

Etapa 4:  
Experimentarea și demonstrarea funcționalității modelului. Diseminarea rezultatelor. Elaborarea unei cereri de brevet de invenție.

## **RAPORT ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC**

### **Titlul proiectului**

**SISTEM ADAPTIV PENTRU ASIGURAREA CALITĂȚII ENERGIEI, PRIN CORECTAREA PARAMETRILOR ELECTRICI AI REȚELELOR DE JOASĂ TENSIUNE, INTEGRABIL ÎN REȚELELE SMART GRID - (SAMGRID).**

### **Etapa 4**

Experimentarea și demonstrarea funcționalității modelului.  
Diseminarea rezultatelor.  
Elaborarea unei cereri de brevet de invenție.

### **REZUMAT**

Cercetările aferente etapei 4/2017 și-au propus abordarea activităților cuprinse în planul de realizare care să conducă la punerea în funcțiune și testarea modelului experimental al sistemului adaptiv. Au fost elaborate: software-ul de aplicație și software-ul de achiziție date și comunicație în vederea experimentării modelului.

În cadrul activităților de diseminare a rezultatelor, prin publicații și participarea la manifestări științifice de prestigiu au fost elaborate lucrări și prezentate la manifestările specificate în descrierea științifică și tehnică.

În vederea depunerii unei cereri de brevet au fost identificate soluțiile brevetabile și au fost elaborate și înregistrate la OSIM documentele aferente cererii de brevet.

În data de 27 septembrie a fost organizată o Masă rotundă la sediul Institutului National de Cercetare - Dezvoltare și Încercări pentru Electrotehnică - ICMET Craiova. Invitația la manifestația organizată a avut următorul conținut, prezentat mai jos.

Participanții au apreciat noutatea informațiilor și necesitatea continuării cercetărilor pentru trecerea la prototip și ulterior la un produs comercial. Concluziile rezultate în urma discuțiilor au evidențiat interesul reprezentanților Distribuție Oltenia care și-au manifestat disponibilitatea de a testa un prototip în rețelele proprii.

Etapa de cercetare parcursă a fost realizată și reprezintă o premisă a continuării cercetărilor într-un proiect viitor pentru realizarea prototipului și a produsului final.

Etapa 4:  
Experimentarea și demonstrarea funcționalității modelului. Diseminarea rezultatelor. Elaborarea unei cereri de brevet de invenție.

## DESCRIEREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ

### Activitatea 4.1. Realizarea software-ului de comanda și reglaj model experimental.

Software-ul de comanda și reglaj implementează algoritmi desprinși din analiza circulației puterilor și a situațiilor de funcționare ale sistemului adaptiv.

Strategia de comandă se bazează pe extragerea unor sabloane de fazori unitari din tensiunile de alimentare. Aceste sabloane sunt echivalentul unor unde pur sinusoidale cu amplitudine unitară.

Cele trei tensiuni de intrare în PCC distorsionate conțin atât fundamentală, cât și armonici. Pentru obținerea fazorilor unitari  $U_s$ , tensiunile de intrare sunt măsurate și înmulțite cu  $1/V_m$ , unde  $V_m$  este valoarea maximă a fundamentalelor tensiunilor de intrare. Fazorii unitari sunt aplicați unui circuit PLL. Sunt generate sabloanele unitare:

$$U_a = \sin \omega t, \quad (1)$$

$$U_b = \sin(\omega t + 120^\circ), \quad (2)$$

$$U_c = \sin(\omega t + 240^\circ). \quad (3)$$

Înmulțind sabloanele unitare cu valoarea maximă a amplitudinii fundamentale rezultă valorile de referință ale tensiunii de sarcină:

$$V_L^* = V_m \cdot U_{abc} \quad (4)$$

Tensiunile de sarcină măsurate sunt comparate cu valorile tensiunilor de referință (4). Eroarea este aplicată unui comparator cu histerezis care generează semnalele de comandă pentru elementele din filtrul activ serie.

Șabloanele fazorilor unitari se pot utiliza și pentru compensarea armonicilor de curent generate de sarcina neliniară.

Filtrul activ paralel este utilizat atât pentru compensarea armonicilor de curent generate de sarcina neliniară, cât și pentru a menține constantă, la un nivel prestabilit, tensiunea din circuitul intermediar. Pentru aceasta, tensiunea din circuitul intermediar este măsurată și comparată cu valoarea prescrisă. Eroarea este aplicată unui regulator de tip PI. Ieșirea regulatorului se înmulțește cu șabloanele unitare, rezultând valorile prescrise ale curenților absorbiți de la sursă. Curenții pe cele trei faze absorbiți de la sursă se măsoară și se compară cu valorile prescrise ale curenților absorbiți de la sursă (obținuți anterior). Eroarea este aplicată unui comparator cu histerezis care generează semnalele de comandă pentru elementele din filtrul activ paralel.

Microcontrolerul care execută algoritmi este un controler pe 16 biți cu un ciclu mașină de 25ns. Bucla continuă de control se execută la o perioadă de 100 us. Modulul de achiziție analogic-digitală este pe 10 biți.

Modulele software implementate în algoritmul de achiziție-control:

1. ReadAdc – achiziție mărimi analogice  $U_a, U_b, U_c, U_{la}, U_{lb}, U_{lc}, V_{dc1}, V_{dc2}$ , cu o frecvență de 10Khz
2. 3\_phasePLL –mărimi de intrare  $U_a, U_b, U_c$  și mărimi de ieșire  $f_{rcv}, \omega t, \sin(\omega t), \cos(\omega t)$

Etapa 4:

Experimentarea și demonstrarea funcționalității modelului. Diseminarea rezultatelor. Elaborarea unei cereri de brevet de invenție.

3. abc\_to\_dq0 – mărimi de intrare  $U_a, U_b, U_c, \sin(\omega t), \cos(\omega t)$  și mărimi de ieșire  $V_d, V_q, V_0$
  4. dq0\_to\_abc - mărimi de intrare  $V_d, V_q, V_0, \sin(\omega t), \cos(\omega t)$  și mărimi de ieșire  $U_{ap}, U_{bp}, U_{cp}$
  5. pwm\_generator – mărimi de intrare  $U_{ap}, U_{bp}, U_{cp}, U_{la}, U_{lb}, U_{lc}$  și mărimi de ieșire PWM1, PWM2, PWM3
  6. PI – mărimi de intrare Ref, Fdb și mărimi de ieșire PI\_out
1. ReadAdc  
Start  
Sample and hold AN0, AN1, AN2, AN3, AN4, AN5, AN6, AN7  
Conversie AN0 to  $U_a$   
Conversie AN1 to  $U_b$   
Conversie AN2 to  $U_c$   
Conversie AN3 to  $U_{la}$   
Conversie AN4 to  $U_{lb}$   
Conversie AN5 to  $U_{lc}$   
Conversie AN6 to  $V_{dc1}$   
Conversie AN7 to  $V_{dc2}$   
Stop
  2. 3\_phasePLL  
Start  
Executa abc\_to\_dq0  
Filtreaza  $V_q$  în n pași  
Frecv =  $V_q \text{filtrat} + f_0$   
Calculeaza  $\omega t$   
Calculeaza  $\sin(\omega t)$   
Calculeaza  $\cos(\omega t)$   
Stop
  3. abc\_to\_dq0  
Start  
 $V_0 = 1/3(U_a + U_b + U_c)$   
 $V_d = U_a \cos(\omega t) + U_a \sin(\omega t) / \sqrt{3} + 2 * U_b \sin(\omega t) / \sqrt{3}$   
 $V_q = U_a \cos(\omega t) / \sqrt{3} + 2 * U_b \cos(\omega t) / \sqrt{3} - U_a \sin(\omega t)$   
Stop
  4. dq0\_to\_abc  
Start  
 $U_{ap} = V_d \sin(\omega t) + V_q \cos(\omega t) + V_0$   
 $U_{bp} = V_d \sin(\omega t - 2\pi/3) + V_q \cos(\omega t - 2\pi/3) + V_0$   
 $U_{cp} = V_d \sin(\omega t + 2\pi/3) + V_q \cos(\omega t + 2\pi/3) + V_0$   
Stop
  5. pwm\_generator  
Start  
PI( $U_{ap}, U_a$ )  
PWM1 = PIout \*  $U_{max}$  / perioada  
PI( $U_{bp}, U_b$ )  
PWM2 = PIout \*  $U_{max}$  / perioada  
PI( $U_{cp}, U_c$ )  
PWM1 = PIout \*  $U_{max}$  / perioada  
Stop

Etapa 4:

Experimentarea și demonstrarea funcționalității modelului. Diseminarea rezultatelor. Elaborarea unei cereri de brevet de invenție.

**Activitatea 4.2. Realizarea software-ului de achiziție și comunicație date.**

Pachetul software elaborat în vederea achiziției mărimilor utilizând analizorul ION 6200 este format din următoarele componente :

- *KIT-ION6200-Inregistrare*
- *KIT-ION6200-VizualizareDate*
- *ION6200-Inregistrare.exe*
- *ION6200-VizualizareDate.exe*
- *Database11.accdb*

Utilizarea programului ION6200-Înregistrare

După lansarea aplicației *ION6200-Înregistrare.exe* pe display va fi afișată fereastra principală a programului (fig. 1). Se selectează meniul *Diverse / Selecție port serial* (fig. 2 și 3).

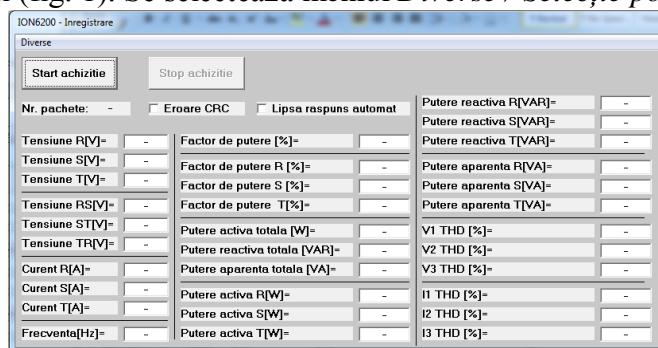


Fig. 1. Fereastra principală a programului.

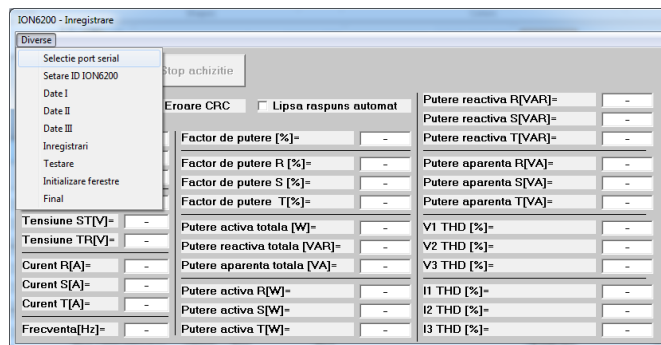


Fig. 2. Fereastra principală a programului – accesarea meniului Diverse.

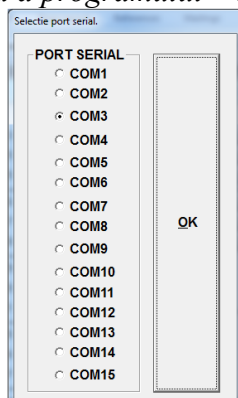


Fig. 3. Fereastra Selecție port serial.

Elementul de meniu *Setare ID ION6200* permite stabilirea cuvântului de identificare a aparatului fizic.

Etapa 4:

Experimentarea și demonstrarea funcționalității modelului. Diseminarea rezultatelor. Elaborarea unei cereri de brevet de invenție.

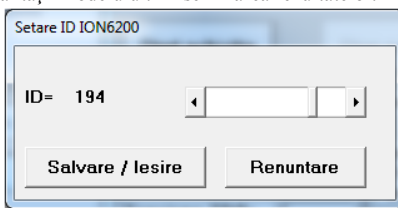


Fig. 4. Fereastra Setare ID ION6200.

După alegerea unui port serial valid și a ID-ului corect se poate iniția recepționarea datelor prin acționarea butonului *Start achiziție* din fereastra principală (fig. 1). Imediat se completează toate câmpurile libere (fig. 5).

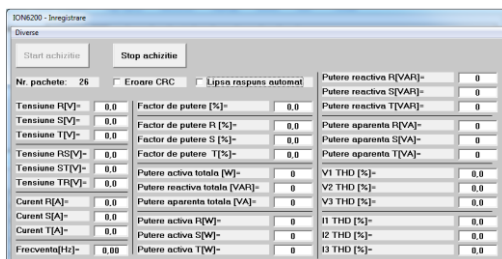


Fig. 5. Fereastra principală a programului – conexiunea serială a fost realizată.

*Date I*, *Date II* și *Date III* din meniul *Diverse* (fig. 2) permit vizualizarea celor 113 octeți care formează un pachet transmis de ION6200 (fig. 6).

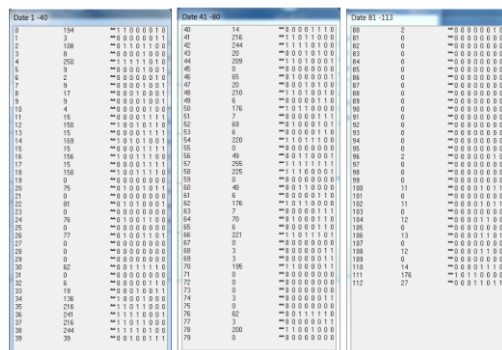


Fig. 6. Ferestrele *Date I*, *Date II* și *Date III*.

Prima coloană reprezintă un număr de ordine (cuprins între 0 și 112) iar coloanele 2 și 3 surprind octetul transmis în format zecimal și binar.

Pentru a obține o imagine grafică a evoluției semnalelor de interes se poate selecta *Inregistrări* din *Diverse* (fig. 2 și 7).

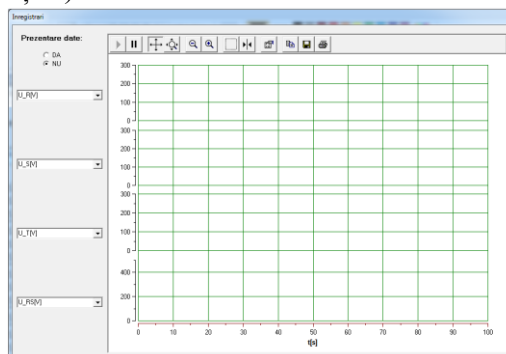


Fig. 7. Fereastra *Inregistrari*.

Pentru fiecare din cele patru canale analogice se va alege mărimea dorită (fig. 8). Se selectează apoi butonul de opțiune *DA* și imediat începe realizarea diagramelor asociate celor patru canale (fig. 9).

Etapa 4:

Experimentarea și demonstrarea funcționalității modelului. Diseminarea rezultatelor. Elaborarea unei cereri de brevet de invenție.

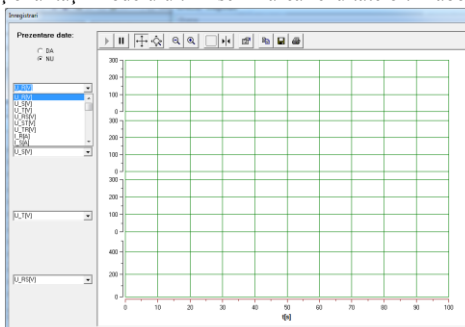


Fig. 8. Fereastra Inregistrări – alegerea mărimilor dorite pentru vizualizare grafică.

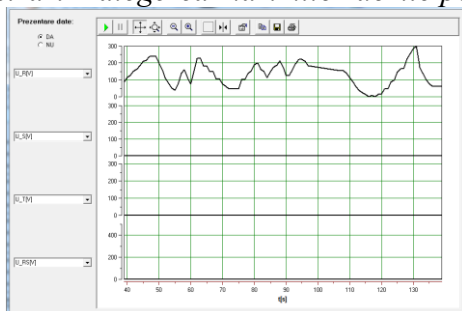


Fig. 9. Fereastra Inregistrări – desenarea diagramelor.

Instrumentele disponibile în prelucrarea grafică sunt prezentate în fig. 10. Butoanele *Reluare înregistrare* și *Pauza* sunt utilizate la reînprospătarea datelor din zona grafică activă. Listarea imediată a graficului este posibilă prin acționarea butonului *Imprimare* (fig. 10). *Micșorare globală*, *Marire globală* (fig. 10) au ca efect restrângerea / expandarea graficelor după abscisă și după ordonată.

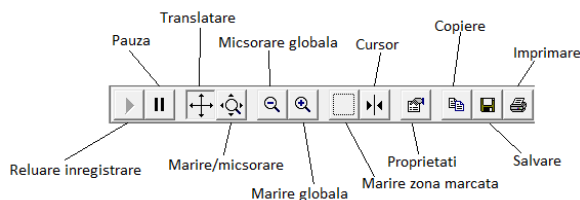


Fig. 10. Instrumente utilizate în vizualizarea grafică.

Folosirea funcției *Traducere* presupune mai întâi acționarea butonului respectiv apoi clic stânga sub axa timpului. În aceasta zonă va fi desenat un dreptunghi din linie punctată (fig. 11).

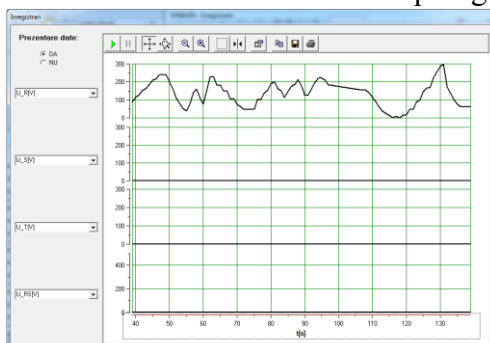


Fig. 11. Fereastra Inregistrari – s-a activat funcția traducere pe axa timpului.

Funcția “scroll” a mouse-ului permite traducerea graficului pe axa timpului (fig.12). Asemănător se poate executa o traducere pe ordonată pentru oricare din cele patru canale de achiziție.

Etapa 4:

Experimentarea și demonstrarea funcționalității modelului. Diseminarea rezultatelor. Elaborarea unei cereri de brevet de invenție.

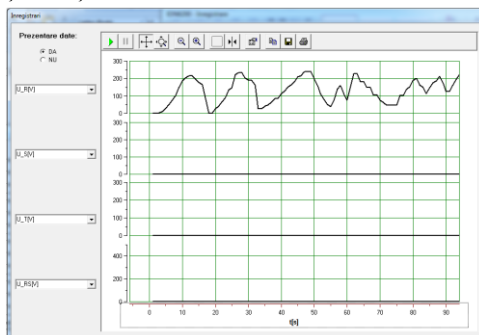


Fig. 12. Fereastra Inregistrari – s-a efectuat o translatare la începutul înregistrării.

Folosirea funcției *Marire/micșorare* presupune mai întâi acționarea butonului respectiv apoi clic stânga sub axa timpului. În aceasta zona va fi desenat un dreptunghi din linie punctată (fig. 13). Funcția “scroll” a mouse-ului permite mărirea/micșorarea graficului pe axa timpului

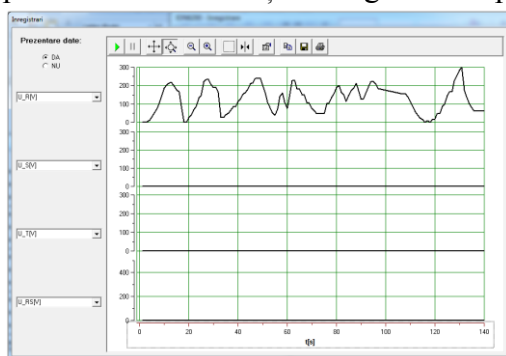


Fig. 13. Fereastra Inregistrari – s-a activat funcția mărirea/micșorare pe axa timpului.

Asemănător se poate executa o mărirea/micșorare pe ordonată pentru oricare din cele patru canale de achiziție. Butoanele *Translatare* și *Marire/micșorare* permit explorarea rapidă a înregistrărilor și alegerea zonelor de interes(fig.14)..

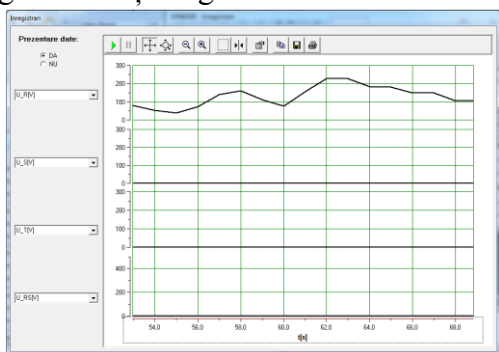


Fig. 14. Fereastra Inregistrari – se selectează o zonă pentru detaliere.

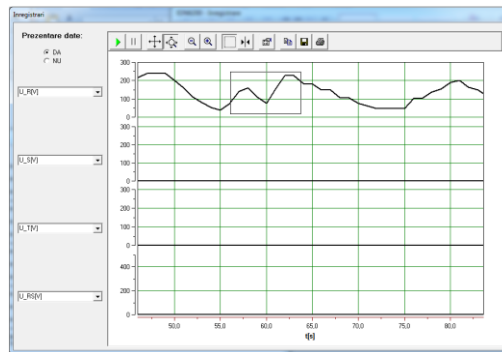


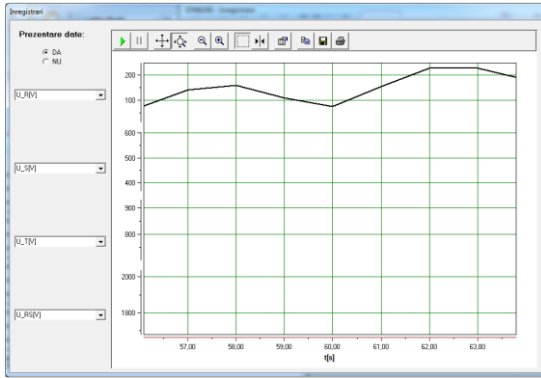
Fig. 15. Fereastra Inregistrari – s-a executat o mărirea pe axa timpului.

Butonul *Marire zona marcată* realizează expandarea zonei selectate (fig. 15) la întreaga suprafață activă a graficului (fig. 16).

Citirea valorilor de interes din grafice se face cu ajutorul cursorului. Activarea / dezactivarea acestuia se realizează prin intermediul butonului *Cursor* (fig. 10 și 17).

Etapa 4:

Experimentarea și demonstrarea funcționalității modelului. Diseminarea rezultatelor. Elaborarea unei cereri de brevet de invenție.



16. Fereastra Înregistrări – este prezentată în mod expandat zona selectată.

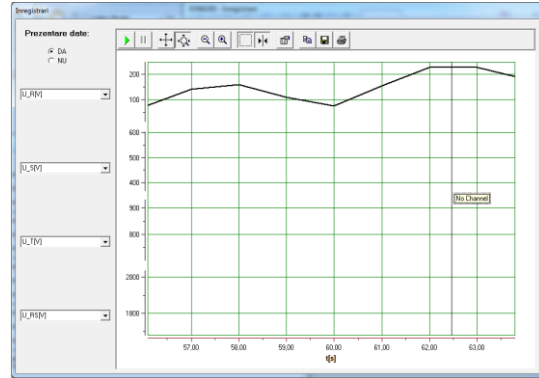


Fig. 17. Fereastra Înregistrări – activare cursor.

Clic dreapta pe cursor are ca efect apariția unei liste derulante din care se va alege canalul dorit (fig. 18).

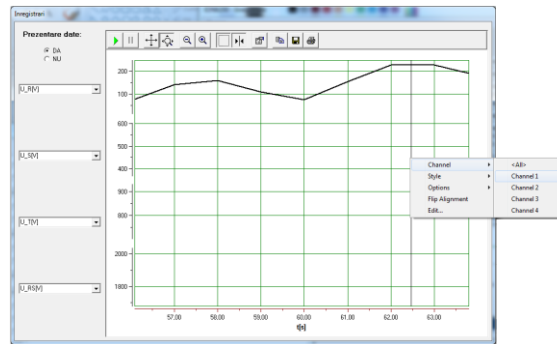


Fig. 18. Fereastra Înregistrări – alegere canal cursor.

Câmpul cursorului surprinde mai întâi abscisa apoi ordonata (fig. 19).

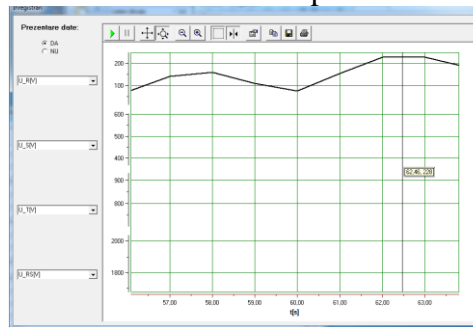


Fig. 19. Fereastra Înregistrări – cursorul surprinde coordonatele punctului ales.

Dacă se dorește modificarea proprietăților obiectului grafic atunci se apelează butonul *Proprietăți* (fig. 10 și 20). Noile setări vor fi active numai pe parcursul sesiunii curente.

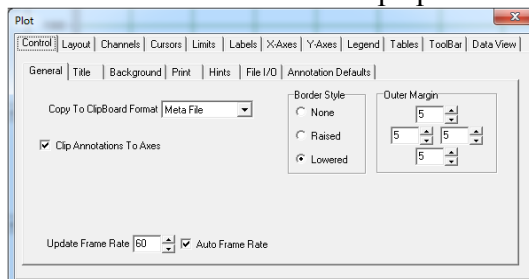


Fig. 20. Fereastra principală care permite modificarea proprietăților obiectului grafic folosit.

Etapa 4:

Experimentarea și demonstrarea funcționalității modelului. Diseminarea rezultatelor. Elaborarea unei cereri de brevet de invenție.

Dacă se dorește inserarea unei reprezentări grafice într-un document atunci se selectează butonul *Copiere* (fig. 10), se trece în documentul editat și se realizează combinația *clic dreapta / Paste* (fig. 21).

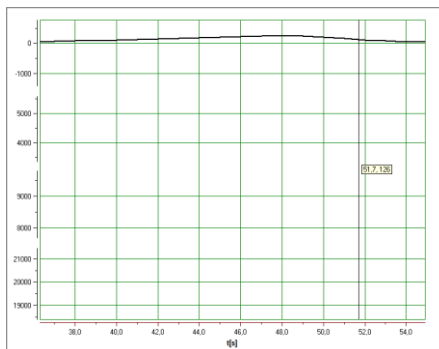


Fig. 21. Copierea unei înregistrări.

Imaginea curentă prezentată de obiectul grafic se poate salva prin activarea iconului *Salvare* (fig. 10 și 22).

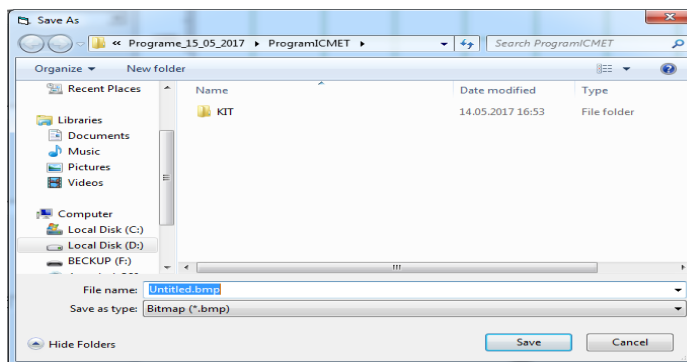


Fig. 22. Salvarea conținutului obiectului grafic.

Testarea programului a presupus numeroare modificări ale mărimilor de intrare pe întregul domeniu de definiție. Acest lucru ar fi fost greu de realizat utilizând ION6200. De aceea s-a conceput fereastra *Testare*. Pentru a utiliza aceasta facilitate se pornește programul, se alege un port serial valid, se activează fereastra *Testare* și se setează butonul *Testare*; în fereastra principală a programului se selectează *Start achiziție*. Modificarea mărimilor în fereastra *Testare* are ca efect modificarea acestora în fereastra principală.

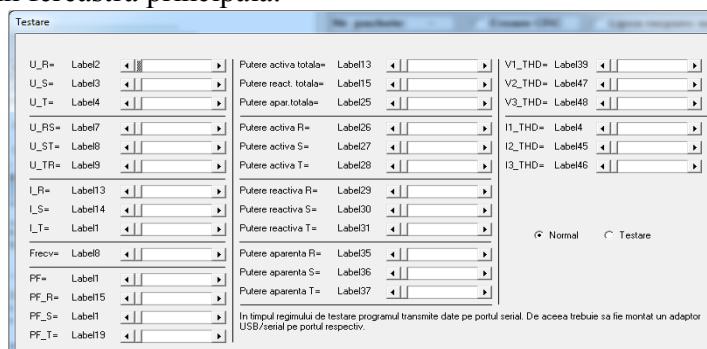


Fig. 23. Fereastra de testare.

Etapă 4:

Experimentarea și demonstrarea funcționalității modelului. Diseminarea rezultatelor. Elaborarea unei cereri de brevet de invenție.

### Utilizarea programului ION6200 -Vizualizare Date

După lansarea aplicației *ION6200-VizualizareDate.exe* pe display va fi afișată fereastra principală a programului (fig. 24) și fereastra *Înregistrări* (fig. 25).



Fig. 24. Fereastra principală a programului.

Următorul pas constă în *Selectarea intervalului de timp* (fig. 26). Revenind în fereastra principală se va acționa butonul *Extragere*. Lista derulantă din partea inferioară a ferestrei principale se va popula cu înregistrările selectate (fig. 27). Clic stanga pe oricare linie din înregistrare are ca efect popularea celor 32 de mărimi cu valorile corespunzătoare.

În fereastra *Înregistrări* se selectează cele patru mărimi dorite pentru vizualizare apoi se acționează *Încărcare*. Folosind butonul *Mărire/micșorare* (vezi fig. 10 și mecanismul prezentat în manualul anterior) se vizualizează întreaga înregistrare selectată (fig. 29). Butoanele *Translatare* și *Mărire/Micșorare* (fig. 10) vor fi utilizate pentru a se selecta intervalul dorit (fig. 30). Se activează cursorul și se selectează canalul 1 (vezi mecanismul descris în manualul anterior). Căsuța cursorului prezintă coordonatele punctului selectat (fig. 31). Eticheta cu numele *Data / ora absolute* prezintă data aferentă cursorului.

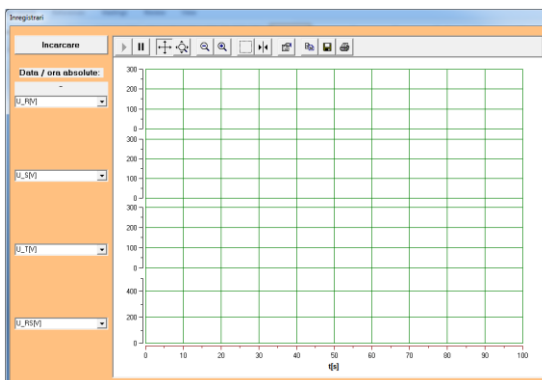


Fig. 25. Fereastra *Înregistrări*.

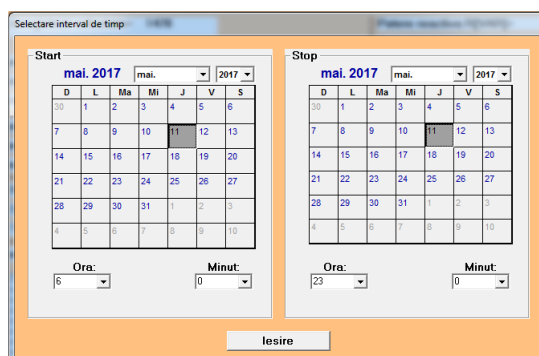


Fig. 26. Fereastra *Selectare interval de timp*.



Etape 4:

Experimentarea și demonstrarea funcționalității modelului. Diseminarea rezultatelor. Elaborarea unei cereri de brevet de invenție.

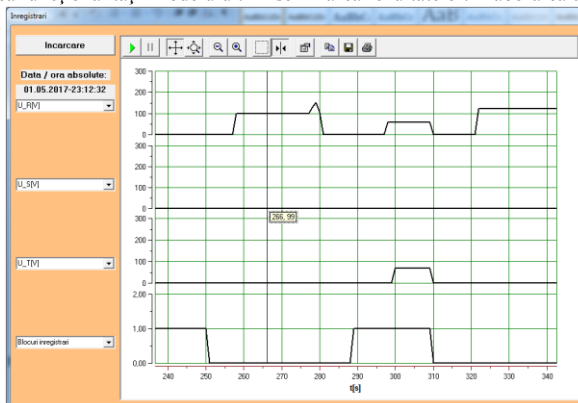


Fig. 31. Fereastra Înregistrări – s-a activat cursorul aferent canalului 1.

Spre deosebire de programul ION6200-Înregistrare, programul curent permite selectarea unei mărimi suplimentare. Este vorba de *Blocuri înregistrări*. Aceasta mărime poate avea valorile 0 sau 1. Un palier neîntrerupt 1 sau 0 marchează o înregistrare unitară. Schimbarea palierului se produce la începutul unei înregistrări unitare sau după o eroare de comunicație serială.

### Activitatea 4.3. Verificarea în laborator, a modelului experimental

Arhitectura sistemului utilizată la verificarea în laborator este prezentată în figura 32.

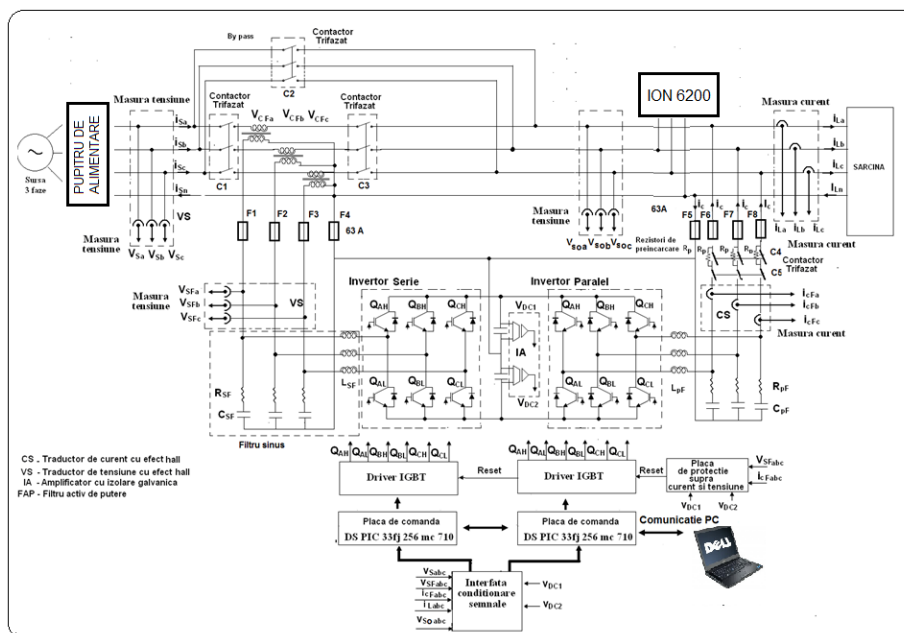


Figura 32. Arhitectura sistemului utilizată la verificarea în laborator



Figura 33. Pupitrul de alimentare

Etapa 4:

Experimentarea și demonstrarea funcționalității modelului. Diseminarea rezultatelor. Elaborarea unei cereri de brevet de invenție.



Figura 34. Vederi ale sistemului experimentat și a inverterului utilizat ca sarcină împreună cu un motor asincron



Figura 35. Motor asincron utilizat ca sarcină(20kW)

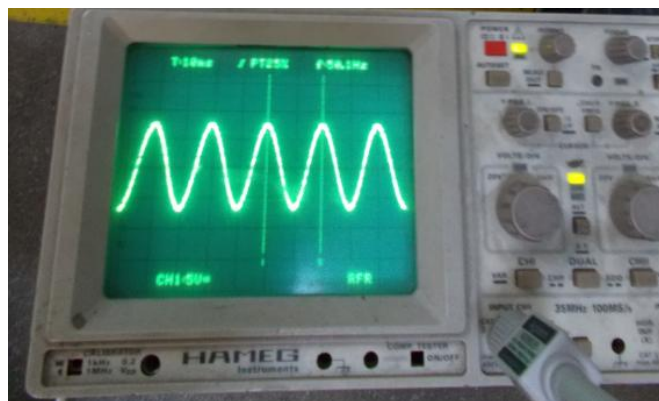


Figura 36. Vizualizarea tensiunilor pe sarcină

Etapa 4:

Experimentarea și demonstrarea funcționalității modelului. Diseminarea rezultatelor. Elaborarea unei cereri de brevet de invenție.

#### **Activitatea 4.4. Identificarea soluțiilor brevetabile**

Se propune depunerea unei cereri de brevet de invenție pentru un sistem adaptiv care să realizeze compensarea perturbațiilor tensiunii de alimentare (armonici, nesimetrie, goluri și creșteri, fluctuații lente și rapide de scurtă durată, perturbații de lungă durată ) și ale curentului (armonici și nesimetrie), în rețelele electrice de joasă tensiune, pentru asigurarea calității energiei electrice la consumator.

Sunt cunoscute sistemele de producere, transport și utilizare a energiei electrice centralizate în care, pentru reducerea regimului deformat sunt utilizate filtre pasive; acestea împiedică pătrunderea armonicilor de curent produse de consumatori în rețeaua de alimentare dar prezintă dezavantajul că nu asigură compensarea cumulată a diferitelor tipuri de perturbații ce pot apărea concomitent în rețea: perturbații tranzitorii, perturbații de scurtă durată, perturbații de lungă durată, dezechilibre și distorsiuni de formă.

Sunt cunoscute și alte soluții care utilizează filtre active sau combinații de filtre active și pasive (filtre hibride) care prezintă dezavantajul că au viteză de răspuns redusă pentru compensarea perturbațiilor, nu sunt suficient de flexibile și nu asigură predictibilitatea evoluției perturbațiilor.

Există o serie de invenții brevetate, atât la nivel național, cât și internațional, cum ar fi:

Documentul de brevet US 5731965 A/1998 descrie un sistem care combină efectele unui filtru activ și ale unui filtru pasiv. Filtrul activ injectează o armonică poluantă a curentului de fază distorsionat, în scopul de a diminua poluarea; echipamentul își propune să izoleze anumite armonici, în special armonicile de rang 5 și 7. Sistemul descris în acest document are dezavantajul de a nu elimina cu adevărat toate armonicile poluante și de a izola perfect componenta de 50 Hz.

Brevetul US 20060212238 A1/2006 abordează doar anumite aspecte ale calității energiei electrice bazate doar pe indicatorii de calitate ai formelor de undă.

Brevetul RO127599B1/2016 realizează numai determinarea indicatorilor de calitate ai puterii/energiei electrice printr-un modul de calcul pe baza componentelor armonice semnificative ale tensiunilor și curenților, fără a interveni în corectarea acestora, în scopul menținerii în limitele acceptate.

Soluțiile care s-au propus a fi brevetabile sunt următoarele:

1. Sistem adaptiv pentru asigurarea calității energiei în rețelele de joasă tensiune, caracterizat prin aceea că se compune dintr-un filtru activ (**A**), conectat în paralel cu rețeaua electrică și cu sarcina (**B**) și un filtru activ (**C**) conectat în serie cu rețeaua electrică. Cele două filtre active **A** și **C** se compun din două invertoare sursă de tensiune **101** și **102**, interconectate printr-un circuit comun de tensiune continuă **103**, un filtru sinusoidal **104**, 3 transformatoare monofazate **105**, **106**, **107** conectate în serie la rețeaua de distribuție de joasă tensiune, 3 bobine inductoare **108**, **109**, **110** și 3 rezistoare de putere **111**, **112**, **113** conectate în același punct cu sarcina, un bloc **114** de măsurare a tensiunilor din rețea, un bloc de măsură **115** a tensiunilor de ieșire din inverterul **102**, un bloc **116** de măsurare a tensiunii din circuitul intermediar **103**, punctul comun de cuplare **117**, un bloc **118** de măsură curenți de sarcină, un bloc **119** de măsură curenți la ieșirea inverterului **101**, trei contactoare trifazate **120**, **121**, **122** pentru conectarea/deconectarea sistemului adaptiv la rețeaua de distribuție de joasă tensiune, un contactor **123** care realizează funcția de by pass, un contactor **124** de preîncărcare a condensatoarelor din circuitul de tensiune continuă **103**, un filtru trece sus **125**, două module **126** și **127** pentru comanda invertoarelor **101** și **102**, un modul electronic de protecție **128**, un sistem local de generare **129**, un echipament de stocare a energiei **130**, un bloc **131** de măsură a tensiunii generatorului local, un convertor DC/DC **132**, un bloc **133** de măsură a tensiunii injectate în circuitul intermediar **103** și un sistem automatizat **134** de cuplare a convertorului **132** la circuitul intermediar **103**, format din două condensatoare identice **135**, **136**.

Etapa 4:

Experimentarea și demonstrarea funcționalității modelului. Diseminarea rezultatelor. Elaborarea unei cereri de brevet de invenție.

**2. Sistem adaptiv pentru asigurarea calității energiei în rețelele de joasă tensiune**, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că pentru compensarea simultană a perturbațiilor tensiunii de alimentare (armonici, nesimetrie, fluctuații lente și rapide etc.) și a perturbațiilor curentului (armonici și nesimetrie), respectiv pentru creșterea vitezei de răspuns prin monitorizarea permanentă a mărimilor electrice din rețea și adaptarea comenzii în timp real, adaugă la tensiunile sistemului de alimentare complementul până la obținerea unui sistem ideal de tensiuni cu valoarea nominală și compensarea perturbațiilor de curent de armonici superioare introduse de consumator. În acest scop folosește două filtre active A, C conectate în paralel și serie cu sarcina B, interconectate printr-un circuit comun de tensiune continuă 103, și două invertoare **101**, **102**. Primul inverter **101** reprezintă o sursă variabilă de curent, legată în paralel cu rețeaua de distribuție, ce compensează perturbațiile curentului (în principal armonici și nesimetrie), furnizează puterea reactivă cerută de utilizatori și reglează tensiunea din circuitul intermediar **103**. Al doilea inverter **102** funcționează ca o sursă de tensiune variabilă conectată în serie cu rețeaua și compensează perturbațiile tensiunii de alimentare (armonici, nesimetrie, fluctuații lente și rapide). Filtrul activ A realizează încărcarea condensatoarelor din circuitul intermediar **103** în trei etape, astfel:

- în prima etapă, pentru limitarea curentului de încărcare, contactorul **124** de preîncărcare a condensatoarelor din circuitul **103**, care asigură scurtcircuitarea rezistențelor **111**, **112**, **113** este deschis. Când tensiunea pe condensatoarele din circuitul de tensiune continuă **103** atinge o valoare de referință prescrisă  $U_1$ , începe etapa a doua;

- în etapa a doua, condensatoarele continuă să se încarce direct, fără a fi comandate elementele din inverterul **101**. Această etapă se desfășoară până când tensiunea pe condensatoare atinge valoarea de referință prescrisă  $U_2$ . Cele două valori prescrise sunt programate pentru asigurarea unui regim dinamic de încărcare. Cele două praguri pot fi prescrise urmărindu-se desfășurarea corectă a regimului de încărcare.

- în etapa a treia, tranzistoarele inverterului **101** încep să fie comandate.

Cele trei etape se desfășoară astfel: în primele aproximativ 10 ms încărcarea se realizează cu rezistențele **111**, **112**, **113** în circuit, continuarea încărcării libere cu rezistența scurtcircuitată până la aproximativ 35 ms, respectiv pornirea filtrului activ C și încărcarea până la valoarea  $U_{fin}$ , atinsă la aproximativ 180 ms. Valorile tensiunii, respectiv valoarea prescrisă finală de încărcare  $U_{fin}$  și cea măsurată a tensiunii pe condensatoare, se aplică unui regulator de tip PI. Mărimea de ieșire a regulatorului este utilizată pentru a obține amplitudinea componentelor în fază ale curenților de referință  $I_{ref}$  ai filtrului activ A. Cei trei curenți reprezintă valorile de referință  $I_{ref}$ , considerate cu semnul minus. Aceștia se aplică unui modulator cu histerezis. În urma comparării valorilor de referință  $I_{ref}$  cu cele măsurate rezultă comenzile tranzistoarelor inverterului **101**.

În *regimul de gol/scădere* sau *creștere de tensiune* inverterul **102** injectează/absoarbe în/din rețea, prin intermediul transformatoarelor **105**, **106**, **107** o tensiune de compensare cu scopul de a menține constantă tensiunea la bornele sarcinii.

În *regimul de gol/scădere*, când tensiunea rețelei are valori între 0,3 și 0,9 p.u., sau *creștere de tensiune*, atunci când tensiunea rețelei are valori mai mari de 1,1 p.u., inverterul **102** generează o tensiune de compensare în fază (în cazul scăderii tensiunii din rețea) sau în antifază (în cazul creșterii de tensiune) cu scopul de a menține constantă tensiunea la bornele sarcinii B. În cazul unui *gol/scădere de tensiune*, puterea injectată va fi pozitivă, fapt ce înseamnă că inverterul **102** furnizează o parte din puterea activă a sarcinii. Această putere poate fi absorbită tot din rețea, prin intermediul inverterului **101**, astfel încât curentul de linie depășește valoarea nominală pentru a asigura bilanțul puterilor în rețea și menținerea tensiunii din circuitul intermediar **103** la valoarea dorită, sau poate fi consumată din sursa locală. În aceste condiții, sarcinii B i se furnizează puterea activă necesară chiar și în condițiile golului de tensiune. Inverterul **101** îndeplinește suplimentar aceleași funcții ca și în regimul normal.

La apariția unei *creșteri de tensiune*, filtrul activ C absoarbe o anumită putere activă. Deoarece tensiunea rețelei depășește valoarea normată, este posibil ca tensiunea din circuitul

Etapa 4:

Experimentarea și demonstrarea funcționalității modelului. Diseminarea rezultatelor. Elaborarea unei cereri de brevet de invenție.

intermediar **103** să devină prea mare. Pentru a o menține la valoarea impusă, modulul de comandă **127** al inverterului **101** reduce curentul absorbit din rețea, fapt echivalent cu a spune că sistemul injectează în rețeaua electrică de alimentare o anumită putere activă.

Dacă tensiunile din sistem au valori normale dar includ și armonici superioare, inverterul **102** generează tensiuni în antifază cu aceste armonici asigurând alimentarea consumatorului cu un sistem sinusoidal simetric și echilibrat.

**3.** Sistem adaptiv pentru asigurarea calității energiei în rețelele de joasă tensiune, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că pentru compensarea perturbațiilor de lungă durată, *regim de întrerupere* a furnizării energiei electrice în punctul comun de cuplare **117**, filtrul activ **C** este deconectat de la rețea iar inverterul **101** funcționează ca o sursă de tensiune alternativă. Pentru aceasta, convertorul DC/DC **132** funcționează în *regim de descărcare*, permițând trecerea spre circuitul intermediar **103** a energiei furnizate de sistemul local de generare **129**, respectiv a celei existente în echipamentul de stocare locală a energiei **130**.

Convertorul DC/DC **132** lucrează în modul *încărcare*, respectiv *standby*, în funcție de nivelul tensiunii generate de sistemul local de generare **129** și de tensiunea din circuitul intermediar **103**. Când tensiunea pe condensatoarele din circuitul intermediar **103** este mai mică decât valoarea necesară de funcționare a inverterului **101**, se impune modul *încărcare*, respectiv convertorul **132** asigură legătura dintre sistemul adaptiv și sistemul local de generare. Dacă tensiunea atinge valoarea maxim admisă, convertorul **132** trece în modul *standby*, blocând transferul energetic și fiind pregătit pentru a trece în primul mod de funcționare. Dacă tensiunea la bornele generatorului scade sub o valoare minimă fixată, convertorul DC/DC **132** se decuplează pentru a izola sistemul local față de rețeaua de distribuție.

#### Activitatea 4.5. Întocmirea cererii de brevetare.

A fost elaborată documentația de brevet și a fost înregistrată cererea de brevet cu numărul A/00692, 21.09.2017. Titlul cererii de brevet este SISTEM ADAPTIV PENTRU ASIGURAREA CALITĂȚII ENERGIEI ÎN REȚELELE DE JOASĂ TENSIUNE.

Rezumatul și figura cu care se va publica sunt următoarele:

#### Rezumat

Propunerea de invenție se referă la un sistem adaptiv care realizează compensarea perturbațiilor tensiunii de alimentare (armonici, nesimetrie, goluri și creșteri, fluctuații lente și rapide de scurtă durată, perturbații de lungă durată) și ale curentului (armonici și nesimetrie), în rețelele electrice de joasă tensiune, pentru asigurarea calității energiei electrice la consumator.

Sistemul adaptiv pentru asigurarea calității energiei în rețelele de joasă tensiune, conform propunerii, se compune dintr-un filtru activ (**A**), conectat în paralel cu rețeaua electrică și un filtru activ (**C**) conectat în serie cu rețeaua electrică. Cele două filtre active **A** și **C** se compun din două invertoare sursă de tensiune **101** și **102**, interconectate printr-un circuit comun de tensiune continuă **103**, un filtru sinusoidal **104**, 3 transformatoare monofazate **105**, **106**, **107** conectate în serie la rețeaua electrică de joasă tensiune, 3 bobine inductoare **108**, **109**, **110** și 3 rezistoare de putere **111**, **112**, **113**.

S-a propus publicarea cu figura 1.

Etapa 4:  
 Experimentarea și demonstrarea funcționalității modelului. Diseminarea rezultatelor. Elaborarea unei cereri de brevet de invenție.

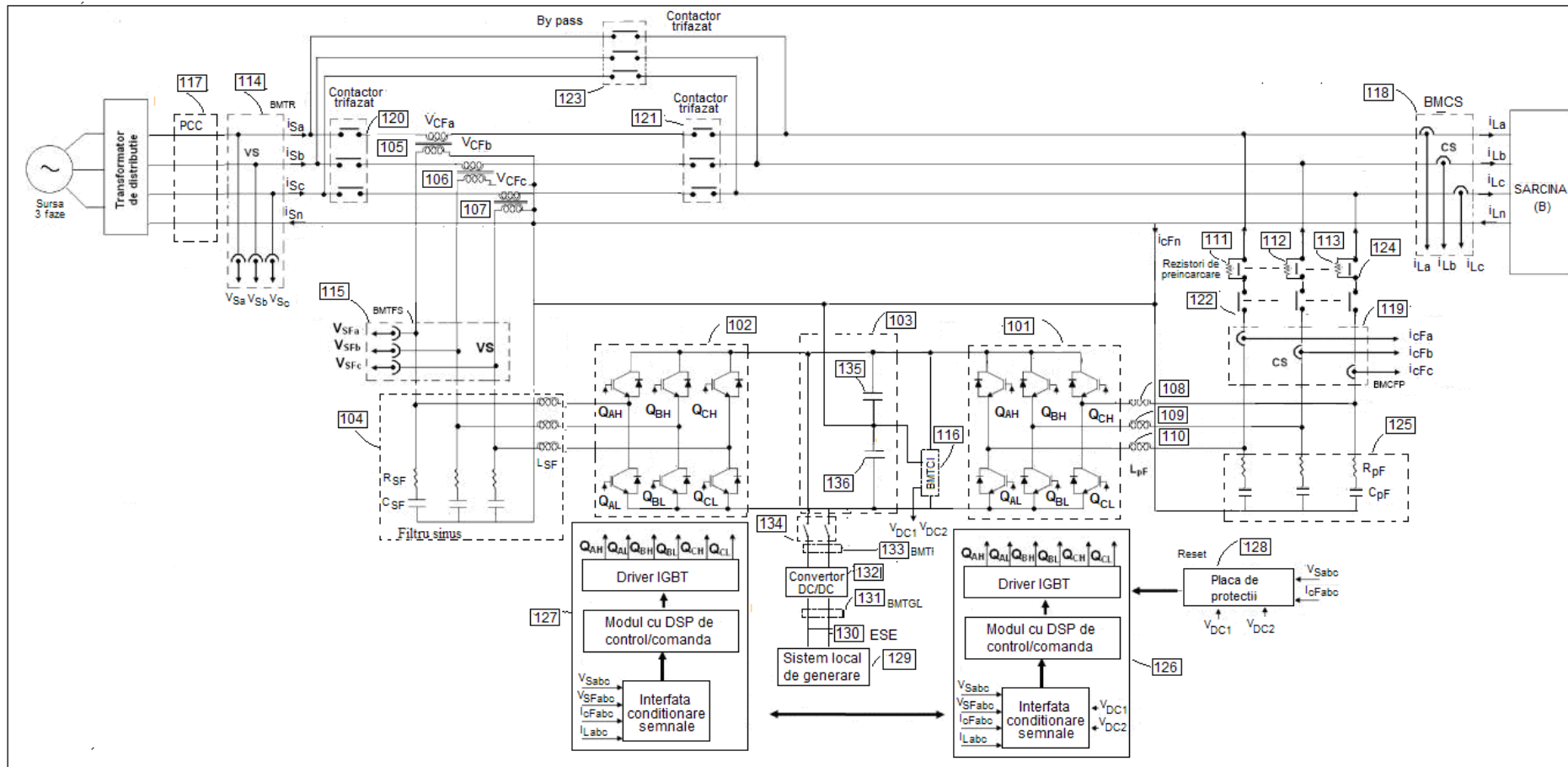


Fig.1

Etapa 4:

Experimentarea și demonstrarea funcționalității modelului. Diseminarea rezultatelor. Elaborarea unei cereri de brevet de invenție.

**Activitatea 4.6. Diseminarea rezultatelor prin publicații în reviste cotate și participarea la manifestări științifice de prestigiu**

Rezultatele obținute în cadrul proiectului au fost publicate, pentru etapa 4/2017, în lucrări prezentate la următoarele manifestări științifice:

1. Miron.A., Chindriș.M.D., Cziker.A., Sacerdoțianu.D., *Analysis of Disturbances Transmission in Microgrids*, Conferința Internațională OPTIM 2017, 25-27 mai, Brașov, 2017

*Abstract-* The analysis of disturbances transmission is a complex process that supposes the study of disturbances' sources, propagation and magnitude. The paper presents the results obtained within a research that aimed to assess the condition of low-voltage microgrids, relating to power quality, principally harmonic distortion and imbalance. For this goal, a careful investigation of the disturbances' sources was achieved. Further on, the propagation of harmonics and imbalance was performed using MATLAB/Simulink and the proper quality indices were traced. Therefore, a real microgrid was implemented using the three-phase models of the electric lines, power sources and consumers. This approach gave the opportunity to get an appropriate view of the power quality indices' actual situation in every node of the microgrid. Based on different loading regarding the energy sources and consumers i.e. day, night or evening, we considered various situations.

2. Ivanov.S., Ciontu.M., Sacerdoțianu. D., Radu.A., *Simple Control Strategies of the Active Filters within a Unified Power Quality Conditioner (UPQC)*, The 7th International Conference on Modern Power Systems (MPS 2017), Cluj Napoca, ISBN: 978-1-5090-6566-0.

*Abstract—* Unified power quality conditioner (UPQC) consists of combined shunt and series active power filters for improving both the power quality on the source side and on the load side. The paper presents a simple method for controlling the series filter under unbalanced and distorted load conditions by using a three phase locked loop (PLL). Two methods for controlling the shunt filter are analyzed. The model of the entire system is presented and considerations on the starting procedure are highlighted. The simulation is performed by using the Matlab-Simulink environment. The improvements of the power quality are analyzed by comparing the THD on the source side before and after use of the UPQC.

3. Chindriș. M., Cziker. A., Miron. A., *UPQC – the best solution to improve power quality in low voltage weak distribution networks*, The 7th International Conference on Modern Power Systems (MPS 2017), Cluj Napoca, ISBN: 978-1-5090-6566-0.

*Abstract -* The answer to global problems challenging energy sector was to use more efficiently local alternative (nonconventional fossil fuel or renewable) energy resources. In power systems, the use of renewable energy (RE) based distributed generation (DG) has increased considerably all over the world; the presence of DG units at distribution voltage level determines the transition from traditional passive to new active distribution networks. Concurrently, the modern distribution networks supply a large variety of non-linear loads based on power electronics contributing to increased current and voltage harmonics issues; dynamic loads and unbalance in power systems cause other power quality problems. The Romanian power system faces some challenges in order to ensure the reliability and quality of the power supply, especially in low voltage (LV) rural and sub-urban grids; thus, the power quality issues must be appropriately identified in every network while their assessment is the key element in the design of measures aiming to diminish all existing disturbances. A research project aims to identify the power quality issues and the impact of DG or other non-linear loads on LV distribution networks in Romania; the final goal is to develop an

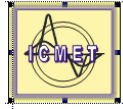
Etapa 4:

Experimentarea și demonstrarea funcționalității modelului. Diseminarea rezultatelor. Elaborarea unei cereri de brevet de invenție.  
equipment able to remove or, at least, to mitigate all electromagnetic disturbances considering the characteristics and sensitivity of end use equipment within customer facilities.

### Activitatea 4.7. Organizarea unei manifestări tehnico-științifice în domeniul specific proiectului - masă rotundă la sediul coordonatorului de proiect.

În data de 27 septembrie a fost organizată o Masă rotundă la sediul Institutului Național de Cercetare - Dezvoltare și Încercări pentru Electrotehnică - ICMET Craiova. Invitația la manifestația organizată a avut următorul conținut, prezentat mai jos.

Participanții au apreciat noutatea informațiilor și necesitatea continuării cercetărilor, într-un alt proiect sau pe fonduri proprii, pentru trecerea la prototip și ulterior la un produs comercial.



INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE-  
DEZVOLTARE ȘI ÎNCERCĂRI PENTRU  
ELECTROTEHNICĂ  
**ICMET CRAIOVA**

în colaborare cu:



UNIVERSITATEA  
DIN CRAIOVA  
FACULTATEA DE  
INGINERIE  
ELECTRICA  
CRAIOVA



UNIVERSITATEA  
TEHNICA  
CLUJ-NAPOCA  
FACULTATEA DE  
INGINERIE  
ELECTRICA  
CRAIOVA



organizează:

## MASĂ ROTUNDĂ

TITLUL PROIECTULUI

*Sistem adaptiv pentru asigurarea calității energiei, prin corectarea parametrilor electrici ai rețelelor de joasă tensiune, integrabil în rețelele SMART GRID*  
Acronim SAMGRID

Contract de finanțare nr. 64/2014

27 septembrie 2017  
CRAIOVA

#### OBIECTIVE GENERALE

- Proiectul își propune dezvoltarea unui **Sistem adaptiv pentru asigurarea calității energiei, prin corectarea parametrilor electrici ai rețelelor de joasă tensiune, integrabil în rețelele SMART GRID**, pentru asigurarea siguranței în alimentarea cu energie electrică a clienților finali.
- Prin derularea proiectului se urmărește dezvoltarea domeniului de cercetare „echipamente electrotehnice, monitorizări, eficiență energetică și calitatea energiei” – direcție principală de cercetare la ICMET Craiova, consolidându-se astfel oferta de cunoștințe realizată de institut;
- Prin derularea proiectului se urmărește realizarea unui model experimental inovativ având la bază o serie de analize și modelări specifice soluțiilor de tip FACTS de ultimă generație (Unified Power Quality Controller), dedicate punctelor de interconectare a microrețelelor la sistemul de distribuție.

#### OBIECTIVE SPECIFICE ȘI OPERAȚIONALE

- Fundamentarea soluțiilor tehnice și constructive pentru un sistem adaptiv de corecție a parametrilor electrici ai rețelelor de joasă tensiune integrabil în rețelele SMART GRID
- Proiectarea și elaborarea documentației tehnice pentru model sistem adaptiv de corecție a parametrilor rețelei electrice în punctele de racord a microrețelelor;
- Realizarea modelului experimental;
- Experimentarea, și demonstrarea funcționalității modelului

#### IUSTIFICAREA NECESITĂȚII PROIECTULUI

- Fundamentarea soluțiilor tehnice și constructive pentru un sistem adaptiv de corecție a parametrilor electrici ai rețelelor de joasă tensiune, pentru microrețele convenționale izolate, integrabil în rețelele SMART GRID.
- Fundamentarea soluțiilor tehnice și constructive pentru un sistem adaptiv de corecție a parametrilor electrici ai rețelelor de joasă tensiune, pentru microrețele de interconectare a surselor regenerabile de energie, integrabil în rețelele SMART GRID.
- Abordarea practică a conceptului Unified Power Quality Controller.

#### OBIECTIVELE MANIFESTĂRII:

- prezentarea, diseminarea și promovarea rezultatelor cercetărilor științifice și de dezvoltare;
- deschiderea / dezvoltarea de noi direcții de cercetare;
- stimularea cererii pentru cercetare, dezvoltare, inovare;
- cunoașterea celor mai noi realizări în domeniul tematicii desfășurate;
- dezvoltarea colaborării internaționale și realizarea unor parteneriate cu specialiști ai unor firme de prestigiu din străinătate, în vederea participării la programele de cercetare ale Uniunii Europene.

În cadrul dezbaterilor care vor avea loc între participanții la această manifestare, se vor sublinia tendințele care se conturează în domeniul de dezvoltare a echipamentelor electrotehnice destinate rețelelor microgrid, precum și modul în care ele se transferă în industria electrotehnică și Sistemul Energetic Național.

#### Program:

9<sup>30</sup> – 10<sup>00</sup> Primirea invitațiilor  
10<sup>00</sup> – 10<sup>30</sup> Cuvânt de deschidere  
10<sup>30</sup> – 12<sup>30</sup> Masă rotundă

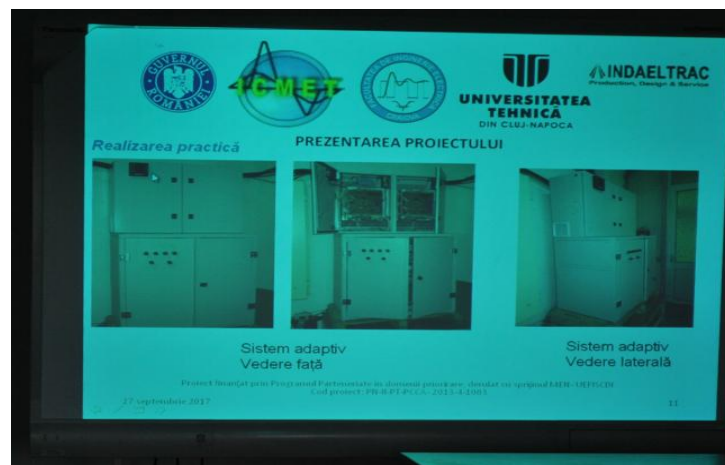
- Prezentarea proiectului.**  
(Dr. ing. Dumitru SACERDOTIANU - ICMET Craiova)
- Considerații privind reducerea perturbațiilor în rețelele de distribuție de JT, prin corectarea parametrilor în punctul de interconectare rețea-consumator.**  
(Prof. univ. dr.ing. Marian Ciontu - Universitatea din Craiova, Facultatea de Inginerie Electrică)
- Simularea Rețelelor Electrice Moderne de Joasă Tensiune.**  
(Prof. emerit. dr.ing. Mircea Chindriș - Universitatea Tehnică Cluj-Napoca)

12<sup>30</sup> – 13<sup>00</sup> Pauză de cafea  
13<sup>00</sup> – 15<sup>00</sup> Masă rotundă

- Modelarea și simularea sistemului adaptiv.**  
(Prof. univ. dr.ing. Sergiu Ivanov - Universitatea din Craiova, Facultatea de Inginerie Electrică)
- Prezentarea modelului**  
(Ing. Radu Alexandru și colectivul - SC INDAELTRAC)
- Discuții**

Etapa 4:

Experimentarea și demonstrarea funcționalității modelului. Diseminarea rezultatelor. Elaborarea unei cereri de brevet de invenție.



Concluziile rezultate în urma discuțiilor au evidențiat interesul reprezentanților Distribuție Oltenia care și-au manifestat disponibilitatea de a testa un prototip în rețelele proprii.