

## **2. MĂSURĂRI asupra PERTURBȚIILOR EM din REȚEUA de ALIMENTARE cu ENERGIE ELECTRICĂ**

### **2.1 Noțiuni de bază privind calitatea energiei electrice**

Calitatea energiei electrice este un concept complex, care implică foarte mulți parametri și implicit indicatori de performanță. Aceștia pot fi grupați, conform clasificării realizate de Autoritatea Națională de Reglementare în domeniul Energiei (ANRE) în trei categorii distincte, [1]:

- continuitatea alimentării, fără întreruperi de lungă durată;
- calitatea comercială a energiei electrice livrate;
- calitatea tensiunii de alimentare (mai general spus, calitatea tehnică).

Reglementările naționale trebuie să fie în concordanță cu standardele internaționale elaborate și acceptate de International Electrotechnical Commission (IEC). Prin Asociația Română pentru Standardizare (ASRO), țara noastră este unul din cei 60 de membri cu drepturi depline ai IEC. Standardul care stabilește caracteristicile tehnice ale energiei electrice furnizate de rețelele publice de distribuție și modalitățile de certificare a acestor caracteristici este IEC-TS 62749:2015, [2]. Modalitățile de efectuare a măsurărilor propriu-zise sunt stabilite în standardele IEC 62586-1:2013 (accent pe instrumente), [3], respectiv IEC 62586-2:2013 (detaliere a testelor și a cerințelor asupra incertitudinilor de măsurare), [4].

Rețeaua de alimentare cu energie electrică este practic un conductor fără sfârșit, prin care se pot capta și apoi vehicula perturbații dintr-un spectru de frecvențe foarte larg, care pot afecta compatibilitatea electromagnetică.

Există o legătură directă între calitatea energiei electrice furnizate prin rețeaua de distribuție și emisiile electromagnetice perturbatoare conduse din domeniul 2 kHz-150 kHz. Acest lucru este detaliat în Standardul IEC 61000-4-30:2015, (standard din familia 61000, referitoare la compatibilitatea electromagnetică) care definește metodele pentru măsurarea in-situ și interpretarea parametrilor care definesc calitatea energiei electrice, [5].

Problematika perturbațiilor electromagnetice (de relativ joasă frecvență) conduse prin rețeaua de distribuție (cu preponderență, cea de joasă tensiune), spectrul de frecvențe, nivelele acceptate din prisma

compatibilității electromagnetice sunt reglementate în standardele IEC ce aparțin aceluiași domeniului al CEM, IEC 61000-2-4, Part 2-4, [6], respectiv IEC 61000-3-8, Part 3, [7].

Conceptul general de calitate al unui serviciu sau produs interesează, chiar dacă uneori din unghiuri de abordare diferite sau chiar antagoniste, atât pe furnizor cât și pe client. Este imperios necesară stabilirea, prin norme internaționale, a unor parametri măsurabili, care să certifice respectarea acestui concept esențial.

În cazul particular dar universal prezent al calității energiei electrice, preocupările specialiștilor din ambele „tabere” sunt stimulate de câteva elemente ce conferă actualitate oricărui demers privind definirea, caracterizarea și mai apoi măsurarea parametrilor care definesc calitatea.

Calitatea energiei electrice are impact economic direct atât asupra furnizorului de energie, cât și asupra producătorilor de echipamente electrice, a consumatorilor în sensul cel mai larg.

Să enumerăm doar câteva din argumentele care impun creșterea exigențelor privind calitatea energiei electrice, inclusiv o abordare sistemică a conceptului:

- existența a tot mai multe echipamente și sisteme complexe, echipate cu microprocesoare, care, atât datorită miniaturizării, a creșterii densității de cablare, dar și a creșterii frecvențelor de lucru sunt mult mai sensibile la perturbații;
- creșterea gradului de interconexiune a rețelelor electrice (și implicit, gradul de influențare reciprocă);
- utilizarea eficientă a energiei electrice a impus generalizarea utilizării redresoarelor comandate, a acționărilor reglabile, a surselor în comutație, care au randament mai bun dar injectează în rețea perturbații de natură electromagnetică;
- compensarea energiei reactive se face prin comutarea automată a unor baterii de condensatoare, ceea ce duce la creșterea conținutului de armonici.

În contrapartidă, existența unor echipamente accesibile ca preț și relativ simplu de utilizat, de genul aparatului în jurul căruia este dezvoltată această lucrare de laborator, Fluke 43B, face ca foarte mulți utilizatori să poată identifica, măsura și apoi salva evenimente nedorite cum ar fi: întreruperi, goluri de tensiune, perturbații, regimuri tranzitorii. Aceste înregistrări pot constitui material probatoriu în cazul unor eventuale reclamații sau negocieri.

Există două concepte, parțial diferite: calitatea energiei electrice și

respectiv calitatea serviciului de alimentare cu energie electrică.

Despre calitatea energiei electrice se poate vorbi în special la sursă, deci la bornele generatorului. Calitatea serviciului are relevanță la consumator, în zonele de distribuție de medie și joasă tensiune, acolo unde în rețea pot fi introduse perturbații conduse sau radiate, datorate fie funcționării altor consumatori, fie unor fenomene naturale, cum ar fi fulgerul sau trăsnetul.

Din punctul de vedere al companiei furnizoare, calitatea alimentării se definește pornind de la fiabilitate și implicit, statistică.

Trebuie precizat că responsabilitate față de calitatea energiei are și proprietarul locației în care funcționează diferiții consumatori, mai precis spus calitatea instalației interioare de distribuție. Frontiera dintre cele două zone de responsabilitate, așa numitul punct comun de conectare (PCC, în engleză Point of Common Coupling) este de regulă materializată prin contorul de energie electrică, care permite facturarea consumurilor utilizatorului respectiv.

Producătorii de aparate sau utilaje definesc calitatea energiei electrice de alimentare pe baza unor parametri care permit funcționarea corectă a respectivelor echipamente.

În general, orice modificare a tensiunii, frecvenței sau curentului care afectează buna funcționare a receptoarelor unui consumator trebuie privită ca o problemă a calității energiei furnizate.

În concluzie, calitatea alimentării cu energie electrică este destul de dificil de cuantificat, fiind un concept agregat. Din punct de vedere strict cantitativ, există o serie de standarde și parametri măsurabili. Trebuie spus că măsura cea mai corectă a calității alimentării este dată de funcționarea „în parametri” a tuturor consumatorilor clienților distribuitorului de energie electrică.

Puterea reprezintă rata de livrare a energiei, fiind proporțională cu produsul dintre tensiune și curent. Furnizorul de energie electrică are control (și implicit, responsabilitate) doar pentru calitatea tensiunii, care trebuie menținută în limite impuse de standarde. Curentul absorbit depinde de consumator și eventual, de calitatea instalațiilor interioare de joasă tensiune; trecând prin impedanța sistemului, curentul poate influența forma de undă a tensiunii, inclusiv în zona altor utilizatori. E mai ales cazul unor curenți mari, cei provocați de un scurtcircuit determină o scădere a tensiunii, în timp ce supracurenții determinați de o lovitură de trăsnet determină supratensiuni distructive.

În această lucrare ne vom ocupa de aspecte legate de calitatea

tehnică a tensiunii, de definirea și măsurarea perturbațiilor de frecvență rețelei dar și a primelor cel mult 51 de armonici.

Normativele în vigoare din România impun ca valoarea medie efectivă a tensiunii furnizate să nu varieze cu mai mult de +/- 10% față de valoarea nominală de 230V pentru rețeaua monofazată, respectiv 400V tensiune de linie pentru rețeaua trifazată. Frecvența trebuie să se încadreze în intervalul [49,5-50,5] Hz.

Calitatea tensiunii de alimentare poate fi afectată de apariția avariilor, care pot fi:

- întreruperi de scurtă durată;
- supra sau sub-tensiuni (la limită, chiar goluri de tensiune);
- abateri de frecvență (mai mari de +/- 1% față de valoarea nominală de 50Hz).

Mult mai frecvent și mai greu de depistat sunt perturbațiile, care afectează de asemenea calitatea energiei furnizate, din categoria lor făcând parte:

- abateri de scurtă durată ale tensiunii;
- pâlپări (flicker);
- nesimetrii (de tensiune și curent), implicând o anume componentă continuă;
- armonici și interarmonici;
- regimuri tranzitorii.

## **2.2 Fluke 43 B- Analizor (monofazat) al calității energiei electrice**

Este un aparat versatil, cu multe facilități, accesibil oricărui agent economic. Deoarece meniul aparatului cu care se vor efectua determinările aferente acestui laborator nu are variantă în limba română, vom utiliza în paralel atât termeni în limba engleză cât și în română, bazându-ne pe definițiile date în standardul IEC 60050, International Electrotechnical Vocabulary (IEV), [8].

Domeniul de frecvențe al fundamentalei tensiunii respectiv curentului măsurat este cuprins între 10 și 400 Hz, ceea ce înseamnă că aparatul poate fi utilizat pentru măsurări industriale curente (50 Hz în Europa, dar și 60 Hz în SUA sau Japonia), cât și pentru determinări în industria navală, aeriană (frecvențe de 400 Hz) sau în cea feroviară. De exemplu, în Germania, energia utilizată în tracțiunea feroviară are frecvența de 16,6 Hz.

Deși funcția lui principală este de analizor al calității energiei electrice, poate fi folosit ca multimetru, înregistrator de date sau chiar

osciloscop cu două canale, având lățimea de banda de 20 MHz, [9].

Prin intermediul unui port optic de ieșire la care este conectat un cablu RS 232 cu izolare optică, aparatul poate fi conectat la USB-ul unui calculator, [10], pe care este instalat softul specializat FlukeView® Power Quality Analyzer, [11]. Pe calculator trebuie să ruleze un sistem de operare Windows 2000 sau mai recent. Acest soft va trata portul USB ca un port de tip COM. De asemenea, prin același cablu, care asigură separare galvanică, aparatul poate fi conectat la o imprimantă. În primul rând sunt afișate și salvate în memoria calculatorului, ecranele instrumentului. De asemenea, pot fi salvate formele de unda sau armonicile, tendințele lor de variație și, ulterior aceste semnale pot fi analizate sau prelucrate. De asemenea, pot fi create rapoarte în MS Word, iar toate ecranele și formele de undă captate pot fi inserate într-un document Word.

Funcția de tipărire a ecranelor, pe o imprimantă cu port paralel, de tip InkJet sau LaserJet se poate realiza direct de pe aparat, cu o viteză de transmisie reglabilă între 1200 și 9600 Baud.

În această lucrare ne vom ocupa în principal de măsurarea de măsurarea calității energiei electrice, mai ales din perspectiva înregistrării regimurilor tranzitorii, ale variațiilor rapide care, datorită benzii largi de frecvențe asociate, au potențial interferențial ridicat.

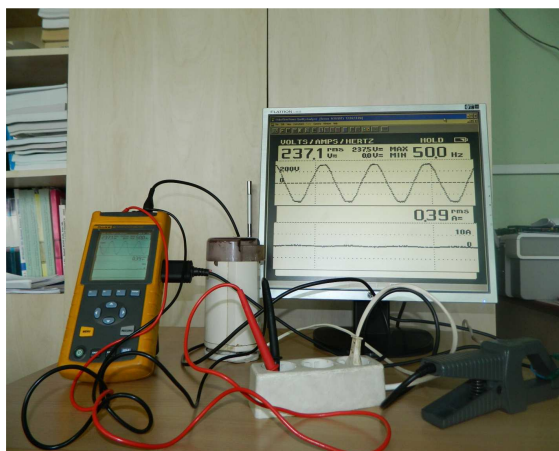
Mai precis, vom măsura :

- tensiunea furnizată sarcinii și curentul absorbit de aceasta;
- puterile (activă, aparentă și reactivă) absorbite de o sarcină monofazată, alături de factorul de putere (inclusiv factorul de putere de deplasare, calculat numai pentru valoarea efectivă a fundamentalei);
- primele cel mult 51 de armonici ale tensiunii furnizate și ale curentului absorbit;
- variațiile rapide (creșteri sau scăderi) ale tensiunii, înregistrate pe o anumită perioadă selectabilă, care poate fi extinsă până la 24 ore;
- regimuri tranzitorii, chiar și cele foarte rapide, (pornind de la o durată de 40 ns);
- curenții de pornire ai diferiților consumatori neliniari, preponderent inductivi;
- defazajele dintre tensiune și curent, în timp real (utilizând funcția de osciloscop cu două canale, pe intrarea 1 se va aplica tensiunea iar pe intrarea 2 tensiunea proporțională cu curentul, livrată de proba de curent folosită).

### *Măsurări asupra perturbațiilor EM din rețeaua de alimentare cu energie electrică*

Măsurările trebuie efectuate „in situ”. De aceea, pentru a nu întrerupe circuitul prin înserierea unui ampermetru, s-a ales varianta unui clește de curent alternativ, i400S, care poate măsura curenți alternativi de frecvența rețelei (și armonici) cu valori de până la 400A, având categoria de securitate electrică CAT III 1000V. Sensibilitatea acestui clește de curent este 1mV/A. Acești clești de curent alternativ lucrează pe principiul transformatorului de curent (primarul are o singură spirală, adică conductorul prin care trece curentul de măsurat, în timp ce secundarul are mai multe spire, care sunt înfășurate pe miezul din ferită sau fer moale, ce constituie cele două „fălci” ale cleștelui de curent. Atunci când se dorește și măsurarea unor curenți continui, complementar curenților de relativ joasă frecvență, soluția o reprezintă un senzor Hall.

Vederea din față a aparatului Fluke 43B, în montaj pentru măsurarea puterii absorbite de o râșniță de cafea, este prezentată în fig. 2.1



**Fig.2.1.** Fluke 43B, măsurarea puterii, comunicare prin opto-cuplor cu un PC

## **2.3 Măsurări pentru stabilirea calității energiei electrice**

### **2.3.1 Măsurarea tensiunilor, curenților și puterilor**

Acestea sunt primele două funcții direct selectabile din meniul principal al aparatului; se pornește de regulă cu prima dintre ele, (Volts/Amps/Hertz), măsurându-se simultan tensiunea furnizată, curentul absorbit și implicit, defazajul dintre ele. Afișarea simultană a tensiunii și curentului permite o evaluare vizuală imediată a defazajului tensiune-curent.

### Măsurări asupra perturbațiilor EM din rețeaua de alimentare cu energie electrică

Este afișată forma de undă, dar și valoarea efectivă reală (adevărată), calculată pe baza formulei rădăcinii pătratice medii (în engleză, root mean square, rms), alături de valoarea maximă dar și valoarea minimă a parametrului măsurat (pentru intervalul de timp în care are loc măsurarea).

Valoarea efectivă a tensiunii de rețea trebuie să fie cuprinsă în intervalul (207, 253) Volți.

Simultan este măsurată și frecvența tensiunii de rețea, care trebuie să se situeze în intervalul [49,5-50,5] Hz.

Prin raportarea valorii de vârf la valoarea efectivă (atât pentru tensiune cât și pentru curent) se poate determina un parametru util, „Factorul de vârf” (crest factor, CF, în engleză). Pentru sinusoidala ideală, acest parametru este  $\sqrt{2} \cong 1,41$

Un ecran standard, care furnizează o informație generală, de ansamblu, asupra tensiunii livrate și a curentului absorbit, este prezentat în fig. 2.2.

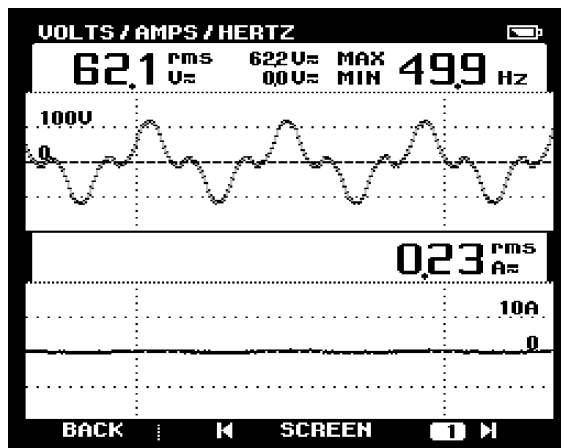


Fig.2.2 Parametrii principali ai rețelei de alimentare cu energie electrică

A doua funcție selectabilă din meniul principal este dedicată măsurării puterii,(Power). Având măsurate tensiunea, curentul și defazajul dintre fundamentală tensiunii și cea a curentului,  $\phi$ , aparatul calculează și afișează imediat puterile absorbite: puterea activă ( $U_{\text{cos}\phi}$ , măsurată în Watti, W), puterea reactivă ( $U_{\text{sin}\phi}$ , măsurată în Volt-Amper-Reactivi, VAR) și puterea aparentă, (UI, măsurată în Volt-Amperi, VA), fig.2.3. În literatura de limbă engleză, pentru puterea activă se mai întâlnesc termenii „real”sau „true power”, adică puterea reală, adevărată.

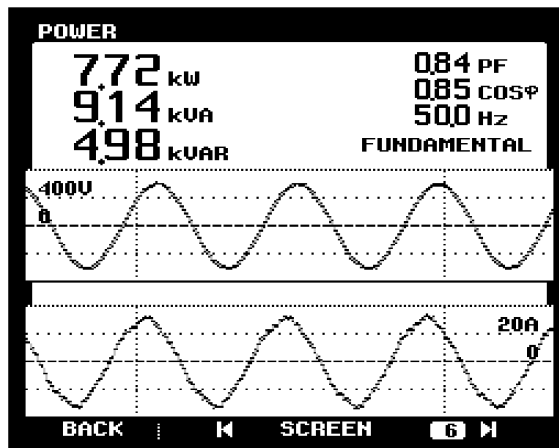


Fig.2.3. Afișarea puterilor absorbite

Cosinusul unghiului de defazaj (de decalaj) dintre fundamentala curentului și fundamentala tensiunii,  $\cos\varphi$  reprezintă „factorul de putere al fundamentalei”. În literatura de limbă engleză se utilizează și termenul „Displacement Power Factor”, având acronimul DPF.

Dacă se iau în calcul atât armonicile tensiunii furnizate cât și armonicile curentului absorbit, se poate determina PF, factorul de putere (total). Acesta reprezintă raportul dintre puterea activă și puterea aparentă, calculate pe baza valorilor efective totale ale tensiunii, respectiv curentului. Prezența armonicilor curentului produce o scădere a factorului de putere. De aceea, în cazul general, Factorul de putere (PF) este puțin mai mic decât  $\cos\varphi$ , factorul de putere al fundamentalei.

În cazul ideal, în care și tensiunea furnizată dar și curentul absorbit sunt perfect sinusoidale (nu au armonici),  $\cos\varphi$  este egal cu factorul de putere PF.

Sarcinile care au și o componentă inductivă determină o rămânere în urmă a curentului față de tensiune, în timp ce în cazul sarcinilor având și componentă capacitivă, se produce un avans al curentului față de tensiune. Ideal ar fi un factor de putere cât mai aproape de 1; la limită, în cazul factorului de putere unitar, echipamentul consumă toată puterea furnizată, nu există putere reactivă.

Sarcinile inductive cele mai des întâlnite în sistemele de distribuție sunt motoarele și transformatoarele. Compensarea lor se poate realiza cu (baterii de) condensatori corect dimensionați.

Un factor de putere negativ înseamnă că dispozitivul nu consumă ci



generează putere.

### **2.3.2 Măsurarea armonicilor tensiunii și curentului**

Este a treia funcție, HARMONICS, din meniul principal al Analizorului Fluke 43.

Un semnal periodic având o anumită frecvență  $f$ , poate fi descompus (prin aplicarea seriilor Fourier) într-o sumă ponderată de funcții sinusoidale, (2.1).

$$U(\omega t) = U(2\pi f \cdot t) = U_{cc} + \sum_{i=1}^n U_i \cdot \sin(2\pi f \cdot i \cdot t) \quad (2.1)$$

$U_{cc}$  reprezintă eventuala componentă continuă a semnalului.

Valoarea efectivă a sinusoidelor  $U_i \sin(2\pi f)$ , care are frecvența egală cu frecvența semnalului este numită fundamentală, iar valorile efective ale sinusoidelor având frecvența  $2f, 3f, \dots$  sunt numite armonici de ordin 2, 3 ș.a.m.d. Aceste armonici pot fi privite ca niște distorsiuni periodice, dar în regim permanent, care se suprapun peste fundamentala semnalului, sau, altfel spus, semnalul poate fi imaginat ca o suprapunere (combinație) de diverse sinusoidale având frecvențele multiplu al frecvenței fundamentale. Cu cât ponderea acestor armonici este mai semnificativă, cu atât semnalul este mai departe de sinusoida ideală, adică este mai „distorsionat”. Chiar dacă teoretic numărul armonicilor este infinit (e vorba de o dezvoltare în serie), valoare care să nu fie neglijabilă au cel mult primele 51 armonici.

Armonicile tensiunii și curentului vehiculate în rețea au un impact esențial asupra compatibilității electromagnetice a echipamentelor alimentate, condițiile de măsurare și instrumentația aferentă fiind reglementate în standardul IEC 61000-4-7: 2002, [12].

Ultima funcție din meniul principal este INSTRUMENT SETUP, cu submeniul FUNCTION PREFERENCES. Aici se poate opta pentru numărul maxim al armonicilor de tensiune sau curent care să fie considerate în calcule: 21, 33 sau cel mult 51.

Armonicile se datorează în principal caracterului neliniar al componentelor echivalente distribuite ale rețelei electrice, dar și neliniarității sarcinilor.

Influența tuturor acestor armonici este cel mai corect evaluată de valoarea rădăcinii pătratice din suma pătratelor valorilor efective, un așa numit total al armonicilor.

Prin raportare la valoarea efectivă a întregului semnal, se obține așa numitul coeficient total- $r$  (%  $r$ ) al distorsiunilor armonice, exprimat în

procente,(2.2):

$$THD_r = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{51} \frac{U_i^2}{2}}}{U_{rms}(\omega)} \times 100(\%) \quad (2.2)$$

Prin raportarea aceleiași numărător numai la valoarea efectivă a fundamentalei se obține coeficientul total-f (% f) al distorsiunilor armonice, exprimat de asemenea în procente, (2.3):

$$THD_f = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{51} \frac{U_i^2}{2}}}{\frac{U_1}{\sqrt{2}}} \times 100(\%) \quad (2.3)$$

Tot din meniul INSTRUMENT SETUP, submeniul FUNCTION PREFERENCES se poate selecta %r, sau %f, astfel încât formula (2.2), respectiv (2.3) să fie utilizată pentru calculul și ulterior afișarea coeficientului total al distorsiunilor armonice.

În fig. 2.4 este prezentată „descompunerea” în armonici a unui curent având frecvența fundamentalei de 50 Hz.

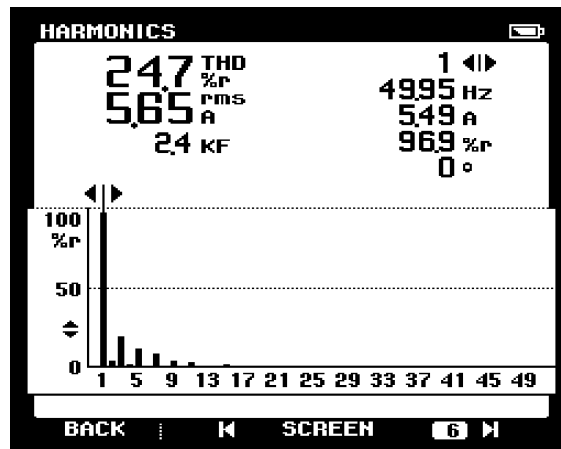


Fig.2.4. Spectrul de armonici al unui curent periodic având frecvența de 50 Hz

Armonicile pot fi de secvență pozitivă (armonicile 4, 7 și 10), de secvență negativă (armonicile 2,5,8 și 11) sau de secvență nulă. Armonicile de secvență pozitivă au tendința să crească viteza motorului (prin raportare

la viteza cu care s-ar roti dacă ar fi alimentat cu o tensiune perfect sinusoidală de frecvența fundamentalei), în timp ce armonicile de secvență negativă reduc viteza aceluiași motor. Ambele situații implică pierderi de cuplu și încălziri în exces.

În cazul în care forma de undă este simetrică, ponderea armonicilor pare este nulă.

Trebuie precizat că deformări în regim permanent față de sinusoida ideală mai pot fi determinate atât de existența unei componente de curent continuu, cât și de prezența unor interarmonici sau a unui zgomot de frecvență ridicată. Așa cum se vede și din dezvoltarea în serie Fourier, o abatere mai consistentă față de sinusoida ideală este asociată cu un spectru de frecvențe mai larg.

Componenta de c.c în unda de tensiune sau curent apare de regulă ca efect al redresării monoalternanță, deranjând mai ales prin saturarea miezurilor transformatoarelor, ceea ce implică încălzirea suplimentară a acestora. Nu trebuie neglijat nici efectul de coroziune (oxidare) electrochimică a unor conexiuni ce poate fi datorat componentei continue.

Interarmonicile au o frecvență care nu este multiplu al frecvenței fundamentale și sunt introduse în rețea de convertizoarele statice de frecvență, cicloconvertoare, motoare de inducție și instalații de sudură electrică.

În rețea se întâlnesc și perturbații care nu se încadrează în categoria armonicilor sau fenomenelor tranzitorii, având un conținut spectral mai ridicat, până la 200 kHz, denumite generic „zgomote”. Ele sunt provocate de funcționarea redresoarelor comandate, a acționărilor electrice de putere, de arcuri electrice sau de operații de comutare, producând de regulă erori de software la sistemele de calcul astfel alimentate. Efectul acestor zgomote poate fi redus prin realizarea de împământări corecte, alături de utilizarea transformatoarelor de separare sau a filtrelor trece jos.

### **2.3.3 Măsurarea regimurilor tranzitorii**

Următoare trei funcții accesabile din meniul principal (SAGS&SWELLS, TRANSIENTS, respectiv INRUSH CURRENT) sunt destinate înregistrării unor regimuri tranzitorii, măsurării unor parametri semnificativi ai acestor regimuri.

Un regim tranzitoriu caracterizează trecerea unui sistem de la un regim permanent la un alt regim permanent, având o durată limitată, clar mai scurtă decât a regimurilor permanente învecinate.

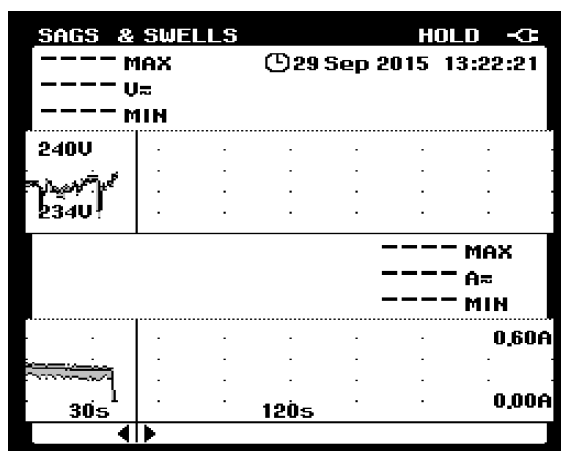
În cazul concret al alimentării cu energie electrică, un regim

tranzitoriu poate fi de tip impuls (mai scurt de o perioadă de 20 ms, având caracter unidirecțional) sau de tip oscilatoriu, atunci când durează mai multe perioade ale tensiunii de alimentare (este în ambele sensuri, afectând atât semiperioada pozitivă cât și cea negativă). Trebuie precizat că frecvența proprie a oscilațiilor asociate acestor fenomene tranzitorii poate varia într-un domeniu foarte larg, de la zeci de Hz până la peste 500 kHz.

De regulă, aceste oscilații sunt cauzate fie de conectarea sau deconectarea bateriilor de condensatoare, a unor consumatori (neliniari) importanți sau de conectarea în gol a transformatoarelor.

### **2.3.3.1 Funcția SAGS&SWELLS**

Permite înregistrarea tuturor variațiilor tensiunii și curentului monitorizat, având o durată mai mare de 20ms. Intervalul maxim de timp în care se face înregistrarea poate fi ales între 4 minute și 16 zile (opțiunea „Endless”). Dacă se dorește oprirea procesului de înregistrare, se apasă tasta „HOLD/RUN”. Prin apăsarea tastei „SAVE”, ecranul poate fi salvat în memoria aparatului (posibil maxim 10 ecrane) sau în memoria calculatorului cu care Fluke 43 este interfațat, fig.2.5.



**Fig.2.5.** Ecran asociat funcției Sags&Swells

În esență, această funcție a analizorului calității energiei electrice furnizate, poate înregistra o serie de „abateri” de la valorile nominale impuse de standarde.

În cele ce urmează vom prezenta o succintă trecere în revistă a acestor posibile abateri:

### *Măsurări asupra perturbațiilor EM din rețeaua de alimentare cu energie electrică*

- Scăderi temporare de tensiune sau „goluri” (valori între 10% și 90% din valoarea efectivă nominală), având o durată cuprinsă între 20 și 200 ms (maxim 10 perioade ale tensiunii). În limba engleză, se utilizează termenii cvasi-sinonimi „sags” (SUA), „dropouts” sau „dips”(termen preferat de International Electrotechnical Commission).
- Subtensiuni (scăderi ale tensiunii sub 90% din valoarea nominală, având o durată mai mare de 200 ms). Termenul englezesc este „undervoltage”.
- Întreruperi (scăderi ale tensiunii sub 10% din valoarea nominală), care pot fi instantanee sau temporare. Termenul englezesc este „outage”.
- Creșteri temporare de tensiune (valori peste 110% din valoarea efectivă nominală), având o durată cuprinsă între 20 și 200 ms (maxim 10 perioade ale tensiunii). În limba engleză, se utilizează termenii cvasi-sinonimi „swells” sau „surge”.
- Supratensiuni (creșteri ale tensiunii peste 110% din valoarea nominală, având o durată mai mare de 200 ms). Termenul englezesc este „overvoltage”.
- Fluctuații de tensiune (variații aleatorii ale tensiunii, de regulă cuprinse între 90% și 110% din valoarea nominală). Termenul englezesc este „flicker” care înseamnă și pâlpare sau licărire, cu referire directă la principalul efect al acestor fluctuații, variația sesizabilă de către ochiul omenesc, a fluxului luminos emis de lămpile de iluminat. Importanța acestui tip de avarie este subliniată și de faptul că un întreg standard IEC, 61000-4-15:2010, este destinat tehnicilor de măsurare a acestor pâlpari, [13].

#### **2.3.3.2 Funcția TRANSIENTS (Semnale tranzitorii de scurtă durată)**

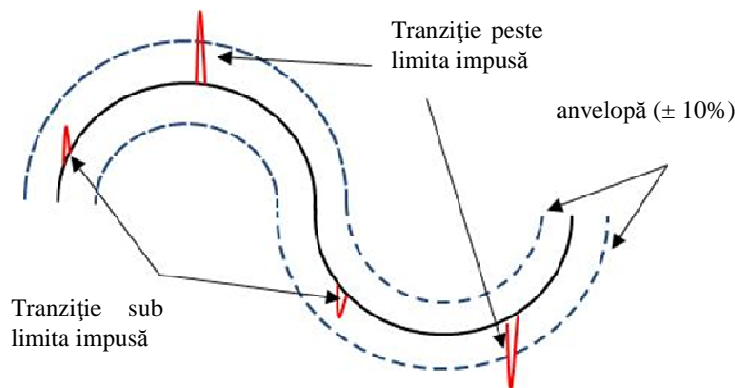
Este a cincea funcție din meniul principal. Ea este destinată înregistrării variațiilor de foarte scurtă durată ale tensiunii, practic niște impulsuri pozitive sau negative suprapuse peste forma de undă. Cu alte cuvinte, sunt creșteri sau scăderi ale tensiunii de tip „ac” (foarte ascuțite).

Un alt termen folosit în literatura de limbă engleză este „spike”, chiar și în limba română fiind utilizat oarecum corespondentul „șpițuri (vârfuri) de tensiune”. Aceste tranziții rapide și ascuțite conțin suficientă energie, astfel încât pot produce avarii echipamentelor sensibile de tehnică de calcul, în special surselor de tensiune, dar și softurilor de lucru.

Dacă se constată existența unor astfel de perturbații ale tensiunii de alimentare (datorate în special conectării/deconectării unor sarcini considerabile, alimentate într-un punct aflat în apropiere), este recomandată înserierea unor dispozitive de tip „surge/spike arrester”, în esență conținând niște filtre trece-jos, dimensionate pentru consumul maxim estimat al echipamentului protejat.

În meniul „TRANSIENTS” este posibilă selectarea aceluia interval de tensiune a cărui depășire să fie considerată și înregistrată ca „eveniment”. Prima opțiune este  $\pm 20\%$  din valoarea efectivă a tensiunii măsurate. Cu alte cuvinte, dacă măsurăm tensiunea de alimentare de 230V, aparatul va înregistra un „eveniment” numai dacă valoarea de vârf a impulsului suprapune peste sinusoida tensiunii de alimentare estemai mare de  $\pm 46$  V. Meniul permite și selectarea unor intervale mai largi,  $\pm 50\%$ ,  $\pm 100\%$  sau chiar  $\pm 200\%$  din valoarea efectivă a tensiunii „supravegheate”.

Practic, un eveniment este înregistrat și memorat drept „tranziție” dacă este depășită o „anvelopă” din jurul formei de undă a tensiunii neperturbate, a cărei lățime (de la  $\pm 20\%$  până la maxim  $\pm 200\%$  din valoarea efectivă a tensiunii „supravegheate”) a fost în prealabil selectată, fig.2.6.



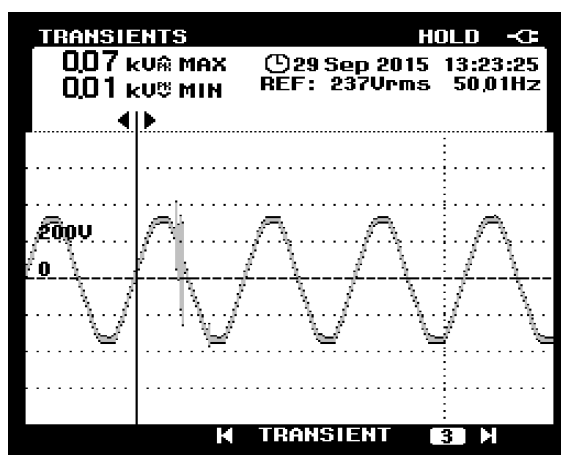
**Fig.2.6.** Principiul considerării drept tranziție a unui vârf de tensiune

Prin validarea comenzii START începe urmărirea variațiilor tensiunii care este oprită la apăsarea butonului HOLD. Ecranul aferent conține informațiile necesare, legate de data și ora la care s-au făcut înregistrările și valoarea efectivă a tensiunii „neperturbate”, luată drept referință și frecvența acesteia. Sunt contorizate toate depășirile limitelor

impuse de intervalul selectat; un cursor poate fi deplasat stânga-dreapta.

Pentru fiecare poziție a cursorului, sunt afișate pe ecran valorile minimă, respectiv maximă, între care o variație a valorii instantanee a tensiunii nu este considerată „eveniment”, neprezentând potențial distructiv. Memoria internă a aparatului Fluke 43 poate reține până la maxim 40 de tranziții, numărul lor curent fiind afișat pe ecran, în timpul real al efectuării supravegherii.

În fig. 2.7 este prezentat un ecran ce conține informațiile referitoare la funcționarea în regimul „Transients”.



**Fig.2.7.** Ecran afișat după apăsarea tastei HOLD, funcția TRANSIENTS

Trebuie precizat că revenirea la meniul principal implică ștergerea ecranului din memoria aparatului Fluke 43. Dacă informațiile afișate pe ecran prezintă importanță, atunci el trebuie salvat în memoria calculatorului, prin intermediul software dedicat FlukeView®.

**Observație.** Ecranele salvate, asociate atât funcției Sags&Swells cât și funcției Transients au precizată ziua și ora la care s-a făcut înregistrarea, pentru a facilita identificarea cauzei care a produs o anume perturbație.

### **2.3.3.3 Funcția INRUSH CURRENT**

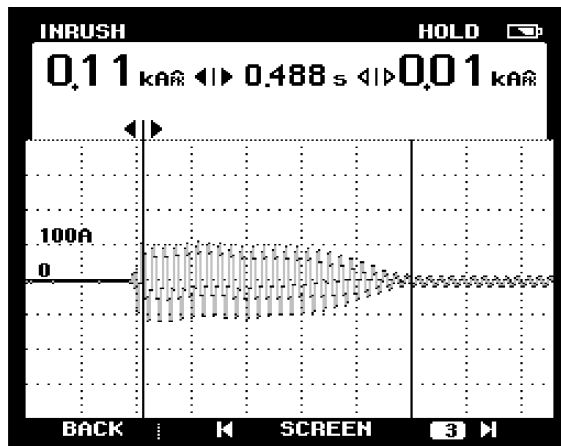
A șaseafuncție selectabilă din meniul principal este Inrush current (curent de pornire).

Sarcina inductivă reprezentată de un motor are la pornire, o valoare mai mică și, prin urmare, curentul absorbit are o valoare mai mare, este un supracurent. După atingerea regimului permanent, normal de funcționare,

impedanța inductivă de intrare a motorului rămâne la o valoare constantă.

Este important să fie cunoscută atât valoarea de vârf a acestui supracurent cât și durata lui.

Un ecran care înregistrează supracurentul de pornire al unui motor este prezentat în fig. 2.8.



**Fig. 2.8.** Ecran asociat funcției „Inrush current”

În acest submeniu este posibilă alegerea curentului maxim ( 7 valori, în succesiunea 1-5-10, începând cu 1 A și terminând cu maxim 1000 A).

De asemenea, este posibilă alegerea intervalului de timp în care se măsoară curentul de pornire; pot fi selectate 6 intervale, cel mai scurt fiind de 1 secundă iar cel mai lung de 5 minute.

Ecranul asociat acestei funcții are două cursoare care se pot deplasa stânga-dreapta pe abscisa timpului, fiind afișată valoarea de vârf, corespunzătoare momentului selectat. Practic cele două cursoare pot fi astfel deplasate încât să delimiteze în timp momentul de pornire al motorului, respectiv momentul stabilirii curentului absorbit la valoarea nominală, de regim permanent.

#### 2.4 Lucrări de efectuat în laborator

1. Fără a fi conectat într-un montaj aflat sub tensiune, se pornește analizorul Fluke 43 și, prin apăsarea tastei „MENU” se trec în revistă primele 6 funcții accesabile din meniul principal; se identifică principalele accesorii: cablurile de test (roșu și negru, cu terminale interschimbabile, ascuțite sau cleme „crocodil”), cleștele de curent



alternativ, alimentatorul pentru acumulatorii încorporați (autonomia de lucru a analizorului poate fi mai mică de 2 ore), cablu RS232 (izolat optic prin opto-cuplor) pentru conectarea dintre portul optic al Fluke 43 și PC.

2. Din meniul principal, se selectează INSTRUMENT SETUP, se intră în submeniul PROBES. Se selectează pentru proba de la intrarea 1 (tensiune) opțiunea TEST LEADS (cablu de test fără atenuare) iar pentru proba de la intrarea 2 (curent), 1mV/A (factorul de conversie curent-tensiune al cleștelui de curent alternativ i400S).
3. Din meniul principal, se selectează VIEW/DELETE SCREENS și cu ajutorul tastelor F2 și F3 se șterg din memorie toate ecranele anterior salvate. Memoria internă a aparatului Fluke 43 poate stoca maxim 10 ecrane, de aceea este necesar ca la începutul unei ședințe de laborator, cele 10 locații ale memoriei să fie disponibile.
4. Se efectuează montajul din Fig. 2.1, înseriindu-se un cablu de alimentare suplimentar, cu trei fire, având izolația exterioară parțial îndepărtată, pentru a permite plasarea cleștelui de curent doar în jurul unui singur fir de alimentare, (fază sau nul).
5. Se măsoară tensiunea livrată la priză înainte de pornirea râșniței de cafea. Se salvează ecranul în memoria analizorului. Se notează valorile tensiunii efective, valoarea maximă și minimă, frecvența.
6. Se pornește râșnița. Se măsoară tensiunea furnizată și curentul absorbit, se salvează ecranul și se notează valorile parametrilor măsurați și afișați pe ecran, inclusiv ai defazajului dintre tensiune și curent.
7. Cu râșnița pornită, se măsoară puterile absorbite (activă, reactivă, aparentă),  $\cos\phi$  și factorul de putere PF, din meniul INSTRUMENT SETUP-FUNCTION PREFERENCES fiind selectată la POWER opțiunea „FUNDAMENTAL”. Se calculează astfel puterile pe baza fundamentalei tensiunii, respectiv curentului. Se salvează ecranul și se notează valorile afișate.
8. Se repetă succesiunea de la punctul 7, cu o singură modificare, din același meniu INSTRUMENT SETUP-FUNCTION PREFERENCES va fi selectată la POWER opțiunea FULL (se utilizează la calculul puterii, tensiunilor și curenților din întreg spectrul). Se salvează ecranul, se notează valorile afișate și se

compară cu cele înregistrate la punctul anterior.

9. Din submeniul FUNCTION PREFERENCES, HARMONICS se selectează opțiunea „% r” pentru primele 21 armonici, armonicile fiind astfel exprimate ca procent din valoarea efectivă totală. Cu râșnița pornită, se măsoară armonicile tensiunii (tasta F1), curentului (tasta F2), respectiv puterii (tasta F3). Cu ajutorul cursorului deplasabil pe axa absciselor, se vor evidenția (și apoi nota) valorile corespunzătoare armonicilor 3, 5 și 9.
10. Se repetă cele efectuate la punctul 9, cu o singură modificare, din același meniu INSTRUMENT SETUP-FUNCTION PREFERENCES va fi selectată la HARMONICS opțiunea „% f” (armonicile fiind astfel exprimate ca procent din fundamentală). Se salvează ecranul, se notează valorile afișate și se compară cu cele înregistrate la punctul anterior.
11. Se selectează funcția SAGS&SWELLS și se fixează cel mai scurt timp de înregistrare, 4 minute. Cu râșnița în funcțiune se pornește înregistrarea. Aproximativ după 1 minut, apoi 2 minute și 3 minute de la pornirea înregistrării, se pornește și se oprește cam după 10 secunde de funcționare, un polizor electric de 650 W (alimentat din același prelungitor). Pe ecranul existent la sfârșitul perioadei de înregistrare, se deplasează cursorul pe axa absciselor, simultan pentru tensiunea și curentul absorbit și se notează valorile asociate diferitelor evenimente.
12. Se selectează funcția TRANSIENTS și se optează pentru limita de eveniment de 20% din valoarea efectivă a tensiunii. Se pornește înregistrarea, exact în aceleași condiții ca la punctul 11. În momentul în care s-au înregistrat 40 de tranziții, înregistrarea se oprește automat și apare ecranul de tensiuni. Din tastele F2 (ascendent) și ENTER (descendent) se alege spre studiu oricare din cele 40 de tranziții.
13. Se selectează opțiunea INRUSH CURRENT. Se impune un curent maxim de 5 A și un timp de înregistrare de 10 secunde.  
Se alimentează polizorul prin intermediul aceluiași prelungitor având izolația exterioară a cablului trifilar MYYM-3x1mm, parțial îndepărtată. Se salvează ecranul iar cu cele două cursoare, selectabile alternant din tasta F1 se studiază curentul absorbit din momentul pornirii motorului și până la atingerea regimului permanent de funcționare.

14. Conectați portul optic al analizorului, prin intermediul cablului RS232 izolat optic (cu opto-cuplor), la laptop-ul pe care este instalat softul FlukeView. Deschideți softul, stabiliți comunicarea cu analizorul și salvați primele 5 ecrane stocate în memoria analizorului. Inserați aceste ecrane salvate într-un document Word.

### **Bibliografie:**

1. [www.anre.ro](http://www.anre.ro), Autoritatea Națională de Reglementare în domeniul Energiei, Standard de performanță pentru serviciul de distribuție a energiei electrice, Cod ANRE : 28.1.013.0.00.30.08.2007.
2. IEC Standard TS 62749:2015, Assessment of power quality - Characteristics of electricity supplied by public networks.
3. IEC 62586-1:2013 Power quality measurement in power supply systems - Part 1: Power quality instruments (PQI).
4. [IEC 62586-2:2013](http://www.iec.ch) Power quality measurement in power supply systems - Part 2: Functional tests and uncertainty requirements.
5. IEC 61000-4-30:2015 RLV, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-30: Testing and measurement techniques – Power quality measurement methods.
6. IEC 61000-2-4, Electromagnetic compatibility (EMC)-Part 2-4: Environment – Compatibility levels in industrial plants for low-frequency conducted disturbances.
7. IEC 61000-3-8, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3: Limits – Section 8: Signalling on low-voltage electrical installations– Emission levels, frequency bands and electromagnetic disturbance levels.
8. IEC 60050 (all parts), International Electrotechnical Vocabulary (IEV) (available at [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)).
9. <http://www.fluke.com>, Fluke 43B Power Quality Analyzer, Users Manual.
10. <http://www.fluke.com>, Fluke 43B Power Quality Analyzer, Applications Guide.
11. <http://www.fluke.com>, SW43W FlukeView Power Quality Analyzer Software, Users Manual.
12. IEC 61000-4-7:2002, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-7: Testing and measurement techniques – General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto.
13. IEC 61000-4-15:2010, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part

*Măsurări asupra perturbațiilor EM din rețeaua de alimentare cu energie electrică*

---

4-15: Testing and measurement techniques – Flickermeter –  
Functional and design specification.