



Contor inteligent bazat pe evaluarea semnăturii energetice

Raport științific și tehnic - Etapa IV
Testarea modelului experimental



Cuprins

1. INTRODUCERE	3
SCOPUL DOCUMENTULUI	3
REZUMATUL ETAPEI	3
2. CONSTITUIREA BAZEI DE DATE - AMPRENTE CONSUMATORI.....	4
3. TESTAREA MODELULUI EXPERIMENTAL SIGMET.....	7
3.1. REGULI DE TESTARE	7
3.2. PLANIFICARE EXPERIMENT.....	8
3.3. REZULTATELE TESTĂRII. OPTIMIZĂRI.....	10



1. Introducere

Scopul documentului

Scopul acestui document este de a detalia testarea modelul experimental al sistemului SigMET

Documentul se adresează liderilor și inginerilor din echipele de lucru și de asemenea reprezentanților autorității contractante.

Rezumatul etapei

Obiectivul central al proiectului SigMET îl reprezintă realizarea modelului experimental al unui sistem de tip contor inteligent, capabil să furnizeze informații privitoare la consumul de energie electrică al fiecărei clase de consumatori întâlniți în mod curent la utilizatorii rezidențiali. Pentru atingerea acestui obiectiv, în cadrul etapei curente au fost testate componentele hardware și software, pe baza rezultatelor obținute în etapele anterioare și optimizate acestea în scopul maximizării procentului de detecții corecte.

Testarea modelului experimental a parcurs, în mod iterativ, următoarele etape:

- alegerea unor clase diversificate de consumatori (rezistivi, inductivi, deformați);
- constituirea bazei de date cu amprentele acestora;
- planificarea experimentelor
- stabilirea algoritmului de recunoaștere a consumatorilor și testarea acestuia;
- optimizarea algoritmului de recunoaștere, criteriul de merit fiind procentul de detecții corecte.

În raportul științific al etapei sunt prezentate rezultatele finale, obținute cu algoritmul de detecție optimizat.

A fost actualizată pagina web a proiectului, care poate fi accesată la adresa: www.ee.tuiasi.ro/~SigMET



2. Constituirea bazei de date - amprente consumatori

Consumatorii utilizați în cadrul etapei de testare au fost clasificați în 3 categorii, după cum urmează:

1. rezistivi: bec incandescent și calorifer;
2. inductivi: mixer, mașină de tocat carne, mașină de spălat și mașină de găurit;
3. deformanți: bec economic de 20W și două calculatoare.

Pentru fiecare consumator au fost detectate amprentele electrice ce conțin următorii parametri:

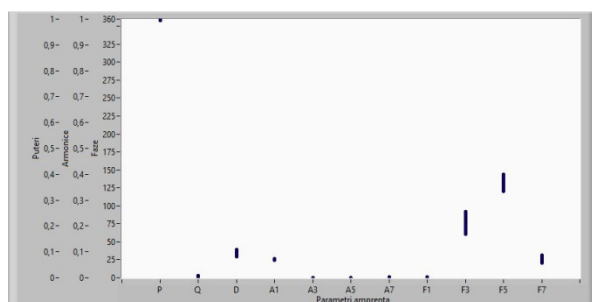
P_S	Q_S	D_S	A_{h1}	A_{h3}	A_{h5}	A_{h7}	Φ_{h1}	Φ_{h3}	Φ_{h5}	Φ_{h7}
-------	-------	-------	----------	----------	----------	----------	-------------	-------------	-------------	-------------

unde:

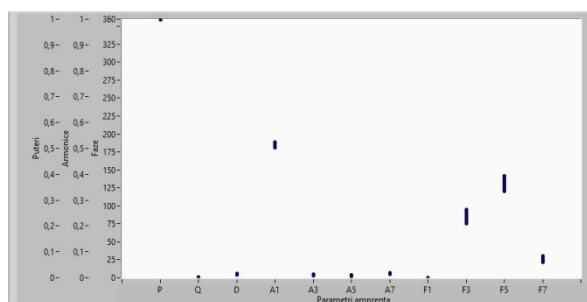
- P_S este puterea activă P raportată la puterea aparentă S ;
- Q_S este puterea reactivă Q raportată la puterea aparentă S ;
- D_S este puterea deformată D raportată la puterea aparentă S ;
- A_{h1} , A_{h3} , A_{h5} și A_{h7} sunt amplitudinile armonicelor de rang 1, 3, 5 și 7 ale curentului electric;
- Φ_{h1} , Φ_{h3} , Φ_{h5} și Φ_{h7} sunt fazele armonicelor de rang 1, 3, 5 și 7 ale curentului electric.

Puterile activă, reactivă și deformată au fost raportate la puterea aparentă deoarece s-a observat că pe durata de funcționare a unor consumatori variabili (de exemplu cele două calculatoare), raporturile dintre aceste puteri prezintă variații mai mici.

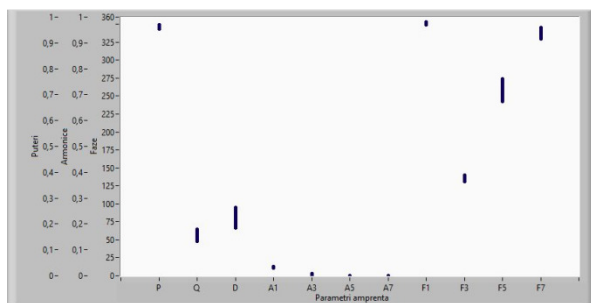
Pentru testarea procesului de detecție, inițial a fost constituită o bază de date cu amprentele celor 9 consumatori luați în considerare. Aceștia au fost puși în funcțiune separați și pentru o durată de minim 5 minute au fost calculați și înregistrați parametrii utilizați pentru definirea amprente electrice. Acești parametrii au variat în anumite intervale care sunt prezentate în Figura 1 pentru fiecare dintre cei 9 consumatori analizați. În Figura 2 se pot observa formele de undă ale curenților pe baza cărora s-au determinat parametrii ce constituie amprenta unui consumator. Utilizând datele înregistrate, se determină valorile medii a fiecărui parametru în parte, ce vor constitui amprentele electrice ce vor fi înregistrate în baza de date.



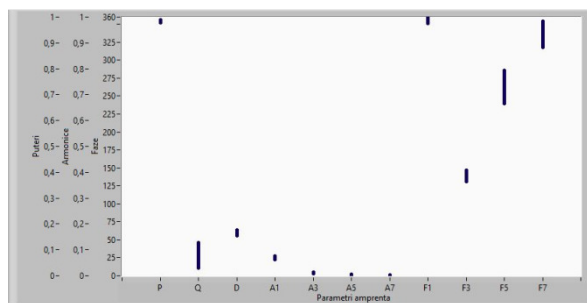
a.



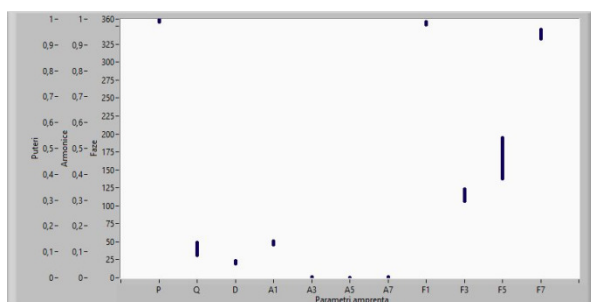
b.



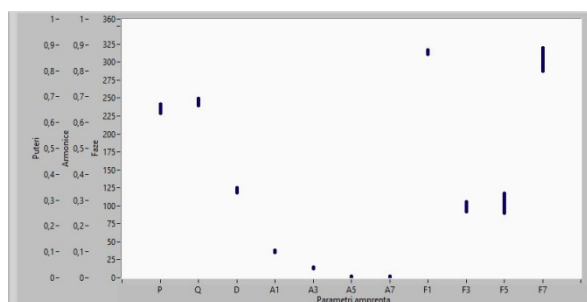
c.



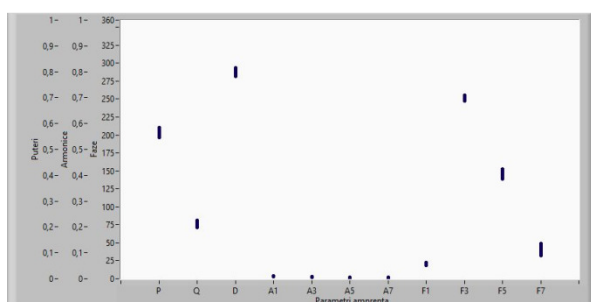
d.



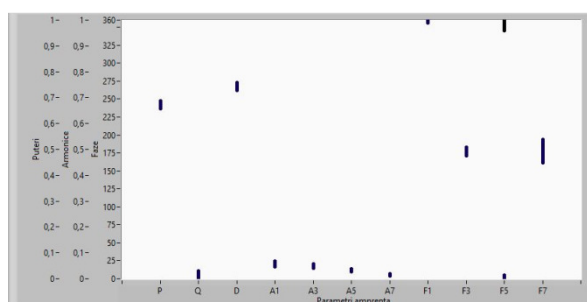
e.



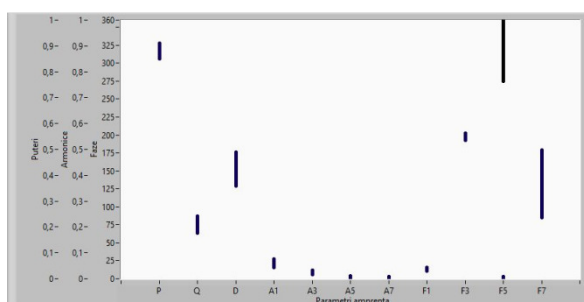
f.



g.

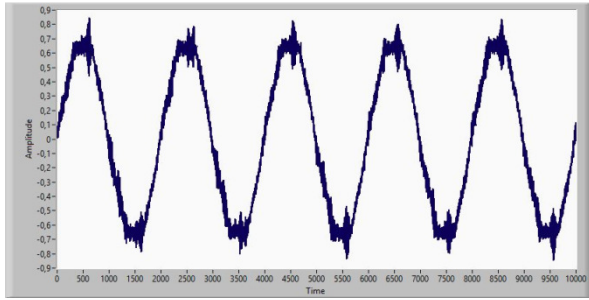


h.

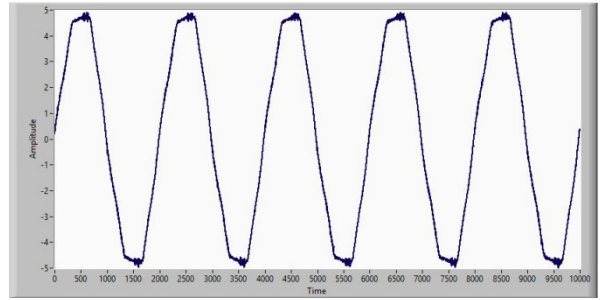


i.

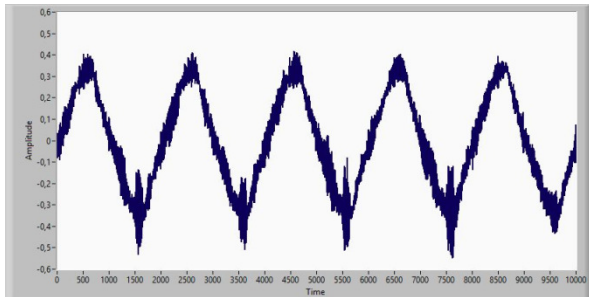
Figura 1. Ampretele electrice ale consumatorilor analizați: a - bec incandescent, b - calorifer, c - mixer, d - mașină de tocat carne, e - mașină de spălat, f - mașină de găurit, g - bec economic, h - calculator 1 (PC1), i - calculator 2 (PC2)



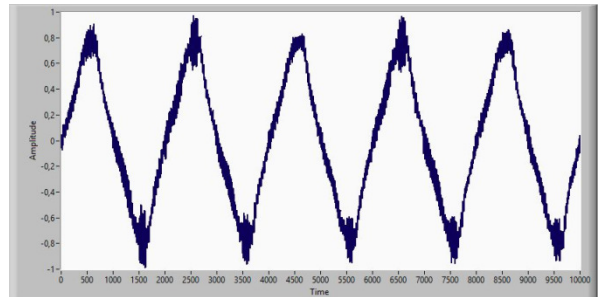
a.



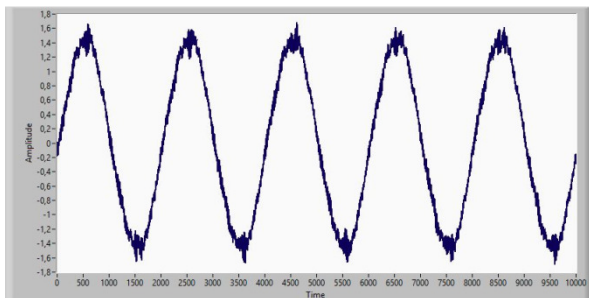
b.



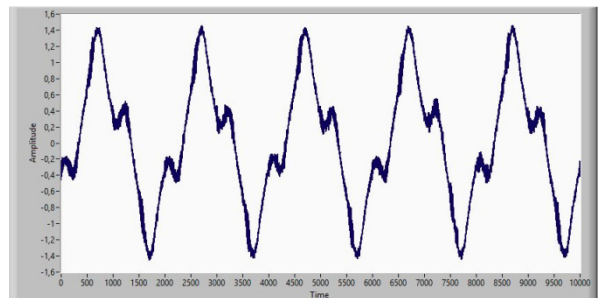
c.



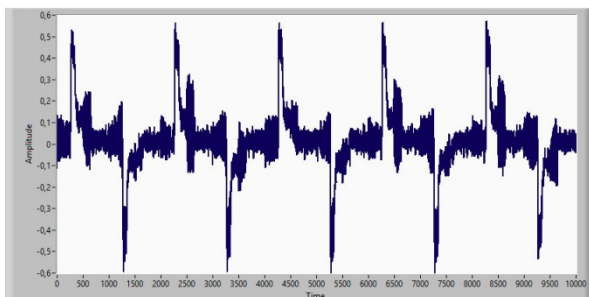
d.



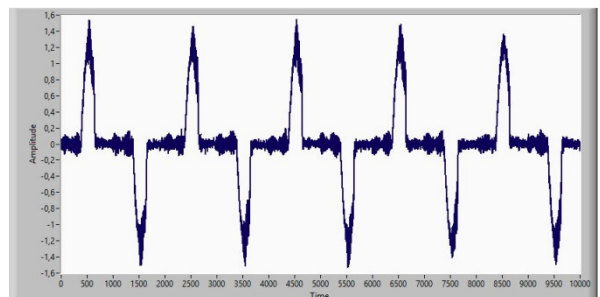
e.



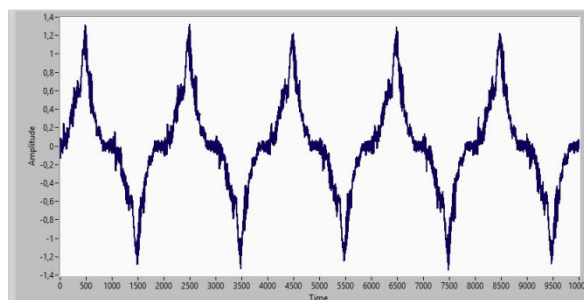
f.



g.



h.



i.

Figura 2. Formele de undă ale curenților consumatorilor analizați: a - bec incandescent, b - calorifer, c - mixer, d - mașină de tocat carne, e - mașină de spălat, f - mașină de găurit, g - bec economic, h - calculator 1 (PC1), i - calculator 2 (PC2)

3. Testarea modelului experimental SigMet

3.1. Reguli de testare

Detecția consumatorilor se face prin intermediul unui proces de diferențiere bazat pe scor. În momentul în care un eveniment este detectat (puterea activă variază cu mai mult de 15 W pentru mai mult de 10 secunde) sunt calculați parametrii caracteristici amprentei electrice definită anterior urmând ca aceștia să fie comparați cu parametrii amprentelor din baza de date. Procesul de comparare constă în parcurgerea următorilor pași:

- calculul distanțelor dintre parametrii determinați pentru evenimentul detectat și cei din baza de date;
- calculul scorurilor pentru fiecare parametru în funcție de distanța determinată anterior conform următorului procedeu: cea mai mare distanță va primi un scor de 10 puncte, urmând ca următoarele distanțe să primească un scor proporțional cu raportul dintre distanța analizată și cea mai mare distanță. Spre exemplu, dacă avem 2 distanțe $d_1 = 15$ și $d_2 = 5$, atunci pentru d_1 se alocă 10 puncte iar pentru d_2 se alocă $10 \times 5/15 = 3.33$ puncte.
- pentru fiecare amprentă se determină scorul total ca sumă a scorurilor fiecărui parametru.

Pe baza scorurilor determinate se realizează procesul de detecție a consumatorilor. Ampretele vor fi analizate în ordine crescătoare a scorurilor; pentru amprenta cu cel mai mic scor se consideră că s-a obținut cea mai bună potrivire (cea mai mică distanță) față de amprenta evenimentului detectat. Pentru detecție s-au luat în considerare o serie de constrângeri:

1. scorul analizat trebuie să fie mai mic decât un anumit prag, stabilit la 30 în cadrul acestei etape de testare;



2. dacă se detectează un eveniment corespunzător unei tranziții negative (deconectare a unui consumator) iar amprenta cu cel mai mic scor corespunde unui consumator cu a cărui stare de funcționare este oprit, atunci se ia în considerare amprenta cu următorul scor (un consumator oprit nu mai poate fi oprit încă o dată).

3.2. Planificare experiment

Pentru testarea algoritmului de detecție implementat au fost luate în considerare 3 situații:

1. fiecare consumator a fost comutat (pornit-oprit) de 25 de ori fără ca vreun alt consumator să fie pornit (Tabel 1);
2. pentru fiecare categorie de consumatori s-a ales un membru care a fost comutat de 25 de ori în prezența unui alt consumator din cele 3 categorii (Tabel 2);
3. consumatorii aleși din cele 3 categorii au fost comutați de 25 de ori în prezența a 2 consumatori din 2 categorii diferite (Tabel 3).

Tabel 1. Testarea individuală a consumatorilor

Consumator pornit	Consumatori rezistivi (R)	Consumatori inductivi (I)	Consumatori deformați (D)
0	bec incandescent (×25)	0	0
0	calorifer (×25)	0	0
0	0	mixer (×25)	0
0	0	mașină de tocat carne (×25)	0
0	0	mașină de spălat (×25)	0
0	0	mașină de găurit (×25)	0
0	0	0	bec economic (×25)
0	0	0	PC1 (×25)
0	0	0	PC2 (×25)



Tabel 2. Testarea în prezența unui consumator reprezentativ pentru fiecare din cele 3 categorii

Consumator pornit	Consumatori rezistivi (R)	Consumatori inductivi (I)	Consumatori deformați (D)
R (bec incandescent)	calorifer (×25)	0	0
	0	mixer (×25)	0
	0	0	PC1 (×25)
I (mașină de găurit)	calorifer (×25)	0	0
	0	mixer (×25)	0
	0	0	PC1 (×25)
D (bec economic)	calorifer (×25)	0	0
	0	mixer (×25)	0
	0	0	PC1 (×25)

Tabel 3. Testarea consumatorilor în prezența a doi consumatori porniți din două categorii diferite

Consumator pornit	Consumatori rezistivi (R)	Consumatori inductivi (I)	Consumatori deformați (D)
RI (bec incandescent + mașină de găurit)	calorifer (×25)	0	0
	0	mixer (×25)	0
	0	0	PC1 (×25)
RD (bec incandescent + PC2)	calorifer (×25)	0	0
	0	mixer (×25)	0
	0	0	PC1 (×25)



ID (mașină de găurit + PC2)	calorifer (×25)	0	0
	0	mixer (×25)	0
	0	0	PC1 (×25)

3.3. Rezultatele testării. Optimizări.

Conform rezultatelor obținute s-au identificat 4 tipuri de rezultate:

1. rezultate corecte (RC): consumatorul detectat precum și scorul minim a corespuns consumatorului comutat;
2. rezultat corect pe bază de constrângere (RCC): a fost detectat consumatorul comutat însă scorul minim a aparținut unui alt consumator (specific tranzițiilor negative, starea de funcționare a consumatorului cu scor minim era oprit, astfel încât el nu mai putea fi oprit);
3. rezultate false (RF): au fost detectate comutări ale unor consumatori însă acestea au fost determinate de variațiile în timp ale consumatorilor prezenți (specific calculatoarelor - nu au o evoluție constantă în timp a parametrilor caracteristici amprentei);
4. rezultate greșite (RG): consumatorul detectat cât și scorul minim nu corespund consumatorului comutat.

După cum s-a precizat, consumatorii au fost comutați de 25 de ori astfel încât se vor obține 50 de rezultate (25 pentru pornire și 25 pentru oprire). Pentru fiecare consumator s-a determinat un procent al detecțiilor corecte PDC:

$$PDC = \frac{RC+RCC}{50} \times 100$$

De asemenea s-a determinat și un interval aproximativ în care scorurile obținute corespund unor rezultate corecte (I_{scor}) pentru a se analiza dacă pragul de 30 de puncte ales inițial poate fi modificat.

În continuare sunt prezentate rezultatele obținute pentru fiecare situație de testare considerată. În Tabelul 4 sunt prezentate rezultatele obținute atunci când fiecare consumator este comutat fără ca alți consumatori să fie prezenți în rețeaua de alimentare.



Tabel 4. Rezultate obținute pentru testarea individuală a consumatorilor

Consumator comutat	RC	RCC	RF	RG	PDC [%]	I _{scor}
Bec incandescent	50	0	0	0	100	3.9 - 5.3
Calorifer	50	0	0	0	100	9.7 - 11.1
Mixer	50	0	0	0	100	7 - 9.2
Mașină de tocat carne	50	0	0	0	100	3.2 - 8.9
Mașină de spălat	50	0	0	0	100	3.3 - 6.1
Mașină de găurit	50	0	0	0	100	2.5 - 4.5
Bec economic	50	0	0	0	100	2 - 5.7
PC1	50	0	3	0	100	5.5 - 14.02
PC2	47	0	3	0	94	5.7 - 14.09

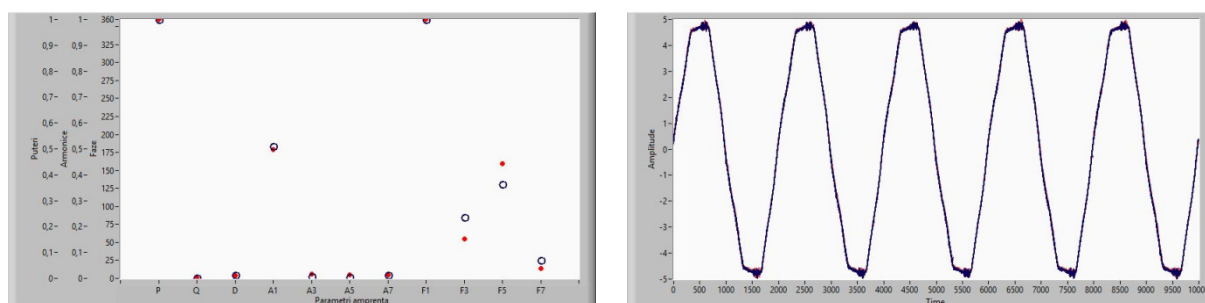
Conform tabelului se poate observa că procentul pentru detecția individuală a consumatorilor este de 100% în majoritatea cazurilor, excepție făcând cele două calculatoare care au determinat obținerea unor rezultate false. Detecția acestor rezultate este determinată de faptul că acești consumatori au un consum variabil în timp. Calculatoarele pot fi considerate ca fiind un ansamblu de mai mulți consumatori, care, în funcție de funcționalitatea pe care trebuie să o îndeplinească, vor avea un consum diferit. De exemplu, atunci când se copiază un volum de date în calculator, hard-diskul va determina un consum mai mare față de atunci când calculatorul nu execută nici o acțiune ce implică unitatea de stocare.

În cazul primului calculator, PC1, toate tranzițiile de pornire și de oprire ale acestuia au fost detectate, astfel încât s-a obținut un procent de 100% al detecțiilor corecte. Totuși, datorită consumului variabil în timp al acestuia, au fost detectate și 3 rezultate false, și anume 2 porniri și o oprire a PC2. Scorurile acestor detecții sunt cuprinse între 25.75 și 29.02.

În cazul PC2 au fost obținute 3 rezultate false, 3 opriri ale PC2, datorită variațiilor puternice ale acestuia. Scorurile obținute au fost de 8.84, 26.27 și 28.58. Cu toate că s-au detectat evenimente ale consumatorului analizat (PC2) ele nu au avut loc în momentul închiderii consumatorului ci pe durata sa de funcționare. Acest fapt poate fi explicat prin faptul că pornirea consumatorului PC2, în situațiile respective, a fost detectată pentru valori ridicate ale puterii active. Ulterior, când PC2 ajunge la un regim stabil de funcționare, puterea activă a

scăzut suficient de mult încât să determine detecția unui nou eveniment care a putut fi clasificat drept oprire a consumatorului PC2.

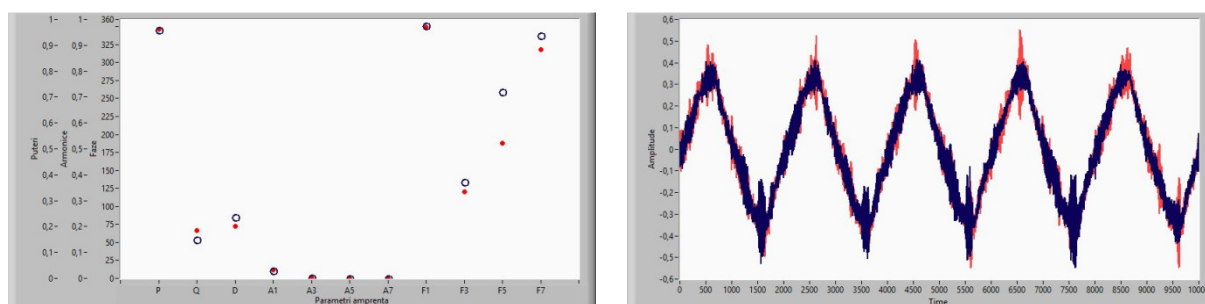
Pentru fiecare categorie va fi ales câte un consumator reprezentativ pentru care se va prezenta grafic o comparație între amprenta din baza de date și amprenta detectată, precum și între formele de undă din baza de date și cea detectată. În Figura 3a este prezentată o comparație între amprenta detectată (roșu) și cea înregistrată în baza de date (albastru) pentru consumatorul calorifer iar în Figura 3b sunt comparate formele de undă ale curentului ce au stat la baza determinării amprentelor electrice. Aceleași comparații sunt prezentate în Figura 4 pentru mixer, în Figura 5 pentru PC1 iar în Figura 6 pentru PC2.



a.

b.

Figura 3. Comparație între: (a) amprenta înregistrată în baza de date (albastru) și cea detectată (roșu), (b) forma de undă a curentului utilizată pentru determinarea amprentei electrice înregistrată în baza de date (albastru) și pentru determinarea amprentei detectate (roșu) pentru consumatorul calorifer - testare 1.



a.

b.

Figura 4. Comparație între: (a) amprenta înregistrată în baza de date (albastru) și cea detectată (roșu), (b) forma de undă a curentului utilizată pentru determinarea amprentei electrice înregistrată în baza de date (albastru) și pentru determinarea amprentei detectate (roșu) pentru consumatorul mixer - testare 1.

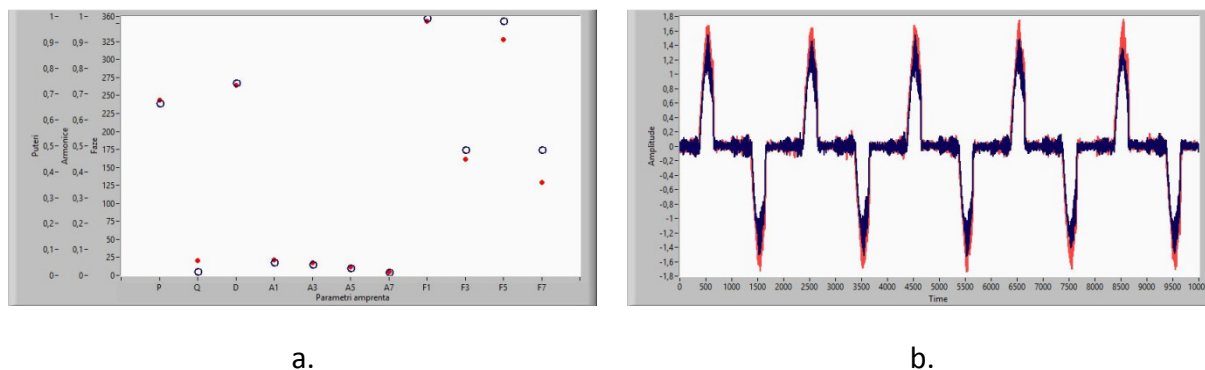


Figura 5. Comparație între: (a) amprenta înregistrată în baza de date (albastru) și cea detectată (roșu), (b) forma de undă a curentului utilizată pentru determinarea amprentei electrice înregistrată în baza de date (albastru) și pentru determinarea amprentei detectate (roșu) pentru consumatorul PC1 - testare 1.

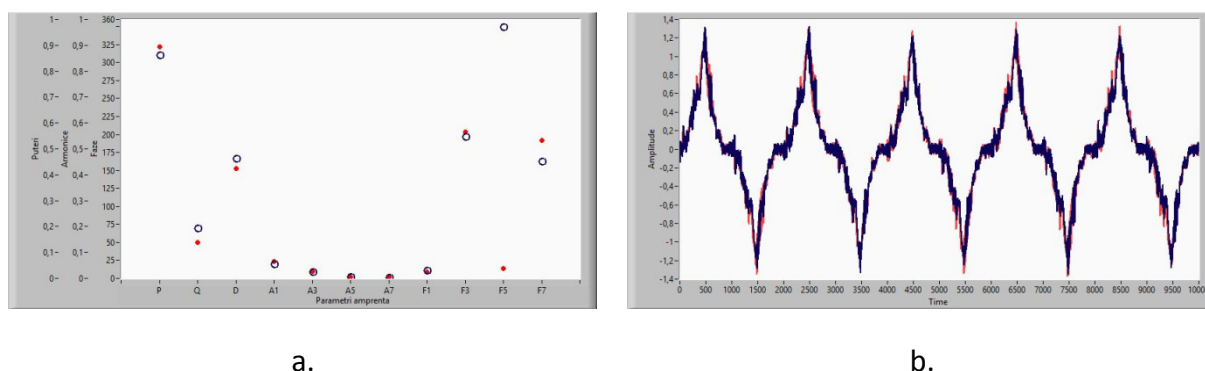


Figura 6. Comparație între: (a) amprenta înregistrată în baza de date (albastru) și cea detectată (roșu), (b) forma de undă a curentului utilizată pentru determinarea amprentei electrice înregistrată în baza de date (albastru) și pentru determinarea amprentei detectate (roșu) pentru consumatorul PC2 - testare 1.

În tabelul 5 sunt prezentate rezultatele obținute pentru cea de-a doua situație luată în considerare, atunci când un consumator este comutat iar în rețea mai este prezent un alt consumator reprezentativ din cele 3 categorii de consumatori.

Tabel 5. Rezultate obținute în prezența unui consumator reprezentativ din cele 3 categorii

Consumator pornit	Consumator comutat	RC	RCC	RF	RG	PDC [%]	I _{scor}
R (bec incandescent)	calorifer	50	0	0	0	100	4 - 6.27
	mixer	49	0	0	1	98	0.82 - 4.59
	PC1	49	0	1	1	98	4.55 - 13.95
I (mașină de găurit)	calorifer	50	0	0	0	100	6.93 - 8.94
	mixer	43	1	0	6	88	3.73 - 19.54



	PC1	44	0	3	3	88	4.92 - 17.84
D (bec economic)	calorifer	50	0	0	0	100	8.16 - 9.49
	mixer	50	0	0	0	100	5.65 - 10.96
	PC1	50	0	4	0	100	3.9 - 10.93

Conform tabelului 5 se observă o rată de detecție de 100% la comutarea caloriferului indiferent de tipul de consumator prezent în rețea.

În prezența consumatorului rezistiv a fost obținut un rezultat greșit la comutarea mixerului: oprire mixer în loc de oprire calorifer, scorul pentru bec fiind de 18.71 față de 22.34 pentru calorifer. Scorul mare obținut pentru calorifer este determinat de diferențele mari obținute pentru fazele armonicilor de rang 5 și 7 (A_{h5} și A_{h7}), și anume 9.95 respectiv 7.61.

În prezența consumatorului inductiv, s-a detectat un rezultat corect pe bază de constrângere și 6 rezultate greșite. În cazul rezultatului corect pe bază de constrângere, scorul cel mai mic la oprirea caloriferului a fost obținut de becul incandescent (23.59 față de 24.76). Scorul mare pentru calorifer a fost obținut datorită fazelor 5 și 7 (Φ_{h5} și Φ_{h7}) care au obținut scoruri de 9.95 respectiv 7.6. În ceea ce privește rezultatele greșite, 3 cicluri de pornire-oprire ale caloriferului (6 rezultate) au fost detectate greșit drept cicluri de pornire-oprire bec incandescent. Scorurile comparative pentru cele 6 rezultate sunt 21.56 vs. 23.97, 20.37 vs. 23.03, 21.76 vs. 24.25, 22.70 vs. 24.97, 17.82 vs. 23.06, 17.26 vs. 23.3. Scorurile mari ale caloriferului au fost determinate de Φ_{h5} și Φ_{h7} care au obținut scoruri de ≈ 9.95 respectiv ≈ 7.62 .

În prezența consumatorului disipativ s-a obținut o rată de detecție de 100% la comutarea caloriferului.

La comutarea calculatorului PC1 în prezența consumatorului rezistiv pe lângă rezultatele corecte au fost obținute următoarele:

- rezultat fals: oprire bec incandescent datorită variațiilor PC1, scor 29.67
- rezultat greșit: oprire bec incandescent în loc de oprire PC1, scor 28.32 vs. 48.28. Scorul mare pentru PC1 este dat de scorurile pentru A_{h3} , A_{h5} și A_{h7} care au luat valoarea 10 și pentru fazele aceluiași armonice care au luat valorile 5.3, 5.66 respectiv 5.75.

În prezența consumatorului inductiv, pentru PC1 au fost obținute următoarele rezultate:

- rezultate false: 3 porniri ale PC2 datorate variațiilor PC1, având scorurile 26.43, 29.76 și 25.78. La aceste rezultate s-a observat faptul că scorul pentru puterea activă P a fost unul mare, cuprins între 6.16 și 6.59.
- rezultate greșite:

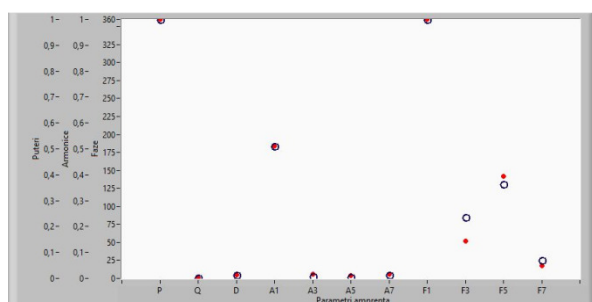
- oprire PC2 în loc de oprire PC1, scor 26.15 vs. 37.13. Pentru PC1, scorul mare a fost determinat de A_{h3} , A_{h5} și A_{h7} care au avut scoruri maxime (valoare 10);
- pornire bec incandescent în loc de pornire PC1, scor 28.34 vs. 48.2. Scorul mare pentru PC1 a fost determinat de A_{h3} , A_{h5} și A_{h7} care au primit scoruri de 10 și Φ_{h3} , Φ_{h5} și Φ_{h7} care au primit scoruri între 5.29 și 5.76;
- oprire bec incandescent în loc de oprire PC1, scor 29.57 vs. 48.83. Pentru PC1 A_{h3} , A_{h5} și A_{h7} au primit scoruri de 10 iar Φ_{h3} , Φ_{h5} și Φ_{h7} scoruri între 5.29 și 5.71.

În prezența consumatorului disipativ, pentru PC1 au fost obținute următoarele rezultate:

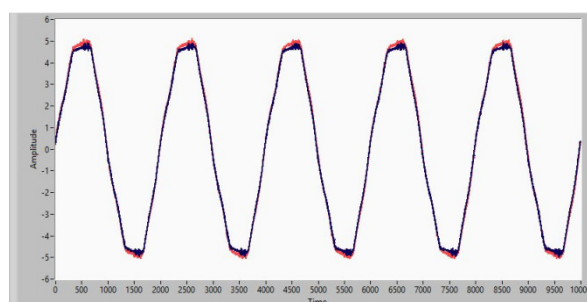
- rezultate false, datorate variațiilor PC1:
 - pornire bec economic, scor 29.85;
 - pornire PC2, scor 28.04 și scor putere activă de 6.55;
 - oprire bec economic, scor 28.14;
 - pornire PC2, scor 27.53 și scor putere activă de 6.16.

Scorurile pentru rezultatele corecte au variat între 0.82 și 19.54, iar pentru rezultatele incorecte (false și greșite) au variat între 18.71 și 29.85. O mare parte din rezultatele greșite au fost obținute datorită unor scoruri mari pentru armonicile de rang 3, 5 și 7, cât și pentru fazele acestora. De asemenea, în cazul unor rezultate false s-au observat scoruri mari pentru puterea activă.

În continuare, pentru consumatorii calorifer (Figura 7), mixer (Figura 8) și PC1 (Figura 9), sunt prezentate comparații între amprentele electrice detectate și cele înregistrate în baza de date (a) precum și formele de undă utilizate pentru determinarea amprentelor (b) pentru situația în care consumatorul de tip disipativ (D) era pornit.



a.



b.

Figura 7. Comparație între: (a) amprenta înregistrată în baza de date (albastru) și cea detectată (roșu), (b) forma de undă a curentului utilizată pentru determinarea amprentei electrice înregistrată în baza de date (albastru) și pentru determinarea amprentei detectate (roșu) pentru consumatorul calorifer - testare 2D.

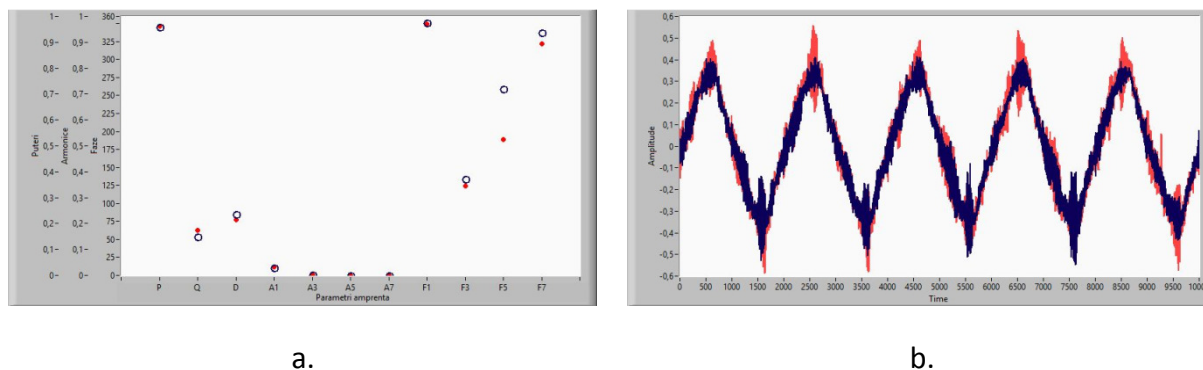


Figura 8. Comparație între: (a) amprenta înregistrată în baza de date (albastru) și cea detectată (roșu), (b) forma de undă a curentului utilizată pentru determinarea amprentei electrice înregistrată în baza de date (albastru) și pentru determinarea amprentei detectate (roșu) pentru consumatorul mixer - testare 2D.

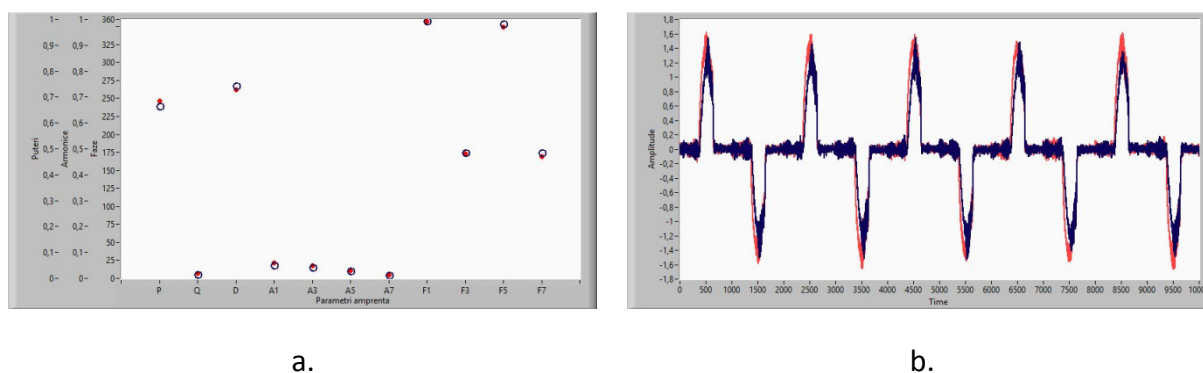


Figura 9. Comparație între: (a) amprenta înregistrată în baza de date (albastru) și cea detectată (roșu), (b) forma de undă a curentului utilizată pentru determinarea amprentei electrice înregistrată în baza de date (albastru) și pentru determinarea amprentei detectate (roșu) pentru consumatorul PC1 - testare 2D.

Tabel 6. Rezultate obținute în prezența a doi consumatori porniți din două categorii diferite

Consumator pornit	Consumator comutat	RC	RCC	RF	RG	PDC [%]	I _{scor}
RI (bec incandescent + mașină de găurit)	calorifer	50	0	0	0	100	5.68 - 8.84
	mixer	43	0	0	7	86	1.59 - 18.10
	PC1	46	0	4	0	92	4.17 - 10.94
RD (bec incandescent + PC2)	calorifer	50	0	0	0	100	2.58 - 8.77
	mixer	44	0	0	6	88	1.44 - 22.28
	PC1	47	0	9	3	94	2.88 - 8.30
ID (mașină de	calorifer	50	0	0	0	100	5.39 - 8.93



găurit + PC2)	mixer	43	3	0	4	92	2.64 - 22.84
	PC1	49	0	3	1	98	2.64 - 9.66

Conform tabelului se poate observa că detecția tranzițiilor de la o stare la alta a consumatorului calorifer s-a făcut cu un procent de detecție de 100%.

În prezența consumatorilor rezistiv și inductiv pentru mixer au fost obținute următoarele rezultate:

- rezultate greșite:
 - pornire bec incandescent în loc de pornire mixer, scor 14.95 vs. 24.6. Pentru mixer scorul mare a fost determinat de Φ_{h5} și Φ_{h7} care au luat scoruri de 9.95 respectiv 7.61.
 - oprire bec incandescent în loc de oprire mixer, scor 16.64 vs. 24.66. Scorul mare al mixerului a fost determinat de Φ_{h5} și Φ_{h7} au luat scoruri de 9.95 și 7.63.
 - oprire bec incandescent în loc de oprire mixer, scor 18.74 vs. 23.08. Scorul mare al mixerului a fost determinat de Φ_{h5} și Φ_{h7} au luat scoruri de 9.95 și 7.69.
 - pornire bec incandescent în loc de pornire mixer, scor 19.73 vs. 22.7. Pentru mixer scorul mare a fost determinat de Φ_{h5} și Φ_{h7} care au luat scoruri de 9.95 respectiv 7.61.
 - oprire bec incandescent în loc de oprire mixer, scor 17.51 vs. 23.08. Scorul mare al mixerului a fost determinat de Φ_{h5} și Φ_{h7} au luat scoruri de 9.95 și 7.61.
 - pornire bec incandescent în loc de pornire mixer, scor 17.54 vs. 23.41. Pentru mixer scorul mare a fost determinat de Φ_{h5} și Φ_{h7} care au luat scoruri de 9.95 respectiv 7.72.
 - oprire bec incandescent în loc de oprire mixer, scor 19.63 vs. 23.14. Scorul mare al mixerului a fost determinat de Φ_{h5} și Φ_{h7} au luat scoruri de 9.95 și 7.64.

În prezența consumatorilor rezistiv și disipativ pentru mixer au fost obținute următoarele rezultate:

- rezultate greșite:
 - pornire bec incandescent în loc de pornire mixer, scor 18.84 vs. 22.27. Pentru mixer scorul mare a fost determinat de Φ_{h5} și Φ_{h7} care au luat scoruri de 9.95 respectiv 7.61.
 - oprire bec incandescent în loc de oprire mixer, scor 21.94 vs. 25.88. Pentru mixer scorul mare a fost determinat de Φ_{h5} și Φ_{h7} care au luat scoruri de 9.95 respectiv 7.42.
 - oprire bec incandescent în loc de oprire mixer, scor 27.02 vs. 28.49. Pentru mixer scorul mare a fost determinat de Φ_{h5} și Φ_{h7} care au luat scoruri de 9.95 respectiv 7.68.



- pornire bec incandescent în loc de pornire mixer, scor 25.23 vs. 26.92. Pentru mixer scorul mare a fost determinat de Φ_{h5} și Φ_{h7} care au luat scoruri de 9.95 respectiv 7.64.
- pornire bec incandescent în loc de pornire mixer, scor 19.22 vs. 26.76. Pentru mixer scorul mare a fost determinat de Φ_{h5} și Φ_{h7} care au luat scoruri de 9.95 respectiv 7.54.
- pornire mașină de spălat în loc de pornire mixer, scor 14.88 vs. 15.04. Pentru mixer scorul mare a fost determinat de Φ_{h5} cu un scor de 9.94.

În prezența consumatorilor inductiv și disipativ pentru mixer au fost obținute următoarele rezultate:

- rezultate corecte pe bază de constrângere:
 - detecție corectă oprire mixer însă scorul cel mai mic a fost obținut de bec incandescent, scor 22.14 vs. 17.75. Scorul mare pentru mixer a fost determinat de Φ_{h5} și Φ_{h7} care au luat scoruri de 9.95 respectiv 7.61.
 - detecție corectă oprire mixer însă scorul cel mai mic a fost obținut de mașina de spălat, scor 15.34 vs. 14.87. Scorul mare pentru mixer a fost determinat de Φ_{h5} cu scorul de 9.94.
 - detecție corectă oprire mixer însă scorul cel mai mic a fost obținut de bec incandescent, scor 23.16 vs. 17.91. Scorul mare pentru mixer a fost determinat de Φ_{h5} și Φ_{h7} care au luat scoruri de 9.95 respectiv 7.61.
- rezultate greșite:
 - pornire bec incandescent în loc de pornire mixer, scor 18.75 vs. 22.35. Scorul mare pentru mixer a fost determinat de Φ_{h5} și Φ_{h7} cu scorurile 9.95 respectiv 7.61.
 - oprire bec incandescent în loc de oprire mixer, scor 21.49 vs. 24. Scorul mare pentru mixer a fost determinat de Φ_{h5} și Φ_{h7} cu scorurile 9.95 respectiv 7.62.
 - pornire bec incandescent în loc de pornire mixer, scor 19.34 vs. 24.42. Scorul mare pentru mixer a fost determinat de Φ_{h5} și Φ_{h7} cu scorurile 9.95 respectiv 7.61.
 - oprire bec incandescent în loc de oprire mixer, scor 21.29 vs. 24.48. Scorul mare pentru mixer a fost determinat de Φ_{h5} și Φ_{h7} cu scorurile 9.95 respectiv 7.61.

Pentru calculatorul PC1 au fost determinate următoarele rezultate obținute în prezența consumatorilor rezistiv și inductiv:

- rezultate false:
 - pornire PC2, scor 28.11 și scor putere activă 6.38;
 - pornire PC2, scor 28.28 și scor putere activă 6.11;
 - oprire PC2, scor 27.61 și scor putere activă 6.43;
 - pornire PC2, scor 28.88 și scor putere activă 6.23.

În prezența consumatorilor rezistiv și disipativ pentru PC1 au fost obținute următoarele rezultate:

- rezultate false:



- pornire bec incandescent, scor 29.39;
- oprire PC2, scor 29.24;
- oprire PC2, scor 27.77;
- pornire PC2, scor 25.75;
- pornire PC2, scor 29;
- oprire bec incandescent, scor 29.28;
- oprire PC2, scor 27.62;
- pornire PC2, scor 28.59;
- oprire PC2, scor 28.94;
- rezultate greșite:
 - oprire bec incandescent în loc de oprire PC1, scor 28.63 vs. 48.78. Scorul mare pentru PC1 a fost determinat A_{h3} , A_{h5} și A_{h7} cu scoruri de 10 și Φ_{h3} , Φ_{h5} și Φ_{h7} cu scoruri între 5.27 și 5.78.
 - oprire bec incandescent în loc de oprire PC1, scor 28.79 vs. 49.28. Scorul mare pentru PC1 a fost determinat A_{h3} , A_{h5} și A_{h7} cu scoruri de 10 și Φ_{h3} , Φ_{h5} și Φ_{h7} cu scoruri între 4.78 și 7.43.
 - oprire bec incandescent în loc de oprire PC1, scor 27.93 vs. 47.20. Scorul mare pentru PC1 a fost determinat A_{h3} , A_{h5} și A_{h7} cu scoruri de 10 și Φ_{h3} , Φ_{h5} și Φ_{h7} cu scoruri între 5.3 și 5.76.

În prezența consumatorilor inductiv și disipativ pentru PC1 au fost obținute următoarele:

- rezultate false:
 - pornire PC2, scor 28.62 și scor putere activă 6.35;
 - pornire PC2, scor 26.14 și scor putere activă 7.02;
 - pornire PC2, scor 28.68 și scor putere activă 7.06.
- rezultat greșit:
 - pornire bec incandescent în loc de pornire PC1, scor 28.85 vs. 47.47. Scorul mare pentru PC1 a fost determinat de A_{h3} , A_{h5} și A_{h7} cu scoruri de 10 și Φ_{h3} , Φ_{h5} și Φ_{h7} cu scoruri între 5.29 și 5.76.

Analizând rezultatele obținute se pot face următoarele observații:

- în majoritatea cazurilor există o diferență considerabilă între scorurile rezultatelor corecte și ale celor incorecte, astfel încât se poate reduce pragul scorului pentru care un rezultat poate fi considerat corect;
- o mare parte din rezultatele incorecte au fost determinate în special de armonicile și fazele armonicilor de rang 5 și 7 - se poate aplica o ponderare a acestora pentru a reduce impactul negativ asupra rezultatului general;
- o parte din rezultatele incorecte, cu toate că aveau un scor apropiat de cel corect, s-a observat un scor ridicat pentru puterea activă - se poate implementa o nouă constrângere pentru puterea activă;

În continuare, pentru consumatorii calorifer (Figura 10), mixer (Figura 11) și PC1 (Figura 12), sunt prezentate comparații între amprentele electrice detectate și cele înregistrate în baza de date (a) precum și formele de undă utilizate pentru determinarea amprentelor (b) pentru situația în care consumatorii de tip inductiv (I) și disipativ (D) erau porniți.

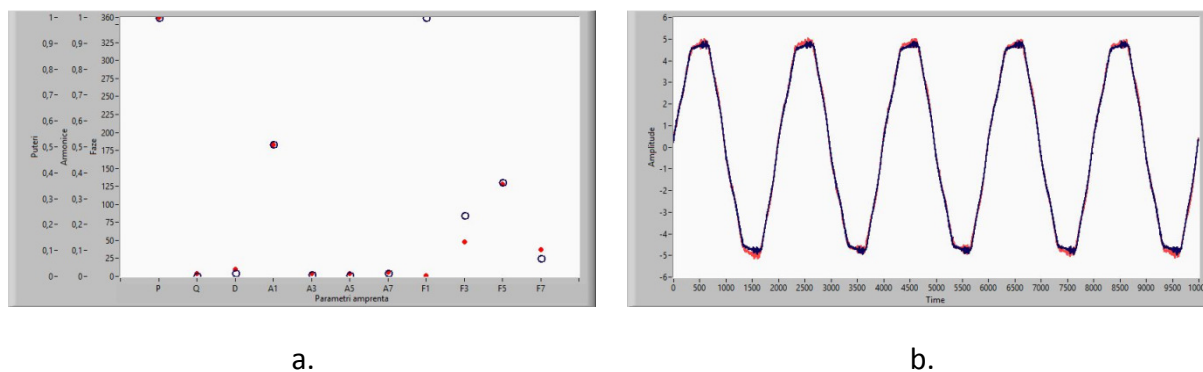


Figura 10. Comparație între: (a) amprenta înregistrată în baza de date (albastru) și cea detectată (roșu), (b) forma de undă a curentului utilizată pentru determinarea amprentei electrice înregistrată în baza de date (albastru) și pentru determinarea amprentei detectate (roșu) pentru consumatorul calorifer - testare 3ID.

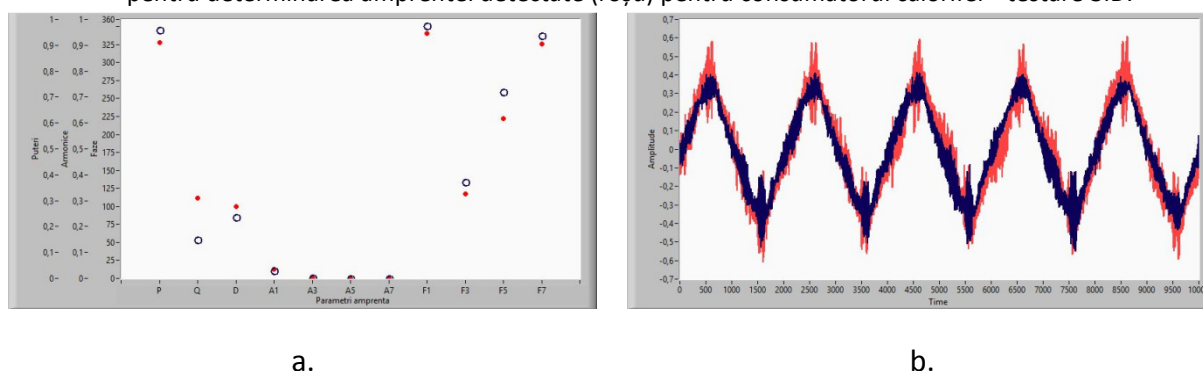


Figura 11. Comparație între: (a) amprenta înregistrată în baza de date (albastru) și cea detectată (roșu), (b) forma de undă a curentului utilizată pentru determinarea amprentei electrice înregistrată în baza de date (albastru) și pentru determinarea amprentei detectate (roșu) pentru consumatorul mixer - testare 3ID.

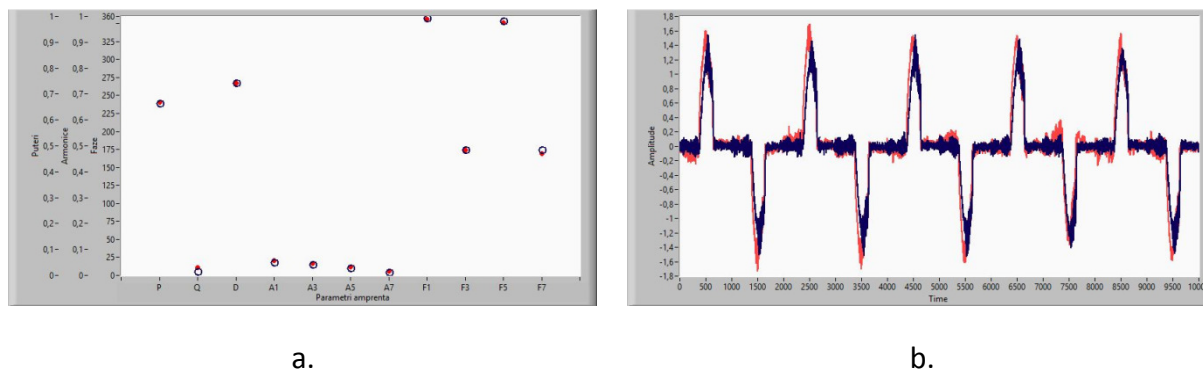


Figura 12. Comparație între: (a) amprenta înregistrată în baza de date (albastru) și cea detectată (roșu), (b) forma de undă a curentului utilizată pentru determinarea amprentei electrice înregistrată în baza de date (albastru) și pentru determinarea amprentei detectate (roșu) pentru consumatorul PC1 - testare 3ID.



Optimizări

1. Inițial, pentru detecția inițială a amprentelor ce constituie baza de date, au fost preluați parametrii caracteristici amprentei corespunzători unei singure achiziții de date. Întrucât s-a observat că acești parametri pot varia pentru două comutări ale aceluiași consumator, parametrii amprentei s-au luat pentru un interval de timp de 5 minute, pe durata căroră se fac mai multe achiziții de date. În acest fel, fiecărui parametru îi va corespunde un interval de variație. În momentul detecției consumatorilor, fiecare parametru va fi comparat cu intervalul înregistrat în baza de date și nu cu o singură valoare care ar fi putut fi caracteristică unei situații particulare.
2. Deoarece o serie de parametri variază mai mult decât ceilalți pentru fiecare dintre aceștia au fost considerați o serie de ponderi ce vor fi utilizate în procesul de detecție. Aceste ponderi sunt invers proporționale cu intervalul de variație al fiecărui parametru în parte. Prin urmare, la detecție, când este determinat scorul de detecție, un parametru care are o variație considerabilă va avea o pondere mai mică, deci va influența mai puțin scorul de detecție. Astfel se realizează o îmbunătățire a procesului de detecție.
3. Dacă în urma procesului de detecție se determină că un consumator a fost oprit, atunci se execută o rutină care va analiza starea de funcționare a consumatorului respectiv. Dacă se determină că starea acestuia este pornit, atunci se consideră că detecția a fost realizată corect. Dacă, în schimb, acest consumator este detectat ca fiind oprit, atunci este evident că detecția consumatorului respectiv nu este corectă (un consumator oprit nu mai poate fi oprit din nou). Prin urmare se va lua consumatorul cu următorul scor de detecție determinat în procesul de detecție până în momentul în care este satisfăcută condiția ca o tranziție negativă (oprire a unui consumator) să îi corespundă unui consumator a cărui stare este pornit.