

Fliker zaradi lokalnih virov napetostnih sprememb v notranji razsvetljavi

Andrej Orgulan, Primož Sukič, Janez Ribič
Laboratorij za energetiko,
Inštitut za močnostno elektrotehniko, UM FER

7. 10. 2019

Razsvetjava 2019

1

Uvod

- V zadnjih letih - popolna zamenjava tehnologije tako v zunanji kot v notranji razsvetljavi.
- Spremembe tehnologije vedno povzročijo tudi spremembe standardov in predpisov, saj le z upoštevanjem teh lahko zagotovimo kakovostno in zanesljivo obratovanje naprav.
- Tehnologije v razsvetljavi se že nekaj let razvijajo hitreje kot kadarkoli prej v zgodovini (na področju svetlobnih virov, optičnih sistemov in spremljajočih elementov avtomatizacije, kot so senzorji, krmilniki in tehnologije komunikacij).
- So nove tehnologije odpravile slabosti tradicionalnih sv. virov?

7. 10. 2019

Razsvetjava 2019

2

Pojavi časovne nestalnosti oddane svetlobe pri LED

- Frekvenčna območja:
- Do 50 (35) Hz
 - Neugodni ali moteči učinki (zaznavni)
 - Možni epileptični napadi (ob velikih amplitudah in občutljivih ljudeh)
- Nad 50 Hz (do 120)
 - Možni, vendar redkejši zaznavni učinki (2 do 5 % ljudi)
- Nad 90 do 300 Hz
 - utripanje svetlobe (ob normalnem delovanju, stalna frekvenca, običajno dvojna napajalna)
 - Nezaznavni (nevizualni) učinki – migrene, slabo počutje, sprožanje avtizma pri mlajših najstnikih
- Redkeje opaženi učinki (tudi do 3 kHz) in modulaciji vsaj 30%
 - stroboskopski pojav in nekateri nevizualni učinki

7. 10. 2019

Razsvetjava 2019

3

Postopek omejevanja pojava flikerja

- Pojavi utripanja svetlobe so bili za LED svetlobne vire pričakovani, zato so mednarodne standardizacijske organizacije že pred desetletjem pripravile smernice za omejevanje utripanja svetlobe LED svetilk (IEEE, CIE, IEC) v zadnjih nekaj letih pa so te omejitve že zapisane v standardih IEC (v pripravi), IEEE in nekaterih lokalnih zakonih, vendar le za normalno obratovanje svetilk.
- Postopek bi moral biti enostaven:
 - Preveriti če vse vgrajene izpolnjujejo zahteve EMC
 - Če vseeno pride do motenj (nepravilne delovanja – poiskati in odpraviti napako)
-

7. 10. 2019

Razsvetljava 2019

4

Kako deluje elektromagnetna združljivost

- Če želimo, da električne naprave delujejo brez motenj moramo zagotoviti njihovo združljivost
- Omejimo emisije motenj – meje motenj
- Predpišemo meje za imunost
- Meje se ne smejo prekrivati, oz. le v izjemnih primerih
- EMC direktiva

7. 10. 2019

Razsvetljava 2019

5

Elektromagnetna združljivost

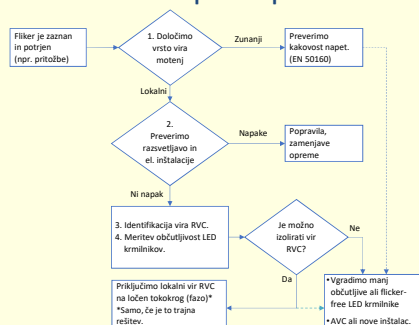
- IEC (EN) 61000-3-3 Predpisuje meje in postopke preverjanja napetostnih motenj ki povzročajo kolebanje napetosti za naprave do 16 A (-7 za močnejše naprave)
- IEC 61000-4-15, IEC 61000-4-30....
- Imunost na hitre napetostne spremembe...
Ni zavezujočih predpisov za imunost
- IEC TR 61547-1 Equipment for general lighting purposes: EMC immunity requirements. Part 1, Preverjanje imunosti na osnovi svetlobnega flikermetra (P_{st})
- Na strani el. Omrežja – EN 50160

7. 10. 2019

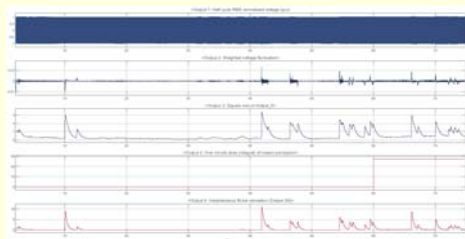
Razsvetljava 2019

6

Okvirni postopek



Preverimo in potrdimo stanje el. Napetosti – meritev nap. flikerja



Pst < 1, oz celo 0.572

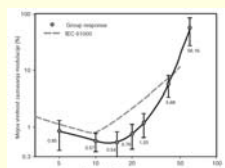
7. 10. 2019

Razsvetljava 2019

8

Fliker – migotanje oddane svetlobe pri LED

- migotanje svetlobe (nestalna frekvenca, nastane zaradi kolebanja ali motenj napajalne napetosti)
 - migotanje svetlobe zaradi odziva napajalnega vezja na kolebanje napajalne napetosti kot je znano iz delovanja IEC / UIE flikermetra. Ta pojav povzroča neprijeten ali moteč občutek pri ljudeh, ki so izpostavljeni takšni svetlobi
 - Stopnja motnje je lahko zelo različna:
 - Od komaj zaznavne do zelo moteče

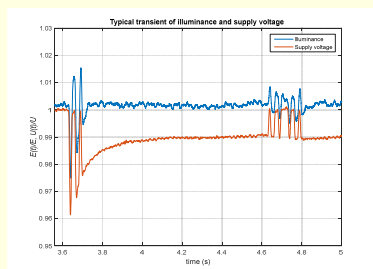


7. 10. 2019

Razsvetljava 2019

9

Preverimo dejanski potek napetosti in osvetljenosti



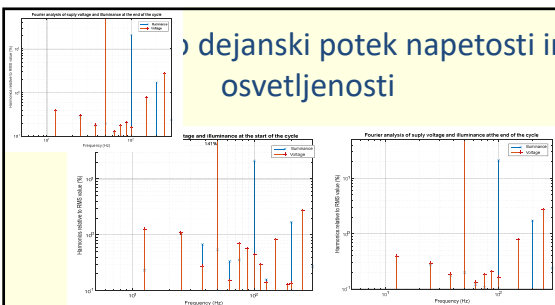
Tipičen potek motnje

7. 10. 2019

Razsvetljava 2019

10

dejavski potek napetosti in osvetljenosti



Harmonska analiza tipičnega poteka motnje – na začetku in koncu motnje

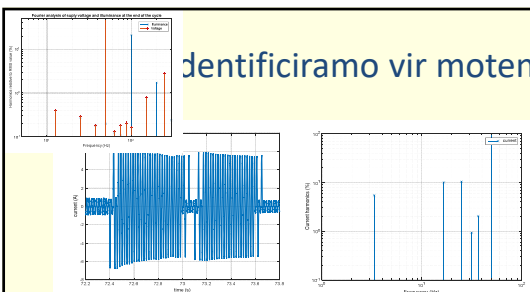
Harmonic	f_i (Hz)	E_{hvi} (%)	f_i (Hz)	U_{hvi} (%)	E_{vi}/U_{vi}
1	12.50	0.23	37.50	1.25	0.85
2	25.00	1.08	25.00	1.09	0.99
3	37.50	0.675	12.50	0.27	0.54

7. 10. 2019

Razsvetljava 2019

11

identificiramo vir motenj

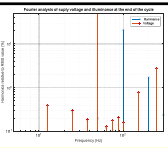


Potek toka in harmonska analiza tipičnega poteka motnje – laserski tiskalnik, MFC

7. 10. 2019

Razsvetljava 2019

12

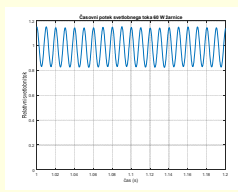
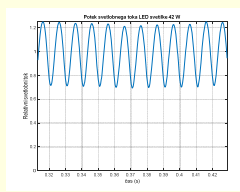


identificiramo vir motenj

7. 10. 2019 Razsvetjava 2019 13

Občutljivost LED svetilke - krmilnika

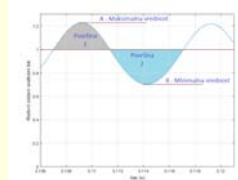
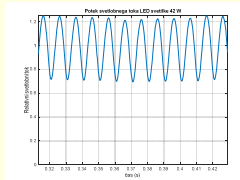
- merila za vrednotenje utripanja svetlobe **med obratovanjem v nazivnih pogojih**, vključno z občutljivostjo svetlobnih virov na enakomerno pojavljajoče se motnje napajalnih napetosti

$$u(t) = U \cdot \sqrt{2} \sin(\omega \cdot t) (1 + A_n \cdot \text{signum}(\sin(\omega_n \cdot t)))$$

7. 10. 2019 Razsvetjava 2019 14

Merila za vrednotenje utripanja svetlobe med obratovanjem v nazivnih pogojih

Indeks flikerja je glede na valovitost na sliki definiran kot [4], [8]:

$$\text{Indeks flikerja} = \frac{\text{Površina 1}}{(\text{Površina 1} + \text{Površina 2})}$$

Odstotek flikerja je velikost modulacije v odstotkih:

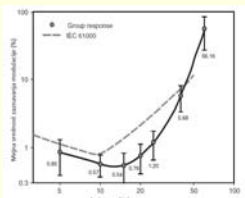
$$\text{Mod\%} = 100 \cdot \frac{(\text{Maks} - \text{Min})}{(\text{Maks} + \text{Min})} = 100 \cdot \frac{(A - B)}{(A + B)}$$

7. 10. 2019 Razsvetjava 2019 15

Merila za vrednotenje utripanja svetlobe med obratovanjem v nazivnih pogojih

- IEC krivuljo, prikazano s črtkano krivuljo na sliki 4, lahko prikažemo v logaritemskem merilu na frekvenčni osi, in jo lineariziramo po odsekih. Na ta način dobimo 3 različna frekvenčna območja prikazana na sliki, kjer mejo še sprejemljive modulacije zapišemo kot:

- $Mod\% < 0,1$ za $f < 8$ Hz
- $Mod\% < 0,025 \cdot f$ 8 Hz $< f < 90$ Hz
- $Mod\% < 0,08 \cdot f$ za $f > 90$ Hz



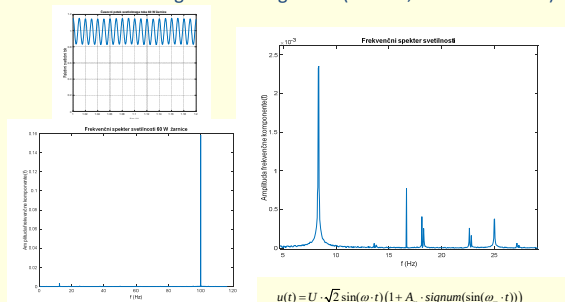
7. 10. 2019

Razsvetljava 2019

16

Merila za vrednotenje utripanja svetlobe med obratovanjem v nazivnih pogojih

- Analiza oddanega svetlobnega toka (žarnice, lahko tudi LED...)



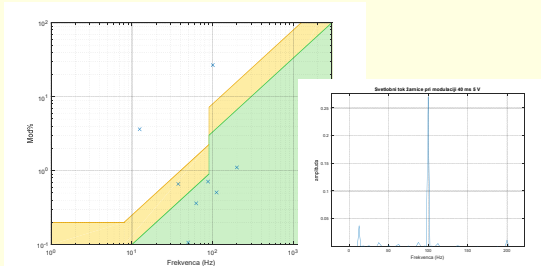
7. 10. 2019

Razsvetljava 2019

17

Merila za vrednotenje utripanja svetlobe med obratovanjem v nazivnih pogojih

Lahko pa jih uporabimo tudi za prikaz motenj – primer IEEE 1789



$$u(t) = U \cdot \sqrt{2} \sin(\omega \cdot t) (1 + A_m \cdot \text{signum}(\sin(\omega_m \cdot t)))$$

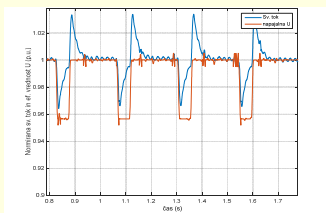
7. 10. 2019

Razsvetljava 2019

18

Merila in postopki – občutljivost virov

- IEEE 1789 posebej določa vrednotenje utripanja svetlobe **med obratovanjem v nazivnih pogojih**, je sicer primeren tudi za nizkofrekvenčne motnje, vendar ne upošteva **pogostnosti pojavljanja**



$$u(t) = U \cdot \sqrt{2} \sin(\omega \cdot t) (1 + A_m \cdot \text{signum}(\sin(\omega_m \cdot t)))$$

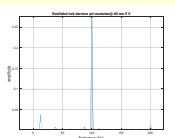
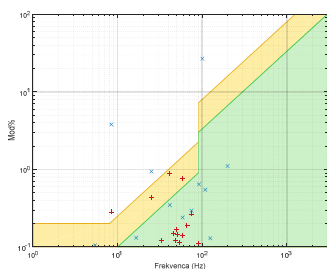
7. 10. 2019

Razsvetljava 2019

19

Merila za vrednotenje utripanja svetlobe med obratovanjem v nazivnih pogojih

Lahko pa jih uporabimo tudi za prikaz motenj



x - osvetljenost
+ - napajalna napetost

$$u(t) = U \cdot \sqrt{2} \sin(\omega \cdot t) (1 + A_m \cdot \text{signum}(\sin(\omega_m \cdot t)))$$

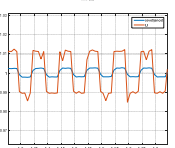
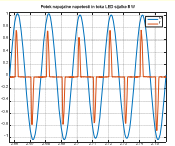
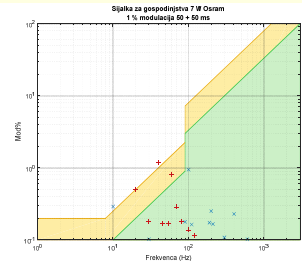
7. 10. 2019

Razsvetljava 2019

20

Merila za vrednotenje utripanja svetlobe med obratovanjem v nazivnih pogojih

LED sijalka za gospodinjstva



$$u(t) = U \cdot \sqrt{2} \sin(\omega \cdot t) (1 + A_m \cdot \text{signum}(\sin(\omega_m \cdot t)))$$

x - osvetljenost

+ - napajalna napetost

7. 10. 2019

Razsvetljava 2019

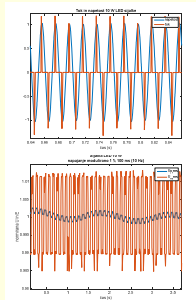
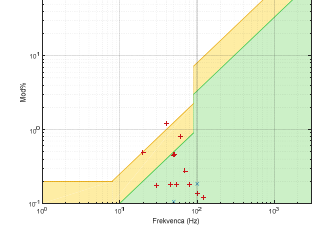
21

Merila za vrednotenje utripanja svetlobe med obratovanjem v nazivnih pogojih

LED sijalka za gospodinjstva – LightWay 10W

LED sijalka LightWay 10 W

napajana z modulirano U 1% 50 x 50 ms



$$u(t) = U \cdot \sqrt{2} \sin(\omega \cdot t) (1 + A_m \cdot \text{signum}(\sin(\omega_m \cdot t)))$$

× - osvetljenost
+ - napajalna napetost

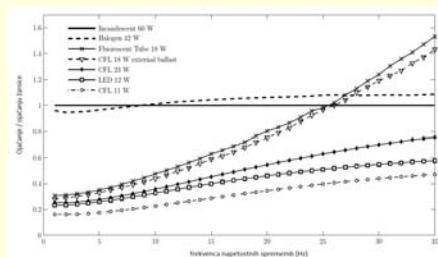
7. 10. 2019

Razsvetjava 2019

22

Merila in postopki – občutljivost virov

- **Normirano ojačenje** spremembe svetlobnega toka pri spremembi napetosti (periodične) v odvisnosti od frekvence za različne svetlobne vire



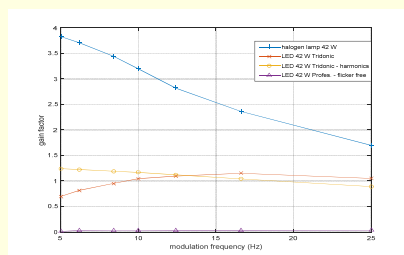
7. 10. 2019

Razsvetjava 2019

23

Merila in postopki – občutljivost virov

- Ojačanje spremembe svetlobnega toka pri spremembi napetosti (periodične) 1% v odvisnosti od frekvence za različne svetlobne vire



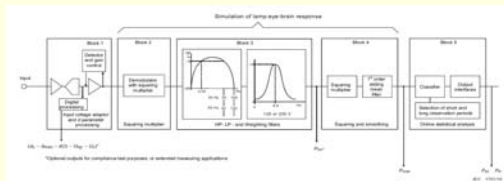
7. 10. 2019

Razsvetjava 2019

24

Merila in postopki - flikermetri

- pogostnosti pojavljanja – flikermeter



Težave!

- V postopku je definiran svetlobni vir – žarnica

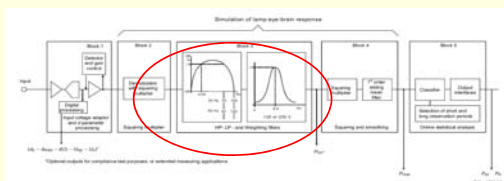
Žarnico je treba nadomestiti, ali jo izločiti - Nadomestitev: nove slabosti - kateri vir?

7. 10. 2019

Razsvetjava 2019

25

Merila in postopki - Svetlobni flikermetri



Žarnico je treba nadomestiti, ali jo izločiti - Svetlobni flikermetri

- Nadomestitev: nove slabosti - kateri vir?
- Izločitev – vrednotenje dejanskih svetlobnih razmer – nove težave:
 - Meritve pri uporabnikih,
 - motenje delovnega procesa ali motenje meritve (dnevna svetloba)?

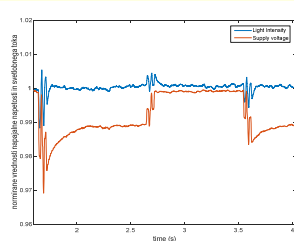
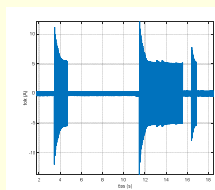
7. 10. 2019

Razsvetjava 2019

26

Merila in postopki - flikermetri

- Zagotavljanje kakovosti uporabniku
- Kaj pa motnje, ki nastanejo med obratovanjem pri uporabnikih?
- Primer: vklop multifunkcijske naprave v pisarnškem okolju, skladno z IEC 61000-3-3



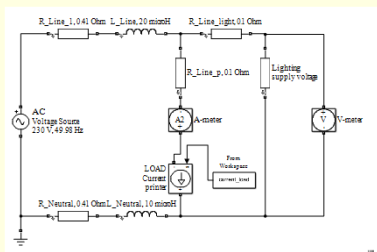
7. 10. 2019

Razsvetjava 2019

27

Kaj pa motnje, ki nastanejo med obratovanjem pri uporabnikih?

- Preverjanje obnašanja pri priklopu na različne faze in lokacije



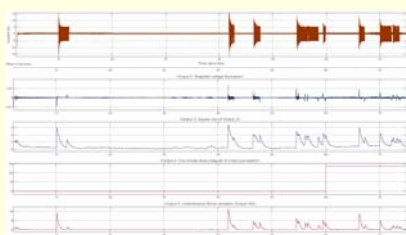
Poenostavljena shema za simulacijo

7. 10. 2019

Razsvetjava 2019

28

Preverjanje obnašanja pri priklopu na različne faze in lokacije



Connection of Laser Printer	Phase start angle	R_{tot}	One minute dose	$P_{inst, max}$	$P_{d,1}$	$P_{d,2}$
Phase L1	0	0.8	26.283	11.099	6.516	0.572
Phase L2	-120	0.4	4.216	3.421	1.064	0.227
Phase L3	120	0.4	3.843	1.754	1.150	0.241

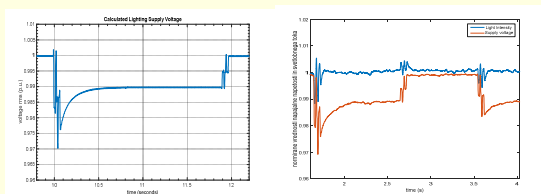
Izračuni za 1 minuto – tipičen cikel delovanja pri uporabniku

7. 10. 2019

Razsvetjava 2019

29

Preverjanje obnašanja pri priklopu na različne faze in lokacije



Izračunan in izmerjen potek napetosti razsvetljave

Connection of Laser Printer	Phase start angle	R_{tot}	One minute dose	$P_{inst, max}$	$P_{d,1}$	$P_{d,2}$
Phase L1	0	0.8	26.283	11.099	6.516	0.572
Phase L2	-120	0.4	4.216	3.421	1.064	0.227
Phase L3	120	0.4	3.843	1.754	1.150	0.241

Izračuni za 10 minut – tipičen cikel delovanja pri uporabniku

7. 10. 2019

Razsvetjava 2019

30

Zaključki

Flikermeter je namenjen presojanju kakovosti električne napetosti (EN 50160)

Na strani električnega omrežja:

- Načrtovanje (razdelilno, prenosno omrežje), P_{st} , P_{it}
- Zagotavljanje kakovosti uporabniku
- **Kaj pa motnje, ki nastanejo med obratovanjem pri uporabnikih?**

Lastnosti svetilk moramo preverjati ločeno – ne preko Pst!

- Lastno utripanje (pri 100% svetl. toka in pri zatemnjevanju)
- Občutljivost na motnje

Dodatne zahteve za preverjanje naprav do 16 A! IEC in EN 61000-3

7. 10. 2019

Razsvetljava 2019

31

- Hvala za pozornost!

- Vprašanja:

7. 10. 2019

Razsvetljava 2019

32