



**UNIVERSITATEA DIN CRAIOVA**



**FACULTATEA DE INGINERIE ELECTRICĂ**

***SPECIALIZAREA***

**SISTEME ENERGETICE INFORMATIZATE**

# ***LUCRARE DE DISERTAȚIE***

## ***BAZE DE DATE DE CALITATEA ENERGIEI ELECTRICE***

***Masterand***  
**Ing. Paraschiv Ion Doinel**

***Coordonator științific***  
**Conf.dr.ing. Denisa Rușinaru**

**CRAIOVA**  
**Iunie 2018**

# CUPRINS

## INTRODUCERE

### CAPITOLUL 1. SITUAȚIA ACTUALĂ ȘI PERSPECTIVE PRIVIND CALITATEA ENERGIEI ELECTRICE ÎN REȚEAUA DE DISTRIBUȚIE

1.1. <i>Indicatori de calitate a energiei electrice</i> .....	7
1.1.1. Abaterea de frecvență.....	8
1.1.2. Variații lente de tensiune.....	9
1.1.3. Goluri de tensiune.....	10
1.1.4. Intreruperi de scurtă durată și lungă durată.....	11
1.1.5. Armonici și interarmonici.....	11
1.1.6. Fluctuații de tensiune (efect de flicker).....	12
1.1.7. Nesimetrii.....	13
1.2. <i>Responsabilitati privind calitatea energiei electrice</i> .....	14
1.2.1. Cadrul național general de reglementare.....	16
1.2.1.1. Codul tehnic al RED.....	17
1.2.1.2. Standard de performanță pentru Serviciul de Distribuție a Energiei Electrice.....	18
1.2.2. Reglementări internaționale și europene privind calitatea energiei electrice.....	20
1.2.3. Reglementări privind abaterile de tensiune.....	22
1.2.4. Reglementări privind armonicile în sistem.....	22
1.2.5. Reglementări privind nesimetria de tensiune.....	23
1.2.6. Reglementări privind fluctuațiile de tensiune și flicker-ul.....	24

### CAPITOLUL 2. CARACTERISTICI CONSTRUCTIVE ȘI FUNCȚIONALE ALE ECHIPAMENTELOR ȘI SISTEMELOR DE MONITORIZARE A CALITĂȚII ENERGIEI ELECTRICE ÎN REȚELELE ELECTRICE

2.1. <i>Contextul actual</i> .....	25
2.2. <i>Cerințe generale impuse echipamentelor de monitorizare a CEE</i> .....	25
2.2.1. Intervale de măsură.....	26
2.2.2. Cerințe privind precizia.....	26
2.2.3. Informații transmise de sistemele de monitorizare.....	27
2.3. <i>Sisteme integrate de monitorizare în RED</i> .....	29
2.4. <i>Performante ale echipamentelor portabile utilizate pentru monitorizarea calității energiei electrice în rețeaua de distribuție</i> .....	29
2.4.1. CHAUVIN ARNOUX C.A. 8335 – Analizor trifazat pentru calitatea energiei electrice.....	29
2.4.2. Analizator trifazat de calitate a energiei electrice Fluke 434/435.....	32
2.5. <i>Standardul CEI 61000-4-30</i> .....	33

### CAPITOLUL 3. UTILIZAREA INFORMAȚIILOR DIN BAZA DE DATE DE CALITATE A ENERGIEI ELECTRICE ÎN STAȚIILE DE DISTRIBUȚIE

3.1. Sistemul software PQView pentru managementul și analiza CEE în rețeaua operatorului rețelei de distribuție.....	36
3.2. Aplicația de management al bazei de date de CEE Power Quality Data Manager (PQDM).....	38
3.3. Aplicația de analiză a CEE Power Quality Data Analyzer (PQDA).....	39
3.4. Analiza datelor achiziționate de la sistemul de monitorizare cu echipamente fixe cu PQDA.....	39
3.5. Concluzii.....	51

## **CAPITOLUL 4. SPECIFICATII DE UTILIZARE PENTRU BIBLIOTECA DIGITALĂ DE CALITATE A ENERGIEI ELECTRICE PQLib**

4.1. <i>Termeni generali și acronime</i> .....	53
4.2. <i>Descriere PQLib – structură și funcționalități</i> .....	55
4.2.1. Caracteristici generale și arhitectură.....	55
4.2.2. Template-uri.....	57
4.2.3. Interfața grafică.....	57
4.2.4. Categoriile de informații.....	58
4.2.5. Informații arhivate.....	59
4.3. <i>Mod de utilizare aplicație PQLib</i> .....	60
<b>BIBLIOGRAFIE</b> .....	61
<b>ANEXE</b> .....	63

## ***INTRODUCERE***

Promovarea riguroasă a unei politici a calității la nivel de stat, a unor programe concrete la nivelul companiilor de electricitate, presupune definirea și promovarea unei legislații adecvate și armonizate cu reglementările adoptate la nivel internațional, care vizează atât responsabilitatea operatorilor de rețea pentru daune provocate utilizatorilor prin livrarea unei energii electrice de calitate necorespunzătoare (cu abateri față de indicatorii înscrși în contracte), cât și responsabilitatea consumatorului pentru perturbațiile determinate în rețelele electrice de interes public. Astfel de reglementări trebuie să constituie baza legală a relației furnizor – utilizator de rețea și să stabilească obligații și răspunderi precise pentru toți partenerii implicați pe traseul producție – consum.

În acest scop, se impun următoarele măsuri principale:

- crearea unui set simplu, clar și ușor perfectabil, de indicatori de calitate, care să surprindă rapid și, pe cât posibil, cât mai complet, multiplele aspecte care definesc, la un anumit stadiu, calitatea;

- normarea unor valori și/sau abateri admisibile pentru indicatorii de calitate, acceptate de toți factorii implicați: operator rețea – utilizator – fabricant de receptoare electrice;

- elaborarea bazelor metodologice ale controlului de calitate și asigurarea unei monitorizări în timp real a tuturor indicatorilor de calitate;

- crearea, exploatarea și întreținerea unui sistem informațional adecvat, capabil de prelucrări statistice asupra valorilor măsurate, care să permită obținerea, procesarea și vehicularea rapidă a unor informații sigure cu privire la nivelul de calitate a tranzitului de energie către toate categoriile de consumatori;

- elaborarea unor acte tehnico–normative care să constituie bază legală a contractelor economice între partenerii traseului energiei electrice la consumator și care să cuprindă obligațiile părților privind calitatea energiei electrice.

Tendențele actuale de abordare a problemei calității energiei urmăresc, în principal, trei direcții:

1. analiza indicatorilor actuali de calitate și dezvoltarea unor programe eficiente de monitorizare, care să stea la baza unor relații corecte între participanții implicați pe traseul producție – consum;

2. evaluarea efectelor abaterilor față de limitele recomandate de reglementările internaționale;

3. stabilirea unor măsuri eficiente tehnice, organizatorice, contractuale și juridice, care să asigure încadrarea indicatorilor de calitate în limitele impuse de standarde.

Asigurarea unui nivel standard de calitate în punctele de interfață dintre participanții la rețea și monitorizarea corectă a indicatorilor de calitate în aceste puncte sunt elemente determinante în asigurarea nivelului de calitate oferit de către furnizor. Astfel o cunoaștere cât mai exactă și completă a indicatorilor de calitate în aceste noduri poate avea un efect important asupra indicatorilor economici ai rețelei administrate și devine un parametru definitoriu pentru evaluarea performanțelor acesteia.

Cunoașterea indicatorilor de calitate, a modului practic de determinare, interpretarea rezultatelor monitorizării acestora și cunoașterea limitelor admise ale perturbațiilor, prezintă un deosebit interes pentru asigurarea unei energii de calitate standard și pentru decizii privind măsurile care trebuie adoptate în scopul realizării nivelului de calitate impus, pentru oricare din operatorii de rețea.

Necesitatea unei astfel de teme este argumentată de:

- i. Calitatea energiei electrice este unul dintre cele mai importante obiective ale Operatorilor de Distribuție și Transport, care trebuie să asigure condițiile necesare la interfața cu

Consumatorul. Calitatea energiei electrice influențează condițiile de funcționare ale rețelelor, având implicații tehnice și economice deosebite asupra consumului de energie electrică și securității funcționării sistemului electroenergetic. Optimizarea funcționării poate fi asistată de o supraveghere corespunzătoare a proceselor și un management adecvat al energiei electrice, ambele fiind direct dependente de monitorizarea calității energiei electrice.

ii. Monitorizarea indicatorilor de calitate a energiei electrice se face în punctele de interfață unde Operatorul de rețea/Furnizorul are obligații contractuale de a livra energia la parametrii contractați. Aspectele de calitate trebuie să vizeze în consecință fiecare participant în raport cu sistemul și Operatorul de Rețea cu care are interfața consumatorul, în raport cu participării la piață.

iii. Datele obținute din monitorizarea calității energiei electrice sunt totuși incomplet utilizate în managementul sistemelor electroenergetice, fiind necesară adoptarea de proceduri/sisteme de control ușor adaptabile acestui scop.

iv. Implicațiile economico-financiare ale problemelor de calitate a energiei electrice, care determină anual pierderi de ordinul milioanelei de EURO la nivelul țărilor europene, impun găsirea unor soluții eficiente din perspectiva minimizării-eliminării acestor probleme în vederea creșterii productivității. Monitorizarea calității energiei electrice rămâne cea mai abordabilă alternativă de detectare și diagnosticare a problemelor la nivelul rețelei.

v. Trebuie de asemenea amintită tendința actuală de dezvoltare a producției descentralizate de energie electrică folosind surse regenerabile, în principiu necontrolabilă. Aceasta face esențială monitorizarea, dar și dezvoltarea de sisteme de control al calității energiei electrice care să permită participarea la reglajul de sistem al noilor surse.

vi. Necesitatea compatibilizării funcțiilor echipamentelor din sistemul de monitorizare a calității energiei electrice furnizate de fabricanți diferiți, ținându-se cont de problemele de interfață care survin într-o astfel de situație sau de condițiile impuse software-ului asociat pentru a asigura măsurarea și procesarea datelor în conformitate cu procedurile de măsurare, agregare, evaluare și de raportare a parametrilor de calitate precizate de standardele în vigoare. Actualmente monitorizarea calității energiei electrice în rețeaua electrică de distribuție a CEZ se face prin trei sisteme independente de monitorizare permanentă incluzând ION7650 și MAVOSIS10 sau MEG40, la nivelul a 4 stații de distribuție, la interfața RED-producători de energie și respectiv în posturile de transformare.

Lucrarea de față are ca scop prezentarea structurii și conținutului unei baze de date privind parametrul de CEE înregistrați în rețeaua de distribuție de MT și IT, precum și capabilitățile unui instrument software de management al datelor și evenimentelor de calitate a energiei electrice utilizat de operatorul local de distribuție a energiei electrice. Acesta a fost studiat și utilizat pentru analiza unor cazuri de funcționare a rețelei de distribuție în care s-au identificat probleme de calitate.

Lucrarea face parte din programul meu de pregătire în domeniul monitorizării calității energiei electrice, desfășurat în perioada 01.02.2018-31.05.2018 în cadrul Distribuție Oltenia SA, ca activitatea de tip *Transfer de cunoaștere la Agentul economic prin stagii de practică ale studenților la ciclul de master*, înscrisă în Etapa II (2017) a PROIECTULUI **PN-III-P2-2.1-BG-2016-0269 Sistem inteligent de monitorizare și management al calității energiei electrice la interfața dintre rețeaua electrică de distribuție și utilizatorii ei - SYMMPQI (75BG/01.10.2016).**

# CAPITOLUL 1. *SITUAȚIA ACTUALĂ ȘI PERSPECTIVE PRIVIND CALITATEA ENERGIEI ELECTRICE ÎN REȚEAUA DE DISTRIBUȚIE*

## 1.1. INDICATORI DE CALITATE A ENERGIEI ELECTRICE

Scopul ideal al fiecărui furnizor este de a pune în permanență, la dispoziția consumatorilor o tensiune alternativă sinusoidală, de frecvență și valoare efectivă menținute între anumite limite, fixate contractual, egale pe cele trei faze ale rețelei.

În realitate, furnizorii nu-și pot alimenta consumatorii cu energie electrică de calitate ideală, pe de o parte, din cauza unor caracteristici constructive de care dispun, dar, pe de altă parte, din cauza unor perturbații care apar, în mod inerent, în funcționarea sistemelor energetice; acestea pot afecta toate caracteristicile curbei de tensiune: frecvența, amplitudinea, forma și simetria (în sistemele trifazate).

Practic, sistemul de indicatori ai calității energiei electrice trebuie să permită:

- *măsurarea/estimarea nivelului de calitate* într-un anumit punct al rețelei și la un moment dat;
- *compararea informației obținute cu nivelul stabilit prin normative* și acceptabil pentru majoritatea consumatorilor conectați la rețeaua respectivă.

Urmărirea indicatorilor de calitate a energiei electrice și adoptarea de măsuri pentru menținerea acestora în limite admise, ca obligație a furnizorului de energie electrică, nu poate fi făcută decât în corelație cu urmărirea perturbațiilor introduse în rețeaua electrică de alimentare de anumiți consumatori.

În acest sens, *indicatorii de calitate* pot fi clasificați în două grupe:

1. *indicatori primari*, care depind în primul rând, de furnizor;
2. *indicatori secundari*, care sunt influențați de funcționarea consumatorilor, ce pot fi considerați perturbatori.

Conform Codului RED, prin *perturbație se înțelege orice modificare de origine externă sau internă, care apare într-un echipament sau într-un sistem electroenergetic și care afectează starea normală de funcționare.*

Indicatorii primari de calitate a energiei electrice care se referă la calitatea produsului energie electrică sunt:

- *frecvență* (controlată în sistemul energetic prin reglajul  $P - f$ );
- *amplitudinea tensiunii* de alimentare (controlată de reglajul  $Q - U$ , al ploturilor transformatoarelor și al autotransformatoarelor din rețea);
- *supratensiunile temporare și tranzitorii* (limitate și controlate prin sistemele de protecție contra supratensiunilor);
- *goluri de tensiune* (limitate prin sistemele de protecție prin relee).

Indicatorii secundari se referă în special la perturbațiile determinate de funcționarea consumatorilor:

- *armonici și interarmonici (regimuri nesinusoidale);*
- *fluctuații rapide de tensiune;*
- *fluctuații lente de tensiune (efect de flicker);*
- *nesimetrii.*

În timp ce indicatorii primari sunt rezultatul planificării, proiectării și organizării funcționării instalațiilor, indicatorii secundari de calitate a energiei electrice sunt determinați în principal, de tipul de sarcină al consumatorului.

Perturbațiile armonice și interarmonice, fluctuațiile rapide și lente de tensiune, precum și nesimetriile deteriorează calitatea energiei livrate consumatorilor, afectând buna funcționare a echipamentelor.

#### ***Niveluri de compatibilitate***

Sunt valori de referință care permit coordonarea emisiei și imunitatea echipamentelor făcând parte, sau fiind alimentate de o aceeași rețea, astfel încât să se asigure compatibilitatea electromagnetică (CEM) în ansamblul sistemului, rețeaua propriu zisă și consumatori. Nivelurile de compatibilitate sunt în general relative la o probabilitate care nu depășește 95% pentru o rețea completă, pe baza repartițiilor reprezentând variația perturbațiilor atât în timp cât și în spațiu. Furnizorul nu poate garanta nivelurile în toate punctele rețelei și în orice moment. De aceea este de dorit ca nivelurile de compatibilitate să fie evaluate pe ansamblul rețelei; nu există o metodă de evaluare într-un punct specific.

#### ***Niveluri de planificare***

Nivelurile de planificare sunt specifice pentru furnizorul de energie electrică pentru toate nivelurile de tensiune și pot fi considerate ca obiective interne de calitate. Nivelurile de planificare sunt inferioare sau egale cu nivelurile de compatibilitate. Se pot da numai valori indicative, deoarece nivelurile de planificare diferă de la un caz la altul, după structura rețelei și circumstanțe. În unele cazuri sunt recomandate și niveluri de planificare pentru unele perturbații (CEI 1000-3-7).

Se consideră rațional să se definească nivelul de compatibilitate nu ca valoare maximă a perturbației, ci ca un nivel de perturbație care poate fi depășit într-un număr redus sau foarte redus de cazuri. Se consideră acceptabil un nivel de compatibilitate care să fie acoperitor pentru cel puțin 95% din situații (PC95%) .

### **1.1.1. Abaterea de frecvență**

În general, încadrarea frecvenței sistemului energetic într-un domeniu admisibil din punct de vedere calitativ este condiționată de menținerea unei stări de echilibru între sursele de energie și consumul de energie electrică al sistemului.

La un moment dat, la nivelul ansamblului instalațiilor sistemului energetic, pot exista situații în care echilibrul dintre cererea și oferta de putere nu poate fi menținut din cauze, cum ar fi: inerția mare a instalațiilor de producere, lipsa de agent primar sau lipsa de capacitate în grupurile energetice etc. Funcționarea interconectată a sistemelor energetice permite restabilirea rapidă a frecvenței. În cazul unor sisteme insulare, la realizarea dezechilibrului între cererea de energie și ofertă se stabilește un nou regim de lucru la o frecvență inferioară. Durata de funcționare în acest regim depinde de viteza de intervenție a “rezervei calde” a grupurilor din centralele electrice sau până la intrarea în funcțiune a grupurilor aflate în “rezervă rece”.

În regim normal de funcționare, frecvența poate varia în jurul valorii nominale, ca urmare a modificării continue a sarcinii electrice a sistemului și a reglajelor efectuate pentru a acoperi curba de sarcină. Controlul frecvenței se face practic la nivelul sistemului energetic interconectat (sistemul european) și nu poate fi influențată prin acțiuni locale.

Atenția deosebită acordată controlului frecvenței pentru menținerea în limite restrânse este determinată de consecințele importante negative ale abaterilor mari de frecvență pe întreg fluxul de producere, transport, distribuție și utilizare a energiei electrice, de la centrala electrică și până la receptoarele consumatorului:

- creșterea solicitărilor mecanice ale turbinelor cu abur;
- reducerea performanțelor tehnico-economice ale grupurilor termoenergetice;
- creșterea pierderilor în transformatoarele din rețeaua electrică;
- creșterea consumului propriu tehnologic în rețelele electrice de transport și distribuție ale sistemului energetic național (SEN);

- creșterea riscului de apariție a unor avarii datorită modificării limitelor de funcționare stabilă a sistemului (stabilitate statică și stabilitate dinamică);
- reducerea siguranței în funcționare a unor instalații;
- reducerea randamentului instalațiilor consumatoare, cu creșterea consumului specific de energie electrică;
- reducerea producției la consumatorii de energie electrică odată cu scăderea frecvenței tensiunii de alimentare;

Indicatori pentru estimarea variațiilor lente de frecvență:

1. *abaterea de frecvență* ( $\Delta f$ ),

$$\Delta f = f_N - f \quad (1.1)$$

Unde  $f_N$  este frecvența nominală, iar  $f$  — frecvența reală.

2. *integrala abaterilor de frecvență* pe durata unei zile este un important indicator și în cazul utilizării frecvenței tensiunii din rețeaua electrică la sincronizarea ceasurilor electrice; pentru a asigura funcționarea corectă a ceasurilor electrice este necesar ca această integrală să aibă o valoare nulă:

$$I_f = \int_0^{24} \Delta f \cdot dt = 0 \quad (1.2)$$

Urmărirea încadrării frecvenței în limitele impuse este în sarcina dispecerului energetic de sistem, în colaborare cu dispecerii energetici ai sistemelor interconectate.

Limitele de imunitate la variații de frecvență ale diferitelor categorii de receptoare electrice sunt precizate în standardele de produs. Majoritatea receptorilor electrice acceptă abateri de frecvență de aproximativ  $\pm 1$  Hz ( $\pm 2\%$ ).

Normativele din România sunt aliniate la normativele internaționale privind frecvența de funcționare și limitele admise având în vedere faptul că sistemul energetic din țară funcționează sincron cu sistemul energetic european, fiind interconectat cu acesta prin linii electrice în sudul și vestul țării.

### 1.1.2. Variații lente de tensiune

Amplitudinea tensiunii de alimentare poate avea variații lente, datorate în special căderilor de tensiune pe linii și în transformatoare, determinate de variația sarcinii electrice a consumatorilor. Variațiile de tensiune pot fi determinate și de modificări ale configurației schemei electrice de funcționare a rețelei, precum și de modificări ale regimului surselor de putere reactivă.

Variațiile lente de tensiune pot fi caracterizate prin *abaterea relativă a tensiunii* într-un anumit punct al rețelei și la un moment dat, față de tensiunea nominală:

$$\varepsilon_U [\%] = \frac{\Delta U}{U_N} \cdot 100 [\%] = \frac{U_S - U_N}{U_N} \cdot 100 [\%] \quad (1.3)$$

unde:  $U_S$  este tensiunea de linie a rețelei electrice, într-un anumit punct și la un moment dat (tensiune de serviciu), iar  $U_N$  - tensiunea nominală.

Limitele admisibile de variație sunt dependente de nivelul de tensiune la care este alimentat un consumator. Conform normelor actuale abaterile relative ale tensiunilor în PCC, pentru rețelele având tensiunile nominale sub 220 kV nu trebuie să depășească  $\pm 10\%$ .

Constructorii de echipamente indică, pentru fiecare categorie de receptoare limitele de imunitate la variațiile de tensiune, acestea fiind cuprinse în general în intervalul ( $\pm 5 \dots \pm 10$ ) %.



În cazul unor receptoare cu dependență accentuată de regimul de tensiune, este necesară definirea unor indicatori suplimentari:

Abaterile tensiunii față de valoarea nominală pot avea efecte asupra:

- producției materiale, atât sub aspect cantitativ, cât și sub aspect calitativ;
- caracteristicilor echipamentului electric (pierderea performanțelor garantate, modificări ale randamentului, ale gradului de uzură etc.), ajungându-se în unele cazuri chiar la întreruperea funcționării (influența asupra siguranței în funcționare a instalației);
- capacității de tranzit a rețelei și contribuie la apariția unor pierderi suplimentare în aceasta.

Spre deosebire de frecvență, care este aceeași pentru toate punctele sistemului energetic interconectat, indicatorii care caracterizează tensiunea la bornele receptoarelor depind de o serie de factori, cum ar fi: tensiunea nominală a rețelei, capacitatea sa de transport, lungimea liniilor de alimentare.

În consecință, în cadrul unei metodologii de control al calității tensiunii furnizate *trebuie precizat locul (nodul) unde urmează să se facă măsurările*. De asemenea, prezintă importanță stabilirea *duratei măsurărilor*.

*Prin prelucrare statistică a rezultatelor*, este posibilă obținerea unor indicatori statistici a variației de tensiune pe perioade reprezentative de timp (oră, schimb de lucru, zi etc.). Cunoașterea parametrilor statistici ai tensiunii pe barele de alimentare permite caracterizarea completă a calității tensiunii, în acest nod și, în consecință, alegerea corectă a parametrilor instalațiilor de reglaj a tensiunii (ploturi transformatoare, controlul puterii reactive).

### 1.1.3. Goluri de tensiune

Golul de tensiune este definit ca fiind o reducere, pe o durată  $\Delta t_g$  determinată (în mod obișnuit sub 3 s), a amplitudinii sau a valorii efective a tensiunii unei rețele electrice, într-un anumit punct al acesteia. Amplitudinea  $\Delta U_g$  a golului de tensiune poate avea valori de  $(0,1 \dots 0,9) \cdot U_c$  în care  $U_c$  este tensiunea contractată. Se consideră că variațiile de tensiune sub  $0,1 \cdot U_c$  sunt cuprinse în banda admisă de lucru, iar variațiile  $\Delta U_g$  mai mari de  $0,9 \cdot U_c$  corespund unei întreruperi de tensiune.

Un gol de tensiune poate să apară la conectarea unor sarcini electrice mari sau ca urmare a unor defecte în rețeaua electrică și a eliminării acestora prin funcționarea protecțiilor prin releu și a automatizărilor.

Principalii indicatori de calitate care caracterizează golurile de tensiune sunt:

1. *amplitudinea relativă sau procentuală:*

$$\varepsilon_g [\%] = \frac{\Delta U_g}{U_c} \cdot 100 [\%] = \frac{U_c - U}{U_c} \cdot 100 [\%] \quad (1.4)$$

unde  $U$  este valoarea reziduală a tensiunii de fază, iar  $U_c$  - tensiunea contractată pe fază.

2. *durata golului de tensiune:*

$$\Delta t_g = t_f - t_i \quad (1.5)$$

în care  $t_i$  și  $t_f$  sunt momentele inițial și final ale golului de tensiune;

3. *frecvența de apariție a golurilor:*

$$f_a = \frac{N_g}{T_r} \quad (1.6)$$

unde  $N_g$  este numărul de goluri de tensiune care apar pe durata de referință  $T_r$  (uzual 1 an).

Un gol de tensiune conduce la apariția unor regimuri de funcționare tranzitorii în rețeaua electrică a consumatorului. Variația mărimilor de stare pe durata regimurilor tranzitorii determinate de goluri de tensiune poate conduce la:

- *pierderea stabilității dinamice în funcționare* atunci când duratele golurilor de tensiune au valori comparabile cu diferite constante de timp electrice și mecanice, care intervin în procesele tranzitorii;
- *creșterea solicitărilor termice* în diferitele componente ale receptorului, ca urmare a supracurenților care apar pe intervalul proceselor tranzitorii;
- *creșterea solicitărilor produse de forțele electrodinamice*, apărute în diferite elemente ale receptorului, ca urmare a șocurilor de curent.

#### 1.1.4. Intreruperi de scurtă durată și lungă durată

Înteruperile de scurtă durată (sub 3s) sunt determinate de defecte în rețea și realimentarea consumatorilor prin reconfigurarea automată a rețelei utilizând automatizarea de sistem.

Durata întreruperilor de scurtă durată depinde de performanțele echipamentului de automatizare.

Înteruperile de lungă durată sunt determinate în special de o configurație neadecvată a rețelei de alimentare, de performanțele reduse ale echipamentelor, precum și de lipsa unor proceduri specifice de mentenanță a instalațiilor. În unele cazuri, consumatorii pot accepta întreruperi de lungă durată și schema de alimentare se proiectează acceptându-se acest risc.

#### 1.1.5. Armonici și interarmonici

Într-un sistem electroenergetic pot fi întâlnite:

1. componenta continuă
2. *armonici*
3. *interarmonici*
4. impulsuri de comutație
5. zgomote.

În general, armonicile sunt generate de sarcini neliniare din rețea. Nivelul distorsiunii poate fi descris prin spectrul armonic, cu indicarea amplitudinii și a defazajului pentru fiecare armonică individuală.

*Interarmonicile* sunt semnale a căror frecvență nu este multiplu al frecvenței fundamentale. Unele dintre acestea sunt generate de sarcinile neliniare, iar altele sunt intenționat injectate de distribuitor.

În sistem există surse de curenți armonici și de tensiuni armonice.

1. sursele de curenți armonici pot fi:
  - a. identificabile : convertoarele electronice de putere și cuptoarele cu arc electric ;
  - b. neidentificabile: sursele de comutație.
2. sursele de tensiuni armonice sunt:
  - a. generatoarele producătorilor de energie electrică;
  - b. sarcinile neliniare la consumatori

Principalii indicatorii de calitate ai regimului periodic nesinusoidal (deformant) sunt:

1. nivelul armonicii de rang h pentru curba de tensiune rezultă:

$$\gamma_{hU}[\%] = \frac{U_h}{U_1} 100 [\%] \quad (1.7)$$

2. nivelul armonicii de rang h pentru curba de curent este:

$$\gamma_{hI} [\%] = \frac{I_h}{I_1} 100 [\%] \quad (1.8)$$

3. factorul de distorsiune THD – Total Harmonic Distorsion (CEI 1000 – 3 – 4):

$$UTHD = \sqrt{\sum_2^{40} \left( \frac{U_k}{U_1} \right)^2} \quad (1.9)$$

Normativul PE 143/2001 consideră suficientă, din punct de vedere practic, limitarea la primele 40 de armonici.

### ***Efecte ale poluării armonice asupra sistemelor de transport***

Acestea se referă în principal la:

#### ***1. Creșterea pierderilor de putere activă***

Prezența armonicilor de curent și de tensiune implică apariția unor efecte termice majorate, determinate de apariția pierderilor suplimentare de putere activă:

- pierderi în materialul conductor  $P_{Cu}$ ;
- pierderi în materialele magnetice  $P_{Fe}$ ;
- pierderi în dielectric  $P_d$ .

#### ***2. Pierderile în materialele dielectrice***

Sunt localizate în SEE în principal în dielectricul condensatoarelor și izolația liniilor electrice.

#### ***3. Supratensiuni în nodurile rețelei sau la bornele echipamentelor***

Creșterea tensiunii în nodurile rețelei sau la bornele echipamentelor poate fi determinată de:

- i) Rezonanța pe armonici de tensiune
- ii) Creșterea potențialului punctului neutru pentru conexiuni în stea ale transformatoarelor

### **1.1.6. Fluctuații de tensiune (efect de flicker)**

Variațiile de tensiune cu caracter repetitiv, ciclice sau aleatorii, care au loc pe barele de alimentare ale unui consumator sunt cauzate de funcționarea cu șocuri de putere reactivă a unor receptoare.

Aceste variații (fluctuații) de tensiune pe barele de alimentare determină *efect de flicker*, evaluat prin jena fiziologică asupra ochiului uman, la variația fluxului luminos al lămpilor electrice.

S-a constatat experimental că jena maximă, în condiții de amplitudine constantă, este resimțită practic pentru o frecvență de repetiție a fluctuațiilor de aproximativ 10 Hz (valori de 0,3% din tensiunea nominală determină, la această frecvență de repetiție, jenă fiziologică observatorului uman).

Pentru caracterizarea efectului de flicker, se definesc următorii *indicatori de calitate*:

- Indicator de flicker instantaneu P este evaluat pe baza variațiilor de tensiune pe barele de alimentare.
- Indicatorul de flickerde timp scurt  $P_{st}$  (short-term) rezultă pe baza unei prelucrări statistice a nivelurilor instantanee P, pe un interval determinat de timp (în mod obișnuit 10 minute). Nivelurile instantanee, stabilite, de exemplu, la fiecare 15 s, sunt utilizate pentru construcția unei curbe de probabilitate cumulată (CPF – Cumulative Probability Function) care permite determinarea probabilității depășite a unei anumite valori.

- Indicatorul de flicker pe timp lung  $P_{lt}$  (long – term) (de regulă 2 ore) este definit de relația (CEI – 1000 – 3 – 3):

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{1}{12} \sum_{j=1}^{12} P_{stj}^3} \quad (1.10)$$

în care  $P_{stj}$  sunt cele 12 valori succesive ale indicatorului de timp scurt, determinate pe intervalul de urmărire de 2 ore.

În relație se ia considerare faptul că efectul de flicker, pe termen lung, se însumează după o lege cubică.

Pentru limitarea efectului de flicker, se preconizează soluții, cum ar fi: mărirea curentului de scurtcircuit al rețelei în punctul comun de cuplare, prevederea unor surse statice de compensare în timp real a puterii reactive.

### 1.1.7. Nesimetrii

Principalii *indicatori de calitate* care definesc regimul nesimetric sunt:

1. Factorul de nesimetrie negativă [%]: raportul dintre componenta de secvență negativă (inversă) și componenta de secvență pozitivă (directă) a curentului electric (tensiunii):

$$k_I^- = \frac{I^-}{I^+} \cdot 100 [\%] \quad (1.11)$$

2. Factorul de nesimetrie zero [%]: raportul dintre componenta de secvență nulă (homopolară) și componenta de secvență pozitivă (directă) a curentului electric (tensiunii):

$$k_I^+ = \frac{I^0}{I^+} \cdot 100 [\%] \quad (1.12)$$

## 1.2. RESPONSABILITĂȚI PRIVIND CALITATEA ENERGIEI ELECTRICE

În mod obișnuit informațiile privind perturbațiile electromagnetice generate de consumatori se regăsesc pe curba curentului electric absorbit. Modul în care aceste perturbații afectează curba tensiunii electrice (determinată pentru aprecierea calității energiei electrice furnizată celorlalți consumatori, conectați pe aceleași bare de alimentare) depinde în primul rând de impedanța echivalentă maximă a sistemului în nodul analizat (curentul de scurtcircuit minim). În acest fel, în rezolvarea problemelor privind calitatea energiei electrice a consumatorilor prezintă un interes deosebit cunoașterea configurației rețelei de alimentare care conduce la un curent de scurtcircuit minim în punctul de alimentare a consumatorului (efect maxim perturbator asupra curbei tensiunii).

În prezent există soluții tehnice eficiente, la consumator, pentru limitarea tuturor tipurilor de perturbații sub valorile limita admisă, astfel încât perturbațiile determinate de un consumator să nu afecteze calitatea energiei electrice furnizată celorlalți consumatori conectați în aceeași rețea.

Încadrarea perturbațiilor din rețelele electrice în limitele admise necesita eforturi atât din partea furnizorului de energie electrică, dar și a consumatorilor. De asemenea apar necesare:

- *elaborarea unei legislații specifice calității energiei electrice;*
- *programe de monitorizare a calității energiei electrice;*
- *metodologii clare de stabilire a limitelor admise a nivelului perturbațiilor pentru fiecare consumator (valori înscrise în contractul de furnizare a energiei electrice).*

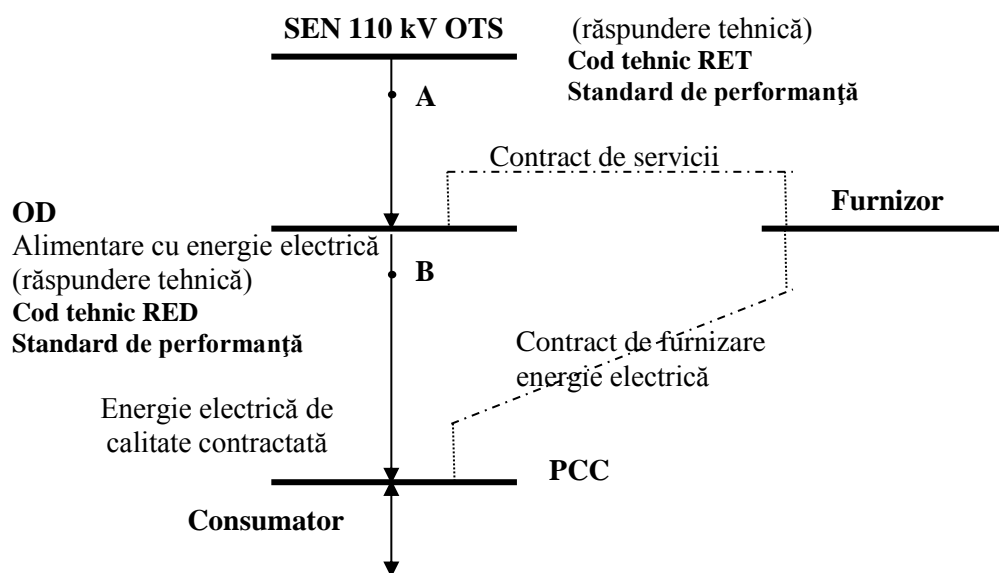
Producătorii de energie electrică, operatorul de transport și de sistem OTS, operatorul de distribuție OD și distribuitorul de energie electrică trebuie să asigure condițiile necesare la interfața cu consumatorul. Acesta, la rândul său, trebuie să-i dimensioneze instalațiile astfel încât să se încadreze în limitele de perturbații aprobate de distribuitor și să nu afecteze buna funcționare a rețelei, bazându-se pe respectarea unei relații contractuale privind CEE.

Monitorizarea indicatorilor CEE se face în punctele de interfață (A, B), unde OTS și OD, respectiv furnizorul au obligații contractuale de a livra energia electrică la parametrii contractați. Furnizorul răspunde de CEE pe care o livrează consumatorului, prin contractul pe care îl are cu acesta. Furnizorul depinde performanțele OTS și ale OD (are contract cu OD).

Consumatorul la rândul său are obligația de a limita nivelul perturbațiilor transmise în sistemul energetic sub nivelul alocat de OD.

Aspectele de CEE vizează în consecință:

- fiecare participant în raport cu sistemul;
- operatorul de rețea cu care are interfața, în raport cu participanții la piață.



**Figura 1.1.** Relația tehnică și contractuală privind CEE la consumator

Problemele legate de CEE sunt cuprinse în standarde și reglementări.

Preocuparea crescândă din ultimii ani, atât din partea consumatorilor, cât și din partea companiilor de electricitate, privind calitatea energiei, s-a manifestat prin elaborarea unui număr important de standarde, norme, recomandări practice și ghiduri privind indicatorii de calitate ai energiei electrice.

Aceste documente urmăresc în general, introducerea unor mărimi de control și aprecierea limitelor acestora, dar la fel de bine pot oferi o estimare cantitativă a celor mai grave situații apărute în practică sau pot indica procedeele de proiectare a echipamentelor și dispozitivelor de îmbunătățire a acestor indici. În funcție de prioritățile stabilite pe plan național, se pot impune cerințe suplimentare documentelor cu valabilitate internațională.

Problemele legate de calitatea energiei găsesc astfel o rezolvare graduală prin propunerea unor standarde corespunzătoare în paralel cu sisteme de penalizări eficiente.

Totuși, documentele în vigoare nu au reușit deocamdată să ofere niște instrumente eficiente pentru reducerea satisfăcătoare a problemelor de calitatea energiei, mai ales în contextul nou creat de piețele libere de electricitate, fiind necesare documente noi sau îmbunătățiri ale

celor existente, care să fie introduse ca și clauze în contractele încheiate între furnizor și consumator.

În general un standard sau o reglementare tratează trei aspecte principale:

- i) introducerea de mărimi de control și stabilirea de valori limită ale acestora;
- ii) precizarea metodelor de măsurare și evaluare a rezultatelor măsurării pentru verificarea încadrării în limitele impuse la punctul i);
- iii) sugerarea de măsuri care pot conduce la încadrarea în limitele presecruse la pct.i).

Problema cea mai disputată pentru standardele de calitate a energiei electrice o constituie mărimile de control ale regimului care trebuie impuse.

Calitatea energiei electrice (CEE) face obiectul a două categorii de reglementări:

- normele tehnice;
- reglementări privind responsabilitatea furnizorului față de consumator.

### **1.2.1 Cadrul național general de reglementare**

În ceea ce privește obligațiile OD privind dezvoltarea rețelei și asigurarea accesului la rețea, Operatorii de Distribuție prestează serviciul public pentru toți utilizatorii rețelelor electrice de distribuție, permițând accesul nediscriminatoriu la rețelele electrice de distribuție, potrivit legii, oricărui solicitant care îndeplinește cerințele tehnice prevăzute în **Codul tehnic al rețelelor electrice de distribuție**.

*Operatorii de Distribuție, potrivit prezentului Cod asigură următoarele activități specifice:*

- a) proiectarea, planificarea, modernizarea și dezvoltarea RED;
- b) exploatarea și asigurarea mentenanței RED;
- c) conducerea operativă a rețelelor electrice de distribuție în relațiile cu Operatorul de Sistem și Operatorul de Transport;
- d) realizarea de alte activități în domeniul energiei, conform licențelor;
- e) asigurarea accesului la RED al utilizatorilor;
- f) organizarea și funcționarea sistemului de relații cu utilizatorii RED;
- g) prestarea de servicii utilizatorilor RED, pe baza unor contracte specifice.

*În relațiile Operatorilor de Distribuție cu utilizatorii rețelelor electrice de distribuție, Codul stabilește cerințele tehnice de racordare la RED, obligațiile și responsabilitățile reciproce din punct de vedere tehnic, de utilizare a RED pe durata contractuală.*

Reglementările pe plan național în domeniul CEE privind responsabilitățile operatorilor de rețea sunt date de ANRE și sunt cuprinse în principal în următoarele documente:

**SR CEI 60038 +A1/97** pentru tensiuni nominale și abateri admisibile

**Codul tehnic al Rețelei Electrice de Transport: 2007**

**Codul tehnic al Rețelelor de Distribuție: 2006**

**Standard de performanță pentru serviciile de transport și de sistem ale energiei electrice: 2007**

**Standard de performanță pentru serviciul de distribuție a energiei electrice: 2007**

**PE 143/94** Normativ privind limitarea regimului nesimetric și periodic nesinusoidal în rețelele electrice. C.N. Transelectrica (Conform IEC 1000-2-2, 1000-3-4, 1000-3-6)

**PE 142/80** Normativ privind combaterea efectului de flicker în rețelele de distribuție (conform IEC 100-3-7)

**PE 124/95** Normativ pentru stabilirea soluțiilor de alimentare cu energie electrică a consumatorilor industriali și similari

**PE 932/93** Regulamentul de furnizare a energiei electrice

Elaborate la etape diferite, aceste normative nu au un caracter general unitar, fiind în prezent în curs de corelare cu normativele internaționale.

**Tabelul 1.1:** Norme CEE în România

<b>Indicator</b>	<b>Niveluri prevăzute</b>	<b>Norma</b>
Frecvența	50±0,5%, 99% din timp 50±0,1%, peste 90% din timp 50±1%, în 100 % din timp	PE 026 RFUEE PE 932
Amplitudine tensiune	$U_n \pm 10\%$	SR CEI38
Valoare maximă admisibilă tensiune	6...20 kV, $U_n + 20\%$ 110...123 kV 220...245 kV 400...420 kV 750...765 kV	
Goluri de tensiune	-	-
Supratensiuni temporare	Rețea cu neutrul legat efectiv: $1,4 U_n$ Celelalte cazuri: $1,7 U_n$	PE 109
Supratensiuni tranzitorii	În funcție de tensiunile nominale	PE 109
Forma curbei de tensiune	THD: 8% m.t. și j.t.	PE 143
Forma curbei de curent	THD în funcție de valoarea $I_{sc}/I_{sarcină}$	PE 143
Nivel de compatibilitate pe tensiuni nesimetrice	2% - j.t., m.t. 1% - î.t.	PE143
Înteruperi scurte	Număr mediu și maxim cu un anumit nivel de risc	PE 124 PE 013
Înteruperi lungi	Număr mediu, durata medie, număr maxim, durata maximă cu un anumit nivel de risc	PE 124 PE 013
Flicker	Limite în funcție de curba de iritabilitate	PE 134

### **1.2.1.1. Codul Tehnic al RED**

Cerințele tehnice impuse utilizatorilor RED prin acest document se referă la:

1. (4.4.1) Grupuri generatoare dispecerizabile (în corelare cu prevederile Codului tehnic al RET)
2. (4.4.2) Instalațiile celorlalți utilizatori ai RED
  - (4.4.2.12) Utilizatorul va menține, în conformitate cu normele în vigoare și clauzele contractuale, nivelul perturbațiilor provocate RED de receptoarele sale (nesimetrie, regim deformant, flicker etc.).
3. (4.4.3) Sisteme de telecomunicații și achiziții de date
  - (4.4.3.2) Utilizatorii au obligația de a permite accesul la ieșirile din sistemele de măsurare proprii pentru tensiune, curent, frecvență, puteri active și reactive și la informațiile referitoare la echipamentele de comutație care indică starea instalațiilor și a semnalelor de alarmă, în scopul transferului acestor informații către interfața cu sistemele de comandă și de achiziție de date (SCADA) ale SEN.
  - (4.4.3.3) Instalațiile de comandă și achiziție de date ca sisteme de interfață între utilizator, RED și RET se stabilesc prin avizul tehnic de racordare.
  - (4.4.3.4) Utilizatorii își vor compatibiliza intrările de date în terminalele RED, respectiv RET, la punctele stabilite de comun acord cu OD, respectiv OTS, în scopul facilitării schimburilor de informații.

#### 4. (4.4.4) Calitatea energiei electrice

(4.4.4.1) Frecvența - în 95% din săptămână trebuie să se încadreze în banda 50Hz  $\pm$  1% și în 100% din săptămână în banda 50Hz + 4% până la 50Hz - 6%, conform SR EN 50160 . OD urmăresc îndeplinirea acestei condiții și sesizează OS în caz de nerespectare.

(4.4.4.2) În punctele de delimitare, tensiunea - în 95% din săptămână trebuie să nu aibă abateri mai mari de  $\pm$  10% din tensiunea contractată, conform SR EN 50160 .

(4.4.4.3) Calitatea curbelor de tensiune în punctele de delimitare trebuie să corespundă valorilor indicate în tabelul de mai jos:

Obiectul reglementării	Prevederea
Forma curbei de tensiune	Coeficientul global de distorsiune admis: 8 %, determinat conform SR EN 50160 Valorile admise ale armonicilor : conform SR EN 50160
Nesimetria tensiunii de alimentare	Coeficientul de nesimetrie de secvență inversă *) admis: 2 % , determinat conform SR EN 50160.

#### NOTĂ:

\*) – în unele zone unde instalațiile utilizatorilor sunt conectate parțial la una sau două faze, nesimetria inversă poate atinge 3 % la punctele de racordare trifazate.

(4.4.4.4) La reclamația scrisă privind nivelul de tensiune, OD va verifica acest parametru în punctul de delimitare cu utilizatorul RED, va analiza și va informa utilizatorul de rezultatele analizei efectuate și măsurile luate.

(4.4.4.5) Termenul standard pentru răspuns la reclamații privind nivelul de tensiune este de 15 zile calendaristice.

(4.4.4.6) Fiecare reclamație se va înregistra, iar reclamantul va fi informat privind numărul de înregistrare. Orice sesizare ulterioară se va referi la numărul de înregistrare.

(4.4.4.7) Indicatori anuali de performanță pe niveluri de tensiuni:

- numărul de reclamații privind nivelul tensiunii;
- numărul de reclamații la care s-a răspuns în termenul de 15 zile calendaristice;
- numărul de reclamații care nu au putut fi rezolvate.

#### 5. (4.4.5) Sesizări ale utilizatorilor RED

##### **1.2.1.2. Standard de Performanță pentru Serviciul de Distribuție a Energiei Electrice (Standard de Performanță SDEE)**

###### *Secțiunea 1 - Calitatea curbei de tensiune*

Art. 19. Pentru caracteristicile tensiunii în PD, prevederile SR EN 50160 reprezintă cerințe minimale. Modul de măsurare a acestora trebuie să fie de asemenea conform SR EN 50160.

Principalii parametri de calitate sunt prezentați în tabelul de mai jos.

**Tabelul 1.2** Calitatea curbei de tensiune



Fenomen	Limite admisibile
Limite pentru tensiunea contractuală la MT și IT	Tensiunea contractuală $U_c$ situată în plaja $\pm 5\%$ față de tensiunea nominală
Flicker	$P_{lt} \leq 1$ , pentru 95% din săptămână
Variații rapide de tensiune în regim normal	$\pm 5\%$ față de tensiunea nominală $U_n$ la JT $\pm 4\%$ față de $U_c$ la MT și IT
Nesimetrie (componenta negativă) - $K_n$	La JT și MT, $K_n \leq 2\%$ , pentru 95% din săptămână; în unele zone se poate atinge 3%; La IT, $K_n \leq 1\%$ , pentru 95% din săptămână
Frecvența*	50 Hz $\pm 1\%$ (rețea interconectată) 50 Hz + 4/- 6% (rețea izolată)

\*intră în responsabilitatea OTS

Art. 20. Frecvența nominală a SEN este de 50 Hz.

Limitele normate de variație a frecvenței în funcționare sunt:

a. 47,00 – 52,00 Hz timp de 100 % pe an;

b. 49,50 – 50, 50 Hz timp de 99,5 % pe an.

Art. 21. În PD, în condiții normale de exploatare, valoarea medie efectivă pentru 10 minute a tensiunii furnizate – în 95 % din timpul oricărei perioade a unei săptămâni – nu trebuie să aibă o abatere mai mare de  $\pm 10\%$  din tensiunea contractuală la MT și IT, respectiv de  $\pm 10\%$  din tensiunea nominală la JT.

Art. 22. (1) Factorul de distorsiune a tensiunii la JT și MT trebuie să fie mai mic sau egal cu 8 %.

(2) În condiții normale de funcționare, tensiunile armonice în punctele de delimitare, la JT și MT, nu trebuie să depășească limitele maxime indicate în tabelul nr.2, timp de 95% din săptămână.

**Tabelul 1.3.** Valorile efective ale armonicilor de tensiune

Armonici impare (% din fundamentală)				Armonici pare (% din fundamentală)	
Nu multiplu de 3		Multiplu de 3			
Rang	Prag	Rang	Prag	Rang	Prag
5	6%	3	5%	2	2%
7	5%	9	1.5%	4	1%
11	3.5%	15, 21	0.5%	6...24	0.5%
13	3%				
17	2%				
19, 23, 25	1.5%				

(3) Factorul de distorsiune a tensiunii la IT trebuie să fie mai mic sau egal cu 3 %.

*Secțiunea 2 - Obligațiile OD referitor la reclamațiile privind calitatea tensiunii*

Art. 23. (1) La reclamația scrisă privind calitatea curbei de tensiune, OD va efectua verificări în punctul de delimitare, va analiza și va informa utilizatorul de rezultatele analizei efectuate și măsurile luate.

(2) Termenul standard de răspuns la reclamații privind nivelul tensiunii este de 15 zile calendaristice, iar pentru alți parametri ai curbei de tensiune este de 30 de zile calendaristice.

(3) Dacă reclamațiile nu se confirmă sau calitatea curbei de tensiune este scăzută din cauza utilizatorului, acesta va plăti pentru contravaloarea costurilor de

investigare efectuate de OD. Utilizatorul va fi informat de acest fapt de OD înainte de începerea verificărilor.

### 1.2.2. Reglementări internaționale și europene privind calitatea energiei electrice

Câteva exemple de standarde și normative internaționale și europene apelate în domeniul CEE sunt prezentate mai jos :

**SR EN 50160:2011.** Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks  
**SR CLC/TR 50422:2009,** Ghid pentru aplicarea standardului european EN 50160

**EN 61000-4-7[2002]:2003/A1:2009.** 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

**EN 61000-6-2:2006** - Electromagnetic compatibility (EMC) -- Part 6-2: Generic standards - Immunity for industrial environments ("Compatibilitate electromagnetica (CEM). Partea 6-2: Standarde generice. Imunitate pentru mediile industriale")

**EN 61000-4-15:2000/A1:2003.** Electromagnetic compatibility (EMC). Part 4-15: Testing and measurement techniques. Flickermeter. Functional and design specifications

**IEEE Std 1159: 2009.** IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality

**IEEE Std 519: 1995.** IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems

**IEEE Guide PQ-1409 WG - Power Quality Solutions**

**IEEE Guide P1409 - Guide for the Application of Power Electronics for Power Quality**

**IEC/TR 61000-2-14 ed1: 2006** - - Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 2-14: Environment – Overvoltages on public electricity distribution networks ("Supratensiuni în rețelele publice de distribuție a energiei electrice")

**IEC/TR 61000-2-5 ed2.0: 2011** - Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 2-5: Environment - Description and classification of electromagnetic environments

**IEC 61000-2-13: 2005** - Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-13: Environment – High-power electromagnetic (HPEM) environments – Radiated and conducted ("Mediul electromagnetic pentru HPEM – perturbații conduse și radiate")

**IEC 61000-3-2: 2006** - Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current  $\leq 16$  A per phase) ("Compatibilitate electromagnetică (CEM). Partea 3-2: Limite - Limite pentru emisiile de curenți armonici (curent de intrare al echipamentelor  $\leq 16$  A pe fază) ")

**IEC 61000-3-3 Ed.3.0: 2011** - Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-3: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage systems, for equipment with rated current  $\leq 16$  A per phase and not subject to conditional connection (Compatibilitate electromagnetica (CEM). Partea 3-3: Limite - Limitarea variatiilor de tensiune si a flickerului în rețelele publice de alimentare de joasa tensiune, pentru echipamente având un curent nominal 16 A pe faza si nesupuse unui racord conditionat")

**IEC/TR 61000-3-6: 2008** - Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-6: Limits – Assessment of emission limits for the connection of distorting installations to MV, HV and EHV power systems ("Evaluarea emisiei de armonici în vederea conectării unor instalații perturbatoare în rețelele de FIT, IT și MT" (77A/575/DTR))

**IEC/TR 61000-3-7 ed2.0: 2008** - Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-7: Limits - Assessment of emission limits for the connection of fluctuating installations to MV, HV and EHV power systems ("Evaluarea limitelor de emisie în vederea conectării sarcinilor fluctuante la rețelele de FIT, IT, și MT" (77A/576/DTR))

**IEC 61000-4-2 ed2.0: 2008** - Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-2: Testing and measurement techniques - Electrostatic discharge immunity test ("Încercări de imunitate la descărcări electrostatice" (77B/538/CD))

**IEC 61000-4-3 ed3.0: 2006** - Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-3 : Testing and measurement techniques - Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test ("Încercări de imunitate la câmpuri electromagnetice radiate, de radiofrecvență", CEI 61000-4-12 ed.2 "Încercări de imunitate la undă sinusoidală amortizată (undă tensiune/curent)" (77B/509/FDIS))

**IEC 61000-4-18 ed1.0 : 2006** - Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-18: Testing and measurement techniques - Damped oscillatory wave immunity test ("Încercări de imunitate la unde oscilant amortizate")

**IEC 61000-4-33:2005** - Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-33: Testing and measurement techniques – Measurement methods for high-power transient parameters ("Metode de măsurare a parametrilor fenomenelor tranzitorii de mare putere")

**IEC 50161:1990.** International Electrotechnical Vocabulary (IEV) - cap. 161: Electromagnetic compatibility.

**IEC 1000-3-2:1994.** Compatibilité électromagnétique Part 3: Limites Section 2: Limites pour les émissions de courant harmonique (courant appelé par les appareils  $\leq 16A$  par phase).

**IEC 1000-3-6:1996.** Compatibilité électromagnétique Partie 3: Limites Section 6: Evaluation des limites d'émission pour les charges déformantes raccordées aux réseaux MT et HT.

**IEC 1000-4-7:1991.** Compatibilité électromagnétique Partie 4: Techniques d'essai et de mesure Section 7: Guide général relatif aux mesures d'harmoniques et d'interharmoniques, ainsi qu'à l'appareillage de mesure, applicable aux réseaux d'alimentation et aux appareils qui y sont raccordés.

**IEC 1000-3-7.** Electromagnetic compatibility Part 3: Limits – Section 7: Assesment of emission limits for fluctuating loads in MV and HV power systems, 1996-10

**UNIPED** Report on EMC co-ordination in electrical supply systems Norcomp 85, 3rd draft, December 1993.

**NR 5048** - 7 June 1996, Electricity Transmission and Distribution - Minimum Quality of Supply Standards NRS.

**SR EN 50065-1**, *Transmisia semnalelor prin rețele electrice de joasă tensiune în banda de frecvențe de la 3 kHz până la 148,5 kHz. Partea 1: Cerințe generale, benzi de frecvențe și perturbații electromagnetice;*

**SR CEI 61000-2-1**, *Compatibilitate electromagnetică (CEM). Partea 2: Mediu înconjurător. Secțiunea 1: Descrierea mediului înconjurător. Mediu electromagnetic pentru perturbații de joasă frecvență propagate prin conducție și transmisia de semnale pe rețelele publice;*

**CEI/TR 61000-2-8**, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-8: Environment – Voltage dips and short interruptions on public electric power supply systems with statistical measurement results;*

**SR EN 61000-4-30**, *Compatibilitate electromagnetică (CEM). Partea 4-30: Tehnici de încercare și de măsurare. Metode de măsurare a calității energiei;*

**SR CEI 60364-4-44**, *Instalații electrice în construcții. Partea 4-44: Protecție pentru asigurarea securității. Protecție împotriva perturbațiilor de tensiune și perturbațiilor electromagnetice;*

**SR EN 60664-1**, *Coordonarea izolației echipamentelor din rețelele de joasă tensiune. Partea 1: Principii, prescripții și încercări;*

**IEC/TR 60725**, *Considerations on reference impedances for use in determining the disturbance characteristics of household appliances and similar electrical equipment;*

**SR HD 472 S1** "Tensiuni nominale ale rețelelor electrice de distribuție publică de joasă tensiune".

Câteva caracteristici ale normelor tehnice mai sus menționate sunt prezentate în continuare.

### 1.2.3. Reglementări privind abaterile de tensiune

Nivelurile de compatibilitate se referă la variațiile produse de modificările de sarcină sau prin comutarea componentelor rețelei: reglajul transformatoarelor, bateriilor de condensatoare, motoarelor etc.

Acestea sunt precizate de ex. în EN 50160, UNPEDE DISNOMR 12, CEI-1000-2-4, Standard de performanță pentru serviciul de distribuție, Standard de performanță pentru serviciul de transport.

Cerințele referitoare la nivelul de tensiune sau la abaterile acesteia trebuie formulate astfel încât media valorilor efective pe intervale de 10 min ale tensiunii de alimentare să fie într-un domeniu prescris:  $U_n \pm 10\%$  pe o durată anume (ex. 95%) din intervalul de timp monitorizat.

Satisfacerea acestei condiții poate fi realizată prin determinare numărului de valori medii efective ale tensiunii care îndeplinesc această condiție și cuantificarea lor pe perioada monitorizată.

Noțiunea de bandă de tensiune face mai facilă compararea între valorile reale măsurate și cele impuse de normative.

### 1.2.4. Reglementări privind armonicile în sistem

Nivelurile de planificare fac obiectul specificațiilor din partea operatorului de rețea. Nivelurile de test a imunității sunt indicate prin norme specifice sau pot fi convenite între constructor și utilizator.

Toate documentele precizate includ niveluri de compatibilitate/planificare pentru factorul total de distorsiune armonică de tensiune. Standardele, nu codurile includ și valorile limită pentru armonicile și/sau subarmonicile individuale.

**Tabelul 1.4:** Valori indicative pentru nivelurile de planificare ale tensiunilor armonice (% din tensiunea nominală) pentru rețelele IT și FIT (conform CEI 1000-3-6)

Rang impar nu multiplu de 3			Rang impar multiplu de 3			Rang par		
Rang $h$	Tensiunea armonică %		Rang $h$	Tensiunea armonică %		Rang $h$	Tensiunea armonică %	
	MT	IT-FIT		MT	IT-FIT		MT	IT-FIT
5	5	2	3	4	2	2	1,6	1,5
7	4	2	9	1,2	1	4	1	1
11	3	1,5	15	0,3	0,3	6	0,5	0,5
13	2,5	1,5	21	0,2	0,2	8	0,4	0,4
17	1,6	1	>21	0,2	0,2	10	0,4	0,4
19	1,2	1				12	0,2	0,2
23	1,2	0,7				>12	0,2	0,2
25	1,2	0,7						
>25	$0,2 + 0,5 \cdot \frac{25}{h}$	$0,2 + 0,5 \cdot \frac{25}{h}$						

Notă: Factorul de distorsiune armonică totală: 6,5% pentru MT și 3% pentru IT

**Tabel 1.5:** Niveluri de planificare pentru armonicile de curent (% fundamentală) (conf. ANSI/IEEE-519/1981)

$I_{sc}/I_s$	Rangul armonicilor	Factorul de
--------------	--------------------	-------------

	<11	11-16	17-22	23-34	≥35	distorsiune
<20	4	2	1,5	0,6	0,3	5
20...50	7	3,5	2,5	1	0,5	8
50...100	10	4,5	4	1,5	0,7	12
100...1000	12	5,5	5	2	1	15
>1000	15	7	6	2,5	1,4	20

$I_{sc}$  este curentul de scurtcircuit în punctul de delimitare între consumator și SEN (PCC);

$I_s$  – curentul nominal la frecvența fundamentală, corespunzător sarcinii conectate.

### 1.2.5. Reglementări privind nesimetria de tensiune

În prezent normele internaționale (CEI, EN, UNIPEDA DISNORM) în domeniul nesimetriilor de tensiune indică nivelurile de compatibilitate pentru nesimetria de tensiune.

Cea mai simplă metodă de exprimare a nesimetriei de tensiune constă în măsurarea deviației tensiunii pe fiecare fază și compararea acesteia cu valoarea medie a tensiunii.

$$\text{deviația maximă față de valoarea medie a tensiunii de fază} \\ \text{nesimetria tensiunii de fază} = \frac{\text{deviația maximă față de valoarea medie a tensiunii de fază}}{\text{valoarea medie a tensiunii de fază}}$$

Nivelul nesimetriei de tensiune într-o rețea trifazată este exprimat prin factorii de nesimetrie negativă (inversă)  $k_v^-$  și factorii de nesimetrie zero (homopolară)  $k_v^0$  (CEI 1000-2-2).

Se indică un nivel total admisibil pentru factorul de nesimetrie, ca suma celor 2 factori menționați mai sus. Valoarea acesteia este unanim dată pentru rețelele de distribuție (EN505160, UNIPEDA DISNORM 12, CEI 1000-2-2, Standardul de performanță RD, Codul RED, PE 143): 2% (cu precizarea la EN 50160 de realizare a acestei valori în 95% din intervalul de referință de o săptămână).

Nu este normată procedura de măsurare și modul de monitorizare.

### 1.2.6. Reglementări privind fluctuațiile de tensiune și flicker-ul

Standardele CEI 1000 (3-3, 3-7) prevăd metodele de evaluare în funcție de tipul fluctuației de tensiune.

EN 50160 include asemenea limitele de compatibilitate pentru:

$P_{lt} \leq 1$  timp de 95% din săptămână pentru JT și MT.

Conform CEI 1000-3-3, valorile indicative pentru nivelurile de compatibilitate și planificare pentru flicker sunt:

Indicatorul	Nivel de compatibilitate JT	Nivel de planificare	
		MT	IT-FIT
$P_{st} \leq$	1	0.9	0.8
$P_{lt}$	0.8	0.7	0.6

Dacă variațiile de tensiune sunt datorate manevrelor manuale sau se produc mai puțin de una pe oră, cerințele referitoare la  $P_{st}$  și  $P_{lt}$  nu sunt aplicabile.

## ***CAPITOLUL 2. CARACTERISTICI CONSTRUCTIVE ȘI FUNCȚIONALE ALE ECHIPAMENTELOR ȘI SISTEMELOR DE MONITORIZARE A CEE ÎN REȚELELE ELECTRICE***

### **2.1. Contextul actual**

Monitorizarea calității energiei electrice și dialogul continuu cu beneficiarii sunt activități obligatorii pentru înțelegerea modului în care perturbațiile de calitate a energiei electrice afectează în mod direct beneficiarii.

Modalitatea în care atât furnizorii de energie electrică cât și consumatorii privesc, mai nou, noțiunea de monitorizare a calității energiei electrice a suferit, în timp, o schimbare sensibilă, similar modului în care au evoluat toate aspectele legate, în general, de conceptul de calitate a energiei electrice.

Abordarea clasică concepe monitorizarea calității energiei electrice ca pe un proces reactiv (adică reprezentând o reacție în cadrul procesului general de furnizare - consum de energie electrică), în cadrul căruia personalul calificat în probleme de calitate a energiei electrice face măsurări în instalațiile electrice, identificând, caracterizând și soluționând, de la caz la caz, problemele apărute.

Abordarea modernă, care, pe zi ce trece, tinde să devină modalitatea standard în domeniu, include monitorizarea continuă a parametrilor de calitate a energiei electrice în aprecierea performanțelor atât a echipamentelor și sistemelor de distribuție ale furnizorilor, cât și a echipamentelor consumatorilor.

Marea majoritate a sistemelor vor înregistra o cantitate foarte mare de informații, astfel încât este absolut necesară o selecție a acestora în scopul separării informațiilor relevante, înainte ca să se procedeze la prelucrarea și analizarea lor.

Îmbunătățirea permanentă a performanțelor echipamentelor de monitorizare a calității energiei electrice împreună cu noile tendințe de retragere completă sau parțială a controlului și restricțiilor guvernamentale cu privire la activitatea din sectorul producției și transportului energiei electrice au determinat creșterea numărului și performanțelor echipamentelor permanente de monitorizare continuă a calității energiei electrice.

Pentru evaluarea comodă a raportului dintre cerințe și posibilități, există sisteme de monitorizare instalate permanent la beneficiari care evaluează în permanență calitatea energiei electrice în raport de prevederile acestor standarde. Pe de altă parte, personalul beneficiarului este interesat în monitorizarea calității și cantității energiei electrice consumate, în scopul evidențierii posibilităților de economisire a energiei electrice și de evaluare necesarilor de energie în diferitele etape ale proceselor de fabricație.

## 2.2. Cerințe generale impuse echipamentelor de monitorizare a CEE

Analizoarele CEE trebuie să aibă capacitatea de a măsura simultan mai mulți parametri CEE. O importanță deosebită pentru aprecierea calității tensiunii în rețelele de transport și distribuție o prezintă măsurarea curenților și a mărimilor derivate. Analizoarele trebuie să indice de asemenea intervalele de măsurare adaptate evaluării golurilor de tensiune și supratensiunilor, precum și depășirea limitelor impuse pentru parametrii aleși.

În general, trebuie respectat un număr de cerințe de bază pentru rularea programelor de comunicații și evaluare a parametrilor energiei electrice:

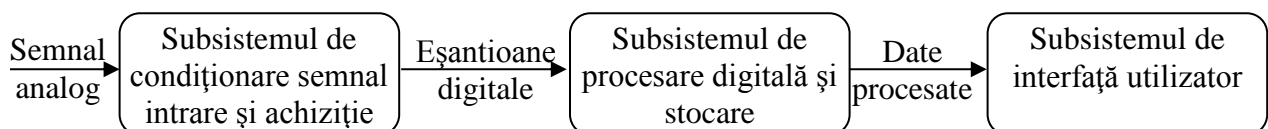
- compatibilitate cu sistemul de operare Windows (NT);
- agregarea datelor măsurate privind CEE ca și componentă de bază a analizelor;
- setarea locală și de la distanță a limitelor parametrilor urmăriți și a căror depășire este evaluată și înregistrat și/sau semnalizată ca eveniment.

Cerințele impuse echipamentelor de monitorizare a CEE sunt dictate pe de altă parte de scopurile monitorizării:

- monitorizarea valorilor existente ale perturbațiilor pentru verificarea la încadrarea în limitele recomandate sau admisibile;
- testarea unei componente a unui echipament care determină perturbații pentru a asigura încadrarea sa în cerințele unei norme;
- diagnoza unei situații particulare în care performanțele unui echipament sunt inacceptabile pentru furnizor sau utilizator;
- observarea unui nivel al mediului de propagare și trasarea evoluțiilor în timp;
- verificarea rezultatelor simulărilor sau tehnicilor adoptate și acordarea de precizie a modelelor adoptate pentru dispozitivele și sistemul de analizat;
- determinarea impedanțelor echivalente raportate la anumite zone din sistem, în vederea determinării capacității acestuia de a face față perturbațiilor CEE.

Un sistem de monitorizare poate include în general 3 componente (Figura 2.1):

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



**Figura 2.1:** Componentele principale ale unui sistem de monitorizare

### 2.2.1. Intervale de măsură

Durata intervalele de măsură se impune în concordanță cu tipul indicatorului CEE:

- variații de frecvență: 10 sec
- flicker: 10 min și 2 h
- variații ale amplitudinii tensiunii, armonici/interarmonici de tensiune și nesimetrii: 3 sec, 10 min și 2 h.
- semnale în rețea: 3 sec, 10 min.

Pentru evaluarea golurilor și supratensiunilor este necesară determinarea valorilor efective ale tensiunilor în fiecare perioadă cu înregistrare ciclică la fiecare semiperioadă.

### 2.2.2. Cerințe privind precizia

Pentru instrumentația destinată măsurării armonicilor de tensiune și de curent electric sunt recomandate două clase de exactitate (A și B), fiind utilizate în funcție de scopul informațiilor obținute și de locul în care urmează a fi montat echipamentul de măsurare. Analizele de detaliu privind perturbațiile sub formă de armonici impun utilizarea instrumentației din clasa A.

Erorile maxim admisibile pentru echipamentele corespunzătoare celor două clase de exactitate sunt indicate în tabelul 10 și se referă la un semnal de amplitudine fixă, cu frecvența cuprinsă în domeniul frecvențelor de funcționare. Acest semnal este aplicat în condiții normale de funcționare indicate de producător (condiții de temperatură, umiditate, tensiune de alimentare a aparatului etc.).

Dacă este necesară măsurarea, cu o exactitate maximă a armonicilor de rang peste 15, pentru un curent a cărui valoare este mai mare de 5 A, se recomandă utilizarea unui șunt exterior sau convertoare de curent astfel încât mărimea de măsurat să fie egală cu curentul nominal al aparatului încercat.

**Tabelul 2.1 :** *Erori maxime de măsurare*

Clasa	Măsurare de	Condiții	Eroare maxim admisibilă
A	Tensiune	$U_k \geq 0,01 \times U_N$ $U_k < 0,01 \times U_N$	$0,05 \times U_k$ $0,0005 \times U_N$
	Curent electric	$I_k \geq 0,03 \times I_N$ $I_k < 0,03 \times I_N$	$0,05 \times I_k$ $0,0015 \times I_N$
B	Tensiune	$U_k \geq 0,03 \times U_N$ $U_k < 0,03 \times U_N$	$0,05 \times U_k$ $0,0015 \times U_N$
	Curent electric	$I_k \geq 0,1 \times I_N$ $I_k < 0,1 \times I_N$	$0,05 \times I_k$ $0,005 \times I_N$

$U_N$ ,  $I_N$  sunt domeniile nominale ale intrării aparatului,

$U_k$ ,  $I_k$  sunt armonicile de rang k ale tensiunii și respectiv ale curentului electric.

### 2.2.3. Informații transmise de sistemele de monitorizare

Monitorizarea indicatorilor de calitate în punctele de interfață dintre transportator și distribuitor, precum și asigurarea nivelului standard de calitate în aceste puncte sunt determinante în asigurarea nivelului de calitate oferit de către furnizor.



Cunoașterea indicatorilor de calitate în punctele de interfață dintre producător și transportator prezintă un interes deosebit în evaluarea nivelului de calitate a energiei electrice în punctele de conectare cu distribuitorii. În același timp, calitatea energiei electrice are un efect important asupra indicatorilor economici ai rețelei de transport și este un parametru definitoriu pentru evaluarea performanțelor acesteia. Cunoașterea indicatorilor de calitate, a modului practic de determinare, interpretarea rezultatelor monitorizării acestora, cunoașterea limitelor admise ale perturbațiilor, prezintă un deosebit interes pentru asigurarea unei energii de calitate standard și pentru decizii privind măsurile care trebuie adoptate în scopul realizării nivelului de calitate impus.

Monitorizarea mărimilor electrice în nodurile sistemului energetic impune necesitatea utilizării de echipamente specializate care să asigure achiziția și prelucrarea, pe intervale mari de timp a datelor.

Așa cum a fost arătat, echipamentele actuale de monitorizare sunt de fapt sisteme informatice specializate la care o atenție deosebită trebuie acordată cunoașterii în detaliu a algoritmului de prelucrare a eșantioanelor achiziționate. Acest aspect este impus în special de faptul că, pe plan mondial, există diferențe notabile în definirea unor indicatori utilizați în caracterizarea nodurilor din rețeaua electrică și a consumatorilor.

Cunoașterea în detaliu a algoritmului de calcul a mărimilor monitorizate sau contorizate permite validarea echipamentului în raport cu normele acceptate de operatorii europeni de energie electrică. Calitatea informațiilor obținute depinde în mare măsură și de modul de achiziție a datelor.

O analiză asupra performanțelor mai multor echipamente de monitorizare a pus în evidență faptul că, pentru forma actuală a curbelor mărimilor electrice, determinarea cu exactitatea necesară a indicatorilor de calitate impune obținerea a cel puțin 128 eșantioane pe o perioadă și utilizarea convertoare analog numerice pe fiecare intrare a echipamentului.

În adoptarea deciziilor privind încadrarea în nivelul de calitate al energiei electrice, în rețeaua electrică de transport trebuie avut în vedere și faptul că informațiile transmise de către echipamentele de monitorizare, conectate în secundarele transformatoarelor de măsurare de tensiune și de curent electric sunt distorsionate de prezența acestor transductoare.

Limitele de emisie pentru receptoare individuale sau pentru ansamblul sarcinii trebuie stabilite plecând de la criteriile de calitate a tensiunii. Pentru definirea calității tensiunii sunt date unele concepte de bază, definite în funcție de locul unde se aplică, modul în care sunt măsurate și calculate (durata de măsurare, timp de eșantionare, timp de mediere, statistici).

În Tabelul 2.2 sunt prezentate funcțiile echipamentelor de monitorizare a calității energiei electrice.

**Tabelul 2.2:** Funcții ale echipamentelor de monitorizare CEE

<b>Tipul aparatului / instrumentului</b>	<b>Funcții de bază</b>
Contor de energie electrică	Oferă informații de bază despre calitatea energiei electrice în PCC, printre care profilul tensiunii, informații despre distorsiunile armonice și tabele ce conțin evidența golurilor de tensiune și a întreruperilor (amplitudine / durată)
Înregistrator digital de evenimente de calitate a energiei electrice	Înregistrează forme de undă, care pot fi integrate de către sistemele de monitorizare a calității energiei electrice cu ajutorul COMTRADE <sup>1</sup> sau PQDIF <sup>2</sup> .
Sistem de monitorizare a calității energiei electrice de uz general	Este prevăzut cu un software de achiziție și procesare a datelor, de realizare a unei (unor) baze de date și de prezentare a rezultatelor
Sistem de monitorizare a calității energiei electrice de uz industrial	Este prevăzut cu un software de achiziție și procesare a datelor, de realizare a unei (unor) baze de date și de prezentare a rezultatelor. Suplimentar, înregistrează forme de

Sistem de monitorizare a calității energiei electrice de web

undă și armonici.

Utilizează ca interfață principală un browser de web, ceea ce elimină necesitatea unui software local dedicat. Oferă, de asemenea, o platformă de monitorizare de nivel înalt

1. COMTRADE - Common Format for Transient Data Exchange este un format comun pentru fisierele de date obținute prin măsurări ale parametrilor de calitate a energiei electrice realizat în scopul facilitării exporturilor (transferurilor) acestora, promovat prin standardele IEC 60255-24 - Ed. 1.0:2001 și IEEE C37.111-1999

2. PQDIF - Power Quality Data Interchange Format este un alt format similar COMTRADE, promovat prin standardul IEEE Std 1159.3- 2003

### 2.3. SISTEME INTEGRATE DE MONITORIZARE ÎN RED

Monitorizarea calității energiei electrice în RED de către Operatorul de Distribuție se face într-un număr redus de puncte de măsurare prin sisteme independente de monitorizare permanentă a CEE:

- *Sistemul de Monitorizare a Calității Energiei Electrice* în stațiile electrice din gestiunea CEZ Distribuție modernizate și echipate predominant cu analizoare tip ION 7650 și MAVOSYS 10. Pentru acest sistem există un punct central de analiza CEE doar pentru 4 stații și este în derulare procedura de implementare în sistem a tuturor stațiilor echipate cu analizoare de energie electrică.

- *Monitorizarea CEE la interfața între RED și producătorii de energie electrică alimentați direct din RED.* Acest sistem nu este prevăzut cu un punct central de monitorizare și stocare de date.

- *Monitorizarea CEE în posturile de transformare 20/0,4 kV* cu echipamente de tip MEG 40. Proiectul este în derulare și se dorește implementarea lui în sistemul de monitorizare CEE din stațiile electrice.

Cele trei sisteme de monitorizare a calității energiei electrice sunt compuse din echipamente furnizate de fabricanți diferiți, fapt care impune o atenție deosebită în realizarea integrării acestora, ținându-se cont de problemele de interfață care survin în mod inerent într-o asemenea situație sau de condițiile impuse software-ului asociat pentru a asigura măsurarea și procesarea datelor măsurate în conformitate cu procedurile de măsurare, agregare, evaluare și raportare a parametrilor/indicatorilor CEE din standardele în vigoare.

În acest context a fost necesară implementarea unui *Sistem pentru integrarea sistemelor existente de monitorizare a CEE* aflat în etapa de recepție terminare lucrări. Implementarea acestui sistem răspunde cerințelor impuse de ”Standardul de Performanță pentru Serviciul de Distribuție” și Std. CEI 61000-4-30:2008. Sunt asigurate astfel și condițiile, din punct de vedere hard și soft, pentru integrarea în viitor în acest sistem și a altor puncte de măsurare a parametrilor CEE, conform documentațiilor impuse de legislația în vigoare în domeniu.

### 2.4. PERFORMANȚE ALE ECHIPAMENTELOR PORTABILE UTILIZATE PENTRU MONITORIZAREA CALITĂȚII ENERGIEI ELECTRICE ÎN REȚEAUA DE DISTRIBUȚIE

Echipamentele ale căror performanțe sunt prezentate mai jos au fost utilizate în cadrul sesiunilor de monitorizare realizate în cadrul prezentului studiu și se află în dotarea Colectivului de Energetică al Facultății de Inginerie Electrică – Universitatea din Craiova.

### 2.4.1. CHAUVIN ARNOUX C.A. 8335 – Analizor trifazat pentru calitatea energiei electrice.

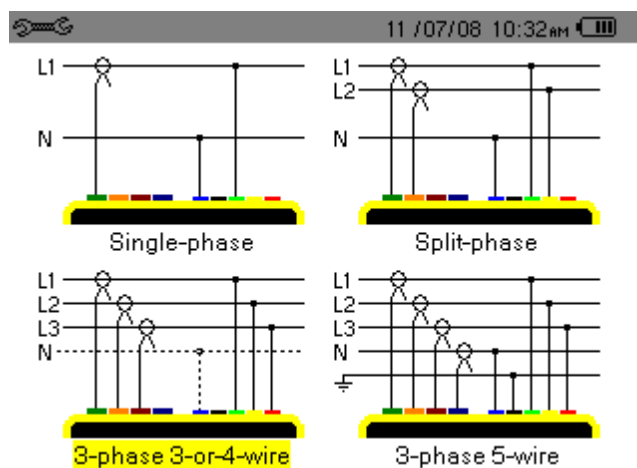
Analizoarele trifazate pentru calitatea energiei electrice Chauvin Arnoux C.A.8335 permit măsurarea, afișarea și monitorizarea pe termen lung a parametrilor funcționali ai rețelelor electrice. Aceste instrumente numerice portabile prezintă o mare versabilitate care oferă detaliile pentru localizarea mai rapidă și mai sigură a problemelor.

#### Moduri de măsurare în meniu

- Tensiune electrică (fază/linie–valoare efectivă)/Intensitatea curentului electric (fază/linie–valoare efectivă)/Frecvență tensiune electrică;
- Supratensiuni și goluri de tensiune;
- Armonice de curent/Armonice de tensiune/Armonice de putere (50);
- Putere (P-activă, Q-reactivă, S-aparentă, D-deformantă)/Energie (kWh – activă, kVA<sub>rh</sub> – reactivă, kVA – aparentă);Factor de putere (PF, DPF)
- Efect de flicker (fluctuații de tensiune);
- Nesimetrie de tensiune/Nesimetrie de curent;
- Fenomene tranzitorii (tensiune electrică/intensitatea curentului electric);
- Intensitatea curentului electric de pornire (mod osciloscop/valori efective);
- Semnale de telecomandă;

#### Moduri de măsurare externe

- Forma curbei de tensiune electrică/Forma curbei de curent electric în mod osciloscop/Diagrama fazorială;
- Monitorizare calitatea tensiunii electrice în sistemele electrice de joasă tensiune și medie tensiune conform EN50160.



**Figura 2.2:** Schema generală de conectare a analizorului trifazat Chauvin Arneaux C.A. 8335 la rețeaua electrică trifazată.

**Tabelul 2.3:** Configurații de conectare

Notăție pe ecranul de configurație	Descriere
------------------------------------	-----------

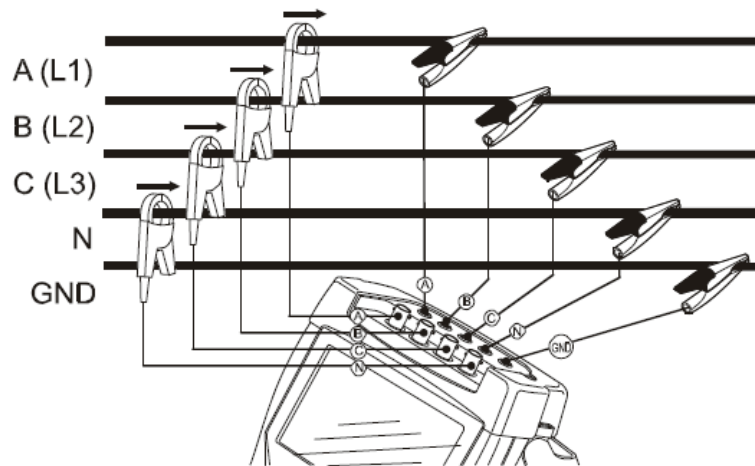
Notație pe ecranul de configurație	Descriere
1Ø + NEUTRU	O fază și nul
1Ø IT FĂRĂ NEUTRU	O fază în schemă IT fără nul
2Ø Split Phase	Două faze cu nul
3Ø WYE	3-faze în stea cu nul
3Ø IT	3-faze în schemă IT fără nul
3Ø DELTA	3-faze în triunghi
3Ø HIGH LEG	3-faze în triunghi, cu pământ
3Ø OPEN LEG	3-faze schemă în V

**Tabelul 2.4:** Specificații tehnice CA 8335

Echipament	Număr unități	Detalii măsurare
<b>CHAUVIN ARNOUX C.A. 8335</b> (Analizor trifazat energie electrică /calitatea energiei electrice – curent alternativ)	5	<p>Tensiune electrică (fază/linie–valoare efectivă)/Intensitatea curentului electric (fază/linie–valoare efectivă)/Frecvență tensiune electrică;  Supratensiuni și goluri de tensiune;  Armonice de curent/Armonice de tensiune/Armonice de putere (50);  Putere (P-activă, Q-reactivă, S-aparentă, D-deformantă)/Energie (kWh – activă, kVARh – reactivă, kVA – aparentă);Factor de putere (PF, DPF)  Efect de flicker (fluctuații de tensiune);  Nesimetrie de tensiune/Nesimetrie de curent;  Fenomene tranzitorii (tensiune electrică/intensitatea curentului electric);  Intensitatea curentului electric de pornire (mod osciloscop/valori efective);  Semnale de telecomandă;  Forma curbei de tensiune electrică/Forma curbei de curent electric în mod osciloscop/Diagrama fazorială;  Monitorizare calitatea tensiunii electrice în sistemele electrice de joasă tensiune si medie tensiune conform EN50160:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frecvența;</li> <li>• Variația amplitudinii tensiunii ;</li> <li>• Variații rapide (bruste);</li> <li>• Variații rapide (flicker);</li> <li>• Goluri de tensiune;</li> <li>• Întreruperi de scurtă durată;</li> <li>• Întreruperi de lungă durată;</li> <li>• Supratensiuni temporare;</li> <li>• Supratensiuni tranzitorii;</li> <li>• Nesimetrie;</li> <li>• Armonici;</li> <li>• Semnale de telecomandă.</li> </ul>

## 2.4.2. Analizator trifazat de calitate a energiei electrice Fluke 434/435

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.



**Figura 2.3:** Conectarea analizorului FLUKE 434/435 la sistemul trifazat

Fluke 435 ofera o exactitate pentru tensiune de 0.1%, pentru a fi complet in conformitate cu standardul IEC 61000-4-30 Clasa A.

Poate efectua înregistrări de lungă durată, detaliate, configurabile de catre utilizator, cu memorie pentru inregistrarea a 400 de parametri cu o rezolutie de 1 minut timp de o luna.

Masoara simultan tensiunea si curentul pentru toate trei fazele si nul.

Indeplineste standardele de siguranta 600 V CAT IV, 1000 V CAT III necesare pentru masurarea in statiile de alimentare.

Cursoarele si functia de zoom pot fi folosite 'live' în timpul efectuării măsurătorilor, sau 'offline' pentru datele măsurate stocate. Măsurătorile stocate pot fi deasemenea transferate la un PC cu ajutorul software-ului FlukeView (inclus pentru Fluke 434 si 435).

Caracteristici				
Intrări	Număr de intrări	4 pentru tensiune și curent (3 faze + nul)		
	Tensiune maximă de intrare	1000 Vrms (6 kV Peak)		
	Viteză maximă de eșantionare	200 kS/s pentru fiecare canal simultan		
Volți/Amperi/Hertz	Domeniu de măsurare		Precizie	
	Vrms (AC+DC)	1...1000 V	± 0,1% din tensiunea nominală	
	Vpk	1...1400 V	5% din Vnom	
	Factor de vârf, tensiune	1,0 ... > 2,8	± 5%	
	Arms (AC+DC)	0...20,000 A	± 0,5% ± 5 digiți	
	Avârf	0 - 5500 A	5%	
	Factor de vârf, A	1 ... 10	± 5%	
	Hz	50 Hz nominal	42,50 ... 57,50 Hz	± 0,01 Hz
	Scăderi și creșteri	Vrms (AC+DC) <sup>a</sup>	0,0% ... 100% of Vnom	± 0,2% din tensiunea nominală
		Arms (AC+DC) <sup>a</sup>	0 ... 20,000 A <sup>1</sup>	± 1% ± 5 digiți
Armonici	Armonică (interarmonică) (n)	DC, 1..50; (Off, 1..49) măsurat conform IEC 61000-4-7		
	Vrms	0,0 ... 1000 V	± 0,05% din tensiunea nominală	
	Arms	0,0 ... 4000 mV x scalarea cleștelui	± 5% ± 5 digiți	
	Wați	Depinde de scalarea cleștelui și de tensiune		
	Tensiune DC	0,0 ... 1000 V	± 0,2% din tensiunea nominală	
	THD	0,0 ... 100,0%	± 2,5% V și A (± 5% Wați)	
	Hz	0 ... 3500 Hz	± 1 Hz	
Putere și energie	Unghi de fază	-360° ... +360°	± n x 1,5°	
	Watt, VA, VAR	1,0 ... 20,00 MVA <sup>1</sup>	± 1,5% ± 10 digiți	
	kWh, kVAh, kVARh	00,00 ... 200,0 GVAh <sup>1</sup>	± 1,5% ± 10 digiți	
Flicker	Factor de putere/ Cos $\phi$ / DPF	0 ... 1	± 0,03	
	Pst (1min), Pst, Plt, PF5	0,00 ... 20,00	± 5%	
Nesimetrie	Volți	0,0 ... 5,0%	± 0,5%	
	Curent	0,0 ... 20%	± 1%	
Impulsuri tranzitorii	Volți	± 6000 V	± 2,5% of Vrms	
	Durată minimă pentru detectare	5 $\mu$ s (eșantionare 200 kS/s)		
Mod inrush	Arms (AC+DC)	0,000 ... 20,00 kA <sup>1</sup>	± 1% din valoare ± 5 digiți	
	Durată Inrush (selectabil)	7,5 s ... 30 min	± 20 ms (Fnom = 50 Hz)	
Înregistrarea AutoTendință	Eșantionare	5 valori / secundă ; eșantionare continuă per canal		
	Memorie	1800 puncte min, max, avg pentru fiecare valoare		
	Timp de înregistrare	Până la 450 zile		
	Zoom	Până la 12x zoom orizontal		
Memorie	Ecrane și date	50, memorie partajată pentru logger, ecrane și seturi de date		
	Standarde	Metode de măsurare utilizate	IEC61000-4-30 clasa A; EN50160; IEC 61000-4-15; IEC 61000-4-7	

## 2.5. STANDARDUL CEI 61000-4-30

Principala normă internațională, care reglementează în prezent procedurile/ metodele și condițiile de măsurare și de prelucrare ale datelor măsurate pentru evaluarea calității energiei electrice în rețelele electrice, este standardul CEI 61 000-4-30.

Conform CEI 61000-4-30, pentru *instrumentația de măsurare de clasă A, intervalul de timp de măsurare de bază* (numărul de perioade consecutive măsurate) pentru tensiunea de alimentare, armonici, interarmonici și nesimetrie în cazul rețelelor care funcționează la 50 Hz, trebuie să fie de 10 *perioade (200 ms)*.

Intervalele de timp de măsurare de bază, recomandate sunt:

- la măsurarea frecvenței: 10 s;
- la măsurarea tensiunii, a flickerului și a nesimetriei: 10 min;
- la măsurarea armonicilor și a interarmonicilor: 3 s și/sau 10 min.

Se normează trei intervale de agregare a rezultatelor obținute pe interval de măsurare de 10 perioade consecutive:

- intervalul de agregare de 150 perioade;
- intervalul de agregare de 10 min;
- intervalul de agregare de 2 h.

Procedurile de agregare sunt specificate în standardul CEI 61 000-4-30, diferențiat în funcție de clasa instrumentației de măsurare.

Prelucrarea informației în cadrul instrumentației de măsurare se face pe baza *metodei de eșantionare*. Se utilizează numai *eșantioane valide*.

Se consideră valide numai eşantioanele cuprinse în intervalul de măsurare în care, tensiunea la barele de alimentare rămâne între limitele  $\pm 15\%$  față de tensiunea declarată (contractată).

Algoritmul pentru evaluarea încadrării mărimii analizate în limitele admise are următoarele etape (se ia ca *exemplu*, evaluarea tensiunii la barele de alimentare):

1) se stabilește durata de monitorizare (pentru tensiune, durata de monitorizare este de o săptămână, ceea ce înseamnă 1008 ferestre de câte 10 min;

2) se determină numărul de intervale  $N_{nevalid}$ , în care determinările sunt invalidate (din cauza ieșirii tensiunii din limitele admise de  $\pm 15\%$  față de tensiunea declarată - contractată);

3) se stabilește numărul  $N$  al intervalelor valide:  $N = 1008 - N_{nevalid}$ ;

4) se stabilește numărul de intervale  $N_1$ , în care mărimea analizată nu corespunde normativelor (intervalele în care tensiunea este în afara limitelor de  $\pm 10\%$  față de tensiunea contractată, dar în interiorul limitelor de  $\pm 15\%$  față de tensiunea contractată);

5) se verifică dacă este îndeplinită condiția  $N_1 / N \leq 0.05$ .

#### Comentarii

- Valorile afișate pentru mărimile analizate sunt rezultatul unei prelucrări de semnal, conform unei proceduri standard și nu reprezintă valori instantanee ale acestor mărimi.

- Mărimile ce definesc calitatea energiei electrice prezintă un caracter aleatoriu; în consecință, numai metodele statistice oferă informații semnificative. În acest sens, cele mai utilizate informații sunt cele care corespund:

- unei probabilități de realizare a mărimii de 95%, pe un interval de o săptămână, mărime utilizată ca valoare de dimensionare;

- unei probabilități de realizare de 99%, care este considerată ca valoare maximă a mărimii.

### **CAPITOLUL 3. UTILIZAREA INFORMAȚIILOR DIN BAZA DE DATE DE CALITATE A ENERGIEI ELECTRICE ÎN STAȚIILE DE DISTRIBUȚIE**

Utilizarea unui sistem de management și analiză a datelor de calitate a energiei electrice (CEE) aduce operatorului de rețea o serie de beneficii, printre care: determinarea tuturor parametrilor CEE pentru site-uri individuale, stabilirea unor referințe pentru performanțele de sistem așteptate pentru toate categoriile de probleme ale calității energiei electrice, identificarea problemelor de rezolvat, evaluarea soluțiilor, analiza economică a acestora, acces web-based la informațiile referitoare la date sau parametrii de CEE, instrumente de instruire în domeniul descrierii performanțelor CEE.

Operatorii de distribuție au obligativitatea raportării anuale către ANRE a valorilor și evoluțiilor parametrilor CEE în rețelele pe care le operează.

Acești parametri sunt variațiile de tensiune, golurile și supratensiunile, fluctuațiile de tensiune de tip flicker, factorul total de distorsiune armonică de tensiune și armonicile de tensiune, nesimetria de tensiune – valori 10 min agregate pe intervale de 1 săptămână și administrate în fișiere format PQDIF.

Operatorul local de distribuție a energiei electrice asigură operațiile de management, analiză și raportare a datelor CEE cu sistemul software PQView.

Sistemul preia datele furnizate de la echipamente fixe de monitorizare a CEE tip MAVOSYS 10 (Gossen Metrawatt), amplasate pe barele de 110 kV și 20 kV ale stațiilor de distribuție.

Datele sunt transferate de la aceste echipamente prin conexiuni securizate și analizate de către modulele PQView.

Repartiția celor 91 de analizoare MAVOSYS pe centrele de exploatare DEO este dată mai jos.

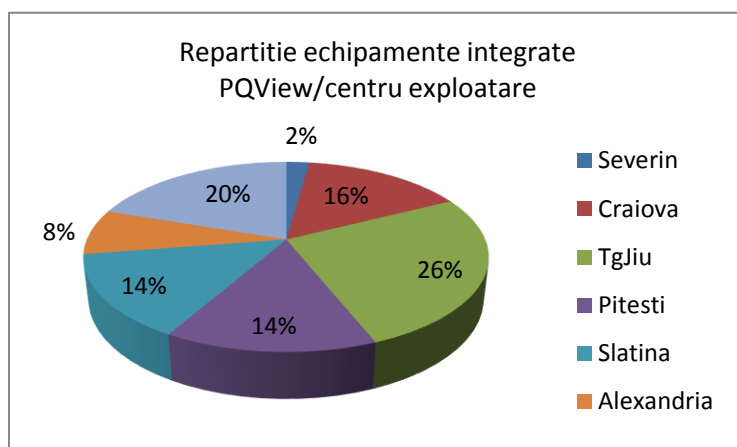


Figura 3.1: Repartiția MAVOSYS pe centrele DEO



### 3.1. Sistemul software PQView pentru managementul și analiza CEE în rețeaua operatorului rețelei de distribuție

PQView este un sistem software complex, dezvoltat de Electrotek Concepts și Power Research Institute Inc. (EPRI), destinat managementului și analizei bazei de date de calitate a energiei și măsurărilor electrice, cu următoarele caracteristici:

**Capacitate de stocare:** max 2 miliarde evenimente și măsurări ord. 108 pentru regim stabilizat / bază de date

**Dimensiune fișiere:** max 1TByte

**Format:** Microsoft Acces sau în Microsoft SQL Server.

**Tipuri de informații generate:** baze de date de măsurare, calcul parametri CEE, vizualizare forme de undă, eşantioane RMS și mărimi de regim stabilizat

**Transferul informațiilor:** prin stații de lucru și browsere web.

**Surse de date:** ord. miilor de echipamente de tip contoare, analizoare CEE, înregistratoare de tensiune, contoare de energie, instalații și înregistratoare de erori digitale.

**Utilizatori simultani:** max 60 (PQWeb with measurements in a SQL Server database)

În componența sistemului PQView intră următoarele aplicații:

- Power Quality Data Manager (PQDM);
- Power Quality Data Analyzer (PQDA);
- PQWeb.

**Funcții principale:** conform Figura 3.2.

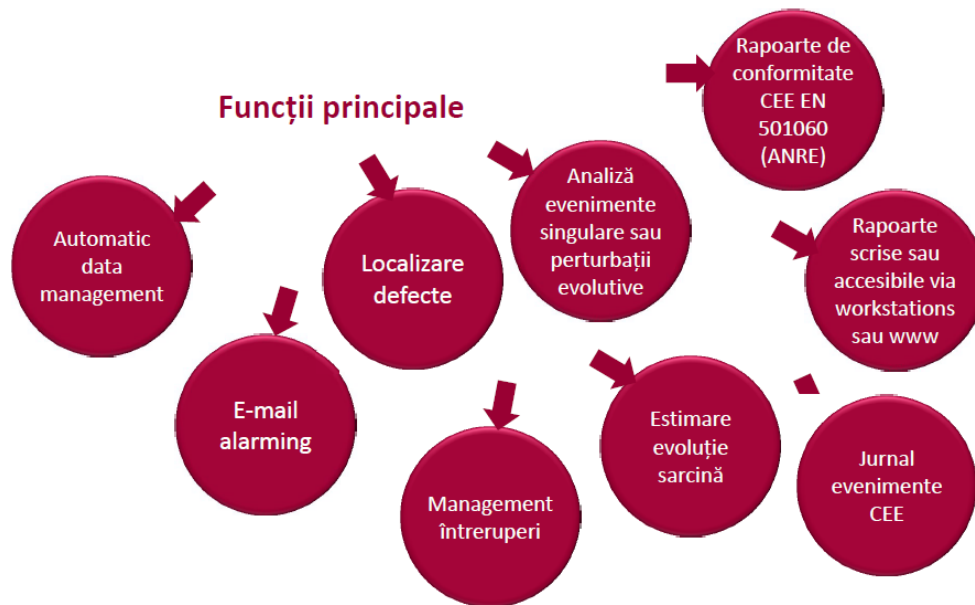
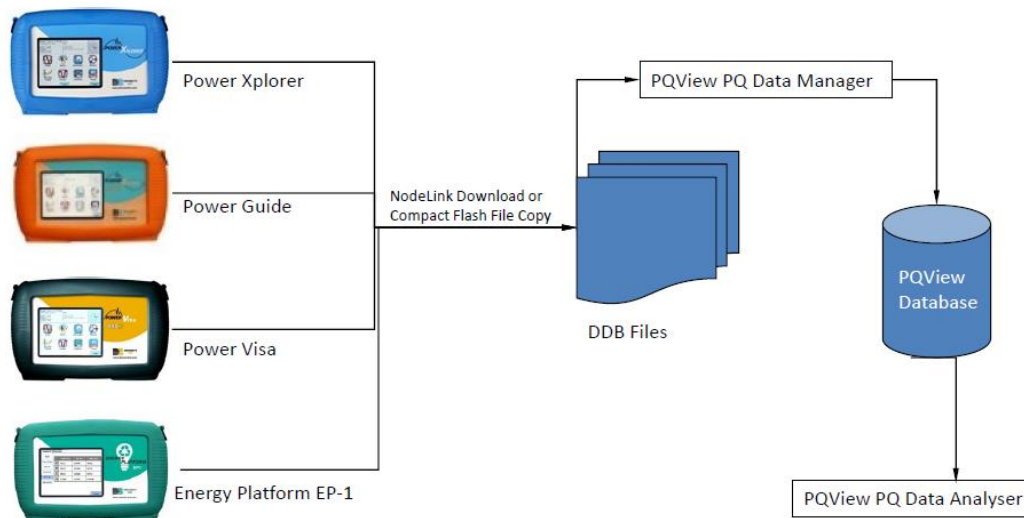


Figura 3.2: Funcțiile principale ale sistemului PQView

PQView are două componente (module software): Power Quality Data Manager (Managerul bazei de date CEE) și Power Quality Data Analyser (Sistemul de analiză a datelor CEE), care funcționează integrat conform principiului prezentat în Figura 3.3.



**Figura 3.3:** Integrarea datelor sistemului de monitorizare în modulele PQView

### 3.2. Aplicația de management al bazei de date CEE - Power Quality Data Manager (PQDM)

Una dintre funcțiile PQDM este aceea de a sorta fișierele de date înregistrate de instrumentele de măsură. PQDM procesează datele din aceste instrumente în caracteristici adecvate pentru analiză. Apoi stochează datele caracterizate din aceste instrumente în fișierele bazei de date de calitatea energiei și le furnizează modulului Power Quality Data Analyzer care utilizează aceste rezultate și generează rapoarte CEE.

PQDM este realizată următoarele operații:

- Construiește automat baze de date privind calitatea surselor de date;
- Trimite automat notificări prin e-mail utilizând servere SMTP sau clienți Microsoft Outlook, atunci când sursele de date au terminat de importat, atunci când variațiile de tensiune rms sunt importate din surse de date sau când măsurătorile nu sunt colectate de la un instrument de monitorizare pentru o perioadă specificată;
- Corectează automat măsurătorile în funcție de timp și locație;
- Șterge automat măsurătorile mai vechi;
- Adaugă automat rms ratate;
- Efectuează automat calcule în conformitate cu standardul EN 50160;
- Actualizează bazele de date de măsurare automat o dată pe zi, manual sau la fel de rapid ca o dată pe minut;
- generează rapoarte conform cu cerințele ANRE explicitate prin documentul “STANDARD DE PERFORMANTA PENTRU SERVICIUL DE DISTRIBUTIE A ENERGIEI ELECTRICE” (Cod ANRE 28.1.013.0.00.30.08.2007).

PQDM este compatibil cu următoarele surse de date:

- Dranetz-BMI Signature System®, Encore Series DataNode, Ethernet-connected InfoNode® systems and PCInfoNodes, NodeLink, or NodeCenter;

- IEEE std 1159.3-2003 PQDIF: Dranetz-BMI, SoftSwitching Technologies®, Power Measurement®, PMI®, Unipower®;
- PQNode® meters from PASS and PES, Power Xplorer®, PowerGuide®, or Power Guia;
- IEEE Std C37.111-1991/1999 COMTRADE: Schweitzer Engineering Laboratories®, SATEC ABB®, GE®, E-Max, LEM®, Square D®;
- EDM: EziView recorded by MK3 and MK6 meters;
- Electro Industries/GaugeTech Communicator Log Files Fluke®/Reliable Power Metrics in Scenario and PAS Omega database format;
- HIOKI®: CSV files by PQA-HiView Pro;
- Landis+Gyr/Siemens: Quad4 and Quad4 Plus meters;
- Schneider Electric (Power Measurement) ION® and ACM meters in ION Enterprise® and PEGASYS® databases;
- SoftSwitching Technologies: I-GRID® I-Sense® measurements from IEEE PQDIF files and magnitude-duration text files;
- Square D: measurements from PowerLogic® circuit monitor meters in System Manager databases and then exported to IEEE PQDIF and IEEE COMTRADE files.

### **3.3. Aplicația de analiză a CEE - Power Quality Data Analyzer (PQDA)**

PQDA creează tendințe, histograme și tabele statistice cu mai mult de 125 de caracteristici staționare, definite în cadrul standardului IEEE Std. 1159.3 Standardul PQDIF.

Generează diagrame, liste de evenimente, tabele și indicatori pentru a analiza supratensiunile/ golurile de tensiune, armonicile și întreruperile. PQDA. Utilizează interfața Microsoft Word pentru a crea automat documente și a acorda accesul la măsurătorile invalide din analiza finală.

Datele pentru diagrame de evoluție și histograme pot fi filtrate pentru a exclude măsurătorile nevalide. Fiecare reprezentare în timp a mărimilor poate deveni o cronologie a evenimentelor prin trasarea oricărei măsurări asociate formei de undă sau variației valorii efective. Fiecare evoluție în timp și histogramă pot fi copiate automat în documente Microsoft Word, exportate în documente HTML cu fișiere grafice asociate sau trimise la o imprimantă.

Utilizatorii pot vizualiza tendințele și histogramele pentru deviația minimă, medie, maximă, abaterea standard și orice procent pentru datele la starea de echilibru în intervale de minute, ore, zile, săptămâni, luni și ani.

PQDA oferă dialoguri care permit selecția datelor din baza de date în vederea analizei CEE. PQView generează date sub formă tabelară, grafică, diagrame CBEMA sau ITIC sau histograme.

Utilizarea PQView este un proces în trei etape:

*Etapa 1.* Se utilizează modulul PQDM pentru a crea o nouă bază de date privind calitatea energiei din fișierele de date existente.

*Etapa 2.* Fișierele din baza de date noi sunt importate din Microsoft Access sau Microsoft SQL Server, fiind create din fișiere șablon care conțin structura tabelului cu datele ce urmează a fi analizate.

*Etapa 3.* Se rulează programul PQDA pentru a genera rapoarte, grafice de tendință, grafice, histograme și rapoarte de conformitate din baza de date.

### **3.4. Analiza datelor achiziționate de la sistemul de monitorizare cu echipamente fixe cu PQDA**

În vederea monitorizării și analizei indicatorilor de calitate a energiei electrice (CEE) în punctele de interes ale rețelei de distribuție de JT și MT conform specificațiilor din Codul RED, Standardul de performanță al serviciului de distribuției a energiei electrice (SPSDEE), sunt necesare sesiuni de măsurare cu durata de cel puțin 1 săptămână, efectuate cu echipamentele de monitorizare fixe din componența sistemului specializat al OD sau cu cu analizoare de rețea portabile , în zonele de licență care nu sunt acoperite de sistemul centralizat de monitorizare energie electrică, conform prevederilor CEI 6000-4-30.

Ținând cont de caracterul aleatoriu al mărimilor ce definesc CEE, datele obținute în urma înregistrărilor sunt prelucrate astfel încât să ofere informații statistice relevante. Sunt utilizate ca referință informațiile corespunzătoare unei probabilități de 95% de realizare a mărimii, pe un interval de o săptămână (considerată valoare de dimensionare), precum și unei probabilități de realizare de 99% (considerată valoare maximă a mărimii).

Spre exemplificare, a fost prezentată analiza datelor monitorizate în 2 noduri din rețeaua de distribuție pe o perioadă de 1 săptămână– conform Tabelul 1. Cele două locații selectate pentru analiză sunt monitorizate și analizate cu instrumente echipamentele fixe MAVOSYS, integrate în sistemul centralizat de monitorizare CEE. Datele sunt colectate în baza de date gestionată de PQView și analizate cu componenta PQDA.

Scopul acestor determinări este acela de a studia influența utilizatorilor racordați în RED asupra parametrilor de CEE în nodul de racord, precum și de a pune în evidență performanțele instrumentului PQView privind modalitatea, volumul și calitatea datelor raportate.

Tabel 3.1: Stații monitorizate

<b>Statia</b>	<b>Nivel de tensiune</b>	<b>Analizor</b>	<b>Perioadă</b>
Locația 1 - CEF	20 kV	MAVOSYS 10	02.11.2016- 30.11.2016
Locația 2 - CEF	20 kV	MAVOSYS 10	

În urma monitorizării au fost generate rapoarte de evenimente, punându-se în evidență încadrarea parametrilor monitorizați în limitele admisibile în intervalele reglementate de 95% din perioada de măsurare, conform specificațiilor din Codul RED și SPSDEE.

Sunt elaborate:

- Analiza statistică a indicatorilor CEE;
- Analiza per ansamblu a performanțelor rețelei de racord, referitoare la: tensiune – banda de variație; armonici de tensiune; nesimetria de tensiune; fluctuații de tensiune (flicker).

## Operații

- Analiza valorilor valide ale indicatorilor și eliminarea valorilor discrepante generate de evenimentele necontrolabile;
- Prelucrarea datelor experimentale – variații și evenimente în rețea, investigații centrate pe tensiune.

Datele obținute în urma înregistrărilor au fost prelucrate automat fiind generate informații statistice relevante [PQU]. Valoarea PC 95% a parametrului urmărit este comparată cu limita de compatibilitate prescrisă de normative. Prevederile SR EN160 și SPSDEE reprezintă în acest sens cerințe minimale pentru calitatea curbei de tensiune, limitele admisibile fiind precizate mai jos.

Tabel 3.2: Calitatea curbei de tensiune conform prevederilor SR EN50160 și SPSDEE

Limite pentru tensiunea contractuală	Valoarea medie efectivă pentru 10 min a tensiunii în 95% din perioada unei săptămâni nu trebuie să aibă o abatere mai mare de $\pm 10\%$ din tensiunea nominală
Flicker	Indicatorul de flicker de lungă durată $P_{lt} \leq 1$ pentru 95% din săptămână
Nesimetrie $K_n$	$K_n \leq 2\%$ pentru 95% din săptămână
Factor de distorsiune a tensiunii VTDF	$VTDF \leq 8\%$ pentru 95% din săptămână

Variația în timp a parametrilor electrici în nodurile monitorizate este descrisă complet în raportul generat de software-ul PQView. Acest raport include evoluțiile în timp, histogrammele și tabelele cu informații statistice privind stările sistemului de generare.

Informațiile conținute în raport sunt:

- a) Evoluțiile în timp ale mărimilor electrice U, I, P, Q, S, FP;
- b) Valorile parametrilor perturbațiilor electromagnetice de tip: nesimetrie de tensiune, distorsiune armonică, flicker;
- c) Conformitatea cu standardul SR EN50160;
- d) Vizualizare grafice evoluție în timp și histogrammele parametrilor monitorizați, generate în raportul PQView.

### Locația 1 - 20 kV

Curbele de tensiune/curent la bornele CEF la diferite momente de timp ale unei zile, pun în evidență dependența caracteristicilor sale de funcționare de gradul de însorire / parametrii de mediu sau eventualele probleme legate de funcționarea echipamentelor (invertoarelor) din dotarea centralei.

A fost de asemenea selectată evoluția factorului de flicker pe termen lung, ale cărui valori caracteristice supraunitare indică prezența unor fluctuații de tensiune care depășesc limita admisă de SPSDEE. Aceste variații de tensiune sunt determinate de variațiile de putere reactivă, asociate intervalelor de funcționare cu caracteristici distincte în funcție de perioada zilei ale centralei fotovoltaice. Cele mai ample variații, precum și cele mai grave distorsiuni ale curbelor de curent

sunt înregistrate în special în intervalele de la dimineață și seară și în zilele cu alternări ale perioadelor de însorire.

Tabel 3.3: Lista cu evenimente extrase din PQView în perioada monitorizată pentru Locația 1

RMS Variation Summary					PQView®			
Date: 6/22/2017								
#####								
Location	Time	Phase	Event Type	Voltage Magnitude		Duration		
				kV	PU	Cycles	Sec	
R	11/2/2016 11:05:20.5605	C	Inst. Swell	13.786	1.194	1.0	0.020	
R	11/3/2016 08:48:28.8624	B	Inst. Swell	20.862	1.807	6.5	0.130	
R	11/3/2016 08:51:07.4196	A	Inst. Swell	13.227	1.145	1.5	0.030	
R	11/4/2016 09:01:54.9837	C	Inst. Swell	16.225	1.405	0.5	0.010	
R	11/5/2016 09:39:00.3418	A	Inst. Swell	14.190	1.229	4.0	0.080	
R	11/5/2016 09:53:00.7008	A	Inst. Swell	19.515	1.690	5.5	0.110	
R	11/7/2016 07:56:19.1471	A	Inst. Sag	3.844	0.333	16.0	0.320	
R	11/17/2016 11:03:50.2740	A	Inst. Swell	19.598	1.697	6.0	0.120	
R	11/23/2016 11:22:48.8151	B	Inst. Swell	17.471	1.513	9.0	0.180	
R	11/26/2016 10:28:58.2060	C	Inst. Swell	14.353	1.243	1.0	0.020	
R	11/27/2016 12:36:14.2165	A	Inst. Swell	13.692	1.186	4.0	0.080	
R	11/30/2016 10:01:45.5321	C	Inst. Swell	15.044	1.303	4.0	0.080	

În Figura 3.4 este prezentat evenimentul din data de 02.11.2016, ora 11:05:20, unde supratensiunea pe faza C ajunge la valoarea de 13,786 kV cu durata de 20 ms. Evenimentul s-a produs datorită unui gol de tensiune pe faza B. Se observă formele de undă ale tensiunii și curentului la apariția evenimentului.

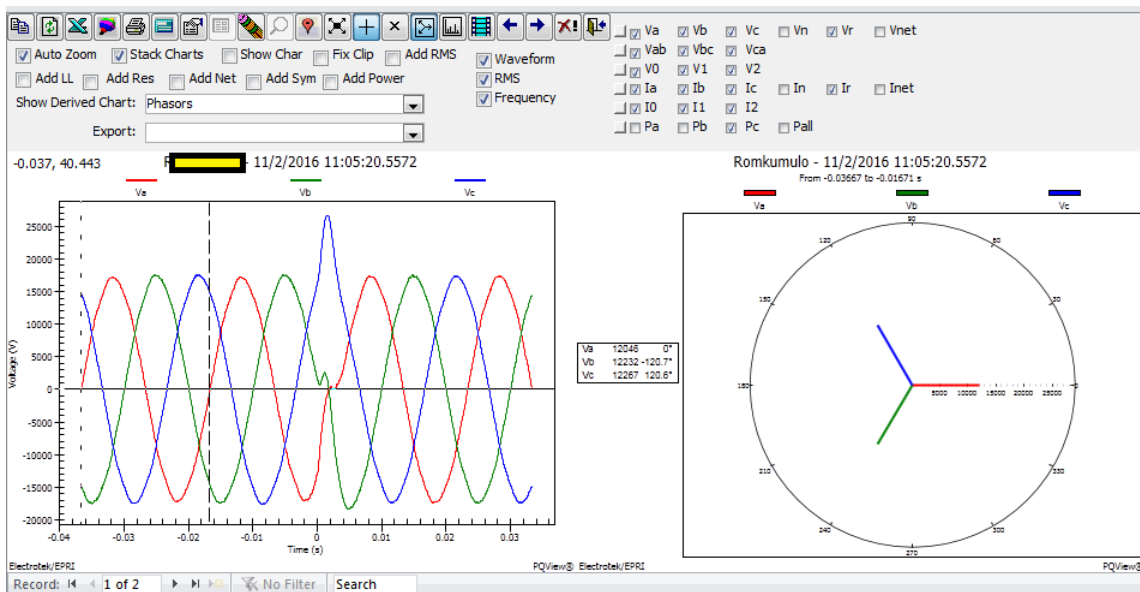


Figura 3.4: Forme de undă/fazori tensiuni Locația 1 – eveniment 1

În Figura 3.5 este prezentat evenimentul din data de 03.11.2016, ora 08:48:28, unde supratensiunea pe faza B ajunge la valoarea de 20,862 kV cu durata de 130 ms. Evenimentul s-a produs datorita unui gol de tensiune pe faza C. Se observă formele de undă ale tensiunii și curentului la apariția evenimentului.

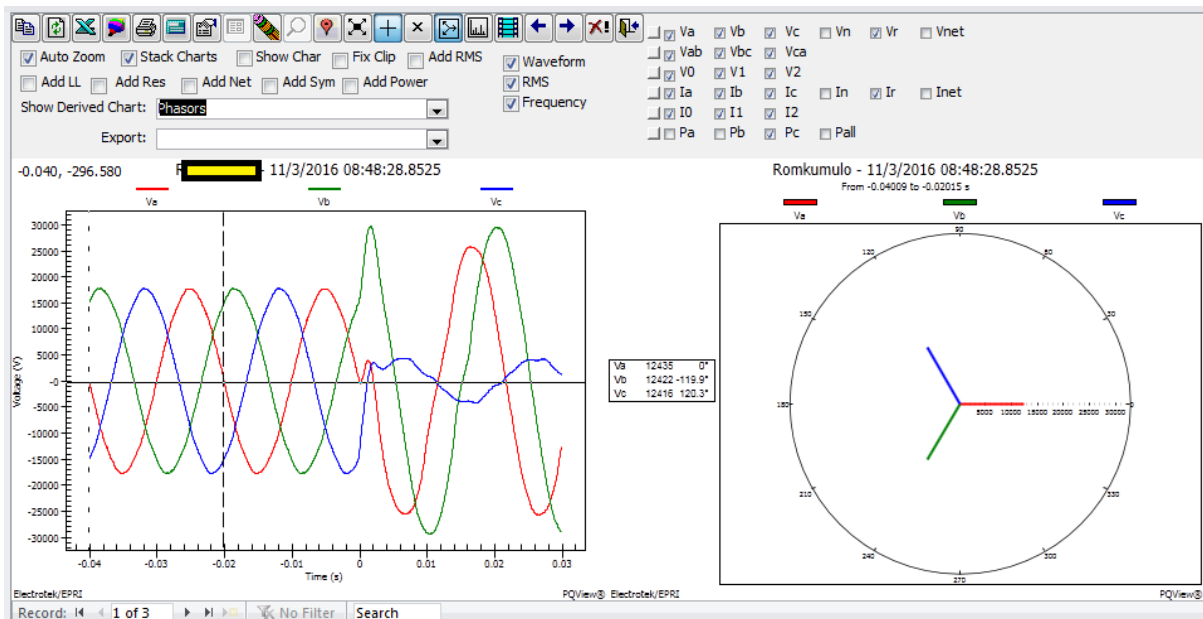


Figura 3.5: Forme de undă/fazori tensiuni Locația 1 – eveniment 2

În Figura 3.6 este prezentat evenimentul din data de 05.11.2016, ora 09:53:00, unde supratensiunea pe faza A ajunge la valoarea de 19,515 kV cu durata de 110 ms. Evenimentul s-a produs datorita unui gol de tensiune pe faza B. Se observă formele de undă ale tensiunii și curentului la apariția evenimentului.

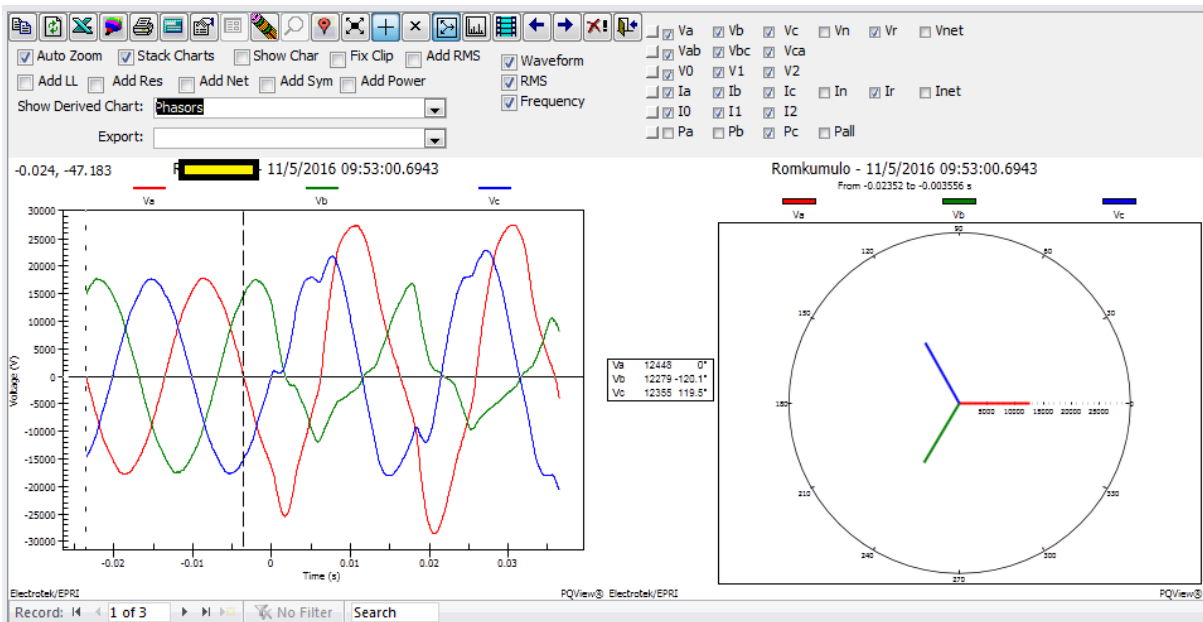


Figura 3.6: Forme de undă/fazori tensiuni Locația 1 – eveniment 3

În Figura 3.7 este prezentat evenimentul din data de 07.11.2016, ora 07:56:19, unde golul de tensiune pe faza A ajunge la valoarea de 3,844 kV cu durata de 320 ms. Evenimentul are ca urmare creșterea tensiunii pe faza C. Se observă formele de undă ale tensiunii și curentului la apariția evenimentului.

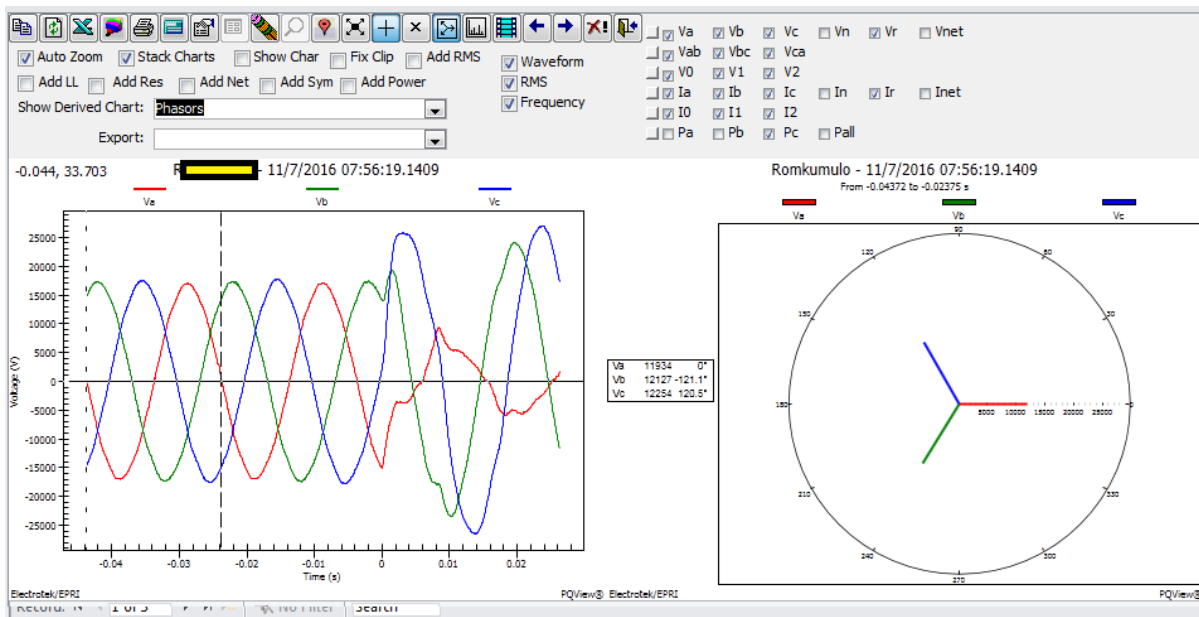


Figura 3.7: Forme de undă/fazori tensiuni Locația 1 – eveniment 4

În Figura 3.8 este prezentat evenimentul din data de 17.11.2016, ora 11:03:00, unde supratensiunea pe faza A ajunge la valoarea de 19,598 kV cu durata de 120 ms. Evenimentul s-a produs datorita unui gol de tensiune pe faza B. Se observă formele de undă ale tensiunii și curentului la apariția evenimentului.

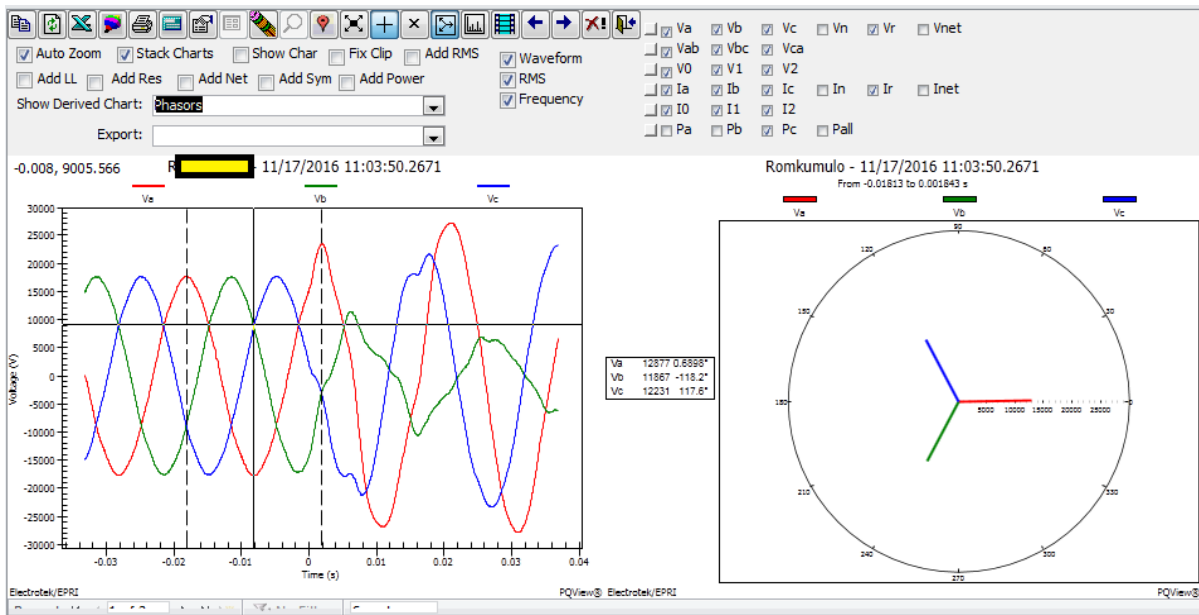


Figura 3.8: Forme de undă/fazori tensiuni Locația 1 – eveniment 5

În Figura 3.9 este prezentat evenimentul din data de 23.11.2016, ora 11:22:48, unde supratensiunea pe faza B ajunge la valoarea de 17,471 kV cu durata de 180 ms. Evenimentul s-a produs datorita unui gol de tensiune pe faza A. Se observă formele de undă ale tensiunii și curentului la apariția evenimentului.



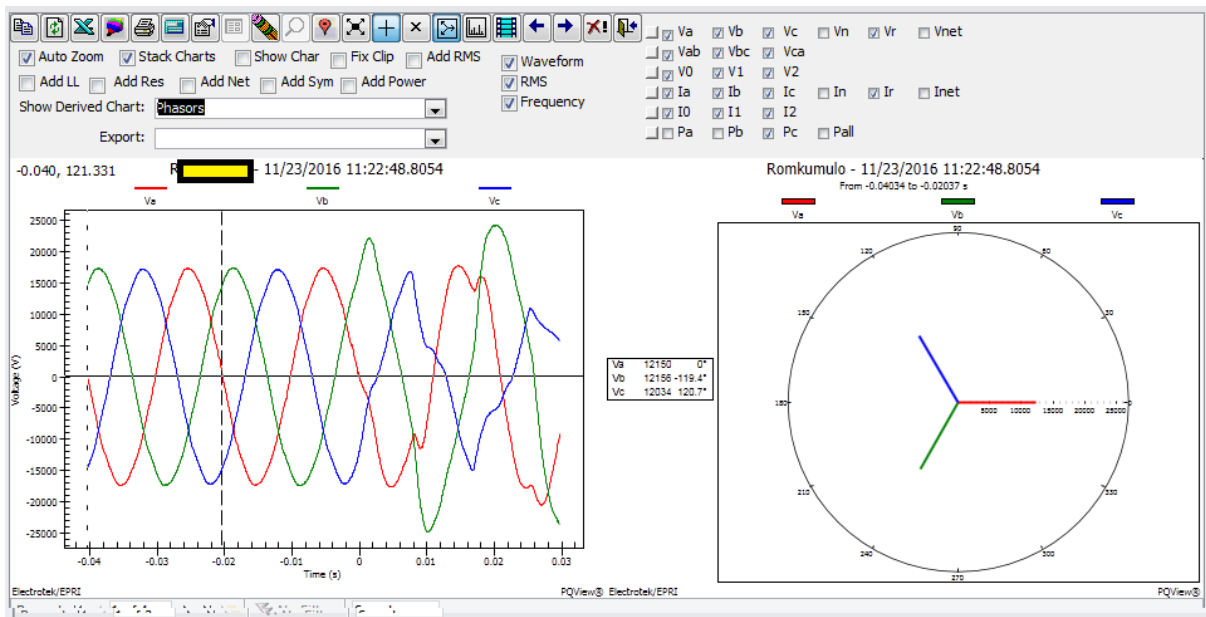


Figura 3.9: Forme de undă/fazori tensiuni Locația 1 – eveniment 6

In Figura 3.10 este prezentată evoluția flickerului de lungă durată:

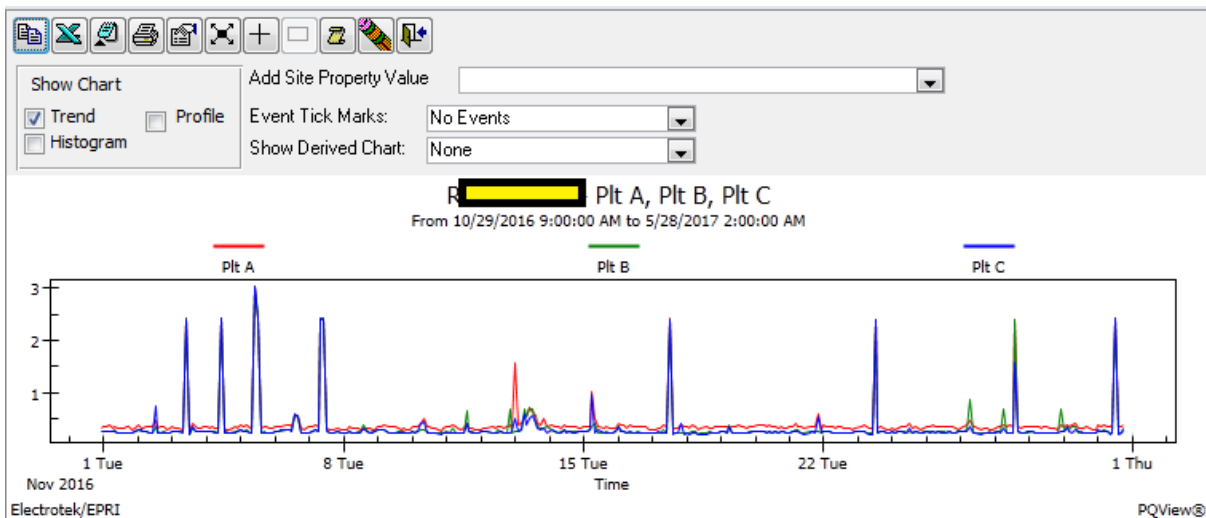


Figura 3.10: Variație flicker Pt

In Figura 3.11 este prezentata evolutia factorului total de distorsiune armonica pe cele trei faze in probabilitate relativa si cumulata:

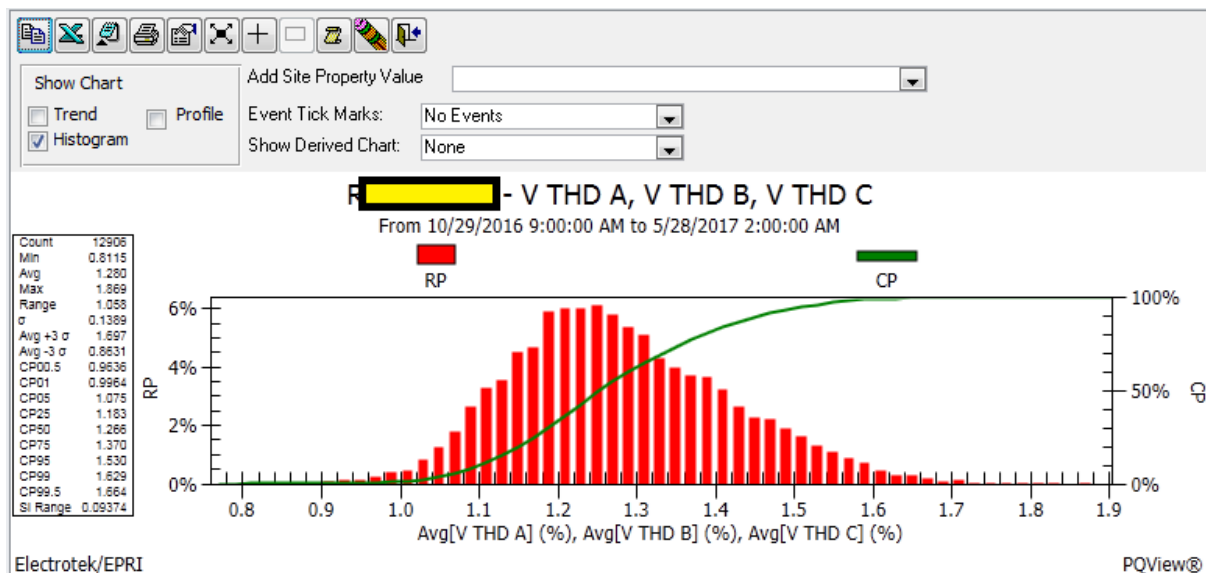


Figura 3.11: Factor de distorsiune armonică - histograma

### Locația 2 - 20 kV

Evoluția parametrilor electrici ai sistemului fotovoltaic este descrisă complet în raportul generat de software-ul PQView. Acest raport include evoluțiile în timp, histogramele și tabelele cu informații statistice privind stările sistemului de generare.

Și în acest caz a fost evidențiată evoluția factorului de flicker pe termen lung, ale cărui valori caracteristice supraunitare indică prezența unor fluctuații de tensiune care depășesc limita admisă de SPSDEE, cu mai mari amplitudinii, precum și cele mai grave distorsiuni ale curbelor de curent înregistrate în special în intervalele de la dimineață și seară și în zilele cu alternări ale perioadelor de însorire.

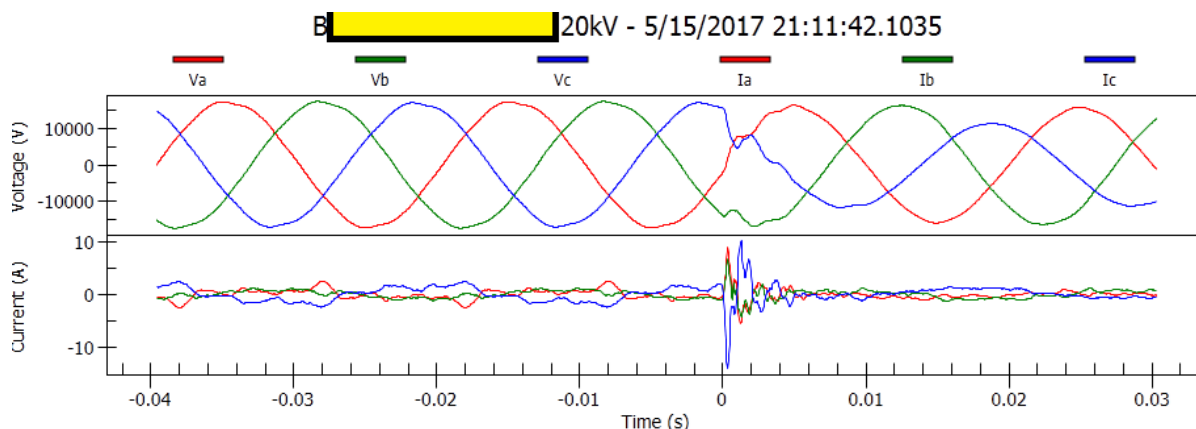


Figura 3.12: Curbele tensiune/curent la bornele centralei – ora 21:00

Tabel 3.4: Lista cu evenimente extrase din PQView în perioada monitorizată pentru Locația 2

Date: 6/6/2017  
From 5/13/2017 to 5/21/2017

Location	Time	Phase	Event Type	Voltage Magnitude		Duration	
				kV	PU	Cycles	Sec
20kV	5/15/2017 06:27:46.5025	A	Inst. Swell	14.585	1.263	13.5	0.270
20kV	5/15/2017 08:18:13.0240	A	Inst. Swell	12.713	1.101	0.5	0.010
20kV	5/15/2017 08:53:10.4819	A	Inst. Swell	22.957	1.988	25.5	0.510
20kV	5/15/2017 10:30:05.4269	A	Inst. Swell	22.430	1.942	25.0	0.500
20kV	5/15/2017 10:54:08.0389	B	Inst. Swell	12.745	1.104	1.5	0.030
20kV	5/15/2017 21:11:42.1139	C	Inst. Sag	7.602	0.658	4.5	0.090
20kV	5/15/2017 22:42:11.0281	A	Inst. Swell	12.716	1.101	1.0	0.020
20kV	5/16/2017 01:08:43.2517	C	Inst. Sag	7.640	0.662	4.5	0.090
20kV	5/16/2017 07:33:04.6306	B	Inst. Swell	15.782	1.367	18.0	0.360
20kV	5/16/2017 10:13:33.6811	B	Inst. Swell	16.868	1.461	6.5	0.130
20kV	5/16/2017 11:29:13.7163	A	Inst. Swell	17.212	1.491	13.5	0.270
20kV	5/16/2017 12:24:58.0996	A	Inst. Swell	13.228	1.146	3.5	0.070
20kV	5/16/2017 12:52:11.2213	A	Inst. Swell	14.751	1.277	4.0	0.080
20kV	5/16/2017 15:17:17.7171	A	Inst. Swell	15.510	1.343	10.0	0.200
20kV	5/16/2017 16:22:13.5651	B	Inst. Swell	12.708	1.101	0.5	0.010
20kV	5/16/2017 21:40:23.9529	B	Inst. Swell	12.887	1.116	2.5	0.050
20kV	5/17/2017 09:20:43.4618	B	Inst. Swell	12.837	1.112	2.0	0.040
20kV	5/17/2017 12:31:31.2718	C	Inst. Swell	14.528	1.258	4.0	0.080
20kV	5/17/2017 13:39:48.5231	C	Inst. Swell	20.633	1.787	14.0	0.280
20kV	5/17/2017 13:57:54.8240	C	Inst. Swell	12.830	1.111	1.5	0.030
20kV	5/17/2017 14:08:13.3521	C	Inst. Swell	12.771	1.106	1.5	0.030
20kV	5/17/2017 18:08:18.1294	A	Inst. Swell	12.829	1.111	1.5	0.030
20kV	5/18/2017 09:20:57.6324	C	Inst. Swell	13.780	1.193	4.0	0.080
20kV	5/18/2017 14:52:04.1451	B	Inst. Swell	14.046	1.216	14.0	0.280
20kV	5/18/2017 16:22:59.3493	A	Inst. Swell	12.829	1.111	2.0	0.040
20kV	5/19/2017 05:04:38.4079	A	Inst. Swell	12.790	1.108	1.5	0.030
20kV	5/19/2017 06:50:08.1382	B	Inst. Swell	14.785	1.280	10.5	0.210
20kV	5/19/2017 15:13:35.6185	B	Inst. Swell	14.280	1.237	15.0	0.300
20kV	5/19/2017 15:58:31.5719	A	Inst. Swell	14.625	1.267	13.5	0.270
20kV	5/19/2017 16:10:20.1064	B	Inst. Swell	12.869	1.114	2.0	0.040
20kV	5/19/2017 17:05:21.7151	C	Inst. Swell	12.808	1.109	1.5	0.030
20kV	5/20/2017 02:46:46.4255	C	Inst. Interruption	0.586	0.051	9.0	0.180
20kV	5/20/2017 03:18:41.8959	B	Inst. Swell	12.805	1.109	2.0	0.040
20kV	5/20/2017 07:16:01.9605	B	Inst. Swell	14.568	1.262	1.5	0.030
20kV	5/20/2017 14:25:51.0578	A	Inst. Swell	12.823	1.110	2.0	0.040
20kV	5/20/2017 17:07:46.8374	A	Inst. Swell	13.376	1.158	3.5	0.070

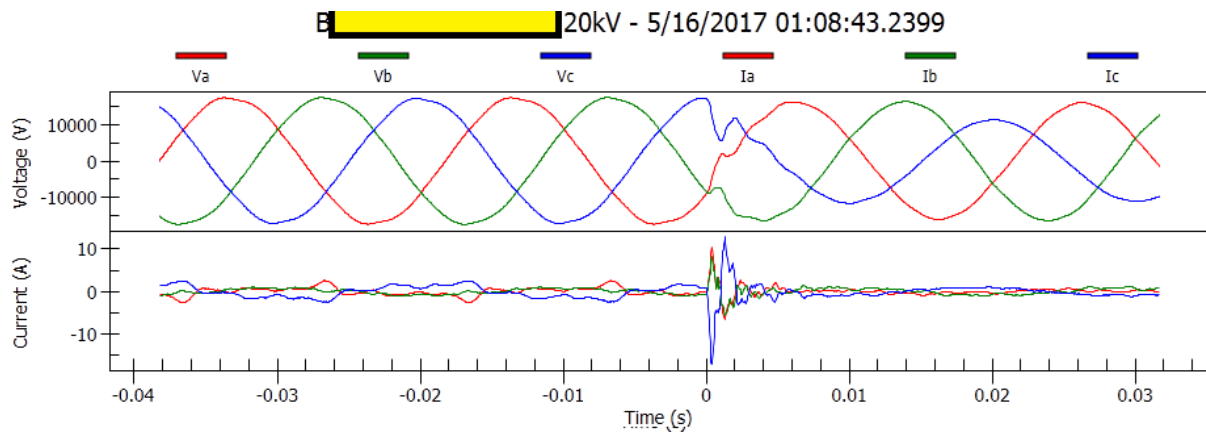


Figura 3.13: Curbele tensiune/curent la bornele centralei – ora 01:00

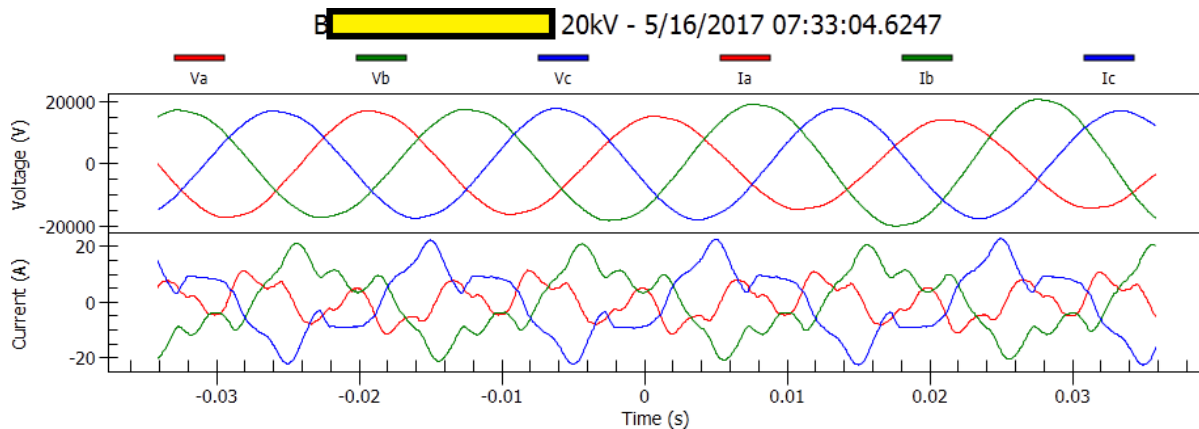


Figura 3.14: Curbele tensiune/curent la bornele centralei – ora 07:00

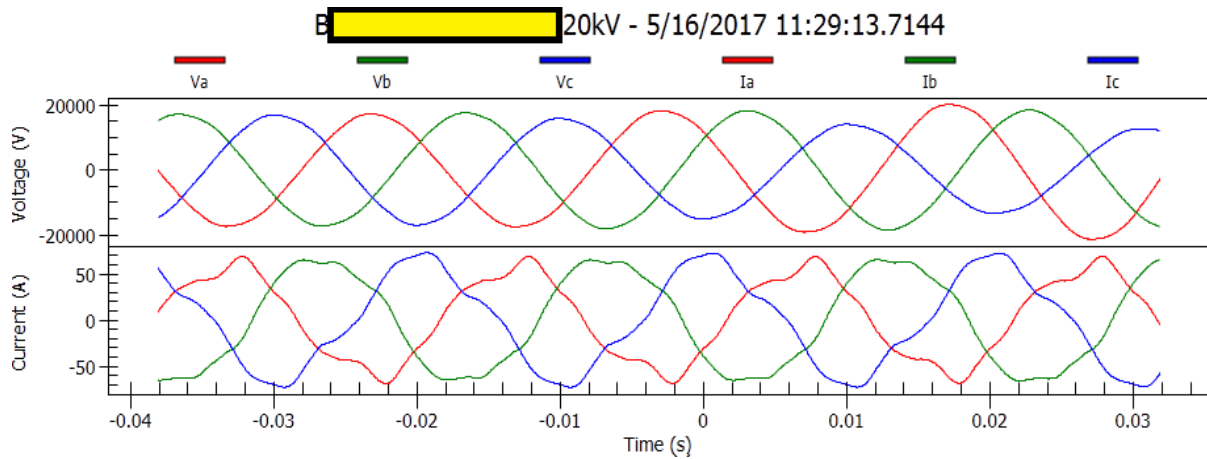


Figura 3.15: Curbele tensiune/curent la bornele centralei – ora 11:00

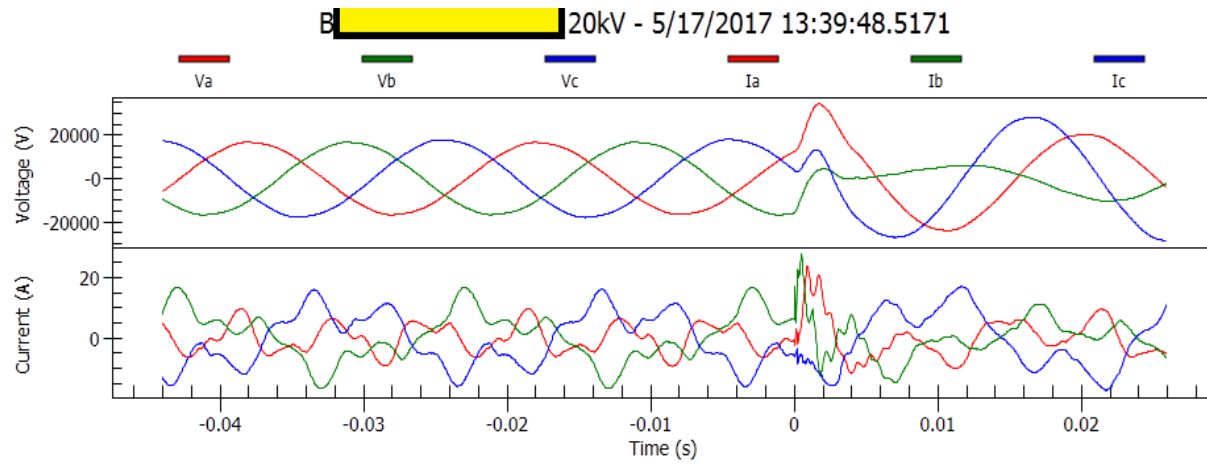


Figura 3.16: Curbele tensiune/curent la bornele centralei – ora 13:00

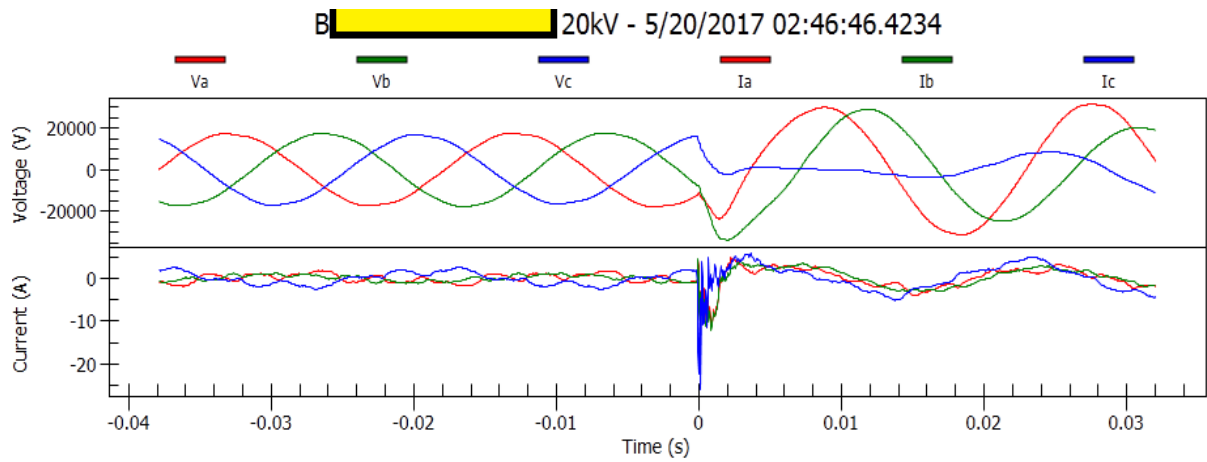


Figura 3.17: Curbele tensiune/curent la bornele centralei – ora 02:00





## **CAPITOLUL 4. SPECIFICAȚII DE UTILIZARE PENTRU BIBLIOTECA DIGITALĂ DE CALITATE A ENERGIEI ELECTRICE PQLib**

Aplicația *PQLib Biblioteca digitală de calitatea energiei electrice* este organizată ca o anexă a sistemului de conversie, management și analiză a datelor de calitatea energiei electrice SYMMPQI dezvoltat în cadrul proiectului BRIDGE 75BG cu același nume, în cadrul căruia am efectuat un stagiul de pregătire practică.

Această aplicație permite accesarea unei colecții de informații (curbe, înregistrări, analize sumare) privind cazuri reprezentative/template-uri de probleme de calitatea energiei electrice, organizate într-o bază de date gestionată cu ajutorul aplicației PQView.

### **4.1. Termeni generali și acronime**

**Tensiune nominală** – valoare nominală a tensiunii prin care instalația electrică sau o parte a instalației electrice este numită și identificată.

**Indicatori de calitate pentru serviciul de furnizare** - parametrii ai serviciului de distribuție a energiei electrice ale căror niveluri minime sunt stabilite prin Standardul de performanță al serviciului de distribuție a energiei electrice.

**Deconectare** - desfacerea legăturii electrice dintre rețeaua electrică a unității de distribuție și instalația de utilizare a consumatorului.

**Înterupere** - suspendarea temporară a furnizării energiei electrice consumatorilor, fără deconectarea lor de la rețea.

**Înterupere neprogramată** - suspendarea temporară a furnizării energiei electrice consumatorilor, fără deconectarea lor, cauzată de accidente în rețeaua electrică sau alte circumstanțe neprevăzute.

**Înterupere programată** - suspendarea temporară a furnizării energiei electrice consumatorilor, fără deconectarea lor, cauzată de necesitatea efectuării lucrărilor de exploatare și/sau reparații planificate de către unitatea de distribuție sau transport și anunțată din timp consumatorilor.

**Înterupere neplanificată** – întrerupere despre care utilizatorii afectați nu au fost anunțați în prealabil cu minimum 24 de ore înainte de producere.

**Gol de tensiune** – reducerea bruscă a tensiunii mai jos de 90% de la valoarea nominală, urmată de revenirea tensiunii la valoarea inițială după o perioadă scurtă de timp în conformitate cu parametrii de calitate stabiliți conform legii.

**Supratensiune** –majorarea tensiunii într-un punct al rețelei electrice pînă la o valoare mai mare de  $1,1U_{nom}$  (tensiunea nominală) pe o durată mai mare de 10ms, care apare în urma comutațiilor sau scurtcircuitelor.

**Abaterea admisibilă a tensiunii** –abaterea normal admisibilă a tensiunii, în punctele de delimitare între instalația de utilizare a consumatorului final și rețeaua electrică de distribuție, conform Standardului de performanță al serviciului de distribuție a energiei electrice.

**Flicker** –senzația de jenă vizuală produsă de o sursă luminoasă a cărei luminozitate sau distribuție spectrală variază în timp datorită variației tensiunii la alimentare.

**Nesimetrie**– stare a unui sistem trifazat de tensiuni (curenți) cu amplitudini ale tensiunii (curentului) pe fază diferite sau/și defazaje între fazele consecutive diferite de  $2/3$  rad.

**Echipament de măsurare** - ansamblul aparatelor sau sistemelor care servesc la măsurarea puterii și evidența cantității de energie electrică furnizată consumatorului, în vederea facturării.

**Analizor de calitate a energiei electrice** – aparat electric (monitor) destinat măsurării indicatorilor de calitate a energiei electrice și care asigură înregistrarea, prelucrarea și păstrarea informației în conformitate cu cerințele IEC 61000-4-30.

**Control al calității energiei electrice** – verificarea conformității indicatorilor de CEE cu prevederile Standardului de performanță al serviciului de distribuție a energiei electrice.

**Consumator perturbator** – consumatorul care utilizează receptoare electrice cu caracteristici electrice neliniare sau/și cu regim de lucru nesimetric, care provoacă distorsiunea curbelor de tensiune și curent, variații de tensiune sau nesimetrie a sistemului trifazat de tensiuni în rețeaua electrică.

**Indicator de calitate a energiei electrice** – caracteristică de apreciere cantitativă a proprietăților energiei electrice, analizat sub aspectul îndeplinirii cerințelor privind producerea, transportul, distribuția sau consumul.

**Punct comun de cuplare (PCC)** – punct al unei rețele electrice, cel mai apropiat din punct de vedere electric de un utilizator, la care sunt sau pot fi conectați și alți utilizatori.

**CEE** - Calitatea energiei electrice.

**OD** – operatorul rețelei de distribuție.

### Concept de baza

Conceptul de bază al aplicației PQLib se încadrează în tiparul definit pentru conceptul general al sistemului SYMMPQI – accesibilitate rapidă/facilă.

În ciuda dificultăților și a investițiilor necesare, calitatea energiei electrice este un domeniu în care costurile de implementarea unui instrument/strategii de evaluare prin raportare la referințe se pot recupera relativ rapid deoarece:

- CEE implică un număr mare de perturbații (de ex.: armonici, goluri de tensiune, fenomene tranzitorii de comutație, variații rapide de tensiune etc.). Acest lucru face dificilă deținerea de către o singură persoană a unui nivel mare de expertiză privind toate caracteristicile de CEE o persoană să aibă un nivel ridicat de expertiză pentru toate aceste fenomene.

- Utilizatorii actuali ai rețelei de distribuție care raportează probleme de CEE au așteptări mari și în general, solicit rezolvarea imediată a acestora din motive economice sau de siguranță.

- Soluțiile și tehnologiile actuale sunt în schimbare continuă, atât în ceea ce privește eficiența/capabilitățile, cât și costurile.

- Rețeaua electrică de distribuție se pregătește pentru integrarea pe scară largă a surselor de energie regenerabilă și a generării distribuite, cu probleme de CEE particulare.

- Multe dintre lecțiile învățate din investigațiile/campaniile anterioare privind CEE vor fi aplicabile în cazul acțiunilor viitoare.

Efectuarea studiilor privind funcționarea rețelelelor electrice necesită un volum impresionant de date de operare (reale), a căror achiziție și/sau consolidare este în general dificilă, necesitând o completare cu date experimentale sau generate de simulări numerice. Elaborarea, dezvoltarea și stocarea acestor informații prezintă, de aceea un interes major.

O soluție adaptată gradului de accesibilitate dorit este aplicația *Biblioteca digitală de calitate a energiei electrice - PQLib*. Aceasta prezintă avantajul stocării centralizate de informații specializate privind cazuri de interes sau specifice pentru funcționarea rețelei de distribuție într-o locație dedicată la care este asigurat un acces facil și pentru personalul autorizat.

### Scop



- Centralizarea tipurilor de perturbații în vederea facilitării interpretării formelor de undă ale mărimilor măsurate la apariția unui eveniment (identificarea evenimentelor)
- Suport pentru înțelegerea/ determinarea cauzelor probabile ale unui eveniment
- Optimizarea funcționării rețelei, prin sugerea unor măsuri corective oportune pentru situația/locația respectivă
- Componentă sau suport pentru audituri de CEE
- Analiza asistată/simulare
- Instruirea personalului.

## **4.2. Descriere PQLib – structură și funcționalități**

### **4.2.1. Caracteristici generale și arhitectură**

În această versiune, Biblioteca digitală de calitatea energiei electrice PQLib este o aplicație software construită în mediul Visual Basic 6.0, concepută cu capacități de arhivare a cazurilor de interes, cu o interfață grafică prietenoasă.

Arhitectura de încadrare în sistem a PQLib este dată în Figura 4.1.

# SYMMPQI

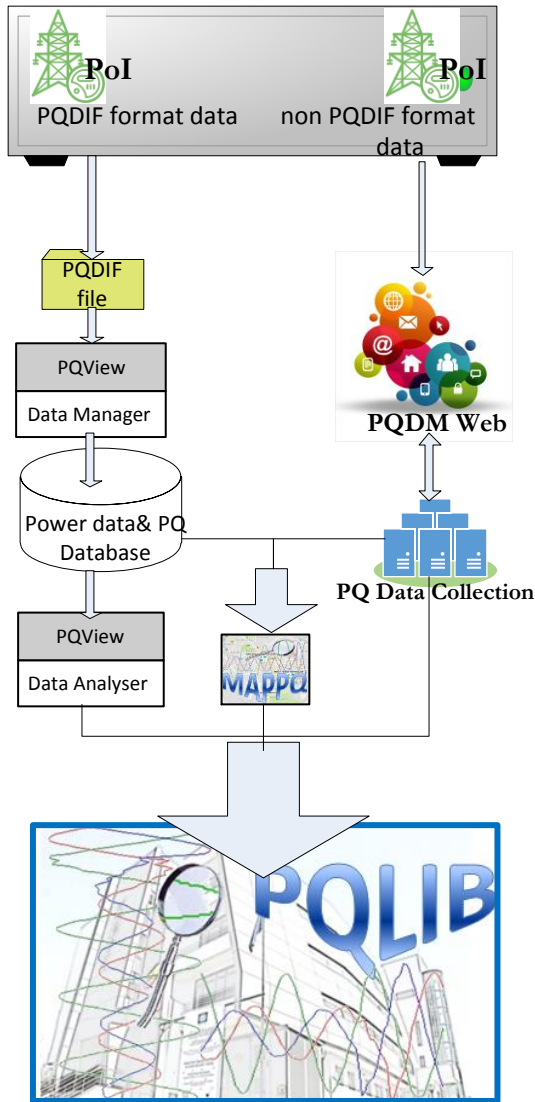


Figura 4.1. Arhitectura de încadrare în sistem a PQLib

În versiunea actuală, aplicația și arhiva cazurilor poate fi accesată de către personalul Distribuție Oltenia în mod remote desktop de pe calculatorul gazdă PQLib – INCESA sau cloud INCESA sau cu accesul autorizat (user și parolă) al locației dedicate pe site-ul web INCESA: [www.bridge75.incesa.ro/Module\\_SYMMPQI/PQLib](http://www.bridge75.incesa.ro/Module_SYMMPQI/PQLib).

Datele care stau la baza șabloanelor cu informații de tip caracterizare fenomene de CEE sunt cele din baza de date a sistemului PQView la OD sau SYMMPI (SYMPQD) – în curs de implementare la OD.

Pentru versiunea ulterioară se intenționează analiza variantelor de structurare a PQLib ca aplicație web, cu acces la baza de date CEE centralizată a OD, care să permită utilizatorilor autorizați să completeze și să actualizeze cu ușurință arhiva bibliotecii, utilizând rețeaua Intranet.

## 4.2.2. Template-uri

Avantajul organizării conținutului pe un set de șabloane este că toate documentele de un anumit tip vor avea același aspect, cu aceeași logică a abordării. Acest lucru facilitează în mod natural capacitatea de a găsi orice subset de informații conținute în document.

Pentru diferite tipuri de documente sunt create template-uri corespunzătoare (forme de undă, rapoarte parametri statistici de CEE, analize studii de caz generice, propuneri metode/soluții de îmbunătățire a CEE).

Aplicația agreează integrarea altor template-uri pentru informații generice privind calitatea energiei, rapoarte de testare, prezentări, rezultate de monitorizare și rapoarte de benchmarking.

Pe lângă formatul de bază cu template-uri standard, aplicația include "macro-uri" pentru facilitarea întreținerii bibliotecii. După introducerea datelor corespunzătoare, utilizatorul selectează un element de meniu care adaugă documentul la folder-ul desemnat al bibliotecii și actualizează baza de date asociată cu intrările din câmpurile de date.

### **4.2.3. Interfața grafică**

Modulele aplicației sunt relaționale. Acestea au asociate baze de date conținând template-uri cu categoria de informație accesată.

Meniul de acces al modulelor include opțiunile – Figura 2:

***Forme de unda***

***Parametrii de CEE***

***Analiza – Studii de caz***

***Soluții de control și compensare***

Interfața permite utilizatorilor să caute și să navigheze conținutul bibliotecii de calitate a energiei electrice cu ușurință. De asemenea, ar trebui să afișeze suficiente informații sumare asupra unui document.

Este prevăzută cu funcție de selectare tip versiune document pentru descărcare: o versiune "doar pentru citire" și "format nativ". Versiunea numai pentru citire permite doar vizualizarea documentului, în timp ce versiunea nativă permite unui utilizator autorizat să modifice sau să creeze un document nou pe baza conținutului fișierului .

Opțiunile de informare pot fi accesate cu ajutorul unei funcții *Search* care permite utilizatorului să caute rapid și să găsească cu ușurință conținutul de interes și un *Help* cu documentație legată de problematica generală a CEE.



Figura 4.2. Interfața meniu principal PQLib

#### 4.2.4. Categoriile de informații

Biblioteca include template-uri organizate în două categorii, numite aici:

1. Evenimente (corespund perturbațiilor tranzitorii)
2. Perturbații (corespund perturbațiilor de scurtă și lungă durată, de regim stabilizat)

Încadrarea în cele două categorii se face de către administratorul aplicației/utilizatorul autorizat prin încadrarea lor în intervalele de timp specifice în care au loc cele două tipuri de variații:

- Evenimentele sunt caracterizate de variații de la 1 la aprox. 180 de cicluri. O serie de evenimente au loc în mai puțin de un minut (1... aprox. 3600 de cicluri).
- Variațiile permanente (perturbații) durează mai mult de 1 minut. După cum se arată în grafic, evenimentele au o regiune de culoare care prezintă.

În termeni relativi durata asociată *evenimentelor* este max. 1.65% din intervalul de 1 oră sau max 0.069% din intervalul de 24 h. Valorile mai mari se asociază *perturbațiilor*.

Căutarea de exemple este pentru documente în care oricare dintre câmpuri (cuvinte cheie, titluri). Odată ce utilizatorii găsesc aceste documente, pot vizualiza sau descărca anumite informații cu informații utile. Înregistrările individuale sunt prevăzute cu link-uri pentru accesarea fișierelor cu informații relaționate: exemplu. *Analiza* relaționat cu *Parametri* sau *Solutie*.

Ca orice bibliotecă, conținutul disponibil determină utilitatea bibliotecii PQ. Crearea unui sistem ușor de accesat, pe care personalul să îl poată actualiza cu ușurință, este esențial pentru

succesul său. Una din caracteristicile importante ale acestei resurse trebuie să-I permită dezvoltarea în timp util. Îmbunătățirea și încorporarea experiențelor din resurse interne, precum și cele din afara companiei pot accelera acest proces.

#### **4.2.5. Informații arhivate**

Informațiile care pot fi accesate în PQLib, coreSpondente celor 4 opțiuni din meniul principal sunt:

*Forme de unda*

*Parametrii de CEE*

*Analiza – Studii de caz*

*Soluții de control și compensare*

Acestea corespund unei colecții (extindere în lucru) de evenimente/perturbații care acoperă cazuri generice de:

1. Gol de tensiune simetric
2. Gol de tensiune defect trecător monofazat
3. Gol de tensiune defect trecător bifazat
4. Gol de tensiune comutare sarcină
5. Supratensiuni temporare defecte la pământ
6. Supratensiuni temporare rezonanță
7. Supratensiuni comutare baterie condensatoare
8. Supratensiuni convertoare de frecvență
9. Armonici cuptoare cu arc
10. Armonici iluminat fluorescent
11. Armonici surse de putere în comutație
12. Armonici surse de generare distribuită
13. Flicker cuptor cu arc
14. Flicker centrală fotovoltaică
15. Nesimetrii

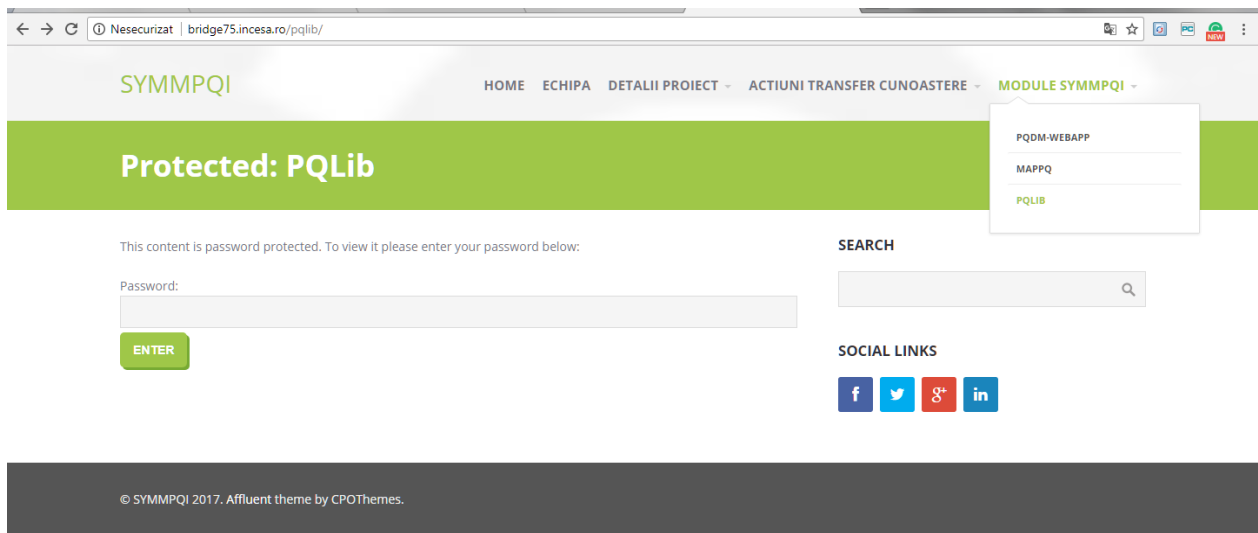
**Datele primare extrase la 01.11.2017** din:

- 10 (din 93 disponibile) seturi de măsurări parametri de calitate a energiei electrice realizate cu analizoare portabile și accesate din arhiva laboratorului REI-INCESA
- 6 seturi de măsurări parametri CEE accesate din baza de date PQView la OD (din 12 disponibile).

### **4.3. Mod de utilizare aplicație PQLib**

*Pasul 1.*

Accesarea aplicației - accesul la aplicație este acordat doar personalului autorizat, cu user definit și parola, atât în varianta remote desktop pe unitatea PQLib – INCESA, fie pe site-ul proiectului.



## ***Pasul 2.***

Se selectează una dintre opțiunile de mai jos, cu ordinea recomandată:

- 1. Forme de unda**
- 2. Parametrii de CEE**
- 3. Analiza – Studii de caz**
- 4. Solutii de control si compensare**

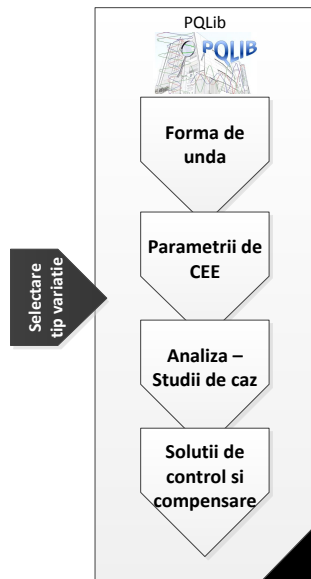


Figura 3. Succesiunea recomandată a accesării meniului PQLib

Se generează lista de foldere cu template-ul caracteristic, grupată pe Categoria *evenimente* și Categoria *perturbații*.



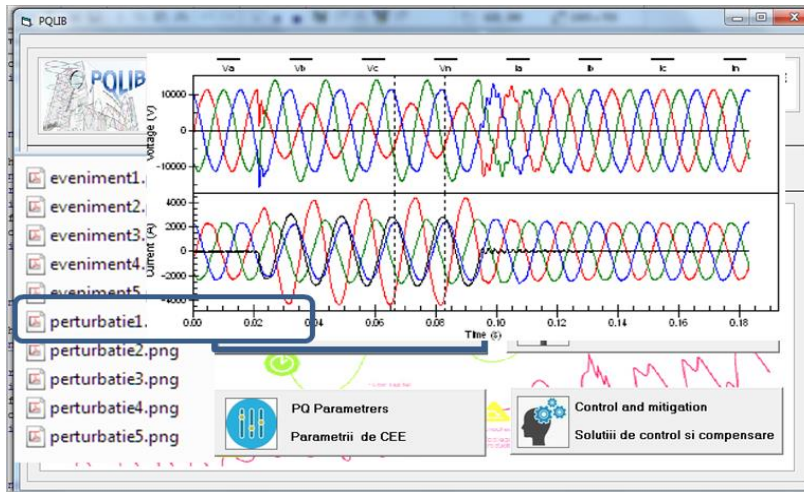
### Pasul 3

Se încarcă folderul pentru opțiunea selectată și se generează fișa de informații caracteristică.



### Exemplu perturbăție 1

#### 1. Interfață Forme de unda activă



#### 2. Interfață Parametri de CEE activă

PARAMETRI EVENIMENT/PERTURBAȚIE ID perturbatie1			
Parametru	Definiție	Valoare	Limită*
<b>Amplitudine gol de tensiune/ fază</b>			
$U_g$ - modulul tensiunii de fază considerată pe durata golului	$\Delta U_g = \frac{U_{Nf} - U_f}{U_{Nf}} = 1 - u_f =$		
$U_{Nf}$ - tensiunea nominală pe fază a rețelei			
$u_f$ - tensiunea restabilă de fază a golului			
<b>Durată gol de tensiune, sec</b>			
$t_i$ - momentul inițial al golului		$t_g = t_f - t_i =$	
$t_f$ - momentul final al golului			
<b>Amplitudine supratensiune, u.r.</b>			
$U_c$ - valoarea de vârf a tensiunii de alimentare		$u_r = \frac{U_r}{\sqrt{2}U_c} =$	
$U_r$ - tensiunea cea mai ridicată a rețelei (valoarea efectivă maximă a tensiunii între faze care poate să apară în orice moment și orice punct al rețelei electrice în condiții normale de funcționare)			
<b>Durată supratensiune, sec</b>			
$t_i$ - momentul inițial al supratensiunii		$t_s = t_f - t_i =$	
$t_f$ - momentul final al supratensiunii			
<b>Variație valoare efectivă tensiune alimentare (PC95), %</b>			
$U_{95}$ - PC95 (10 minute, 1 săptămână) a tensiunii de alimentare la MT, IT	$\Delta U = \frac{U_{ref,95} - U_{95}}{U_N} \cdot 100 =$		±10
$U_N$ - tensiunea nominală			
<b>Variație valoare efectivă tensiune alimentare (PC99), %</b>			
$U_{99}$ - PC99 (10 minute, 1 săptămână) a tensiunii de alimentare la MT, IT	$\Delta U = \frac{U_{ref,99} - U_{99}}{U_c} \cdot 100 =$		±10
$U_c$ - tensiunea contractuală			
<b>Factor total de distorsiune armonică (PC95), %</b>			
$U_1$ - valoarea efectivă a armonicii de tensiune 1	$TDD = \frac{1}{U_1} \cdot \sqrt{\sum_{h=2}^{25} U_h^2} =$	8.9	8
$U_h$ - valoarea efectivă a armonicii de tensiune h			
<b>Flicker pe termen lung (PC95), %</b>			
$P_{st}$ - severitatea flickerului pe termen scurt ( $P_{st}$ ), măsurată pe o perioadă de 10 minute	$P_{st} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{12} P_{st,i}^2}{12}} =$		1
<b>Nesimetrie de tensiune (PC95), %</b>			
$U_1$ - componența de succesiune inversă	$k_{un} = \frac{U}{U_N} \cdot 100 =$		2
$U_2$ - componența de succesiune directă			

\* Standardul de performanță pentru serviciul de distribuție a energiei electrice (Ord. 11/2018)

### 3. Interfață Analiza – Studii de caz activă

FIȘĂ ANALIZĂ CEE (PQ ANALYSIS)	
Nume model	perturbatie1
Sursă date	Monitor nume stație PQView <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/>
Nivel de tensiune	0.4 kV <input checked="" type="checkbox"/> 20 kV <input type="checkbox"/> 110 kV <input type="checkbox"/>
Durată	permanent
Nr. faze	1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>
Categorie	Eveniment <input type="checkbox"/> Perturbație <input checked="" type="checkbox"/>
Variație valori efective/medii	
Tip perturbație	Gol de tensiune <input type="checkbox"/> Interupere <input type="checkbox"/> Supratensiune <input type="checkbox"/> Variație de tensiune <input type="checkbox"/> Distorsiune armonică <input checked="" type="checkbox"/> Nesimetrie <input type="checkbox"/> Fluctuație de tensiune <input type="checkbox"/>
Valoare parametru CEE*	8.9 parametri
Includere parametru în limita standard**	Da <input type="checkbox"/> Nu <input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Nu <input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Nu <input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Nu <input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Nu <input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Nu <input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Nu <input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Nu <input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Nu <input type="checkbox"/>
Localizare cauză	Rețea <input type="checkbox"/> Utilizator rețea <input checked="" type="checkbox"/>
Cauză estimată	Consumator industrial
Sursă	Acționări cu turație variabilă, Compensare reactiv
Necesită investigații suplimentare	Da <input type="checkbox"/> Nu <input checked="" type="checkbox"/>
Măsură de îmbunătățire***	soluție

\* Indicatori normali (ex. indicatori de incident/durată monitorizată sau PC95 la 10 min / 1 săptămână) - din fișier amonim accesat cu opțiunea PQ Parameters (Parametri de CEE)  
\*\* Standard de performanță al serviciului de distribuție a energiei electrice  
\*\*\* Fișier amonim accesat cu opțiunea Control and mitigation (Soluții de control și compensare)

### 4. Interfață Analiza – Soluții de control și compensare activă

CONTROL/COMPENSARE PROBLEME CEE	
Nume model	perturbatie1
Tip perturbație/ eveniment	Distorsiune armonică
Tip intervenție	Organizator <input type="checkbox"/> Compensare <input checked="" type="checkbox"/>
Responsabilitate	Operator rețea <input type="checkbox"/> Utilizator rețea <input checked="" type="checkbox"/>
Valori nominale	$U_N = 0.4 \text{ kV}$ $I_N = 1200 \text{ A}$ $P_N =$ $Q_N =$ $S_N = 800 \text{ kVA}$ $FP =$
Valori măsurate	$U = 0.39 \text{ kV}$ $I = 800 \text{ A}$ $P = 432 \text{ kW}$ $Q = 664 \text{ kVar}$ $S = 792 \text{ kVA}$ $FP = 0.65$
Indicator perturbație măsurat *	VTHD = 8.9% parametri



***CAPITOLUL 5. CONCLUZII***

Tendențele actuale de abordare a problemei calității energiei electrice urmăresc, în principal, trei direcții:

1. analiza parametrilor actuali de calitate și dezvoltarea unor programe eficiente de monitorizare, care să stea la baza unor relații corecte între participanții implicați pe traseul producție – consum;
2. evaluarea efectelor abaterilor față de limitele recomandate de reglementările naționale;
3. stabilirea unor măsuri eficiente tehnice, organizatorice, contractuale și juridice, care să asigure încadrarea parametrilor de calitate în limitele impuse de standarde.

Asigurarea unui nivel standard de calitate a energiei electrice (CEE) în nodurile rețelelor electrice și monitorizarea corectă a parametrilor acestora în aceste puncte sunt elemente determinante în asigurarea serviciilor oferite de către furnizor.

Cunoașterea parametrilor CEE, a modului practic de determinare, interpretarea rezultatelor monitorizării acestora și cunoașterea limitelor admise ale perturbațiilor, prezintă un deosebit interes pentru asigurarea unei energii de calitate standard și pentru decizii privind măsurile care trebuie adoptate în acest scop, pentru oricare din operatorii de rețea.

Calitatea energiei electrice influențează condițiile de funcționare ale rețelelor, având implicații tehnice și economice deosebite asupra consumului de energie electrică și securității funcționării sistemului electroenergetic. Optimizarea funcționării poate fi asistată de o supraveghere corespunzătoare a proceselor și un management adecvat al energiei electrice, ambele fiind direct dependente de monitorizarea calității energiei electrice.

Aspectele de CEE trebuie să vizeze în consecință fiecare participant în raport cu sistemul și Operatorul de Rețea cu care are interfața consumatorului, în raport cu participanții la piață.

Implicațiile economico-financiare ale problemelor de calitate a energiei electrice, care determină anual pierderi de ordinul milioanei de EURO la nivelul țărilor europene, impun găsirea unor soluții eficiente din perspectiva minimizării-eliminării acestor probleme în vederea creșterii productivității. Monitorizarea calității energiei electrice rămâne cea mai abordabilă alternativă de detectare și diagnosticare a problemelor la nivelul sistemului.

Trebuie de asemenea amintită tendința actuală de dezvoltare a producției descentralizate de energie electrică folosind surse regenerabile, în principiu necontrolabilă. Aceasta face esențială monitorizarea, dar și dezvoltarea de instrumente de construire și gestionare a bazelor de date de CEE care să permit dezvoltarea și întreținerea sistemelor de control al calității energiei electrice.

#### *Aspecte generale urmărite de analiza CEE în RED*

- Monitorizarea calității produsului “energie electrică” prin măsurarea/urmărirea/analiza unui set de parametri de calitate în conformitate cu Codul RED cu ajutorul unui sistem de aparate de măsurare complexe (analizoare de calitate);
- Constituirea unor baze de date complexe și extinse, pentru intervale de lungă durată;
- Utilizarea sistemului software pentru managementul și analiza datelor CEE PQView în vederea organizării și analizei datelor, precum și generării de rapoarte de evenimente în urma monitorizării (intervale standardizate de 1 săptămână), punându-se în evidență încadrarea parametrilor monitorizați în limitele planificate în intervalele reglementate de 95% din perioada de măsurare;

- Analiza statistică a indicatorilor de calitate a energiei electrice;
- Analiza per ansamblu a performanțelor Rețelei de Distribuție, referitoare la:
  - Tensiune – banda de variație
  - Armonici de tensiune și curent
  - Nesimetria de tensiune
  - Fluctuații de tensiune (flicker).

## **BIBLIOGRAFIE**

1. [www.pqview.com](http://www.pqview.com)

2. [ANR2] \*\*\* ANRE 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
3. Compania Nationala de Electricitate S.C. ELECTRICA S.A., *Codul tehnic al Retelelor Electrice de Distribuție*, 2000
4. \*\*\*Webstore International Electrotechnical Commission, <http://www.iec.ch>/H. Mehta, J. C. Smith, J. L. Thompson, "Important Power Quality Concerns on the Supply Network." Proceedings: 1<sup>st</sup> International Conference on Power Quality: End-Use Applications and Perspectives (PQA'91), Paris, France, October 1991.
5. Golovanov, C.; Albu, M., *Probleme moderne de măsurare în electroenergetică*, Editura Tehnică, București, 2001.
6. C. Ionescu Golovanov, „Măsurarea mărimilor electrice în sistemul electroenergetic”, Ed. Academiei Române – Ed. AGIR, București 2009.
7. \*\*\* IEC 61000-2-8: 2004, *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 2-8: Environment - Voltage dips and short interruptions on public electric power supply systems with statistical measurement results*.
8. \*\*\* IEC 61000-4-30/2007, *Electromagnetic compatibility (EMC) Part 4 30: Testing and measurement technique Power quality measurement methods*.
9. \*\*\* IEC 61000-4-15/2003 *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4: Testing and measurement techniques Section 15: Flickermeter - Functional and design*.
10. \*\*\* IEC 61000-3-13 *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-13 Assessment of emission limits for the connection of unbalanced installations to MV, HV and EHV power systems*.
11. \*\*\* IEC 61000-4-7 ed2.1 *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*, [IEC Standards+ 61000-4-7:2009](#).
12. \*\*\* [IEC 61000-3-2 ed3.2 Consol. with am1&2 \(2009-04\)](#), *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-2: Limits - Limits for harmonic current emissions (equipment input current  $\leq 16$  A per phase)*, [IEC Standards+ 61000-3-2:2009](#).
13. \*\*\* IEC 61000-3-3 ed3.0, *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-3: Limits - Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current  $\leq 16$  A per phase and not subject to conditional connection*, [IEC Standards+ 61000-3-3:2013](#).
14. \*\*\* IEC/TR 61000-3-6 Edition 2.0, *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-6: Limits - Assessment of emission limits for the connection of distorting installations to MV, HV and EHV power systems*, IEC Technical Report 61000-3-6:2008.
15. \*\*\* [IEC/TR 61000-3-7 ed2.0 \(2008-02\)](#), *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-7: Limits - Assessment of emission limits for the connection of fluctuating installations to MV, HV and EHV power systems*, IEC Technical Report 61000-3-7:2008.
16. E. W. Gunther, J. L. Thompson, R. V. Dwyer, H. Mehta, "Monitoring Power Quality Levels on Distribution Systems." Proceedings: 2<sup>nd</sup> International Conference on Power Quality: End-Use Applications and Perspectives (PQA'92), Atlanta, Georgia, October 1992.
17. L. C. Markel, C. J. Melhorn, S. R. Williams, H. Mehta, "Design of a Measurement Program to Characterize Distribution Power Quality." Proceedings: 12<sup>th</sup> International Conference on Electricity Distribution (CIRED'93), Birmingham, England, May 1993.

18. E. W. Gunther, D. D. Sabin, H. Mehta, "Update on the EPRI Distribution Power Quality Monitoring Project." National Conference on Power Quality: End-Use Applications and Perspectives (PQA'93), San Diego, California, October 1993
19. W. W. Dabbs, D. D. Sabin, T. E. Grebe, H. Mehta, "[Probing Power Quality Data](#)." IEEE Computer Applications in Power, May 1994.
20. S. R. Kaprielian, A. E. Emanuel, M. F. McGranaghan, R. V. Dwyer, H. Mehta, "[Predicting Voltage Distortion in Systems with Multiple Harmonic Sources: A Probabilistic Approach](#)." IEEE Transactions on Power Delivery, July 1994.
21. D. D. Sabin, T. E. Grebe, S. R. Baird, A. Sundaram, "Preliminary Results from the EPRI Distribution Power Quality Project." Proceedings: 3<sup>rd</sup> International Conference on Power Quality: End-Use Applications and Perspectives (PQA'94), Amsterdam, Netherlands, October 1994.
22. E. W. Gunther, H. Mehta, "[A Survey of Distribution System Power Quality - Preliminary Results](#)." IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 10, No. 1, January 1995.
23. D. D. Sabin, T. E. Grebe, A. Sundaram, "Preliminary Results for Eighteen Months of Monitoring from the EPRI Distribution Power Quality Project." Proceedings: 4<sup>th</sup> International Conference on Power Quality: End-Use Applications and Perspectives (PQA'95), New York, New York, May 1995.
24. D. D. Sabin, T. E. Grebe, A. Sundaram, "Surveying Power Quality Levels on US Distribution Systems." Proceedings: 13<sup>th</sup> International Conference on Electricity Distribution (CIRED'95), Brussels, Belgium, May 1995.
25. D. D. Sabin, T. E. Grebe, C. J. Melhorn, A. Sundaram, "Distribution Power Quality Measurement Program," 48<sup>th</sup> Power Distribution Conference, October 1995, Austin, Texas.
26. G.T. Heydt, E. W. Gunther, "Post-Measurement Processing of Electric Power Quality Data," IEEE Transactions on Power Delivery, 96 WM 063-8 PWRD.
27. D. D. Sabin, A. Sundaram, "Quality Upgrades Reliability," IEEE Spectrum, February 1996.
28. D.D. Sabin, D.L. Brooks, A Sundaram, "[Indices for assessing harmonic distortion from power quality measurements: definitions and benchmark data](#)," IEEE Transactions on Power Delivery, vol.14, no.2, pp. 489-496, Apr 1999.
29. D. D. Sabin, T.E. Grebe, A. Sundaram, "[RMS voltage variation statistical analysis for a survey of distribution system power quality performance](#)," Conference Proceedings of IEEE Power Engineering Society 1999 Winter Meeting, IEEE , vol.2, no., pp.1235,1240 vol.2, 31 Jan-4 Feb 1999.
30. D. D Sabin, T.E. Grebe, D.L. Brooks, A. Sundaram, "[Rules-based algorithm for detecting transient overvoltages due to capacitor switching and statistical analysis of capacitor switching in distribution systems](#)," Proceedings of 1999 IEEE Transmission and Distribution Conference, vol.2, no., pp.630,635 vol.2, 11-16 Apr 1999.
31. [www.bridge75.incesa.ro](http://www.bridge75.incesa.ro)

## ANEXE

### Anexa 1. Clasificare variații caracteristice

Există mai multe criterii pentru caracterizarea perturbațiilor, care apar în rețelele de distribuție a energiei electrice.

Din punctul de vedere al duratei, perturbațiile pot fi:

### **1. Perturbații tranzitorii**

a. *Impulsurile tranzitorii* sunt de regulă unidirecționale ca și polaritate.

b. *Oscilațiile tranzitorii* constau în variații rapide ale tensiunii sau curentului cu schimbări bruște de polaritate.

Cauzele posibile ale perturbațiilor tranzitorii de tip impuls, sunt: fulgerele, defecte pe linii, contacte defectuoase, conectarea sau deconectarea unei sarcini sau comutația dispozitivelor pentru îmbunătățirea factorului de putere.

### **2. Perturbații de scurtă durată**

a. *Golurile de tensiune* includ o scădere bruscă a tensiunii în rețeaua de alimentare sub  $0,9 U_n$ , urmată de o revenire la tensiunea inițială sau aproape de nivelul de un interval de timp de zece milisecunde până la câteva zeci de secunde;

Sunt cauzate, ca regulă, de defecte ale sistemului de distribuție a energiei electrice sau echipamente defecte- (o linie căzută la pământ – defect, care va persista până nu va fi înlăturat), pornirea-oprirea unor sarcini foarte mari (motoare).

**3. Perturbațiile de lungă durată** se referă la variații ale valorii efective pe o perioadă de timp ce depășește un minut.

a. *Supratensiunile* sunt creșteri ale valorii efective (la frecvența nominală) a tensiunii peste  $1.1 U_n$  pentru intervale mai lungi de 10 ms, care apar în sistemele de alimentare

Printre cauzele care generează astfel de perturbații se numără: decuplarea unor sarcini mari, variații în compensarea reactivă a sistemului, la producerea unui scurt-circuit sau reglarea defectuoasă a reglatoarelor de tensiune.

b. *Subtensiunile* sunt scăderi ale valorii efective nominale (la frecvența nominală) pentru intervale mai lungi de un minut.

Sunt produse de conectări ale unor sarcini mari, variații ale compensării reactive a sistemului, reglatoare de tensiune ajustate incorect, supraîncărcarea liniei de transmisie a energiei electrice.

c. *Întreruperile de tensiune* sunt definite ca fiind scăderi la zero a valorii tensiunii de alimentare pentru o durată mai mare de un minut. Sunt provocate (cel mai frecvent) de accidente, care afectează liniile de transmisie, transformatoarele.

d. *Nesimetriile de tensiune* produc atunci când valoarea efectivă a diferitelor tensiuni de fază sau unghiuri de fază între faze consecutive nu sunt egale. Aceste anomalii sunt considerate severe dacă valoarea lor depășește 2 %. În RED, sunt generate în general de sarcini dezechilibrate sau, recent de injecții de putere monofazate.

e. *Distorsiunile armonice* sunt perturbații sinusoidale cu frecvența multiplu întreg al frecvenței sistemului de alimentare cu energie electrică. Orice dispozitiv sau sarcină neliniară produc astfel de perturbații. Consumatorii neliniari pasivi produc, de regulă, armonici impare, armonice pare fiind produse de către dispozitivele active, dar și de către transformatoarele saturate cu un curent continuu.

În afara componentelor armonice, în rețea pot să apară și componente nearmonice: subarmonici sau interarmonici produse de convertizoarele de frecvență sau de motoarele asincrone prin fenomenul de alunecare.

f. *Zgomotul* include orice semnal nedorit cu componente spectrale mai mici de 200 kHz suprapuse peste tensiunea sau curentul din linia de alimentare. Zgomotele pot fi produse de echipamentele care produc arc electric, circuitele de control, surse de alimentare în comutație.

g. *Fluctuațiile de tensiune (flicker)* sunt o serie de schimbări aleatoare ale tensiunii, amplitudinea acestora nedepășind limita de 105 % din valoarea nominală a tensiunii rețelei. Orice sarcină care prezintă variații semnificative ale curentului, respectiv a valorii elementului reactiv cum ar fi arcurile electrice, poate provoca astfel de fluctuații. Flickerul produce variații ale iluminării în cazul utilizării surselor de iluminat incandescente, efectul fiind foarte deranjant pentru ochi, dacă frecvența fluctuațiilor este de 8,8 Hz.

h. *Variațiile frecvenței* sunt în directă legătură cu schimbările vitezei generatoarelor rotative datorită dezechilibrului între sarcină și capacitatea respectivului generator.

Printre cauze este cuplarea / decuplarea unor sarcini foarte mari. Scăderea frecvenței rețelei are ca efect creșterea pierderilor în transformatoare și creșterea uzurii generatoarelor.

i. *Evenimentele repetitive* reprezintă o serie de evenimente, care se produc la intervale regulate.

Printre cauzele apariției acestor perturbații se numără și dispozitivele, care produc evenimente repetitive: dispozitive cu viteză variabilă, startere, dispozitive de sudură cu arc.

În figura A1 sunt prezentate câteva amprente ale perturbațiilor întâlnite frecvent în rețelele de alimentare cu energie electrică: impulsuri tranzitorii, întreruperi de tensiune, supratensiuni, căderi de tensiune, fluctuații de tensiune (flicker), variații ale frecvenței rețelei.

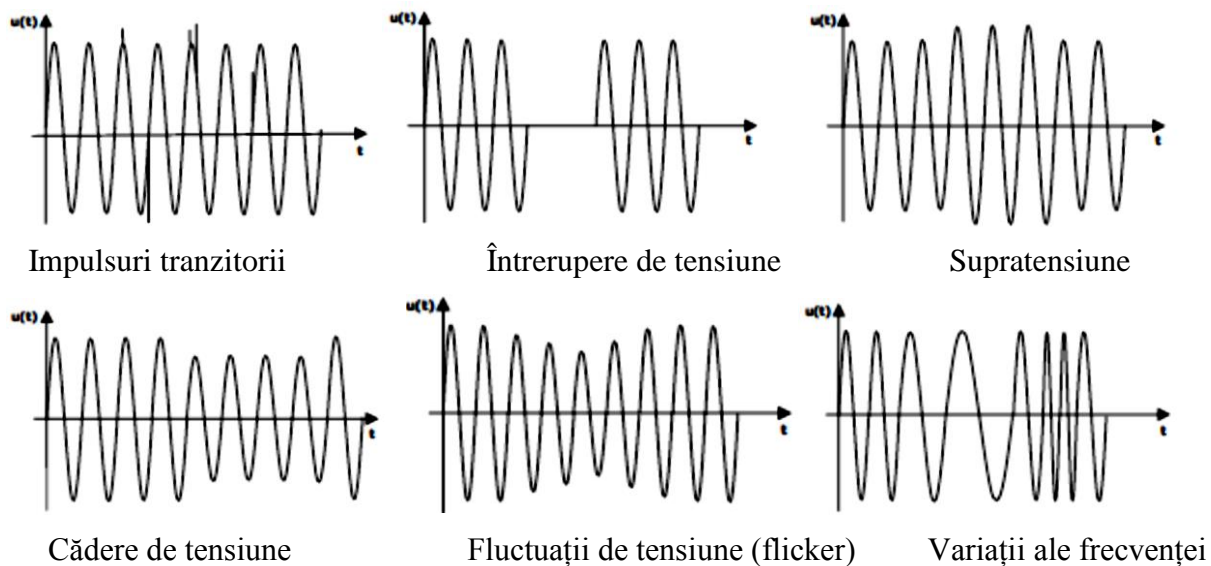


Fig. A1 Tipuri de perturbații

## Anexa 2. Template Fișe variații caracteristice

PARAMETRI EVENIMENT/PERTURBAȚIE			
ID perturbatie1			
Parametru	Definiție	Valoare	Limită*
<b>Amplitudine gol de tensiune/ fază</b> $U_f$ - modulul tensiunii de fază considerată pe durata golului $U_{Nf}$ - tensiunea nominală pe fază a rețelei $u_f$ - tensiunea reziduală de fază a golului	$\Delta U_g = \frac{U_{Nf} - U_f}{U_{Nf}} = 1 - u_f =$		
<b>Durată gol de tensiune, sec</b> $t_i$ - momentul inițial al golului $t_f$ - momentul final al golului	$t_g = t_f - t_i =$		

### FIȘĂ ANALIZĂ CEE (PQ ANALYSIS)

Nume model	perturbatie1						
Sursă date	PQView <input type="checkbox"/>					Alta <input checked="" type="checkbox"/>	
	Monitor nume stație						
Nivel de tensiune	0.4 kV <input checked="" type="checkbox"/>	20 kV <input type="checkbox"/>	110 kV <input type="checkbox"/>				
Durata	permanent						
Nr. faze	1 <input checked="" type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>				
Categorie	Eveniment <input type="checkbox"/>			Perturbație <input checked="" type="checkbox"/>			
Variație valori efective/medii							
Tip perturbație	Gol de tensiune <input type="checkbox"/>	Intrerupere <input type="checkbox"/>	Supratensiune <input type="checkbox"/>	Variație de tensiune <input type="checkbox"/>	Distorsiune armonică <input checked="" type="checkbox"/>	Nesimetrie <input type="checkbox"/>	Fluctuație de tensiune <input type="checkbox"/>
Valoare parametru CEE*					8.9 <a href="#">parametri</a>		
Incadrare parametru în limita standard**	Da <input type="checkbox"/> Nu <input type="checkbox"/>	Da <input type="checkbox"/> Nu <input type="checkbox"/>	Da <input type="checkbox"/> Nu <input type="checkbox"/>	Da <input type="checkbox"/> Nu <input type="checkbox"/>	Da <input type="checkbox"/> Nu <input checked="" type="checkbox"/>	Da <input type="checkbox"/> Nu <input type="checkbox"/>	Da <input type="checkbox"/> Nu <input type="checkbox"/>
Localizare cauză	Rețea <input type="checkbox"/>			Utilizator rețea <input checked="" type="checkbox"/>			
Cauză estimată	Consumator industrial						
Sursa	Acționări cu turație variabilă, Compensare reactiv						
Necesită investigații suplimentare	Da <input type="checkbox"/>			Nu <input checked="" type="checkbox"/>			
Măsuri de îmbunătățire***	<a href="#">soluție</a>						

\* Indicatori normați (ex. indicatori de incident/durată monitorizată sau PC95 la 10 min / 1 săptămână) - din fișier omonim accesat cu opțiunea *PQ Parameters (Parametri de CEE)*

\*\* Standard de performanță al serviciului de distribuție a energiei electrice

\*\*\* Fișier omonim accesat cu opțiunea *Control and mitigation (Soluții de control și compensare)*



### FIȘĂ ANALIZĂ CEE (PQ ANALYSIS)

Nume model	eveniment1						
Sursă date	PQView <input checked="" type="checkbox"/>					Alta <input type="checkbox"/>	
	Monitor nume stație			NIURSGXXX			
Nivel de tensiune	0.4 kV <input type="checkbox"/>	20 kV <input checked="" type="checkbox"/>	110 kV <input type="checkbox"/>				
Durata							
Nr. faze	1 <input checked="" type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>			3 <input type="checkbox"/>		
Categorie	Eveniment <input checked="" type="checkbox"/>			Perturbație <input type="checkbox"/>			
Variație valori efective/medii							
Tip perturbație	Gol de tensiune <input checked="" type="checkbox"/>	Intrerupere <input type="checkbox"/>	Supratensiune <input type="checkbox"/>	Variație de tensiune <input type="checkbox"/>	Distorsiune armonică <input type="checkbox"/>	Nesimetrie <input type="checkbox"/>	Fluctuație de tensiune <input type="checkbox"/>
Valoare parametru CEE*	0.35 0.075						
Incadrare parametru în limita standard**	Da <input type="checkbox"/> Nu <input type="checkbox"/>	Da <input type="checkbox"/> Nu <input type="checkbox"/>	Da <input type="checkbox"/> Nu <input type="checkbox"/>	Da <input type="checkbox"/> Nu <input type="checkbox"/>	Da <input type="checkbox"/> Nu <input type="checkbox"/>	Da <input type="checkbox"/> Nu <input type="checkbox"/>	Da <input type="checkbox"/> Nu <input type="checkbox"/>
Localizare cauză	Rețea <input type="checkbox"/>			Utilizator rețea <input type="checkbox"/>			
Cauză estimată							
Sursa							
Necesită investigații suplimentare	Da <input checked="" type="checkbox"/>			Nu <input type="checkbox"/>			
Măsurile de îmbunătățire ***	<input type="checkbox"/>						

\* Indicatori normați (ex. indicatori de incident/durată monitorizată sau PC95 la 10 min / 1 săptămână) - din fișier omonim accesat cu opțiunea *PQ Parameters (Parametri de CEE)*

\*\* Standard de performanță al serviciului de distribuție a energiei electrice


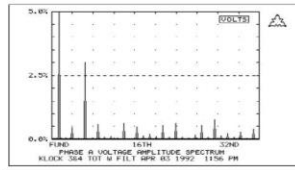
\*\*\* Fișier omonim accesat cu opțiunea *Control and mitigation (Soluții de control și compensare)*

**PARAMETRI EVENIMENT/PERTURBAȚIE**  
**ID eveniment1**

Parametru	Definiție	Valoare	Limită*
<b>Amplitudine gol de tensiune/ fază</b>  $U_f$ - modulul tensiunii de fază considerată pe durata golului $U_{Nf}$ - tensiunea nominală pe fază a rețelei $u_f$ - tensiunea reziduală de fază a golului	$\Delta U_g = \frac{U_{Nf} - U_f}{U_{Nf}} = 1 - u_f =$	0.35	
<b>Durată gol de tensiune, sec</b>  $t_i$ - momentul inițial al golului $t_f$ - momentul final al golului	$t_g = t_f - t_i =$	0.075	
<b>Amplitudine supratensiune, u. r.</b>  $U_A$ - valoarea de vârf a tensiunii de alimentare $U_s$ - tensiunea cea mai ridicată a rețelei (valoarea efectivă maximă a tensiunii între faze care poate să apară în orice moment și orice punct al rețelei electrice în condiții normale de funcționare)	$u_s = \frac{U_A}{\sqrt{2}U_s} =$		
<b>Durată supratensiune, sec</b>  $t_i$ - momentul inițial al supratensiunii $t_f$ - momentul final al supratensiunii	$t_s = t_f - t_i =$		
<b>Variație valoare efectivă tensiune alimentare (PC95%), %</b>  $U_{ef}$ - PC95 (10 minute, 1 săptămână) a tensiunii de alimentare la JT $U_N$ - tensiunea nominală	$\Delta U = \frac{U_{ef,95} - U_N}{U_N} 100 =$		±10
<b>Variație valoare efectivă tensiune alimentare (PC99%), %</b>  $U_{ef}$ - PC99 (10 minute, 1 săptămână) a tensiunii de alimentare la MT, IT $U_c$ - tensiunea contractuală	$\Delta U = \frac{U_{ef,99} - U_c}{U_c} 100 =$		±10
<b>Factor total de distorsiune armonică (PC95), %</b>  $U_i$ - valoarea efectivă a armonicilor de tensiune $U_1$ - valoarea efectivă a fundamentalei.	$THD = \frac{1}{U_1} \times \sqrt{\sum_{i=2}^{40} U_i^2} =$		8
<b>Flicker pe termen lung (PC95)</b>  $P_{st}$ - severitatea flickerului pe termen scurt ( $P_{st}$ ), măsurată pe o perioadă de 10 minute	$P_{st} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^{12} \frac{P_{st,i}^3}{12}} =$		1
<b>Nesimetrie de tensiune (PC95%), %</b>  $U_-$ - componenta de succesiune inversă $U_+$ - componenta de succesiune directă	$k_{U_-} = \frac{U_-}{U_+} 100 =$		2

\* Standardul de performanță pentru serviciul de distribuție a energiei electrice (Ord. 11/2016)

**CONTROL/COMPENSARE PROBLEME CEE**

<b>Nume model</b>	perturbatie1					
<b>Tip perturbație/ eveniment</b>	Distorsiune armonică					
<b>Tip intervenție</b>	Organizatorică <input type="checkbox"/>			Compensare <input checked="" type="checkbox"/>		
<b>Responsabilitate</b>	Operator rețea <input type="checkbox"/>			Utilizator <input checked="" type="checkbox"/>		
<b>Valori nominale</b>	$U_n = 0.4 \text{ kV}$	$I_n = 1100 \text{ A}$	$P_n =$	$Q_n =$	$S_n = 800 \text{ kVA}$	$FP =$
<b>Valori măsurate</b>	$U = 0.39 \text{ kV}$	$I = 800 \text{ A}$	$P = 432 \text{ kW}$	$Q = 664 \text{ kVAr}$	$S = 792 \text{ kVA}$	$FP = 0.65$
<b>Indicador perturbație măsurat *</b>	$VTHD = 8.9\%$ <a href="#">parametri</a>					
<b>Instrument de evaluare soluție</b>	Analiză asistată cu Paladin DesignBase / ETAP					
<b>Parametri tehnici soluție</b>	Compensare reactiv Baterie condensatoare: 2 X 200 kVAr			Filtru acordat pe armonica de rang 5 1 x 200 kVAr 		
<b>Necesar investiții</b>	Da <input checked="" type="checkbox"/>			Nu <input type="checkbox"/>		
<b>Indicador perturbație post-soluție**</b>	Valoare absolută $FP=0.97$ $VTHD = 3.8 \%$			Raportat la valoarea ante-soluție + 84% - 280 % 		
<b>Incadrare în domeniul limită</b>	Da <input checked="" type="checkbox"/>			Nu <input type="checkbox"/>		

\* Indicatori normati (ex. indicatori de incident/durață monitorizată sau PC95 la 10 min / 1 săptămână) - din  
fișier omonim accesat cu opțiunea *PQ Parameters (Parametri de CEE)*

\*\* Standard de performanță al serviciului de distribuție a energiei electrice

### CONTROL/COMPENSARE PROBLEME CEE

Nume model	eveniment1					
Tip perturbație/ eveniment	Gol de tensiune					
Tip intervenție	Organizatorică <input checked="" type="checkbox"/>			Compensare <input type="checkbox"/>		
Responsabilitate	Operator rețea <input checked="" type="checkbox"/>			Utilizator <input type="checkbox"/>		
Valori nominale	U <sub>n</sub> = 20 kV	I <sub>n</sub> = 1800 A	P <sub>n</sub> =	Q <sub>n</sub> =	S <sub>n</sub> =	FP =
Valori măsurate	U = 9.01 kV	I = 3200 A	P =	Q =	S =	FP =
Indicador perturbație măsurat *	$\Delta U_g = \frac{U_{Nf} - U_f}{U_{Nf}} = 0.54$ $t_g = t_f - t_i = 0.075 \text{ sec}$ <a href="#">parametri</a>					
Instrument de evaluare soluție	Curba CBEMA, Analiză asistată cu Paladin DesignBase / ETAP					
Parametri tehnici soluție						
Necesar investiții	Da <input type="checkbox"/>			Nu <input checked="" type="checkbox"/>		
Indicador perturbație post-soluție**	Valoare absolută			Raportat la valoarea ante-soluție		
Incadrare în domeniul limită	Da <input type="checkbox"/>			Nu <input type="checkbox"/>		

\* Indicatori normați (ex. indicatori de incident/durată monitorizată sau PC95 la 10 min / 1 săptămână) - din  
fișier omonim accesat cu opțiunea PQ Parameters (Parametri de CEE)

\*\* Standard de performanță al serviciului de distribuție a energiei electrice