

MERENJE JAČINE FLIKERA

Nada Vučijak, Direkcija za mere i dragocene metale, Beograd
 Vladan Škerović, AMSS-Centar za motorna vozila d.o.o., Beograd

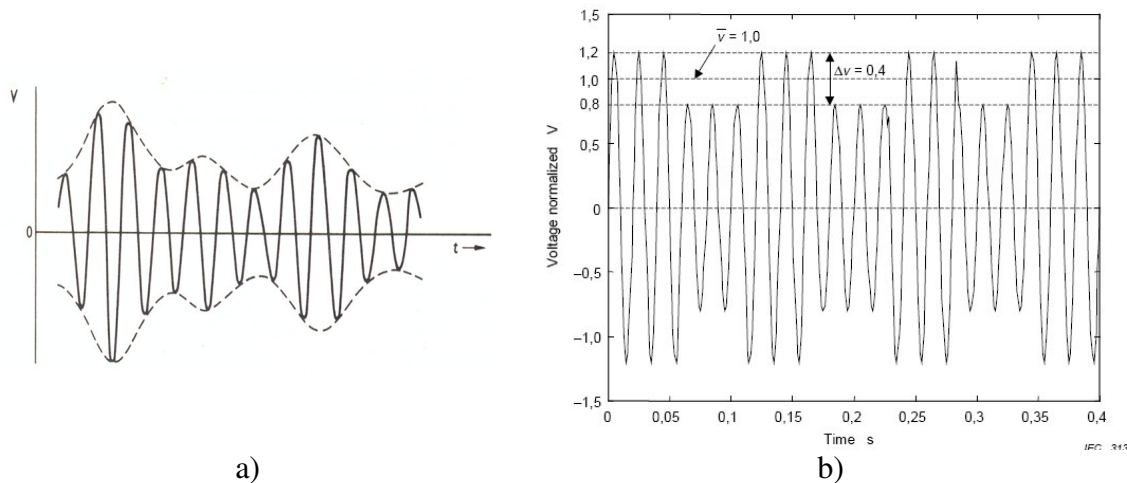
Apstrakt

Upotreba uređaja koji imaju kompleksne cikluse rada dovodi do pojave fluktuacija električnog napona u mreži, što ima za posledicu pojavu treperenja električnog osvetljenja. Treperenje električnog osvetljenja utiče na čoveka čak i kad ga ljudsko oko ne može da registruje. Međunarodni standard IEC 61000-4-15 je propisao princip rada flikermetra koji se koristi pri ispitivanju da li rad uređaja dovodi do pojave flikera. Pokazalo se da IEC flikermetar ne zadovoljava merenje flikera prouzrokovanog pojavom interharmonika napona i kod svetiljki sa pražnjenjem. Zato se danas predlažu i druge metode merenja flikera.

Ključne reči: električno osvetljenje, jačina flikera, flikermetar, modulacija

1. UVOD

Termin fliker se može definisati kao fluktuacije napona mrežnog napajanja koje mogu uzrokovati vidljive promene (treperenje, fliker) električnog osvetljenja. Fliker električnog osvetljenja je neprijatan doživljaj za čoveka ako ga posmatra. U nekim slučajevima ove fluktuacije napona mrežnog napajanja mogu uticati na rad električne opreme.



Slika 1 Modulisan signal koji dovodi do pojave treperenja električnog osvetljenja
 a) kompleksna modulacija i b) pravougaona modulacija

Fluktuacije napona mogu biti periodične i neperiodične.

Primer neperiodične fluktuacije mrežnog napona prikazan je na slici 1 a). Primer periodične fluktuacije mrežnog napona sa pravougaonom amplitudnom modulacijom [1] prikazan je na slici 1 b). Napon frekvencije 50 Hz je noseći signal, a modulušući signal dovodi do pojave flikera.

Pojava flikera električnog osvetljenja razmatrana je 1880 – ih godina u Americi pri odlučivanju o korišćenju jednosmerne ili naizmjenične električne struje [2]. Tada je, u cilju izbegavanja pojave treperenja električnog osvetljenja, u Severnoj Americi izabrana frekvencija 60 Hz kao naznačena frekvencija električne mreže.

3. UTICAJ TREPERENJA OSVETLJENJA NA ZDRAVLJE ČOVEKA

Od početka XX veka do danas urađeno je više studija o uticaju flikera električnog osvetljenja na čovekov vid. Ispitivanja su vršena na ljudima koji su bili izloženi različitim varijacijama talasnog oblika napona, nivoima osvetljenosti i tipovima osvetljenja.

Tipičan opseg flikera koji čovek može da vidi je od 0,5 Hz do 30,0 Hz sa amplitudama koje počinju od 1,0 %. Čovekovo oko je najosetljivije na fliker frekvencije 5 Hz do 10 Hz. Za frekvencije veće i manje od tog opsega, čovekovo oko je tolerantnije na fluktuacije luminancije. Dokazano je, snimanjem elektroretinograma i elektroencefalograma da mozak registruje modulaciju luminancije čak i onda kad oko ne može da je registruje.

Fliker električnog osvetljenja izaziva neprijatnost kod čoveka i naročito je opasan za osobe sa epilepsijom.

2. IZVORI FLIKERA

Kućni električni uređaji mogu imati složene programe rada koji dovode do pojave fluktuacija mrežnog napona. Na primer, mašina za pranje veša uključuje i isključuje grejanje vode i centrifugiranje i tom prilikom prouzrokuje fluktuacije električne struje koje prouzrokuju fluktuacije mrežnog napona. Te fluktuacije električnog napona mogu dovesti do pojave treperenja ili flikera električnog osvetljenja.

Trend poboljšanja kvaliteta električne energije doveo je do toga da se ovaj problem prepozna i reguliše. U standardu IEC 61000-3-3 [3] propisane su dozvoljene granice promena i fluktuacija napona koje smeju prouzrokovati kućni uređaji priključeni na mrežno napajanje.

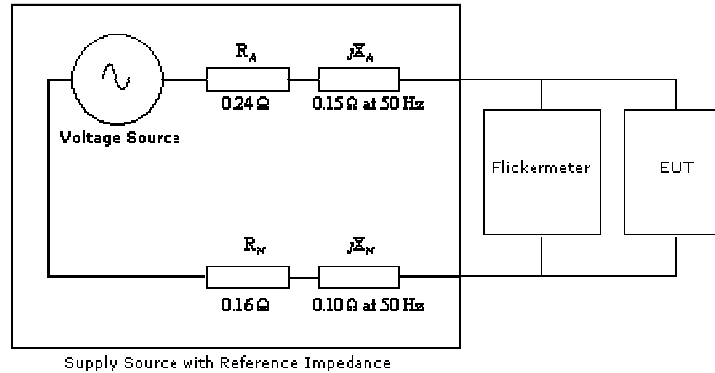
Potrošači koji često prouzrokuju fliker napona su elektrolučna peć i uređaj za zavarivanje.

U određenim okolnostima, interharmonici u mrežnom naponu mogu dovesti do oscilacija svetlosnog fluksa i uzrokovati pojavu treperenja svetlosti. Interharmonici napona su komponente u harmonijskom spektru koje nisu celobrojni umnožak osnovne frekvencije. Ova pojava se može posmatrati i kod inkandescentnih svetiljki kao i kod fluorescentnih svetiljki. Izvori interharmonika su konvertori frekvencije, indukcione mašine i elektrolučne peći.

U opštem slučaju, susreće se pojava više naponskih signala sa flikerom različitih amplituda i frekvencija.

Ispitivanje uticaja rada kućnih aparata na pojavu flikera vrši se prema šemi na slici 2.

Na slici 2 sa EUT je obeležen aparat koji se ispituje, tako što se priključuje na izvor napona i referentnu impedansu koja predstavlja impedansu mreže [3]. EUT se uključi da radi na uobičajen način a flikermetar pokazuje vrednost flikera koju prouzrokuje rad EUT, a zatim se ta vrednost upoređuje sa granicama propisanim u standardu IEC 61000-3-3.



Slika 2. Ispitivanje kućnog aparata obeleženog sa EUT koristeći flikermetar i referentnu impedansu

4. FLIKERMETRI

U standardu IEC 61000-4-15 [1] preporučuje se način konstrukcije flikermetra. Ovaj standard se odnosi na flikermetre namenjene merenju vrednosti električnog napona 230 V, frekvencije 50 Hz i napona 120 V, frekvencije 60 Hz. Merenje flikera drugih vrednosti električnog napona i frekvencije se razmatra.

IEC flikermetar se sastoji od pet blokova.

Blok 1 je adapter ulaznog električnog napona koji skalira ulaznu efektivnu vrednost na interni referentni nivo. Blok 2 je demodulator koji simulira ponašanje svetiljke. Blok 3 se sastoji od dva filtra i selektora mernog opsega. Prvi filter eliminiše jednosmernu komponentu i frekvencije jednake dvostrukoj frekvenciji mreže. Drugi filter simulira odziv vizuelnog sistema čoveka na inkandescentnu sijalicu. Blok 4 se sastoji od množača i filtra. Blok 5 sadrži mikroprocesor koji izvodi statističku analizu nivoa flikera.

Period posmatranja flikera definisan je sa dva vremenska intervala: T_{short} i T_{long} .

T_{short} može da bude: 1min, 5 min, 10 min i 15 min.

T_{long} može da bude ceo umnožak izabranog T_{short} u trajanju do 7 dana.

Ocena jačine (severity) kratkotrajnog flikera zasnovana na posmatranju električnog napona u trajanju od 10 minuta označava se P_{st} .

P_{st} je moguće odrediti koristeći jednačinu

$$P_{st} = \sqrt{0,0314P_{0,1} + 0,0525P_{1s} + 0,0657P_{3s} + 0,28P_{10s} + 0,08P_{50s}} \quad (1)$$

gde su $P_{0,1}$, P_{1s} , P_{3s} , P_{10s} , P_{50s} nivoi flikera koji prelaze 0,1%; 1,0%; 3,0%; 10,0% i 50,0% vremena posmatranja. Index s označava (smoothed) vrednosti dobijene na sledeći način:

$$P_{50s} = (P_{30} + P_{50} + P_{80})/3 \quad (2)$$

$$P_{10s} = (P_6 + P_8 + P_{10} + P_{13} + P_{17})/5 \quad (3)$$

$$P_{3s} = (P_{2,2} + P_3 + P_4)/3 \quad (4)$$

$$P_{1s} = (P_{0,7} + P_1 + P_{1,5})/3 \quad (5)$$

Za $P_{0,1}$ nije potrebno izravnavanje jer vremenska konstanta flikermetra osigurava da se $P_{0,1}$ ne može menjati naglo.

Vrednost $P_{st} = 1,0$ na izlazu iz bloka 5 predstavlja granicu tolerancije čoveka na fliker električnog osvetljenja.

Jačina dugotrajnog flikera P_{lt} se određuje iz jednačine

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^N P_{sti}^3}{N}}, \quad (6)$$

gde je N broj P_{st} očitavanja. Broj N određuje se koristeći radni ciklus potrošača koji prouzrokuje fliker. Ako je radni ciklus nepoznat, preporučeni broj P_{st} očitavanja je 12 (dva sata merenja).

5. ISPITIVANJE FLIKERMETARA

Pokazivanje flikermetra zavisi od modulacije $\Delta V/V$ i brzine promene signala dovedenog na ulaz flikermetra. Flikermetri se etaloniraju tako što se na ulaz dovodi signal sa pravougaonom i sinusnom modulacijom.

U tabeli 1. date su merne tačke za etaloniranje flikermetra u kojima flikermetar treba da pokaže P_{st} vrednost $1,00 \pm 0,05$. Ukoliko se vrednost $\Delta V/V$ smanji ili poveća a vrednost broja promena u minuti ostane ista, dobiju se srazmerno nove vrednosti P_{st} . Na primer, ako je broj promena u minuti 7, a $\Delta V/V$ poraste tri puta, odnosno sa vrednosti 1,46 % iz tabele 1. do 4,38 %, onda vrednost P_{st} treba da poraste od $1,00 \pm 0,05$ do $3,00 \pm 0,05$.

Tabela 1. Pravougaona modulacija signala frekvencije 50 Hz

Broj promena signala u minuti (1/min)	dubina modulacije $\Delta V/V$ (%)
1	2,724
2	2,211
7	1,459
39	0,906
110	0,725
1620	0,402
4000	2,4

U tabeli 1 oznaka $\Delta V/V$ je vrednost u procentima izračunata prema sledećoj formuli:

$$\frac{\Delta V}{V} = 200 \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\max} + V_{\min}} \quad (7)$$

gde je V_{\max} najveća, a V_{\min} najmanja vrednost napona, prema slici 1 b).

Standard [1] preporučuje ispitivanje tipa ovih instrumenata.

LITERATURA

- [1] IEC 61000-4-15:2003 Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 15: Flickermeter – Functional and design specifications.
- [2] Jeff W. Smith „Voltage Flicker Primer”, Submitted to the IEEE SCC 21 P1547 Working Group, USA, 1999.
- [3] IEC 61000-3-3:2008 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 ≤ 16 A per phase and not subject to conditional connection.
- [4] www.nlp.co.uk