

ASPECTE PRIVIND ASIGURAREA TRASABILITĂȚII LA SI A INSTRUMENTAȚIEI UTILIZATĂ PENTRU MĂSURAREA PARAMETRILOR DE CALITATE A TENSIUNII ÎN REȚELELE PUBLICE DE DISTRIBUȚIE A ENERGIEI ELECTRICE

ASPECTS REGARDING THE SI TRACEABILITY ASSURANCE FOR THE INSTRUMENTATION USED TO MEASURE THE QUALITY PARAMETERS OF THE VOLTAGE IN THE PUBLIC ELECTRICITY DISTRIBUTION NETWORKS

Cosmin DINU, Ioana Izabela ODOR

INSTITUTUL NAȚIONAL DE METROLOGIE
NATIONAL INSTITUTE OF METROLOGY

Rezumat: Monitorizarea calității energiei electrice care circulă între rețelele producătorilor, transportatorilor, distribuitorilor și furnizorilor acestui produs, constituie una dintre problematicile moderne ale pieței interne de energie, reglementate de Directive ale Parlamentului și Consiliului European. Articolul prezintă principalele noțiuni referitoare la calitatea energiei electrice (componentă, indicatori de calitate etc.), definite în unele dintre cele mai cunoscute lucrări de specialitate și publicații din domeniu, precum și posibilitatea laboratorului Mărimi Electrice de a simula perturbații ale tensiunii din rețelele publice de alimentare cu energie electrică, ai căror parametri de calitate sunt reglementați de SR EN 50160. Acest standard are la baza standardul european elaborat și publicat de Comitetul Tehnic 8X al CENELEC. În acest scop, articolul prezintă rezultatele obținute cu ajutorul unui instrument declarat de producător ca fiind de clasa A, conform cu cerințele SR EN 61000-4-30, la măsurarea parametrilor de calitate pentru goluri de tensiune. Perturbațiile au fost generate cu ajutorul unui etalon de putere cu injecție de armonice, trasabil la SI în conformitate cu certificatele de etalonare emise de un laborator acreditat UKAS.

Cuvinte cheie: calitatea energiei, gol de tensiune

Abstract: Monitoring the electricity circulating through the producers, transporters, distributors and delivers networks of this product, is one of the modern issues of the intern electricity market, regulated by directives of The European Parliament and Council. The paper presents the main notions concerning the power quality (component, indices of quality etc.), defined in some of the best known specialized works and publications in the field, and the possibility for the Electrical Quantities laboratory to simulate perturbations of the voltages from the public electricity supplying networks, whose power quality parameters, are regulated by SE EN 50160. This norm is based on the European Norm issued and published by the Technical Committee 8X of CENELEC. For this purpose, the paper presents the results obtained by using an instrument declared by the producer as being of class A, conforming the requirements of SR EN 61000-4-30, for the measurements of the quality parameters for the voltage dips. The perturbations were generated using a power standard with harmonics injection, traceable to SI, in accordance with the calibration certificate issued by an UKAS accredited laboratory.

Key words: power quality, voltage dip

11. INTRODUCERE

Calitatea energiei electrice reprezintă o noțiune care cuprinde, în general, următoarele aspecte [1]:

- calitatea alimentării (determinată de evaluarea continuității în alimentarea cu energie electrică);

- calitatea tensiunii (determinată prin evaluarea abaterilor de la forma sinusoidală a curbelor mărimilor electrice, a abaterilor de la simetria mărimilor pe cele trei faze, a abaterilor față de frecvența nominală și față de tensiunea nominală);

- calitatea comercială (determinată de evaluarea relației dintre furnizorul și

1. INTRODUCTION

The power quality (PQ) is a notion generally including the following problems [1]:

- the quality of the supply (determined by the evaluation of the continuity of electricity supply);

- the quality of the voltage (determined by the evaluation of the deviations from the sin form of the electrical amounts curves, of the deviation from the balance of the three phases quantities, of the deviations from the nominal frequency and from the nominal voltage);

- the commercial quality (determined by the evolution of the relation between the

consumatorul de energie electrică).

După cum este prezentat în [1] și [2], calitatea energiei electrice poate fi perturbată de fenomenele electromagnetice, definite și descrise în seria de publicații 61000 ale CT 77 [3] din cadrul CEI [4]. Din acest punct de vedere, cele mai importante perturbații de natură electromagnetică sunt: abaterea de frecvență, abaterea de tensiune, fluctuațiile de tensiune, golul de tensiune, întreruperea de lungă durată, întreruperea de scurtă durată, supratensiunea tranzitorie, efectul de flicker, armonicile și interarmonicile de tensiune și de curent, nesimetria de tensiune.

2. DEFINIȚII PRIVIND GOLURILE ȘI ÎNTRERUPERILE DE TENSIUNE

Articolul prezintă rezultatele obținute la măsurarea parametrilor de calitate pentru golul de tensiune, pentru care, în publicațiile [5], [6], [7] sunt definite următoarele noțiuni:

- *gol de tensiune*: o reducere bruscă a tensiunii într-un anumit punct al unei rețele electrice de alimentare sub un anumit prag specificat, urmată de o revenire după un scurt interval de timp;

- *întrerupere de scurtă durată*: o reducere bruscă a tensiunii sub o valoare de prag, pe una sau mai multe faze, într-un anumit punct al rețelei de alimentare, cu revenirea tensiunii în banda admisă, urmată de o revenire după un scurt interval de timp;

- *tensiune de referință*: valoare specifică pe baza căreia adâncimea golului, pragurile și alte valori sunt exprimate în procente; tensiunea nominală sau tensiunea declarată contractuală (U_C) este deseori aleasă ca tensiune de referință;

- *prag de start al golului de tensiune* (U_{start}): valoare efectivă a tensiunii rețelei de alimentare specificată în scopul de a defini începutul unui gol de tensiune; valorile tipice utilizate pentru acest prag sunt situate între 85% și 95% din tensiunea declarată (U_C);

- *prag de stop al golului de tensiune* (U_{stop}): valoare efectivă a tensiunii sistemului de alimentare specificată cu scopul de a defini sfârșitul unui gol de tensiune;

- *prag de întrerupere de tensiune* ($U_{intrerupere}$): valoare efectivă a tensiunii rețelei de alimentare specificată cu scopul de a defini o limită, astfel încât, un gol de tensiune care scade sub aceasta este clasificat ca o întrerupere de scurtă durată;

- *tensiune reziduală* (U_{rez}): valoare minimă a valorii efective a tensiunii de fază în timpul unui gol de tensiune sau a unei întreruperi de scurtă durată;

- *adâncime* (ΔU_g): diferența dintre tensiunea declarată (U_C) și tensiunea reziduală (U_{rez});

- *durata golului de tensiune* (Δt_g): durata de timp dintre momentul inițial (t_i) în care tensiunea într-un anumit punct al rețelei de alimentare

deliverer and the consumer of electricity).

As shown in [1] and [2], the power quality may be perturbed by some of the electromagnetic phenomena, defined in the series of publication 61000 of the TC 77 [3] from IEC [4]. From this point of view, the most important disturbances of electromagnetic nature are: the frequency deviation, the voltage deviation, the voltage fluctuations, the voltage dips, the long-term interruption, the short-term interruption, the transient over voltage, the flicker, the voltage and current harmonics and interharmonics, the voltage unbalance.

2. DEFINITIONS CONCERNING THE VOLTAGE DIPS AND INTERRUPTIONS

The paper presents the results obtained during the measurement of power quality parameters for the voltage dip, for which, in the references [5], [6], and [7] are defined the following notions:

- *voltage dip*: sudden reduction of the voltage at a particular point on an electricity supply network below a specified threshold followed by its recovery after a brief interval;

- *short interruption*: sudden reduction of the voltage on all phases at a particular point on an electricity supply network

below a specified threshold followed by its restoration after a brief interval;

- *reference voltage*: value specified as the basis on which depth, thresholds and other values are expressed in percentage terms; the nominal or declared voltage (U_C) of the supply network is frequently selected as the reference voltage;

- *voltage dip start threshold*: root-mean-square value of the voltage on an electricity supply network specified for the purpose of defining the start of a voltage dip;

- *voltage dip end threshold*: root-mean-square value of the voltage on an electricity supply network specified for the purpose of defining the end of a voltage dip;

- *interruption threshold*: root-mean-square value of the voltage on an electricity supply network specified as a boundary such that a voltage dip in which the voltage falls below it is classified as a short interruption;

- *residual voltage*: minimum value of the r.m.s. voltage recorded during a voltage dip or short interruption

- *depth* (ΔU_g): difference between the reference voltage and the residual voltage

- *duration*: time between the instant at

scade sub pragul de start și momentul final (t_f) în care crește peste pragul de stop.

Golurile sunt perturbații bidimensionale [1], caracterizate de [6]:

- amplitudine sau adâncime: ($10\%U_C \leq \Delta U_g \leq 99\%U_C$);

- durată: ($10\text{ ms} \leq \Delta t_g \leq 1\text{ min}$).

Înteruperile de scurtă durată sunt goluri de tensiune, în care $U_{rez} < 1\% U_C$ și $10\text{ ms} < \Delta t_g \leq 3\text{ minute}$.

În figura 1 este prezentată forma simplificată de reprezentare a unui gol de tensiune, în conformitate cu definițiile de mai sus.

which the voltage at a particular point on an electricity supply network falls below the start threshold and the instant at which it rises to the end of the threshold.

The dips are two-dimensional disturbances [1], characterised by [6]:

- amplitude or depth: ($10\%U_C \leq \Delta U_g \leq 99\%U_C$)

- duration: ($10\text{ ms} \leq \Delta t_g \leq 1\text{ min}$).

The short-term interruptions are dips, for which $U_{rez} < 1\% U_C$ and $10\text{ ms} < \Delta t_g \leq 3\text{ minutes}$.

In figure 1 is presented the simplified representation form of a voltage dip, in accordance with the above definitions.

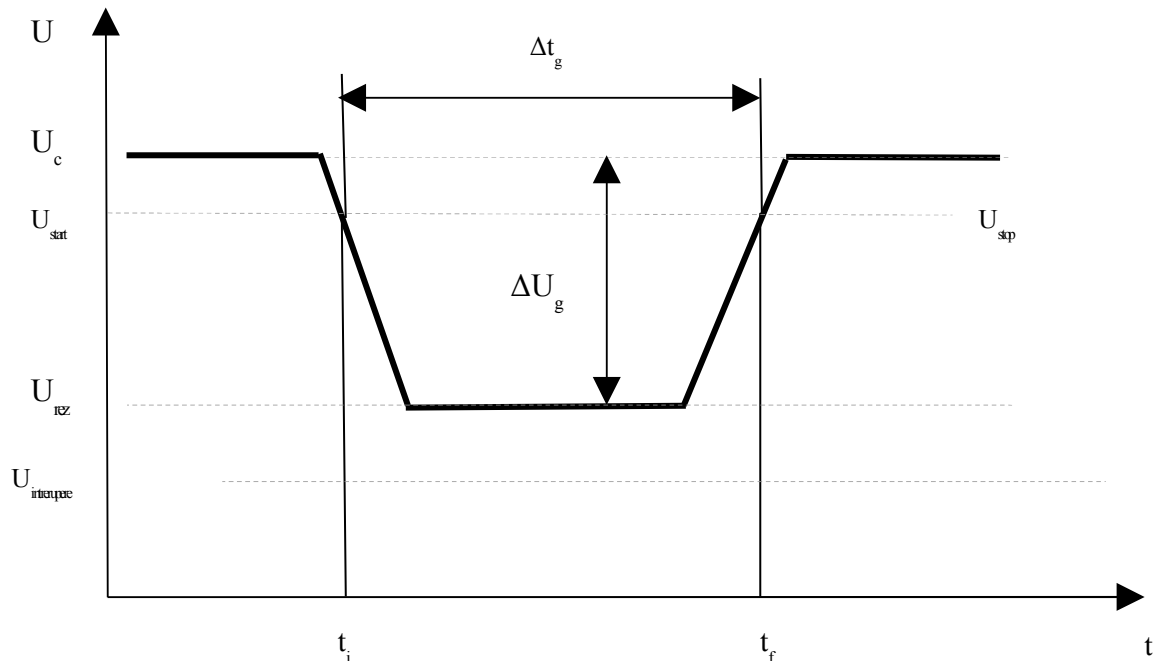


Fig. 1: Forma simplificată a unui gol de tensiune

Fig. 1: Simplified form of a voltage dip

3. PREZENTAREA MODULUI DE LUCRU ȘI A REZULTATELOR OBTINUTE

Lucrarea se referă la determinările efectuate pentru studiul posibilităților laboratorului de a asigura trasabilitatea la SI a instrumentației utilizate la măsurarea parametrilor golurilor și înteruperilor de tensiune.

În acest scop, au fost comparate valorile programate/afișate și generate de etalonul de putere cu injecție de armonice [8] din dotarea laboratorului, cu valorile afișate de un instrument specializat [9], alimentat de la bornele acestui etalon.

3. PRESENTATION OF THE PROCEDURE AND OF THE OBTAINED RESULTS

The paper refers to the determinations performed for the study of the laboratory possibilities of assuring the SI traceability for the instrumentation used to measure the parameters for voltage dips and interruptions.

For this purpose, the programmed/displayed and generated values from the laboratory own power standard with harmonics injection [8] were compared to the displayed values of a specialized instrument [9], that was supplied from the front connectors of this standard.

3.1. Caracteristicile tehnice și metrologice ale etalonului

Pentru simularea efectului de gol de tensiune, a fost utilizat etalonul de putere cu injecție de armonice [8], cu caracteristicile tehnice reprezentative pentru această lucrare:

- valori efective ale tensiunii periodice generate: 1...1008V;
- numărul de armonice programabile: 100 (inclusiv cea fundamentală);
- adâncimea maxima a golului de tensiune generat: 0% din tensiunea de referință selectată;
- exactitatea adâncimii golului: $\pm 0,25$ % din nivel;
- durata golului de tensiune: 1 ms...1 minut.

3.2. Programarea etalonului de putere cu injecție de armonice

Fenomenul de gol de tensiune a fost programat de la tastatura calibratorului etalon cu injecție de armonice, în conformitate cu instrucțiunile de la 4-38 din [10].

În figura 2 este prezentată forma de undă a golului modelat conform acestor instrucțiuni, iar în figura 3 este prezentată forma golului de tensiune afișată pe ecranul calibratorului, obținută în urma programării acestuia.

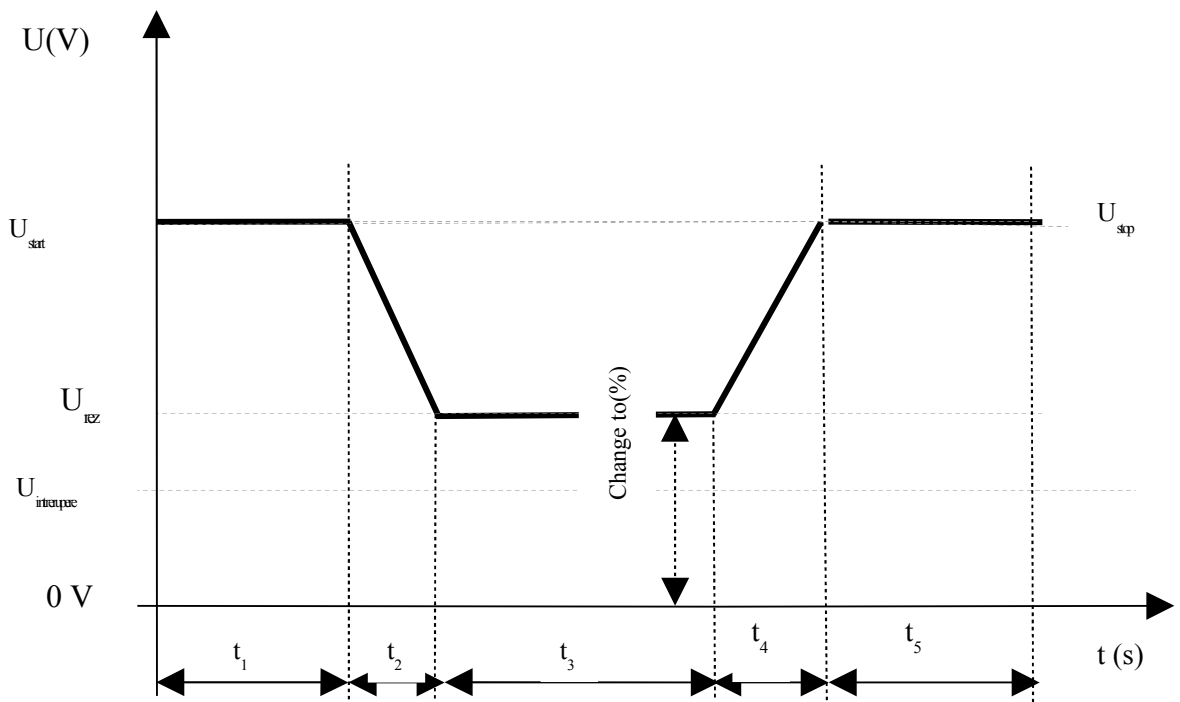


Fig. 2: Parametri de programare a golului de tensiune generat de calibratorul cu injecție de armonice
Fig. 2: The programmed parameters of the voltage dip generated by the power standard with harmonics injection

3.1 Technical and metrological specifications of the standard

For the simulation of voltage dip was used the power standard with harmonics injection [8], having the following technical specifications that are representative for this work:

- root-mean-square values for the generated periodic voltage: 1...1008V;
- number of programmable harmonics: 100 (including the fundamental one);
- maximum depth of the generated voltage dip: 0% selected reference voltage;
- accuracy of the voltage dip depth: ± 0.25 % from the level;
- duration of the voltage dip: 1 ms...1 min.

3.2 Programming of the power standard with harmonics injection

The voltage dip phenomenon was programmed from the keyboard of the power standard with harmonics injection, according to the instructions given in 4-38 from [10].

Figure 2 shows the waveform of the voltage dip modeled according to these instructions, as well as in Figure 3 is presented the voltage dip form shown on the power standard screen, obtained after its programming..

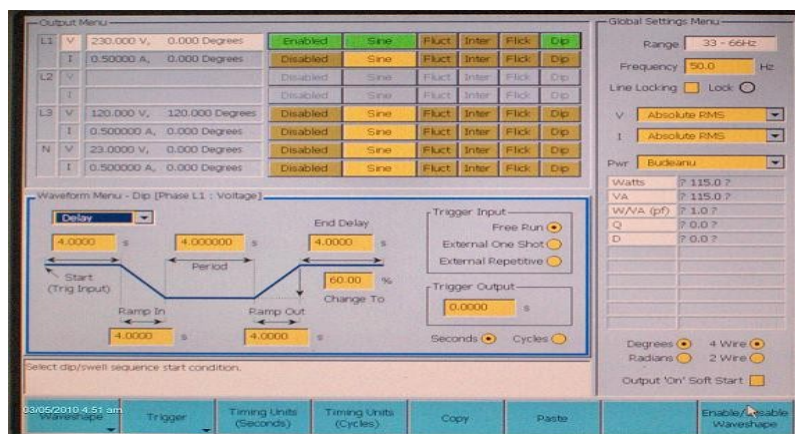


Fig. 3: Afişajul etalonului de putere cu injecție programat pentru a genera un gol de tensiune
Fig. 3: The display of the power standard with harmonics injection programmed to generate a voltage dip

3.3. Caracteristicile tehnice și metrologice ale instrumentului utilizat la măsurarea parametrilor golului de tensiune

Măsurarea parametrilor pentru golul de tensiune simulat în cadrul laboratorului cu ajutorul etalonului de putere [8] a fost efectuată cu instrumentul [9], declarat de producător ca fiind în conformitate cu cerințele standardului internațional CEI 61000-4-30 [7]. Principalele caracteristici tehnice ale acestui instrument sunt următoarele :

- valori efective ale tensiunii periodice măsurate: 1...1000 V;
- adâncime a golului de tensiune măsurat: 0,0% ...100% din tensiunea de referință (tensiunea declarată U_C);
- exactitate de măsurare a adâncimii golului: 0,25% din tensiunea de referință (tensiunea declarată U_C).

Acest instrument măsoară și afișează, atât variația în timp a valorii efective a tensiunii periodice prin intermediul unui grafic trasat în timp real, cât și parametri de calitate pentru fenomenele de gol sau întreruperi de tensiune.

De asemenea, în timp ce instrumentul măsoară un semnal de tensiune și detectează o perturbație de tensiune (ex. gol sau întrerupere de tensiune), poate afișa în ferestre diferite, deschise prin acționarea tastelor de la baza ecranului, următoarele informații:

- data și ora la care a avut loc evenimentul;
- tipul evenimentului (ex.: gol/întrerupere);
- tensiunea de referință;
- tensiunea minimă la un gol de tensiune;
- durata evenimentului, cu rezoluție de 10 ms.

În figura 4 sunt prezentate informațiile afișate de instrumentul de măsură [8], alimentat de la bornele de tensiune ale etalonului de putere [9] programat, conform 3.2.

3.3 Technical and metrological specifications of the instrument used for the measurement of voltage dip parameters

The measurement of the voltage dip parameters simulated in the laboratory with the help of the power standard [8] was performed by the instrument [9], declared by the producer as being in conformity with the requirements of the international norm IEC 61000-4-30 [7]. The main technical specifications of this instrument are:

- root-mean-square values of the measured periodical voltage: 1...1000 V;
- measured depth of the voltage dip: 0.0%...100% from the reference voltage (declared voltage U_C);
- accuracy of the depth of the voltage dip: 0.25% from the reference voltage (declared voltage U_C).

This instrument measures and displays the variation in time of the periodic voltage r.m.s. through a graph plotted in real time as well as the quality parameters for the phenomena of dip or voltage interruption.

While the instrument is also measuring a voltage and is detecting a voltage perturbation (e.g. voltage dip or interruption), it can display in different windows, opened by the pushing of the key placed below the display, the following information:

- date and hour when the event took place;
- type of event (eg: voltage dip/interruption);
- reference voltage;
- minimum voltage in the case of a dip;
- duration of the event, with 10 ms resolution.

In figure 4 are given the informations displayed by the measuring instrument [8], supplied from the voltage terminals of the power standard [9] programmed in accordance to 3.2.

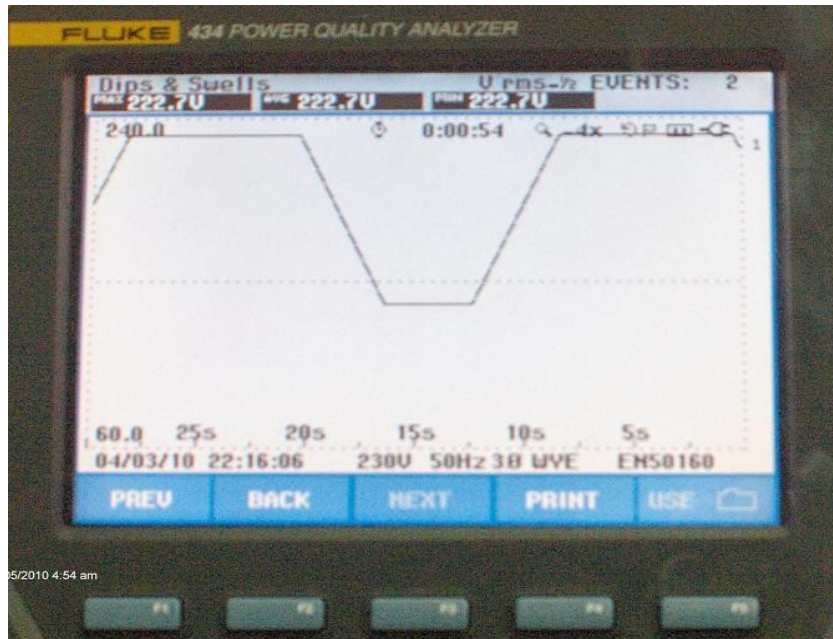


Fig. 4: Forma golului măsurat cu instrumentul declarat de fabricant conform cu cerințele clasei A din EN 61000-4-30 [7]

Fig. 4: The form of the dip measured with the instrument declared by the manufacturer as being in conformity with the class A requirements from EN 61000-4-30 [7]

3.4. Rezultatele măsurărilor efectuate

În cadrul lucrărilor efectuate la compararea celor două mijloace de măsurare, [8] și [9], pentru parametri de calitate ai golurilor de tensiune, au fost obținute rezultatele prezentate sintetic în Tabelul 1.

3.4 The results of the performed measurements

The values obtained within the comparison of the two measuring instruments [8] and [9] for the quality parameters of the voltage dip, are presented in Table 1.

Tabelul 1: Valori ale mărimilor caracteristice golului de tensiune, programate la etalonul de putere în conformitate cu indicațiile de la 4-38 din [10] și măsurate cu instrumentul [9]

Table 1: – Values of the voltage dip parameters, programmed to the power standard according to the indications given in 4-38 [10] and measured with the instrument [9]

Punct măsurare Measuring point	Valori programate la etalon (E) Programmed values to the standard						Tensiune de referință Reference voltage U_c (V)		Tensiune reziduală Residual voltage U_{rez} (V)		Durata golului de tensiune Voltage dip duration t_3 (s)	
	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t_4 (s)	t_5 (s)	U_{rez} (V)	U_c (E)	U_c (X)	U_{rez} (E)	U_{rez} (X)	t_3 (E)	t_3 (X)
1	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	80 (%) U_c	230,0	230,1	184,0	183,9	1,00	1,01
2	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	60 (%) U_c	230,0	230,1	137,8	137,6	10,00	10,19
3	4,00	6,00	1,00	6,00	4,00	40(%) U_c	230,0	230,1	92,0	91,7	11,00	11,17

3.5. Interpretarea rezultatelor

În [1] și [5], se arată că, evaluarea golurilor și a întreruperilor de tensiune de scurtă durată se obține, în principal, prin utilizarea metodei eșantionării pentru determinarea valorii efective a tensiunii pe o jumătate de perioadă. Această valoare, notată cu $U_{T/2}$, se obține cu relația:

$$U_{T/2} = \sqrt{\frac{2}{T} \cdot \int_0^{T/2} u^2(t) \cdot d(t)} \cong \sqrt{\frac{2}{N} \cdot \sum_{i=1}^{N/2} u_{e_i}^2}$$

unde:

- T (s) – $1/f$ (Hz) ; pentru $f = 50$ Hz, $T/2 = 10$ ms ;
- N – numărul de eșantioane pe o perioadă a tensiunii alternative ;
- u_{e_i} – „înălțimea” eșantionului de rang i .

Valoarea efectivă a tensiunii măsurată cu instrumentul [9] este afișată pe ecranul acestuia cu o exactitate ce depinde de numărul de eșantioane achiziționat și de exactitatea de determinare a frecvenței în rețea.

Conform [7], pentru un instrument de clasa A, cerințele referitoare la incertitudinea de măsurare a parametrilor unui gol de tensiune sunt următoarele:

- incertitudinea de măsurare a valorii efective a tensiunii determinată pe o semiperioadă nu trebuie să depășească $\pm 0,2\%$ U_C ;
- incertitudinea de măsurare a duratei unui gol de tensiune este cel puțin egală cu 20 ms, deoarece este determinată de incertitudinea de măsurare a duratei de la începutul golului (o semiperioadă) și de incertitudinea de măsurare a duratei de la sfârșitul golului (o semiperioadă).

Din analizarea rezultatelor prezentate în Tabelul 1 se observă că instrumentul măsoară valorile efective ale tensiunii și durata golului în limitele cerințelor recomandate de [7].

4. CONCLUZII

Având în vedere, că etalonul de putere cu injecție de armonice este trasabil la SI, în conformitate cu certificatul de etalonare [11] emis de un laborator acreditat UKAS [12], rezultatele prezentate în Tabelul 1 dovedesc că Laboratorul Mărimi Electrice din cadrul BRML – INM dispune de posibilitatea de a etalona instrumentația utilizată la măsurarea parametrilor de calitate în cazul golurilor de tensiune și a întreruperilor de scurtă durată.

3.5 Interpretation of the results

In [1] and [2], it is shown that the evaluation of the voltage dips and short interruptions is mainly obtained by using the sampling method for the determination of the r.m.s. for a half a period ($T/2$). This value is rated $U_{T/2}$ and is obtained with relation:

$$U_{T/2} = \sqrt{\frac{2}{T} \cdot \int_0^{T/2} u^2(t) \cdot d(t)} \cong \sqrt{\frac{2}{N} \cdot \sum_{i=1}^{N/2} u_{e_i}^2}$$

where:

- T (s) – $1/f$ (Hz) ; for $f = 50$ Hz, $T/2 = 10$ ms
- N – number of samplings during one period of the alternating voltage
- u_{e_i} – ‘height’ of the i sampling order

The r.m.s. value of the voltage measured with the instrument [9] is displayed on its screen with an accuracy depending on the number of samplings and on the accuracy of determining the frequency in the network.

According to [7], for a class A instrument, the requirements referring to the measuring accuracy of a voltage dip parameters are the following:

- the measuring uncertainty for the r.m.s. value of the voltage determined for $1/2T$ must not exceed $\pm 0.2\%$ U_C ;
- the measuring uncertainty of a voltage dip duration is at least 20 ms, because it is determined by the measuring uncertainty of the duration from the beginning of the voltage dip ($1/2 T$) and by the measuring uncertainty of the duration at the end of the voltage dip ($1/2 T$).

By analyzing the results presented in Table 1, one notes that the instrument is measuring the r.m.s. values of the voltage dip and its duration in the recommended limits of the requirements from [7].

4. CONCLUSIONS

As the power standard with harmonics injection is traceable to SI, in accordance with the calibration certificate [11] issued by an UKAS [12] accredited laboratory, the results shown in Table 1 prove that the Electrical Quantities laboratory of the BRML – INM has the capacity of calibrating the instrumentation used for the measurement of power quality parameters in the case of the voltage dips and short-time interruptions.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Ionescu Golovanov, C., Măsurarea mărimilor electrice în sistemul electroenergetic, Editura Academiei Române/Editura A.G.I.R., București, 2009
- [2] Arrillaga, J., Watson, N., R., Chen, S., Power Quality Assessment, John Wiley & Sons, Chichester, England, 2001
- [3] CT 77 – Comitetul Tehnic 77 – CEM – Compatibilitate Electromagnetică al CEI
- [4] CEI – Comisia Electrotehnică Internațională (<http://www.cei.ch>)
- [5] 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
- [6] SR EN 50 160:2007 – Caracteristici ale tensiunii în rețelele electrice publice
- [7] SR EN 61000-4-30 : 2009 - Compatibilitate electromagnetică (CEM). Partea 4-30: Tehnici de încercare și de măsurare. Metode de măsurare a calității energiei
- [8] Etalon trifazat de putere cu injecție de armonice, tip 6130A (http://www.fluke.sk/index.php?show=eshop_zobraz_tovar&id=542&kategoria=123)
- [9] Analizor de putere (<http://www.fluke434.com>)
- [10] User Manual – Fluke 6100 A (http://assets.fluke.com/manuals/6100a_umen_g0600.pdf)
- [11] Certificat de etalonare Nr. 029445/17.02.2010, emis de Fluke Precision Measurement Ltd, UK
- [12] UKAS – The United Kingdom Accreditation Service (<http://www.ukas.com>)

Revizia științifică a articolului:

Gelu Popovici, cercetător științific II, șef al laboratorului Mărimi Electrice la Institutul Național de Metrologie, e-mail gelu.popovici@inm.ro

Despre autori:

Cosmin Dinu, inginer la Institutul Național de Metrologie, membru al IEEE I&M Society, e-mail dinu.cosmin@yahoo.com

Ioana Izabela ODOR, doctor inginer, cercetător științific II la Institutul Național de Metrologie, membru al IEEE I&M Society, e-mail ioana.odor@inm.ro

REFERENCES

- [1] Ionescu Golovanov, C., Măsurarea mărimilor electrice în sistemul electroenergetic, Editura Academiei Române/Editura A.G.I.R., București, 2009
- [2] Arrillaga, J., Watson, N., R., Chen, S., Power Quality Assessment, John Wiley & Sons, Chichester, England, 2001
- [3] CT 77 – Comitetul Tehnic 77 – CEM – Compatibilitate Electromagnetică al CEI
- [4] CEI – Comisia Electrotehnică Internațională (<http://www.cei.ch>)
- [5] 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
- [6] SR EN 50 160:2007 – Caracteristici ale tensiunii în rețelele electrice publice
- [7] SR EN 61000-4-30 : 2009 - Compatibilitate electromagnetică (CEM). Partea 4-30: Tehnici de încercare și de măsurare. Metode de măsurare a calității energiei
- [8] Etalon trifazat de putere cu injecție de armonice, tip 6130A (http://www.fluke.sk/index.php?show=eshop_zobraz_tovar&id=542&kategoria=123)
- [9] Analizor de putere (<http://www.fluke434.com>)
- [10] User Manual – Fluke 6100 A (http://assets.fluke.com/manuals/6100a_umen_g0600.pdf)
- [11] Certificat de etalonare Nr. 029445/17.02.2010, emis de Fluke Precision Measurement Ltd, UK
- [12] UKAS – The United Kingdom Accreditation Service (<http://www.ukas.com>)

Scientific revue:

Gelu Popovici, scientific researcher II, head of the Electricity laboratory at the National Institute of Metrology, e-mail gelu.popovici@inm.ro

About the authors:

Cosmin Dinu, engineer at the National Institute of Metrology, member of the IEEE I&M Society, e-mail dinu.cosmin@yahoo.com

Ioana Izabela ODOR, doctor engineer, scientific researcher II at the National Institute of Metrology, member of the IEEE I&M Society, e-mail ioana.odor@inm.ro