

## Lucrare de laborator nr. 6

### MONITORIZAREA INDICATORILOR DE CALITATE A ENERGIEI ELECTRICE

#### 1. Obiectivele lucrării

Lucrarea are ca scop furnizarea de informații referitoare la caracteristicile echipamentelor de măsurare și monitorizare a indicatorilor de calitate a energiei electrice, precum și familiarizarea studenților cu modul de utilizare a unor echipamente de monitorizare portabile pentru determinarea indicatorilor de calitate a energiei electrice în rețelele electrice de distribuție.

#### 2. Considerații teoretice

##### 2.1. Instrumente

Principalele instrumente utilizate pentru detectarea și măsurarea perturbațiilor electromagnetice sunt:

- Multimetrele analogice sau numerice
- Osciloscoapele
- Analizoarele de perturbații (perturbografe)
- Analizoarele spectrale
- Echipamentele de monitorizare

*Multimetrele* pot detecta și măsura nivelele tensiunilor și curenților, supratensiunile temporare, golurile și întreruperile de tensiune, nesimetriile tensiunilor și curenților. Furnizând o singură valoare la un moment dat, sunt utilizate doar pentru depistarea prezenței perturbației, fără a o caracteriza complet.

*Osciloscoapele* permit vizualizarea curbei de variație în timp a semnalului și prezintă unele facilități pentru analiza semnalelor înregistrate.

*Perturbografele* sunt special construite pentru analiza perturbațiilor din rețelele electrice. Sunt conectate permanent în circuitele de măsurare și permit astfel stabilirea momentului apariției perturbației, analiza evoluției în timp, durata acestora și desfășurarea proceselor în urma adoptării măsurilor pentru limitarea perturbațiilor. Nu permit însă determinarea indicatorilor specifici.

*Analizoarele spectrale* sunt utilizate pentru urmărirea perturbațiilor sub formă de armonici la consumatori și compararea cu valorile recomandate de standarde pentru aceștia.

*Echipamentele de monitorizare* specializate permit achiziția și prelucrarea datelor pe baza unor proceduri recomandate pe plan internațional, permițând o caracterizare completă a consumatorilor pe durate mari de timp.

*În reglementările actuale sunt recomandate perioade de monitorizare de 1 zi, 1 săptămână sau chiar mai mari.*

Monitorizarea calității energiei electrice presupune culegerea și procesarea semnalelor de tensiune și curent în puncte diferite din sistemul electroenergetic.

În acest scop au fost proiectate și dezvoltate un număr important de instrumente dedicate (ex. analizoarele de armonici) sau pot fi utilizate și instrumente cu utilizare mai generală (ex. analizoarele de semnal). Principala diferență între aceste două categorii derivă

din necesitatea urmării variațiilor față de frecvența fundamentală în cadrul analizei armonice.

Instrumentele portabile sunt de dimensiuni și greutate reduse, ușor de manipulat în exploatare. Aceste unități includ și traductoare (de tip clemă), precum și cablurile de interconectare. Pentru a reduce costurile, instrumentele portabile sunt în mod normal reduse la 1 sau 2 canale. În general aceste instrumente nu prezintă funcții automate, necesitând personal de urmărire. Capabilitățile acestor instrumente sunt fixate la varianta proiectată original pentru unitatea de măsură și nu pot fi modificate. De aceea up-grade-urile nu pot fi achiziționate decât prin cumpărarea unui nou model.

Pentru monitorizarea permanentă instrumentele necesită canale de achiziție multiple, de vreme ce ele sunt destinate să funcționeze fără intervenția umană, iar de obicei, canalele nu sunt destinate să fie mutate în locații diferite. Traductoarele nu constituie componente ale acestor instrumente (vor fi utilizate cele deja amplasate în rețea). Datorită costurilor ridicate ale configurațiilor hardware, funcțiile alocate sunt implementate în aplicații software upgradabile. Cablurile de interconexiune și traductoarele (amplasate frecvent în stațiile de echipamente de tip exterior) trebuie proiectate și alese astfel încât să funcționeze satisfăcător în toate condițiile climatice și în medii electromagnetice ostile.

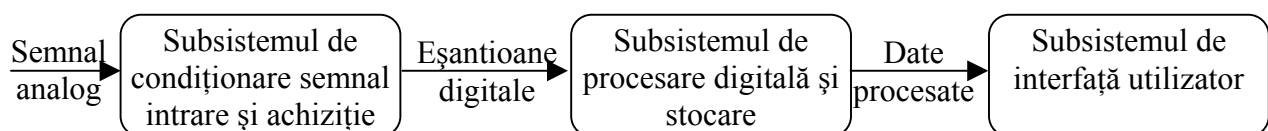
Aceste instrumente pot funcționa nesupravegheate perioade lungi de timp, fiindu-le alocate funcții automate de colectare a datelor, procesare și stocare, precum și capacitatea de decizie (cu algoritmi inteligenți) asupra evenimentelor care trebuie înregistrate. Volumul mare de date înregistrate necesită moduri inovative de afișare a lor, pentru a le face utilizabile. În acest sens o soluție este oferită de *analiza statistică a datelor*, iar o alta de impunerea evenimentelor pe curba CBEMA (curba CBEMA Association Computer Business Equipment Manufacturer, utilizată pentru evaluarea calității tensiunii într-un sistem electroenergetic cu referire la întreruperile și goluri de tensiune, supratensiuni, variații rapide de tensiune).

## 2.2. Structura sistemului de monitorizare a CEE

Monitorizarea CEE cu ajutorul sistemelor de achiziție de date impune anumite cerințe asupra sistemului și arhitecturii de procesare utilizate. Acestea includ structuri hard și soft, fiind proiectate dedicat pentru anumite tipuri de aplicații, în conformitate cu standardele în domeniu. Evoluția actuală a tehnologiei hard și soft a făcut posibilă implementarea sistemelor de achiziție a datelor în timp real, flexibile, cu canale multiple.

Un sistem de monitorizare poate include în general 3 componente (fig.1):

1. subsistemul de condiționare a semnalului de intrare și de achiziție;
2. subsistemul de procesare digitală și stocare;
3. sistemul interfață utilizator.



**Fig.1.** Componentele principale ale unui sistem de monitorizare

## 2.3. Normative de referință

Pentru a asigura cadrul de comparare a informațiilor obținute pe baza datelor măsurate, sunt stabilite normative și recomandări internaționale (CEI, ISO) de prelucrare și evaluare, preluate și în România sub formă de standard (SRCEI 61000-4).

Principalele documente internaționale care se referă la procedurile de măsurare și evaluare a perturbațiilor electromagnetice sunt:

- IEC 50(161): 1990, International Electrotechnical Vocabulary (IEV), Chapter 161: Electromagnetic Compatibility.
- IEC 348: 1978, Safety Requirements for Electronic Measuring Apparatus.
- IEC 555-1: 1982, Disturbances in Supply Systems Caused by Household Appliances and Similar Electrical Equipment –Part 1: Definitions:
- IEC 555-2: 1982, Part 2: Harmonics. Disturbances in Supply Systems Caused by Household Appliances and Similar Electrical Equipment.
- IEC 801-2: 1984, Electromagnetic Compatibility for Industrial – Process Measurement and Control Equipment – Part 2: Electrostatic Discharge.
- PE 143/2001: Normativ pentru limitarea regimului nesinusoidal și nesimetric. C.N. Transelectrica
- SR EN 50160:1998, Caracteristicile tensiunii furnizate de rețelele publice de distribuție.
- IEEE Std 519 : 1995, IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems
- SR CEI 61000-4-7:2000, Compatibilitate electromagnetă Partea 4: Tehnici de încercare și de măsurare

#### ***2.4. Cerințe impuse pentru măsurarea perturbațiilor electromagnetice și pentru aparatele de măsurare, în cazul rețelelor de alimentare și pentru echipamentul conectat la acestea***

- Tensiunile nominale de intrare ale echipamentului vor fi 230, 400, 100,  $100/\sqrt{3}$  V;
- Circuitul de intrare de curent electric pentru măsurători directe adaptat la 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10; 16 A. Aparatul trebuie să suporte permanent  $1,2 \cdot I_N$  și  $10 \cdot I_N$  timp de o secundă, fără să apară deteriorări;
- Circuitul de intrare de curent electric pentru măsurători indirecte adaptat la cleștii de măsurare. Exactitatea măsurătorii trebuie asigurată pentru o valoare a curentului cuprinsă între 0,1% și 110% din curentul nominal al cleștelui;
- Eșantionarea în fereastra temporală se consideră indicată a fi 256 ... 1024 linii spectrale; pentru prelucrarea cu FFT numărul minim de eșantionare este 128;
- Aparatul trebuie să permită mai multe moduri de operare:
  - comandat (FFT este realizat pe baza eșantioanelor dintr-o singură fereastră; rezultatele sunt memorate intern);
  - funcționare continuă (de ex. interval de măsurare 1 minut, memoria internă permite o memorare internă a rezultatelor, de ex. 5000 ferestre);
  - funcționare continuă și memorare la depășire.
- Aparatele trebuie să asigure afișare numerică și grafică, pe imprimantă, o interfață paralel și/sau serie pentru conectarea la calculator, o unitate floppy-disk sau la un echipament de înregistrare;
- Ferestrele de timp trebuie să fie  $T_N = (0,1 \dots 0,5)$  s, între ferestre putând fi pauze;
- Intervalul de măsurare: interval foarte scurt  $T_{vs} = 3$  s;
- Intervalele de urmărire asigurate trebuie să fie:
  - interval foarte scurt  $T_{vs} = 3$  s;
  - interval scurt  $T_{sh} = 10$  min;
  - interval lung  $T_l = 1$  h;
  - interval zilnic  $T_d = 24$  h;
  - interval săptămânal  $T_{wk} = 7$  zile;

- Aparatul trebuie să aibă asigurată corelarea permanentă cu frecvența rețelei, sincronizarea fiecărei ferestre de măsurare la trecerea prin zero a tensiunii pe faza A;
- Prin software de firmă trebuie să determine atât valoarea maximă a THD și a nivelului de armonici, cât și valorile cu probabilitate de realizare 95% și 99%;
- Este important să existe posibilitatea de limitare a analizei armonice la valori ale curentului de sarcină sub o anumită valoare (de ex. sub  $0,3 \cdot I_{contractat}$ ) sau să facă o ponderare cu raportul dintre curentul consumat și cel contractat;
- Pentru a permite o analiză completă aparatul trebuie să înregistreze – pentru fiecare armonică și fiecare mărime achiziționată – valoarea efectivă, defazajul acesteia în raport cu o origine definită, puteri active pe armonici (la cerere);
- Să asigure filtrarea armonicilor peste rangul 50.

### 3. Echipamente utilizate în cadrul sesiunilor de monitorizare a parametrilor de calitate a energiei electrice în rețelele electrice

#### 3.1. Analizor de rețea AR5 (produs CIRCUTOR Spain)

##### Caracteristici

- instrument programabil care măsoară, calculează și memorează principalii parametri ai rețelilor trifazate
- cls.II de protecție conform Std.EN 61010
- 6 intrări pentru măsura curenților și tensiunilor în c.a.
- memorie internă: 256 kB/ 1 MB
- domenii de măsură: max. 500 V c.a. tensiune de fază, max. 866 V c.a. tensiune de linie;
- CP-2000-200 20 la 2000 A c.a.; 2...200 A c.a.; CPR-1000 10...1000 A c.a.; CPR-500 5 ... 500 A c.a.
- cls. de precizie

Tensiune .....	0.5 % la citire ± 2 digits
Curent .....	0.5 % la citire ± 2 digits
Putere activă .....	1.0 % la citire ± 2 digits
Putere reactivă.....	1.0 % la citire ± 2 digits

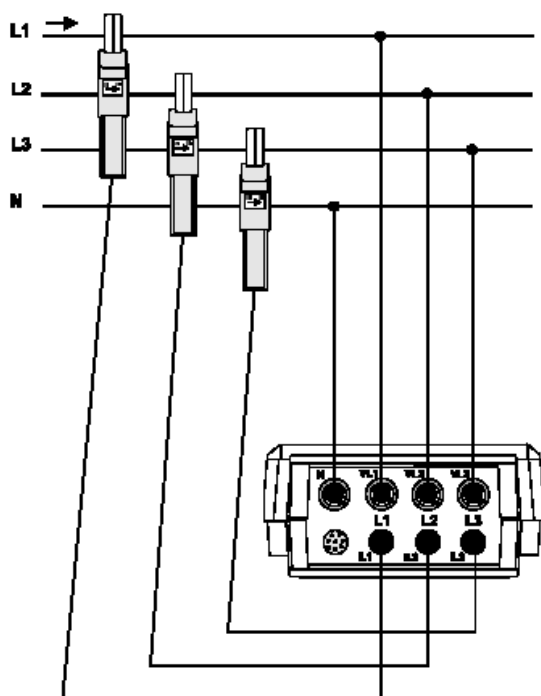


Fig.2. Montajul în schema de măsură a AR5

### **3.2. Analizator trifazat de calitate a energiei electrice Fluke 433/434**

Standarde folosite:

1. EN 61010-1 ediția 2, Cerințele de siguranță pentru echipamentul electric de măsurare, control și cerințe de utilizare în laborator
2. EN 61326 – 2002, Echipament electric pentru controlul măsurătorilor și utilizare în laborator cerințele CEM

Analizorul oferă un set puternic și extins de măsurători pentru a se controla procesele din sistemele electrice de distribuție. Unele măsurători oferă o imagine generală a performanțelor sistemelor electrice. Altele sunt folosite pentru a se putea investiga detalii specifice.

#### ***Modurile de măsurare pentru investigarea detaliilor***

*Tensiuni de fază.* Ar trebui să fie apropiate de valoarea nominală. Forma curbei de tensiune trebuie să fie aceea a unei sinusoide line și fără distorsiuni. Folosiți Scope Waveform (forma curbei) pentru a verifica forma curbei. Folosiți Dip&Swells (goluri și creșteri de tensiune) pentru a înregistra schimbările bruște de tensiune. Folosiți modul Transients pentru a înregistra variații bruște ale tensiunii.

*Curenți de fază.* Folosiți Volts/Amps/Hertz și Dip&Swells pentru a urmări relațiile curent /tensiune. Folosiți Inrush Current (curenți de pornire) pentru a înregistra creșterile bruște de curent, precum curenții de pornire la motoare.

*Factorul de vârf.* Un factor de vârf (FC) egal cu 1.8 sau mai mare înseamnă o distorsiune puternică a formei curbei. Folosiți Scope Waveform pentru a observa distorsiunea curbei. Folosiți modul Harmonics (armonice) pentru a identifica armonicele și valoarea THD (factorul de distorsiune)

*Armonice.* Folosiți modul Harmonics pentru a analiza armonicele de tensiune, de curent și valorile THD pe fiecare fază. Folosiți Trend pentru a înregistra armonicele pe un interval de timp.

*Flicker.* Folosiți Flicker pentru a analiza indicatorii de flicker de scurtă durată și de lungă durată și datele corespunzătoare pentru fiecare fază. Folosiți Trend pentru a înregistra aceste valori pe o perioadă de timp.

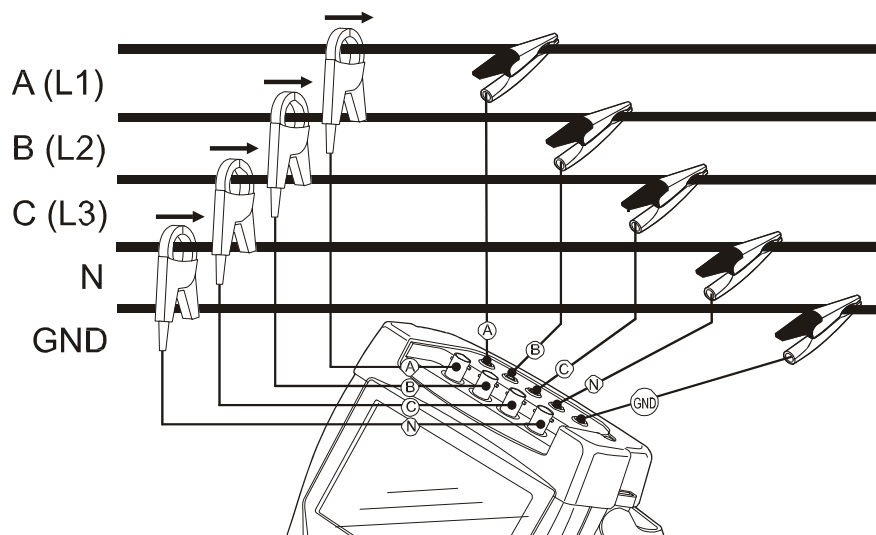
*Goluri & Creșteri de tensiune.* Folosiți Dip&Swells pentru a înregistra variațiile bruște de tensiune bazate pe valori efective pe jumătăți de perioadă.

*Frecvență.* Ar trebui să fie apropiată de valoarea nominală. Frecvența este în mod normal foarte stabilă. Selectați Volts/Amps/Hertz pentru a afișa frecvența. Variația frecvenței pe o perioadă de timp este înregistrată în ecranul Trend.

*Nesimetrie.* Fiecare tensiune de fază nu ar trebui să difere mai mult de 1 % față de media celor trei. Nesimetria curenților nu trebuie să depășească 10%. Folosiți modurile Scop Phasor și Unbalance pentru a investiga nesimetriile.

**Deconectați rețeaua electrică înaintea realizării conexiunilor, de fiecare dată când este posibil. Evitați lucrul individual și efectuați lucrările în conformitate cu atenționările enumerate în ședința Informații despre securitatea muncii.**

Pentru un sistem trifazat conexiunile se realizează ca în ca în Fig.3.



**Fig.3.** Conectarea analizorului la sistemul de distribuție trifazat

#### 4. Chestiuni de studiat

4.1. Montajul și setarea echipamentului AR5 în rețeaua monitorizată

4.2. Vizualizarea curbelor de tensiune și curent în rețeaua monitorizată cu AR5 și alimentând

a. lampă LVF250-250W

b. motor A41-4; 3,9 kW; 1,7 A; 220/380 V

c. lampă LVF250 + motor A41-4

4.3. Descărcarea datelor în calculator și determinarea factorului de distorsiune, factorului de nesimetrie și indicatorului de flicker în rețeaua monitorizată cu AR5 și alimentând

a. lampă LVF250-250W

b. motor A41-4; 3,9 kW; 1,7 A; 220/380 V

c. lampă LVF250 + motor A41-4

4.4. Montajul și setarea echipamentului Fluke 433/434 în rețeaua monitorizată

4.5. Vizualizarea curbelor de tensiune și curent în rețeaua monitorizată cu Fluke 433/434 și alimentând

a. lampă LVF250-250W

b. motor A41-4; 3,9 kW; 1,7 A; 220/380 V

c. lampă LVF250 + motor A41-4

4.6. Descărcarea datelor în calculator și determinarea factorului de distorsiune, factorului de nesimetrie și indicatorului de flicker în rețeaua monitorizată cu Fluke 433/434 și alimentând

a. lampă LVF250-250W

b. motor A41-4; 3,9 kW; 1,7 A; 220/380 V

c. lampă LVF250 + motor A41-4

#### 5. Mod de lucru

5.1. Se efectuează montajul din Fig.4. în variantele:

a. doar lampa alimentată

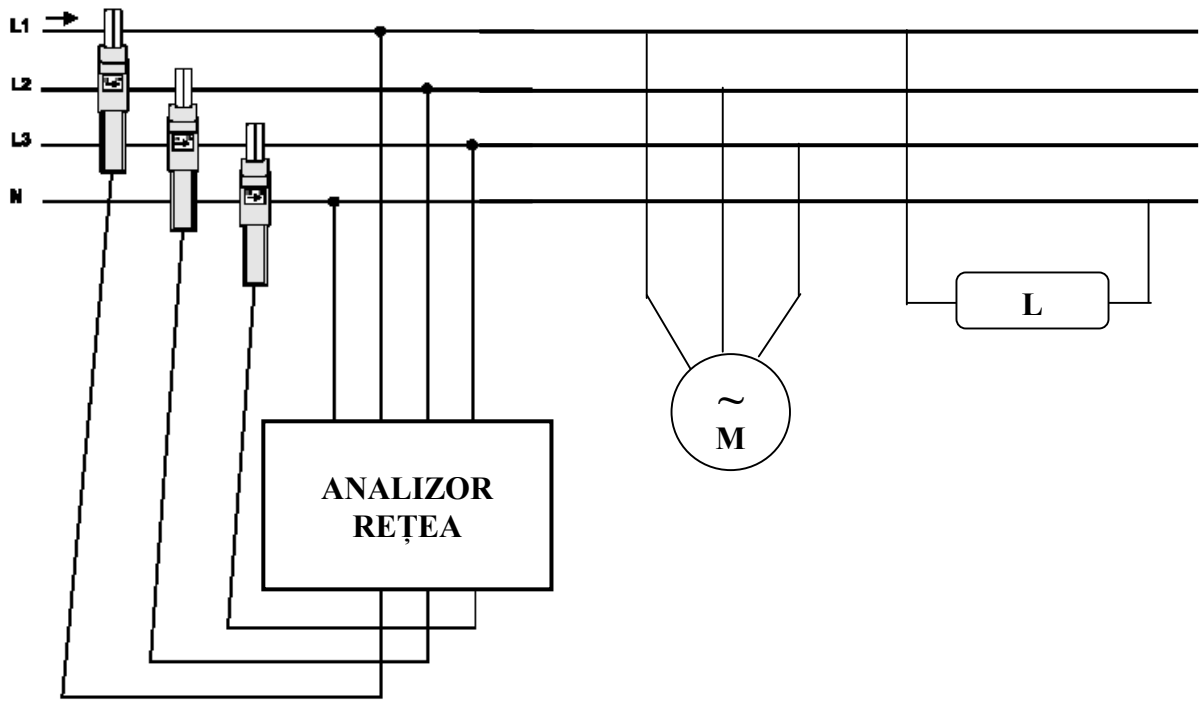
b. doar motorul alimentat

c. lampa și motorul alimentat

5.2. Pentru fiecare din variante se setează analizorul AR5, respectiv FLUKE433 pentru monitorizare pe interval de scurt (10 min).

5.3. Se urmăresc setările parametrilor de calitate.

5.4. Se descarcă datele pe calculator și se analizează indicatorii de calitate precizați mai sus.



*Fig.4. Configurația schemei de monitorizare a parametrilor de calitate într-o rețea de j.t. cu consumatori nesimetrice și deformații*