de operare LabVIEW Real-Time și pe un computer în timp real CompactRIO - National Instruments, care conține o rețea de porți logice reconfigurabile tip FPGA care oferă o mare flexibilitate, fiabilitate și viteza de execuție. Transformarea DWT este folosită pentru a analiza calitatea energiei și pentru a detecta fenomenele tranzitorii caracteristice semnalelor cvasi-periodice. Sistemul conține un modul de filtrare pentru îndepărtarea spike-urilor prin utilizarea unui modul tip Wavelet Denoising. Sistemul realizează stocarea intrărilor ca fișiere TDMS (Technical Data Management Streaming) și rapoarte automate de tip Word / Excel trimise automat prin e-mail la adrese predefinite, conține un server de tip OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture) pentru comunicarea cu un sistem de tip SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) ierarhic superior, efectuează introducerea selectivă a caracteristicilor parametrilor într-o bază de date, conține un server Web pentru acces la Intranet/Internet, pentru vizualizarea datelor măsurate și pentru gestionarea sistemului de oriunde, aplicația este conectată la o platformă de tip Cloud.

Arhitectura software generală a sistemului de monitorizare PQ este prezentată în Figura 1.

Module software ale sistemului de monitorizare PQ sunt următoarele:

- modulul de evoluție în timp și de achiziție de date realizează achiziția primară a datelor;
- modulul de filtrare și analiză Wavelet este modulul principal al sistemului și permite detectarea fenomenelor caracteristice ale PQ utilizând analiza Wavelet;
- modulul de citire și scriere OPC; acest modul va furniza o conexiune intrinsecă între datele obținute de la modulele de intrare și serverul OPC;
- modulul de citire și scriere MySQL; acest modul realizează interogarea bazei de date tip MySQL, unde în mod evident scrierea și citirea datelor sunt cele mai utilizate funcții;

- modulul de citire și scriere TDMS; acest modul va gestiona scrierea și citirea datelor în fișierele TDMS;
- modulele software de raportare automată și trimitere de e-mail realizează rapoartele automate cu coeficienții detaliați obținuți din analiza Wavelet;
- modulul software Cloud Connection realizează conexiunea cu platforma Cloud.

CompactRIO este un sistem încorporat reconfigurabil care conține trei componente: un procesor pe care rulează un sistem de operare în timp real (RTOS), un FPGA și module I/O industriale interschimbabile.

CompactRIO-9030 de la National Instruments este un controler încorporat, ideal pentru aplicații avansate de control și monitorizare, cu caracteristici: CPU dual-core 1,33 GHz, DRAM 1 GB, stocare 4 GB, FPGA Kintex-7 70T, Controler CompactRIO cu 4 sloturi.

NI-9201 este un modul de intrare a tensiunii de la seria C cu următoarele caracteristici: Modul de intrare a tensiunii din seria C de 8 V, 500 kS / s, 12 biti.

Semnalele achiziționate provin din traductori de curent LEM LV 25-P și AT100B420L.

Filtrarea inițială a semnalelor achiziționate constă în eliminarea impulsurilor tranzitorii mai mici de 0,1 milisecunde și se efectuează utilizând un filtru Butterworth de 10 kHz, implementat în FPGA, într-o buclă ciclică la 78 microsecunde.

Modul de transfer al datelor dintre FPGA și computerul gazdă se realizează prin intermediul transferului DMA (Direct Memory Access) de tip RT FIFO (Real Time First-In-First-Out memory buffers).

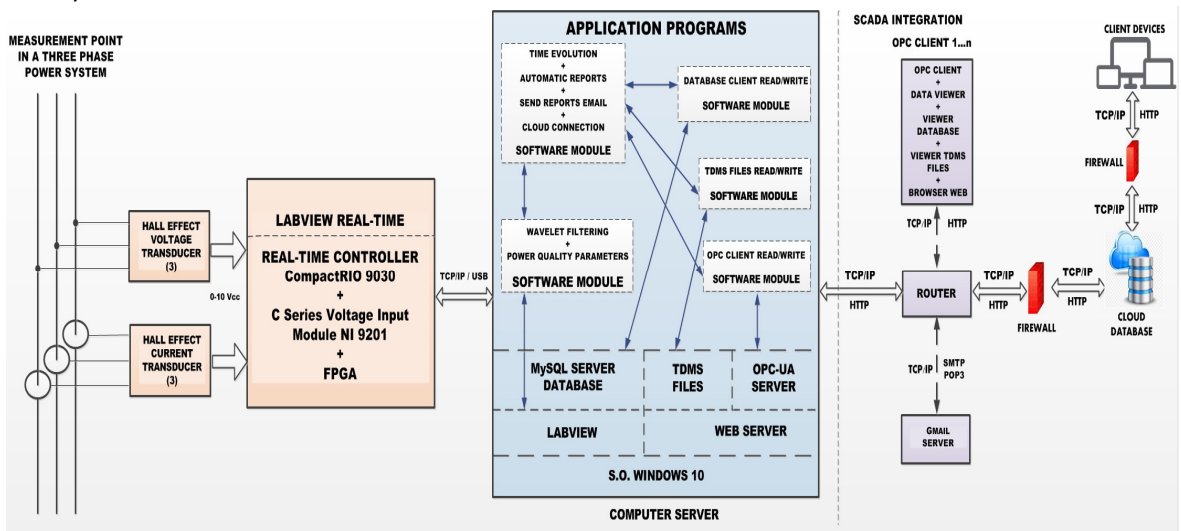


Fig. 1. Arhitectura software a sistemului de monitorizare PQ

În modelul experimental (vezi Fig. 2a și 2b), semnalele achiziționate provin de la traductoare de tensiune Hall Effect și traductoare de curent Hall Effect de tip LEM. Acestea furnizează semnale 0-10V care sunt achiziționate printr-un C Series Voltage Input Module NI 9201, parte componentă a unui sistem de timp real Real-Time Controller CompactRIO 9030 cu FPGA și LabVIEW Real-Time.

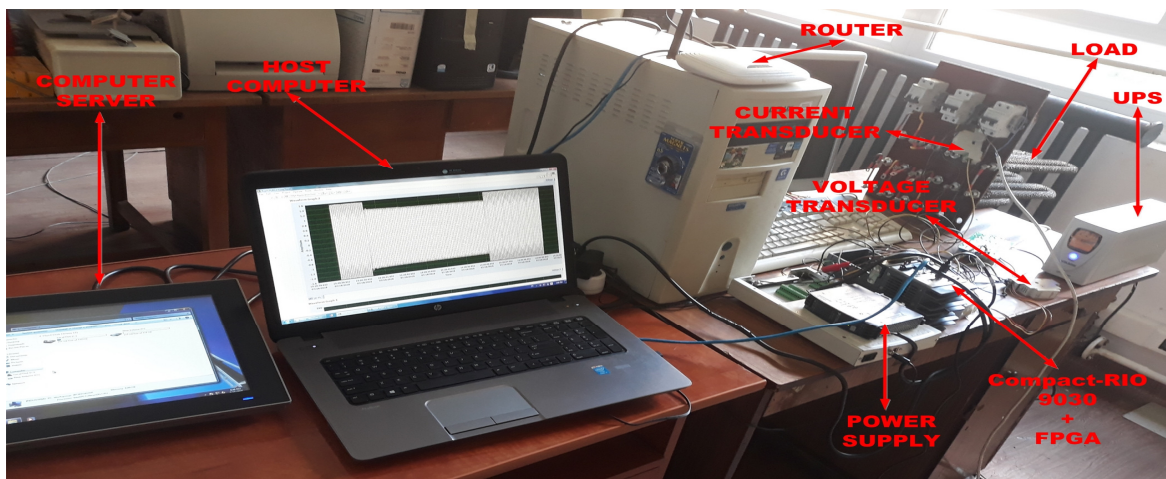


Fig. 2a Model experimental

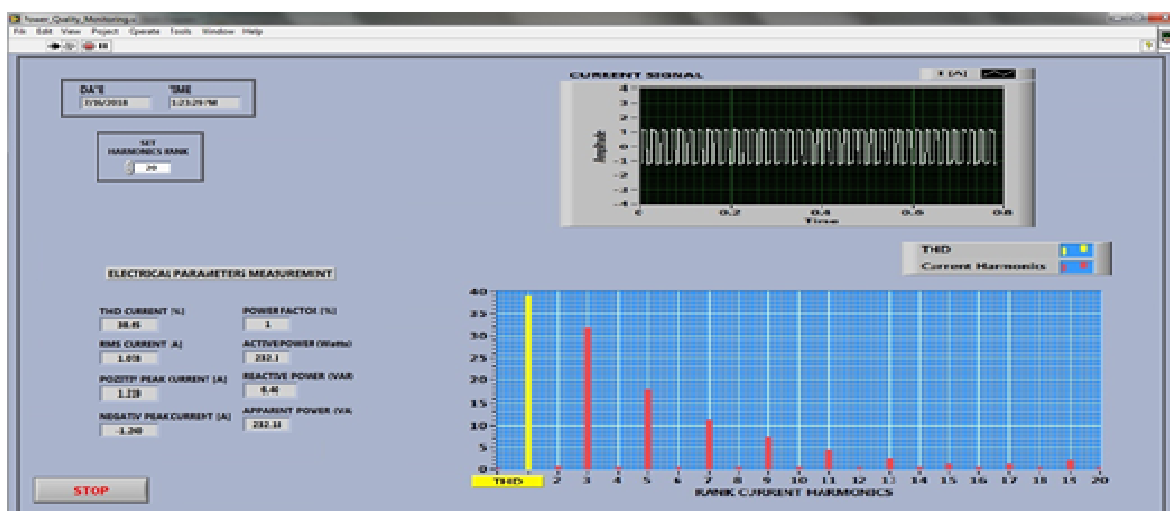


Fig. 2b Interfața software

Modulele software ale aplicației sunt: Time Evolution, Automatic Report, Send Reports Mail Software Module; Wavelet Filtering, Power Quality Parameters Software Module; Database Client Read/Write Software Module; TDMS Files Read/Write Software Module; OPC Client Read/Write Software Module.

Semnalele de curent și tensiune achiziționate sunt prelucrate primar pentru eliminarea unor glitch-uri care pot fi cauzate de elementele de comutație din electronica de putere care este cvasi-prezentă în rețelele moderne de alimentare locală (la consumator). Pentru aceasta se va folosi filtrarea pe baza **transformatei Wavelet**, după care se poate face o analiza Fourier bazată pe FFT în vederea determinării parametrilor de calitate ai energiei electrice.

Clienții, vor fi programe situate pe calculatorul server sau pe calculatoare separate legate printr-un router în cadrul aceleiași rețele Intranet.

Aceste programe vor fi de tipul Viewer, care vor accesa datele de la OPC client, din baza MySQL sau din fișierele TDMS. Prelucrarea și vizualizarea datelor va fi una primară, accentual punându-se pe comunicația de date în sine, prin faptul că datele vor fi preluate de client în mod omogen din baze de date sau fișiere compatibile EXCEL. Un istoric al monitorizării și generarea automată de rapoarte, este extinsă prin utilizarea unui server WEB integrat in mediul LabVIEW.

In continuare sunt prezentate **rezultatele experimentale** (Fig. 3-8) privind unele probleme care apar în rețeaua de alimentare cu energie electrica atunci când se alimentează un consumator de la un UPS. In aceste experimente practice, se analizează cu mijloacele transformării Wavelet, fenomenul de cuplare și decuplare de la un UPS, prezentandu-se

prelucrarile semnalelor corespunzand fenomenelor uzuale din retelele de alimentare cu energie electrica(sag, swell, inreruperi, etc.).

Analiza WT se face cu filtre Db10 și coeficienții detaiați pe nouă niveluri (d1 la d9) și coeficientul de aproximare la nivelul nouă (a9).

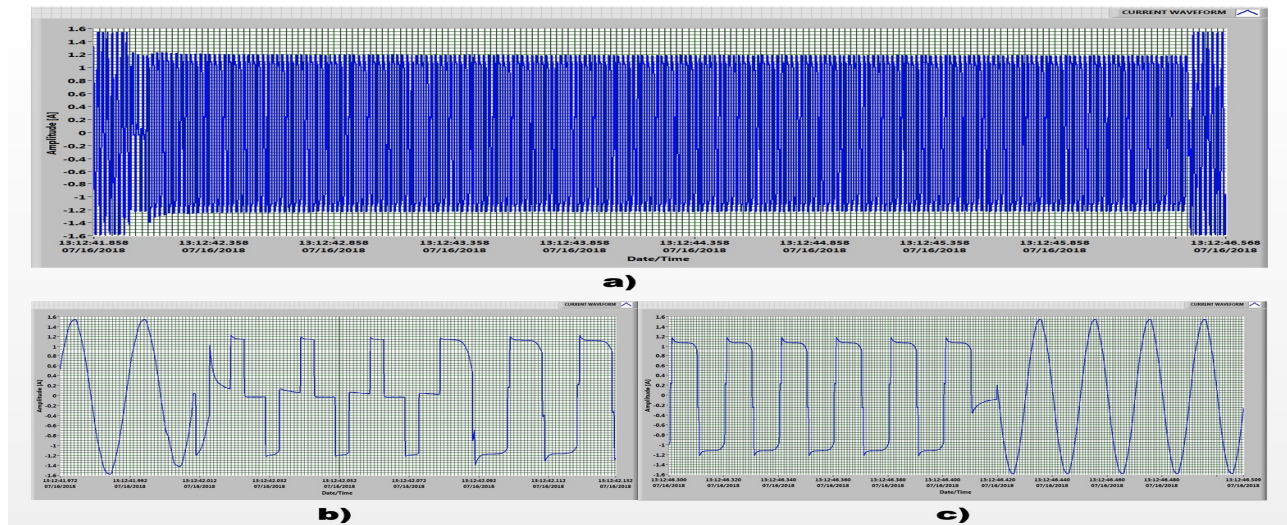


Fig.3 Semnalul de curent achizitionat: a) La comutarea alimentarii dintre rețeaua electrica si UPS; b) Detaliu - proces de start alimentare din UPS c) Detaliu - reluarea alimentarii din rețeaua electrica

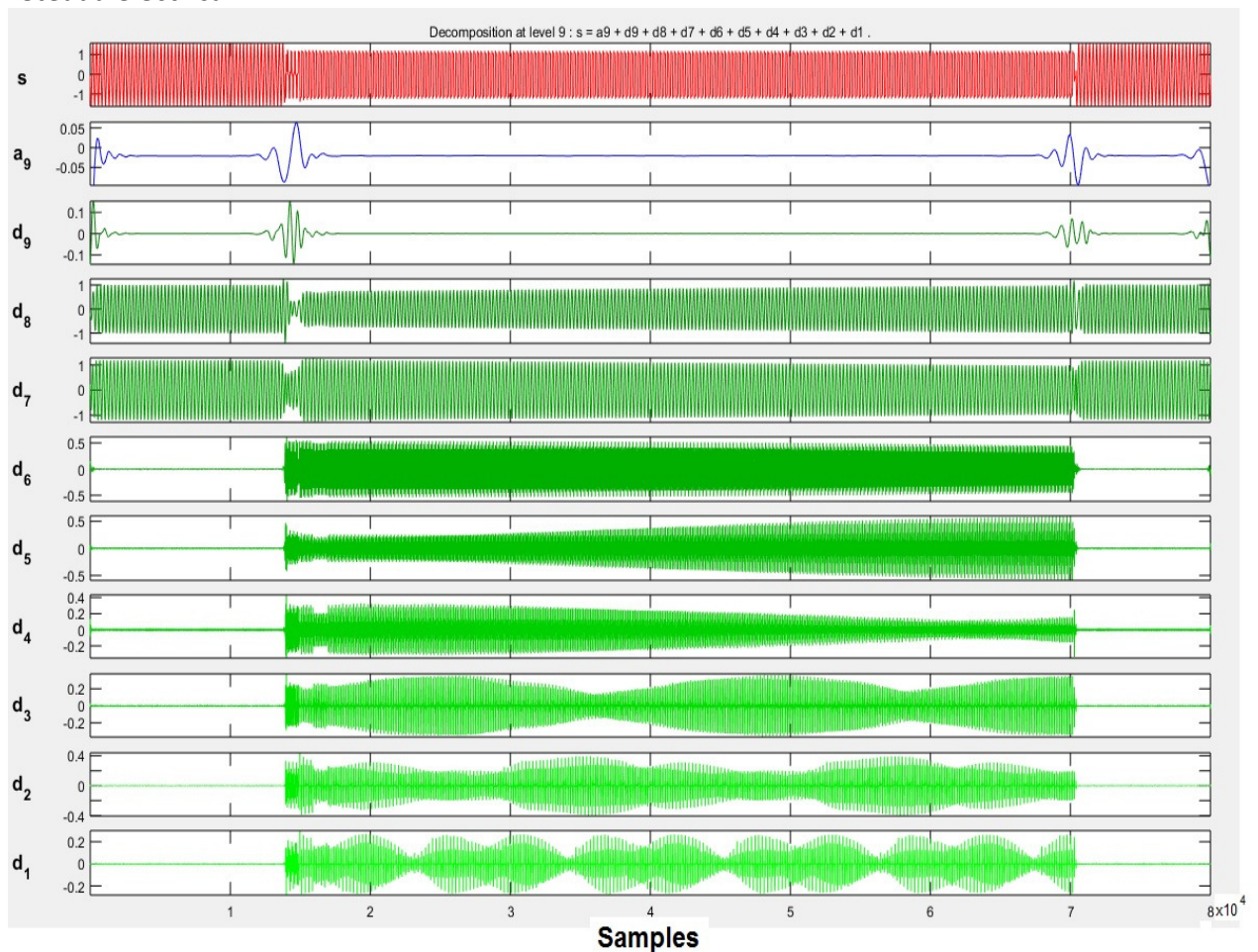


Fig. 4 DWT of current sag with harmonics – detaliere coeficienti

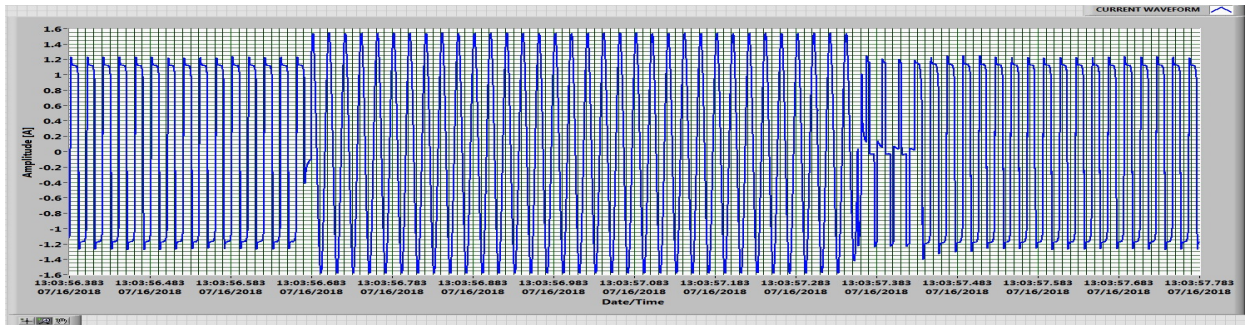


Fig. 5 Current swell disturbance signal

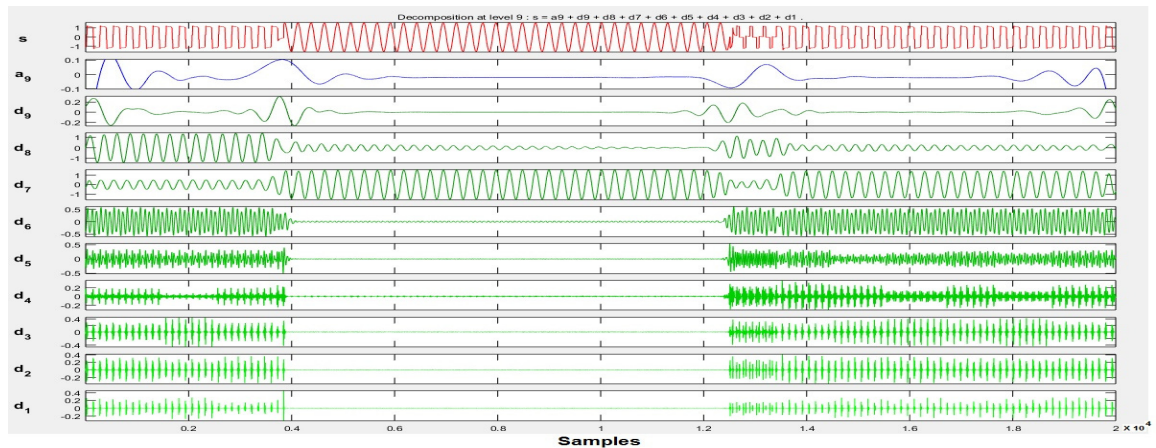


Fig. 6 DWT of current swell - detaliere coeficienti

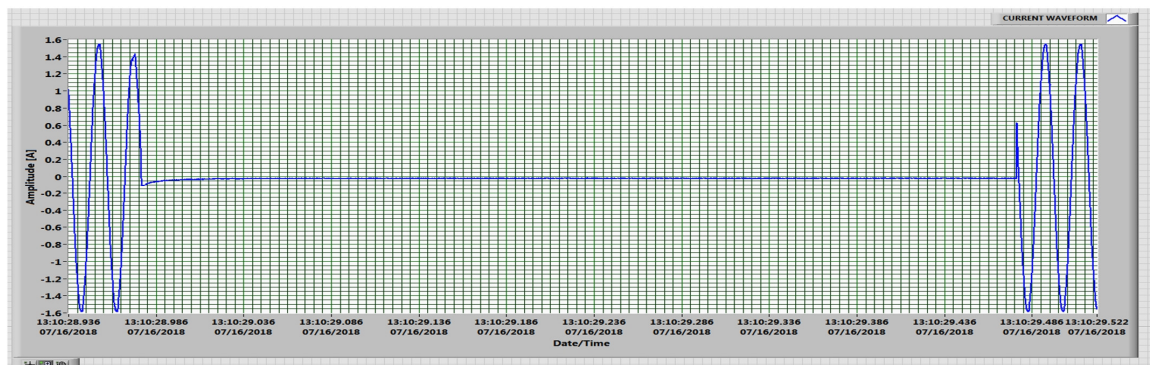


Fig. 7 Current interrupt disturbance signal



Fig. 8 DWT of current interrupt disturbance - detaliere coeficienti

Consideram ca prin realizarea unui astfel de model experimental ca cel descris mai sus, dar mai ales prin experimentările realizate cu el principalul beneficiu va fi de creștere a volumului de cunoștințe pe această temă și va facilita mult realizarea de aplicații viitoare de monitorizare complexe în sisteme cu un volum relativ mare de date și sisteme de achiziții de date eterogene.

Prin acest proiect, câștigul este în primul rând unul informațional, în vederea integrării acestor cunoștințe în sistemele SCADA realizate de ICMET, în vederea abordării unitare a achizițiilor

de date, stocării și prelucrării informațiilor specifice unor astfel de aplicații de monitorizare a parametrilor de calitate ai energiei electrice.

Principalele caracteristici tehnice:

- Aplicația prezentată este modulară. Semnalele de curent și tensiune achiziționate sunt prelucrate primar pentru eliminarea unor glitch-uri care pot fi cauzate de elementele de comutație din electronica de putere care este cvasi-prezentă în rețelele moderne de alimentare locală (la consumator). Pentru aceasta se va folosi filtrarea pe baza transformatei Wavelet, după care se poate face o analiza Fourier bazată pe FFT în vederea determinării parametrilor de calitate ai energiei electrice.
- Permite achiziționarea și prelucrare date de la mai multe surse de date primare: simulate, placa de achiziție NI, fișiere de date provenite de la alte echipamente;
- Permite scrierea datelor într-un server OPC UA, care va furniza în mod unitar în Intranet date către orice OPC UA client, împreună cu stocarea lor într-un server de tip MySQL sau în fișiere TDMS pentru a se putea realiza un istoric al procesului industrial și generarea automată de rapoarte;
- Permite vizualizarea și comanda unor mărimi din aplicațiile descrise mai sus (prin utilizarea unui server WEB), de către utilizator, prin folosirea unui browser WEB uzual;

Efecte socio-economice și de mediu:

- creșterea cifrei de afaceri a ICMET Craiova ce va crea posibilitatea menținerii în activitate a personalului productiv și din activitatea de C-D, personal cu înaltă calificare
- asimilarea unui produs nou prin realizarea unui sistem informatic pentru studiul perturbațiilor în rețelele de alimentare cu energie electrică, care realizează achiziții de date de la echipamente cu diferite tipuri de protocoale uzuale în mediul industrial și tratarea uniformă a lor prin tehnologia OPC, vizualizarea și memorarea acestor date într-o manieră unitară și flexibilă pentru utilizator, produs care se poate integra în sisteme de monitorizare competitive, pentru a asigura menținerea pe pietele de desfacere existente, a ICMET Craiova prin realizarea de produse de calitate superioară care pot concura pe piața liberă cu șanse de câștig.
- produsul nu are efecte nocive asupra mediului.

Potențiali producători / Furnizori de servicii:

ICMET Craiova, în urma parcurgerii etapelor proiectului poate integra în sistemele de monitorizare pe care le produce sistemul informatic de analiză a perturbațiilor din rețelele de alimentare cu energie electrică utilizând tehnologiile soft OPC, în vederea integrării în sistemele SCADA ale beneficiarilor.

Potențiali utilizatori:

Consumatori industriali care doresc o analiză a perturbațiilor din rețeaua de alimentare cu energie electrică (inclusiv a celor produse de propriile lor instalații), firme utilizatoare și firme care implementează sisteme SCADA în domeniul industrial (în special Energetică – Transelectrica, Hidroelectrică, etc.).