

HITRA KALIBRACIJA FLIKERMETRA ZA PRAVILNO OCENO KAKOVOSTI NAPETOSTI PO EN 50160

F. S. Balan, D. Koritnik, A. Orgulan, J. Voršič

Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor

Ključne besede: elektrotehnika, energija električna, EES sistem elektroenergetski, kakovost napetosti električne, merjenje kakovosti, flikermetri, kalibriranje, ocena kakovosti, IEC 60868-0 standardi, EN 61000-4-15 standardi, EN 50160 standardi

Izveček: Skladno z našo regulativo je SIQ pooblaščen organizacija za izdajanje certifikatov o ustreznosti merilne opreme. To nalogo večinoma tudi uspešno opravlja, za nekatere redke meritve pa ji manjka zelo draga preskusna oprema. V teh primerih bi morali spremeniti naše zakone in dovoliti SIQ-u nostrifikacijo certifikatov tujih pooblaščenih zavodov – predvsem tistih iz EU. Eden takšnih preskusov je preverjanje delovanja flikermetra skladno z IEC 60868-0 in EN 61000-4-15.

Ko smo v Laboratoriju za energetiko UM FERI zaznali razhajanje merilnih rezultatov paralelno priključenih flikermetrov (večina je pokazala prevelike vrednosti), smo sestavili generator s standardom zahtevanih sprememb napetosti in kalibrirali instrument, ki ima certifikat nemškega pooblaščenega laboratorija Forschungsgemeinschaft für Hochspannungs- und Hochstromtechnik E.V. Pri nivoju $P_{ST} = 1$, ni bilo razhajanja med v standardu zahtevano in dejansko izmerjeno vrednostjo. Tako lahko sklepamo, da imamo v našem omrežju, glede na flikerje, boljšo kakovost napetosti, kot jo izmerijo instrumenti, ki so na trgu v Sloveniji.

Quick Flickermeter Calibration for the Estimation of Voltage Quality by En 50160

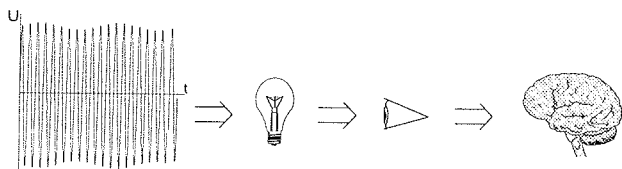
Key words: electrotechnics, electric energy, electrical power system, quality of electrical tension, quality measurement, flicker meters, calibration, quality estimation, IEC 60868-0 standards, EN 61000-4-15 standards, EN 50160 standards

Abstract: SIQ is, regarding technical regulations in Slovenia, authorized organization for certification of accordance of measuring devices. This is pretentious task and SIQ is performing it fairly well, although there are some instances that require special equipment, which is too expensive for SIQ to afford it. Such cases indicate that we should amend the law in question and allow SIQ to nostrificate the certificates of the foreign authorized institutions – at least the EU ones. One of such test is proof of flickermeter functionality in accordance to IEC 60868-0 and EN 61000-4-15 standards.

In Power engineering laboratory at University of Maribor, FERI, we have made some comparative analysis of flickermeter measuring equipment and became aware of noticeable deviation of measuring results. Tests were performed with parallel connected equipment and most of instruments indicate somewhat too high values, therefore we generate series of voltage fluctuation as demand by standard and calibrated the instrument, which has certificate of the German authorized laboratory "Forschungsgemeinschaft für Hochspannungs- und Hochstromtechnik E.V." We have checked the level of flicker $P_{st} = 1$ and found that the measured values are in accordance with the ones prescribed with the standards. This leads us to conclusion that, regarding to flicker levels in Slovenian network, we have better voltage quality than measured by instruments, attainable in Slovenia.

1 Uvod

Fliker je subjektivni občutek, ki ga povzročajo spremembe svetlosti v vidnem polju opazovalca. Večinoma povzroča takšne spremembe kolebanje napetosti, saj so nanj žarnice zelo občutljive. Meritev flikerja temelji na človeških psiho-vizualnih občutkih, ki jih je treba ovrednotiti. Osnovna ideja za merjenje flikerjev je simulacija verige: žarnica–oči–možgani (slika 1) z merilnikom (flikermetrom), katerega vhodni signal je nihajoča napetost sistema v priključni točki. Izhodni signal je veličina, ki pomeni občutek neugodja večine ljudi zaradi migotanja svetlobnega toka.



Slika 1: Simulacija verige: omrežje–žarnica–oči–možgani

2 Razlog za primerjalni test in njegova izvedba

Osnovni pogoj za kakovostno meritev je dobra merilna naprava. Kvaliteto merilne naprave navede že proizvajalec, potrdi jo pa kalibracija. Takšno pot smo poizkusili narediti tudi z našim flikermetrom. Razvil ga je prof. dr. Manfred Sakulin (Institut für elektrische Anlagen, TU Graz), ki zagotavlja, da je naprava v skladu z DIN VDE 0846 T2, kar potrjuje poročilo nemškega neodvisnega akreditiranega laboratorija Forschungsgemeinschaft für Hochspannungs- und Hochstromtechnik E.V./8/.

Žal takšno potrdilo pri nas ne velja, čeprav je slovenski standard SIST EN 61000-3-2:1997 omenjenemu standardu DIN enak, saj oba izhajata iz IEC 1000-3-2:1995. Zakon o meroslovju priznava le slovenske ateste. Zato smo poizkusili dobiti atest pri Slovenskem inštitutu za kakovost. Tam so umerjanje opravili, vendar v opombah poročila napisali: "Negotovost merilne metode je bila enakega velikostnega razreda ali večja kot je relativni mejni pogrešek

merila. Zato je v nekaterih primerih relativni pogrešek merila večji kot je relativni mejni pogrešek."

To torej pomeni, da SIQ nima primerne opreme za kalibracijo flikermetrov /9/.

V zadnjih nekaj letih se je na našem tržišču pojavilo kar nekaj različnih flikermetrov, ki seveda nimajo slovenskega atesta, zato smo se odločili, da naredimo primerjalno meritev.

Od različnih trgovcev in proizvajalcev smo dobili še šest med seboj različnih flikermetrov. Priključili smo jih na 0,4kV zbiranke v transformatorski postaji 10/0,4 kV št. 337 Tehniških fakultet v Mariboru.

Meritev smo izvedli med 19. 6. in 26. 6. 2000, kar je sicer čas poletnih počitnic, vendar je bilo omrežje kljub temu dovolj nemirno, da smo izmerili nivo kratkotrajnega flikerja $P_{st,95} \approx 0,6$.

3 Rezultati primerjalne meritve

Že pri zagonu instrumentov so se pojavile prve težave. Eden od izposojenih flikermetrov ni bil popoln. Manjkalo je osebni računalnik, kar bi se še dalo urediti, vendar je bil brez ustrezne programske opreme. Kljub dogovarjanju s proizvajalcem, ga nismo uspeli usposobiti za celotredensko meritev. Ostalih šest je začelo meritev brez večjih problemov in tudi trenutni rezultati (trenutne vrednosti P_{st}) so bili v pričakovanih mejah.

Po enem tednu, kolikor takšna meritev traja po standardu SIST EN 50160, smo morali rezultate zaradi obdelave in analize prenesti na osebni računalnik. Pri tej operaciji je izpadel še en flikermeter, saj izmerjenih rezultatov nismo mogli prenesti in pripraviti za obdelavo.

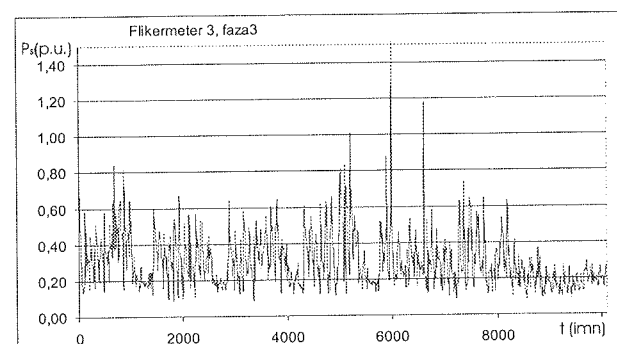
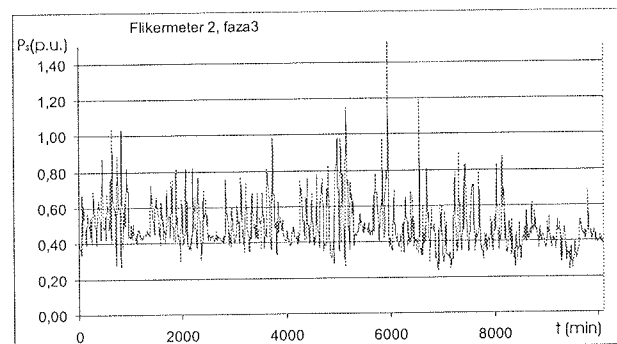
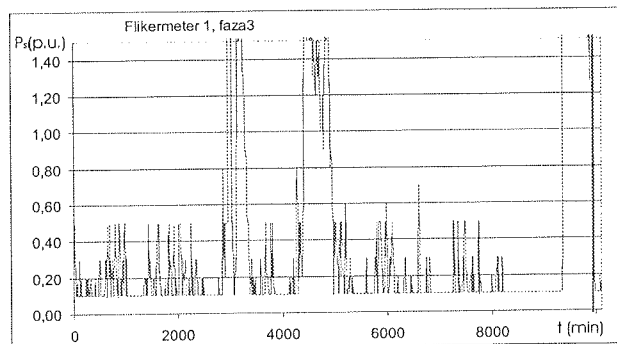
Tabelarni izpis rezultatov je zahteval nove "žrtve". En flikermeter je v vseh treh fazah in za celotni čas meritve zabeležil enake vrednosti. Drugi je v dveh fazah sicer nekaj izmeril, vendar samo na eno decimalno mesto natančno, v tretji fazi pa vedno shranil enako (negativno!) vrednost. Tako so rezultati slednjega ostali le pogojno uporabni.

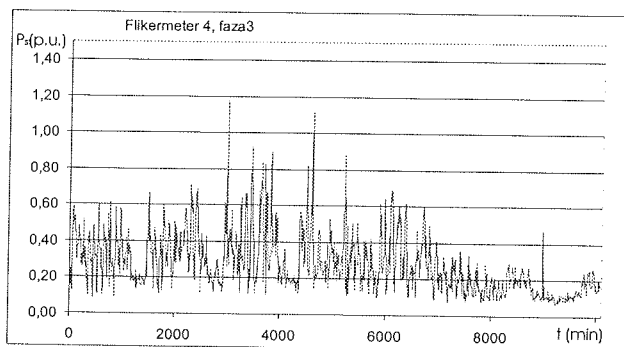
Iz preostalih treh, vključno z našim, smo uspeli dobiti smiselne rezultate. Časovni potek P_{st} kaže, da so flikermetri zaznali kolebanje napetosti v enakih obdobjih, le različno so jih ovrednotili (slika 2). Še lepše je to razvidno iz urejenega diagrama (slika 3). Najpomembnejše so vrednosti v 95 in 99% časa, ki znašajo:

Preglednica 1: Vrednosti P_{st} za 95 in 99% časa

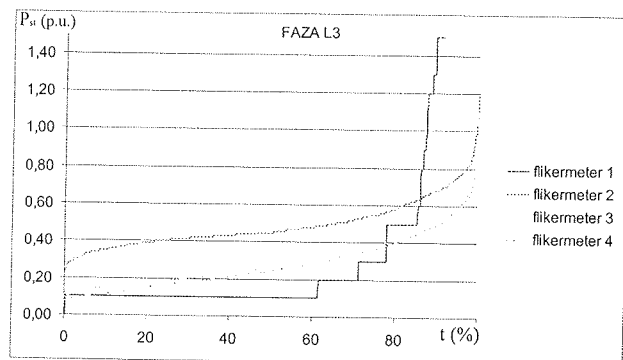
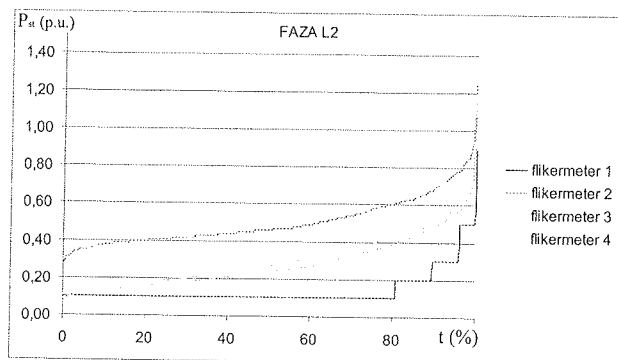
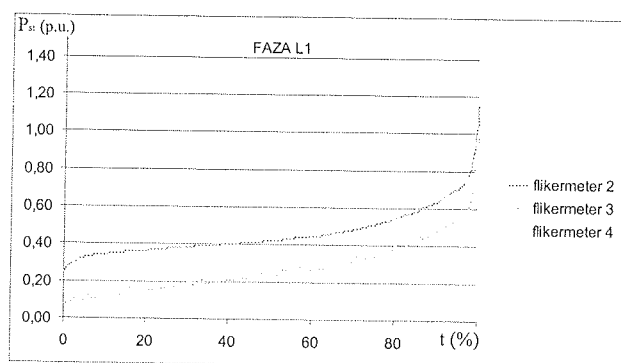
	FM 1	FM 2	FM 3	FM 4
$P_{st,95}$ (faza L1)	0,70	0,54	0,55	-
$P_{st,95}$ (faza L2)	0,77	0,58	0,56	0,3
$P_{st,95}$ (faza L3)	0,76	0,58	0,59	0,2
$P_{st,99}$ (faza L1)	0,91	0,80	0,73	-
$P_{st,99}$ (faza L2)	0,92	0,72	0,72	0,5
$P_{st,99}$ (faza L3)	0,94	0,73	0,72	4,1

Ugotovimo lahko, da se rezultati meritev dveh flikermetrov lepo ujemajo, dočim rezultati meritev drugih dveh močno odstopajo. Žal so štirje oz. trije rezultati premalo, da bi lahko naredili Gaussovo porazdelitev in ocenili najverjetnejšo vrednost, zato smo se odločili, da sami preverimo delovanje našega flikermetra skladno s publikacijo UIE (Union International for Electro-heat): Flicker Measurement and Evaluation, ki jo je prevzel tudi IEC v svoji publikaciji IEC 868, s hitro, poenostavljeno kontrolno meritvijo.





Slika 2: Časovni diagrami poteka P_{st} za različne flikermetre v fazi L3

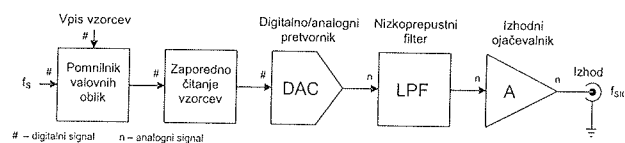


Slika 3: Urejeni diagrami poteka P_{st} za različne flikermetre v vseh treh fazah

4 Kontrola delovanja flikermetra

Območje efektivnih vhodnih napetosti flikermetra je običajno 40 do 480 V. Generator, sposoben generirati testni signal amplitude, večje od 40 V, nam ni bil dostopen. Od proizvajalca smo izvedeli, da ima flikermeter skladno s standardom na vходу uporovni napetostni delilnik, ki prilagodi vhodno napetost na nivo 0 do $\pm 5V$. Za ta napetostni obseg smo realizirali generator testnega signala. Izhodno napetost generatorja smo nato prilagodili nizkonapetostnemu vходу merilnika.

Zaradi zahtev, ki jo mora tak izvor signala izpolnjevati, smo uporabili generator zgrajen na osnovi delovanja generatorja poljubnih valovnih oblik (AWG – Arbitrary Waveform Generator). Blokovni diagram merilnega sistema prikazuje slika 4.



Slika 4: Generator poljubnih valovnih oblik

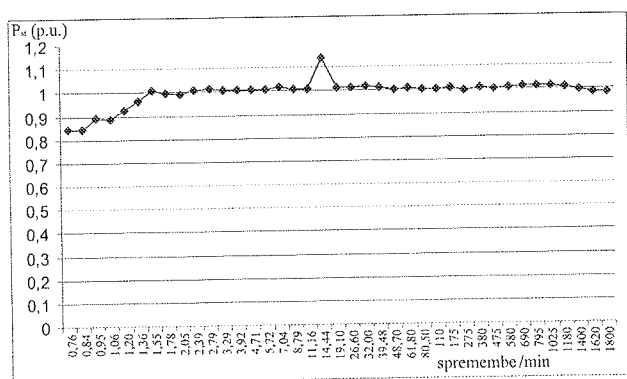
V bistvu je AWG prefinjen sistem za ponovno generacijo različnih valovnih oblik na osnovi shranjenih digitalnih podatkov oziroma vzorcev, ki opisujejo nenehno spreminjanje nivoja signala. Vzorce bi tako lahko dobili iz osciloskopa z digitalnim vzorčenjem na katerega je priključen primeren signal ali pa s pomočjo grafičnih in matematičnih operacij in tehnik. Uporabili smo slednjo metodo, ker so testni signali za $P_{ST}=1$ po IEC 868 že sami po sebi matematično določeni. Izračun valovnih oblik je potekal z 32-bitno natančnostjo, končni rezultat pa zaokrožen na 16 bitov kolikor jih ima uporabljen D/A pretvornik. Vertikalna ločljivost izraža napetostno negotovost vzorcev in je za 16-bitni AWG, ki nudi 65536 nivojev napetosti prek celega napetostnega področja, reda 0,002% ($\xi = 96$ dB). Tako prekaša vsak analogni izvor sinusnega signala glede harmonične popačitve ter stabilnosti napetosti, frekvence in faze.

Mnogo višja frekvenca vzorčenja ($f_s = 8$ kHz) od testnega signala ($f_{sig} = 50$ Hz) nam omogoča vernejšo rekonstrukcijo testnega signala še pred nizkopasovnim filtriranjem na izhodu. Vsako periodo testnega signala tako opisuje 160 vzorcev. Potrebna globina pomnilnika AWG je sorazmerno velika, saj period signala ne ponavljamo, kot je to pri AWG običajno, temveč izračunamo testni signal v celotni dolžini. Za simuliranje nižjih frekvenc kolebanja tako uporabljamo signal dolžine 30-tih minut, kar pomeni 14,4 milijona vzorcev. Korist, ki jo imamo od tega, je odprava mejnih točk. Te bi namreč privedle do neizogibnih napak, ki bi nastale pri prehodu, te pa močno vplivajo na meritev. Skupni čas vseh 45-tih testnih signalov tako znaša 13 ur in 15 minut (381,6 milijona vzorcev), kar je zato tudi čas popolne „hitre“ kalibracije flikermetra. Za v bodoče bi mogoče kazalo

uporabiti še kakšen „bolj strog“ test s pomočjo namenoma popačenega osnovnega signala, kar smo v tem primeru izpustili iz objektivnih razlogov.

Parametre testnih signalov navaja standard IEC 60868-0. Testni signal je sinusna napetost frekvence 50 Hz, ki je amplitudno modulirana z napetostjo sinusne ali pravokotne oblike. Standard navaja amplitude in frekvence superponiranih napetosti. Za vsak testni signal mora flikermeter izmeriti vrednost $P_{st} = 1 (\pm 10\%)$.

Slika 5 prikazuje, da je pogrešek flikermetra le pri zelo nizkih frekvencah (do 1 spremembe na minuto) večji od dopustnih 10%.



Slika 5: Odziv našega flikermetra na testni signal

5 Sklep

Flikermeter je merilni instrument, s katerim želimo ovrednotiti dve nelinearni fiziološki funkciji; občutljivost človeških oči in odziv možganov na sprejeto informacijo. Merimo spreminjanje - kolebanje napetosti, vgrajeni filtri in statistika, ki simulirajo naše psiho-fiziološke odzive in občutke, pa so narejeni z računalniškimi programi.

Kot rezultat primerjalnih meritev ocenjujemo, da so vsi flikermetri pravilno izmerili efektivno napetost, programska oprema večine instrumentov pa se je pokazala kot nezanesljiva.

6 Literatura

- /1/ IEC Publication 868: Flickermeter, Functional and Design Specifications. 1986.
- /2/ IEC-868-0 Technical Report: Flickermeter, Evaluation of Flicker Severity. 1986.
- /3/ UIE INTERNATIONAL UNION FOR ELECTRO-HEAT.: Flicker Measurement and Evaluation. 1986.
- /4/ Sakulin, M.: Beitrag zum UIE/IEC Flickermessverfahren, e&I, št.107, str.483-491.1990.
- /5/ Muzek, V.: Merilnik podharmoskih nihanj v sinusoidi napetosti. Magistrsko delo, Univerza v Mariboru, TF Maribor, 1991.
- /6/ Orgulan, A.: Zmanjševanje utripanja napetosti. Magistrsko delo, FER Maribor, 1996.
- /7/ Korošec, A.: Merilnik za vrednotenje kolebanja napetosti. Magistrsko delo, FER Maribor, 1998.
- /8/ Forschungsgemeinschaft für Hochspannungs- und Hochstromtechnik E.V., 6800 Mannheim-Rheinau, Hallenweg; Versuchsbericht Nr. V018/Mo, 1991.
- /9/ SIQ: Poročilo o kalibraciji, št. 96/00541, 1996.

mag. Filip Samo BALAN, univ. dipl. inž. el.

Darke KORITNIK, univ. dipl. inž. el.

mag. Andrej ORGULAN, univ. dipl. inž. el.

izr. prof. dr. Jože VORŠIČ, univ. dipl. inž. el.

Univerza v Mariboru

Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo

in informatiko

Smetanova ulica 17, 2000 Maribor

tel.: + 386 (0)2 220 7050

fax: + 386 (0)2 251 1178

email:

{balan, darko.koritnik, andrej.orgulan, vorsic}@uni-mb.si

Prispelo (Arrived): 22.01.2002

Sprejeto (Accepted): 25.04.2002