

SEMINAR

Elektroenergetski sustav u uvjetima povećanog udjela uređaja energetske elektronike

Izazovi u održavanju kvalitete električne energije u aktivnim mrežama

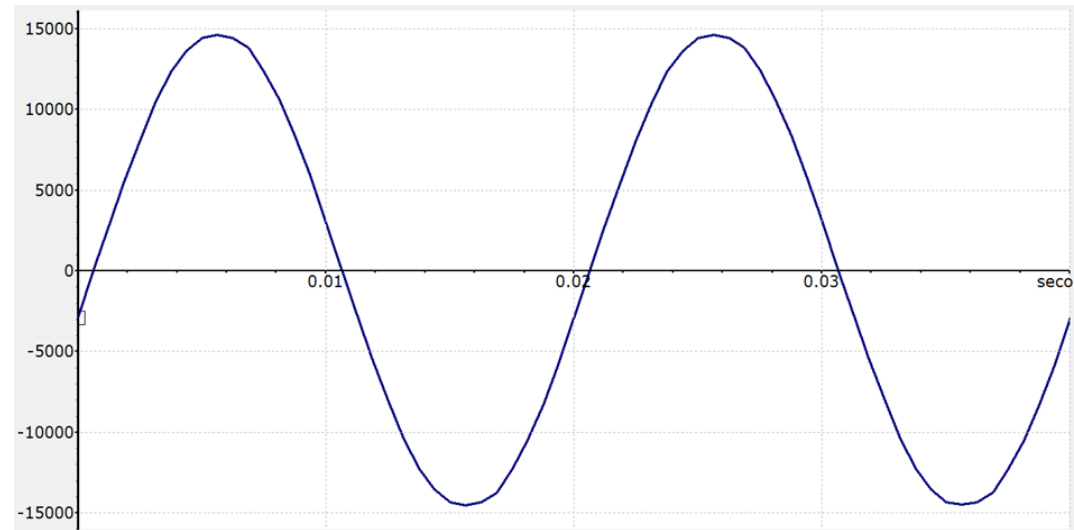
mr. sc. Irena Šagovac, dipl. ing.
(HEP-ODS, DP Elektra Zagreb)

prof. dr. sc. Zvonimir Klaić, dipl. ing.
(FERIT, Osijek)

Što je kvaliteta električne energije?

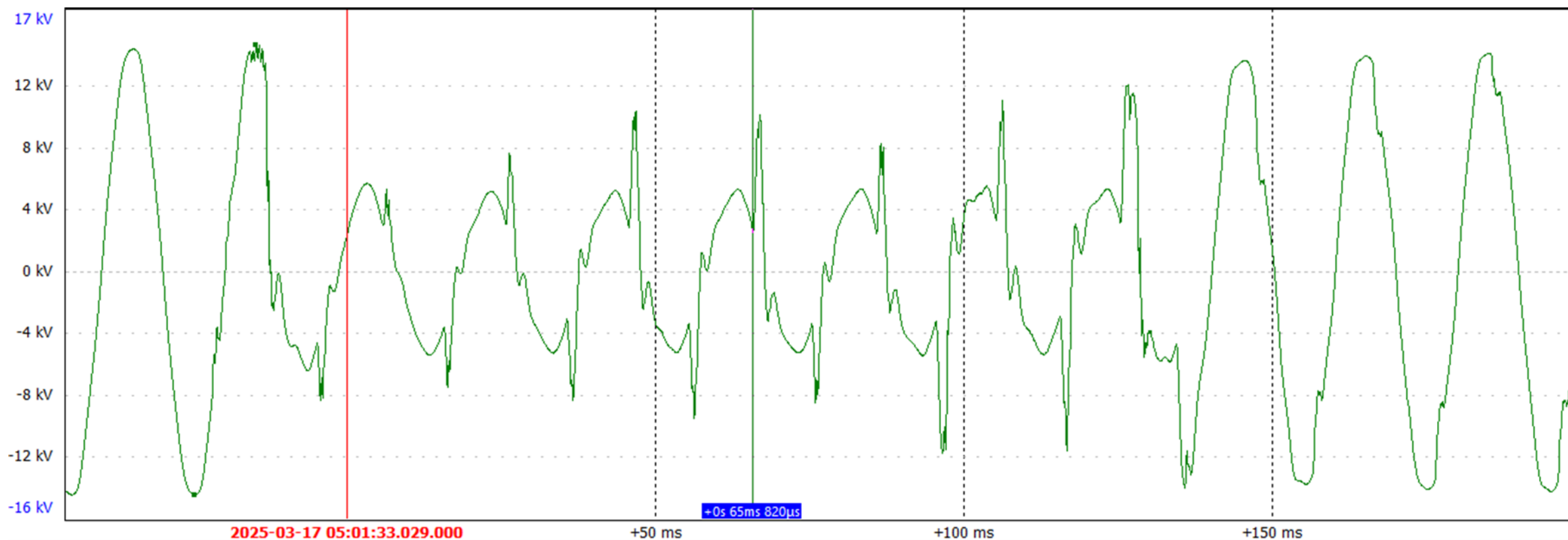
$$U = U_m \sin(2\pi f t + a)$$

iznos, oblik i frekvencija



Kvaliteta električne energije – obilježje električne energije u određenoj točki elektroenergetskog sustava promatrano u usporedbi s referentnim tehničkim parametrima

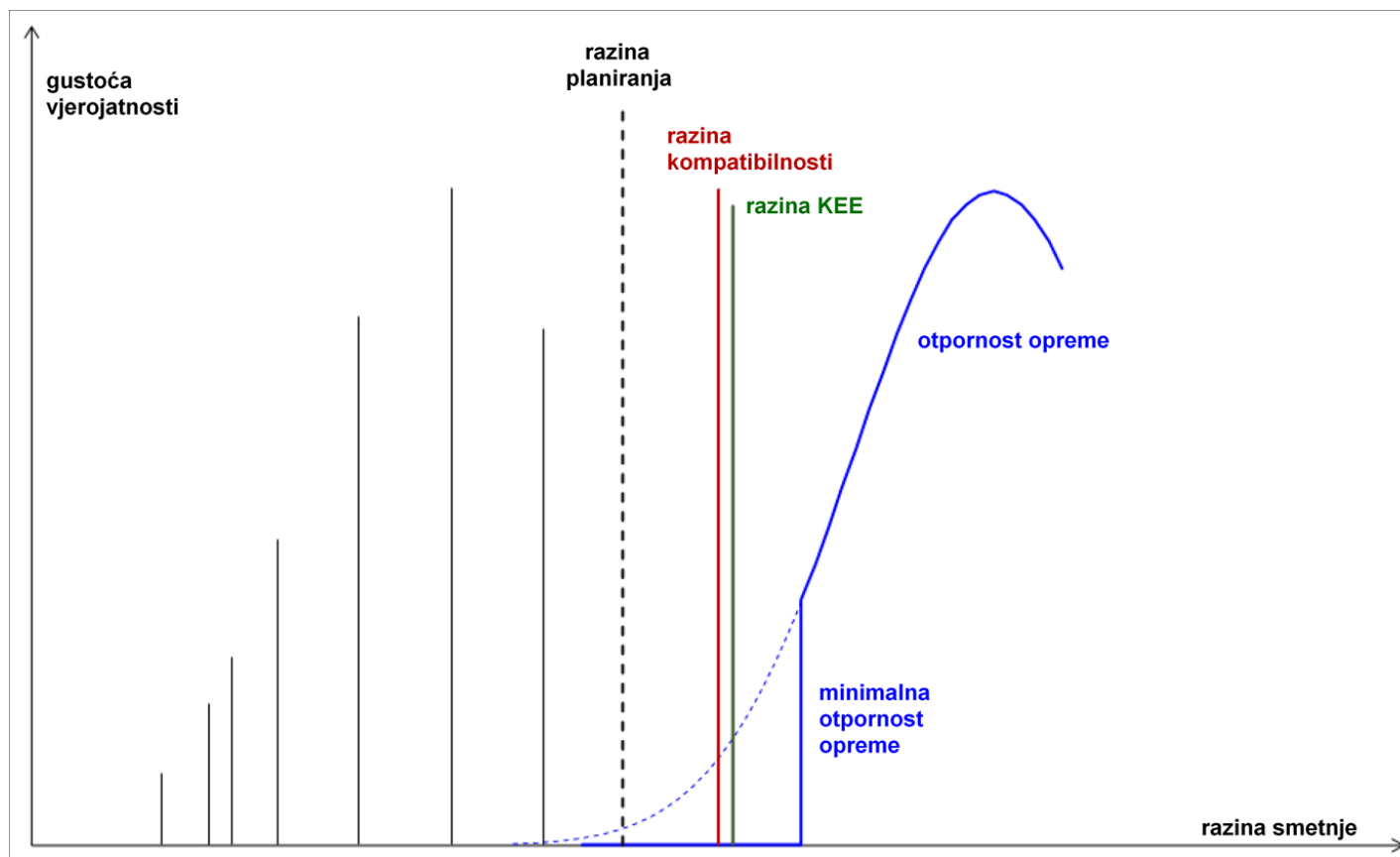
Primjer izobličenja napona (posljedica kvara)



Propisi koji uređuju kvalitetu električne energije

- s područja elektromagnetske kompatibilnosti
- obvezuju operatore mreže na održavanje kvalitete napona, a proizvođače opreme na ograničavanje povratnog utjecaja opreme na mrežu kontrolom strujnih parametara
- kvaliteta napona propisana je u HRN EN 50160:2023 Naponske karakteristike električne energije iz javnih distribucijskih mreža (EN 50160:2022) – pokriva naponske razine od 0,4 kV do 800 kV
- povratni utjecaj opreme propisan je grupama normi IEC 61000-x-x

Princip elektromagnetske kompatibilnosti



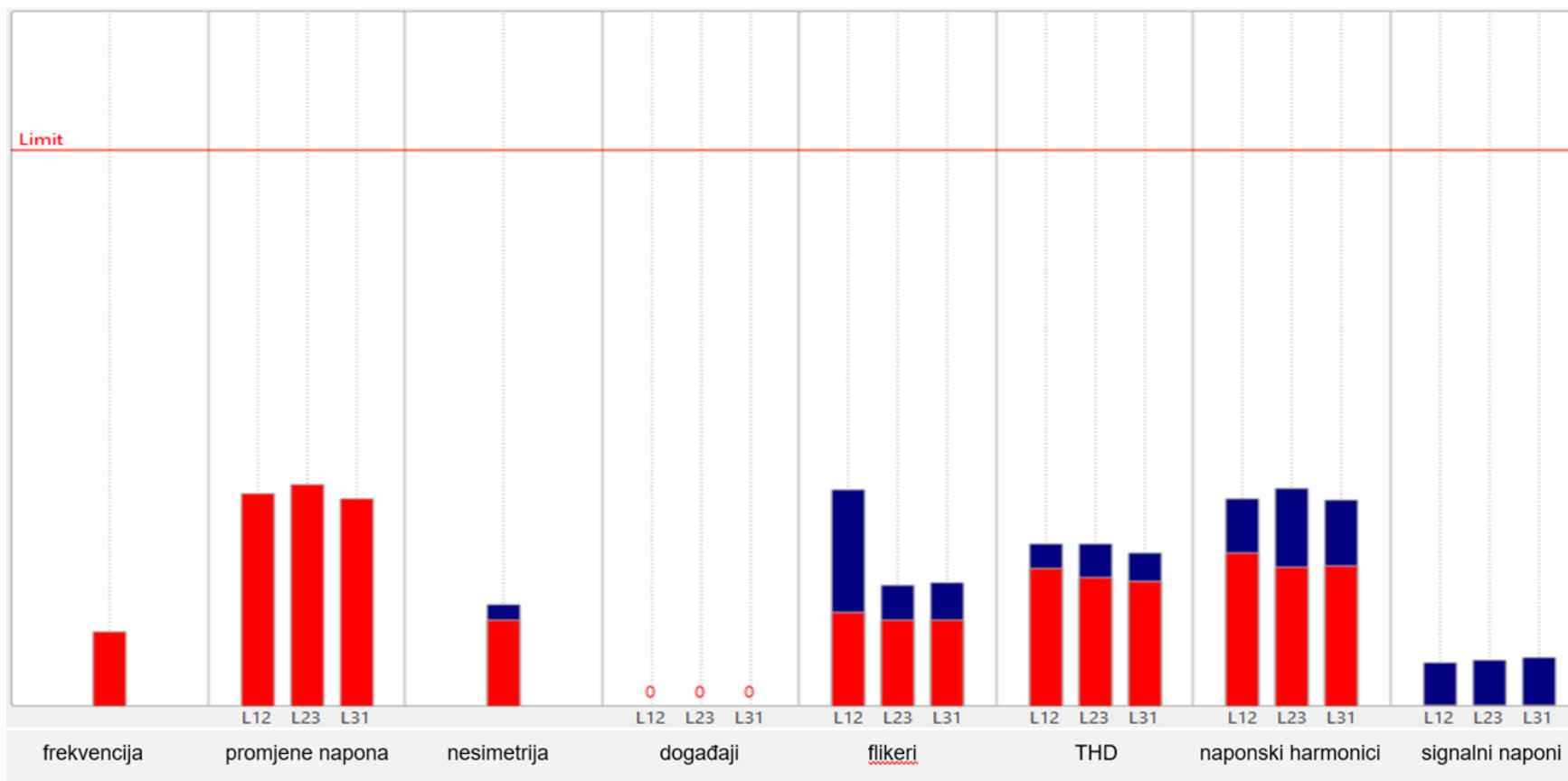
Parametri kvalitete napona prema HRN EN 50160

- frekvencija
- iznos napona
- brze naponske promjene
- jakost treperenja (flikeri)
- nesimetrija napona
- naponi viših harmonika
- naponi međuharmonika
- prekidi napona / propad napona / prenapon /tranzijentni prenapon
- signalni naponi

Granične vrijednosti parametar kvalitete napona prema EN 50160

Parametar	Granične vrijednosti		Mjerni i vrijednosni parametri			
	NN	SN	Osnovna veličina	Interval usrednjavanja	Promatrano razdoblje	Granice (%)
Frekvencija	50 Hz ± 1 % 50 Hz +4/-6 %		prosječna vrijednost	10 s	1 godina	99,5 100
Spore promjene napona	$U_n \pm 10 \%$ $U_n +10/-15 \%$	$U_n \pm 10 \%$ $U_n \pm 15 \%$	efektivna vrijednost	10 min	1 tjedan	95 / 99 100
Flikeri	$Plt \leq 1$		algoritam flikera	2 h	1 tjedan	95
Nesimetrija napona	< 2 %		efektivna vrijednost	10 min	1 tjedan	95
Viši harmonici napona	THD ≤ 8 % (tablica do 40. harm.)		efektivna vrijednost	10 min	1 tjedan	95
Signalni napon	do 500 Hz: ≤ 9 % 1-10 kHz: ≤ 5 %		efektivna vrijednost	3 s	1 dan	99

Grafički izvještaj o kvaliteti napona prema EN 50160



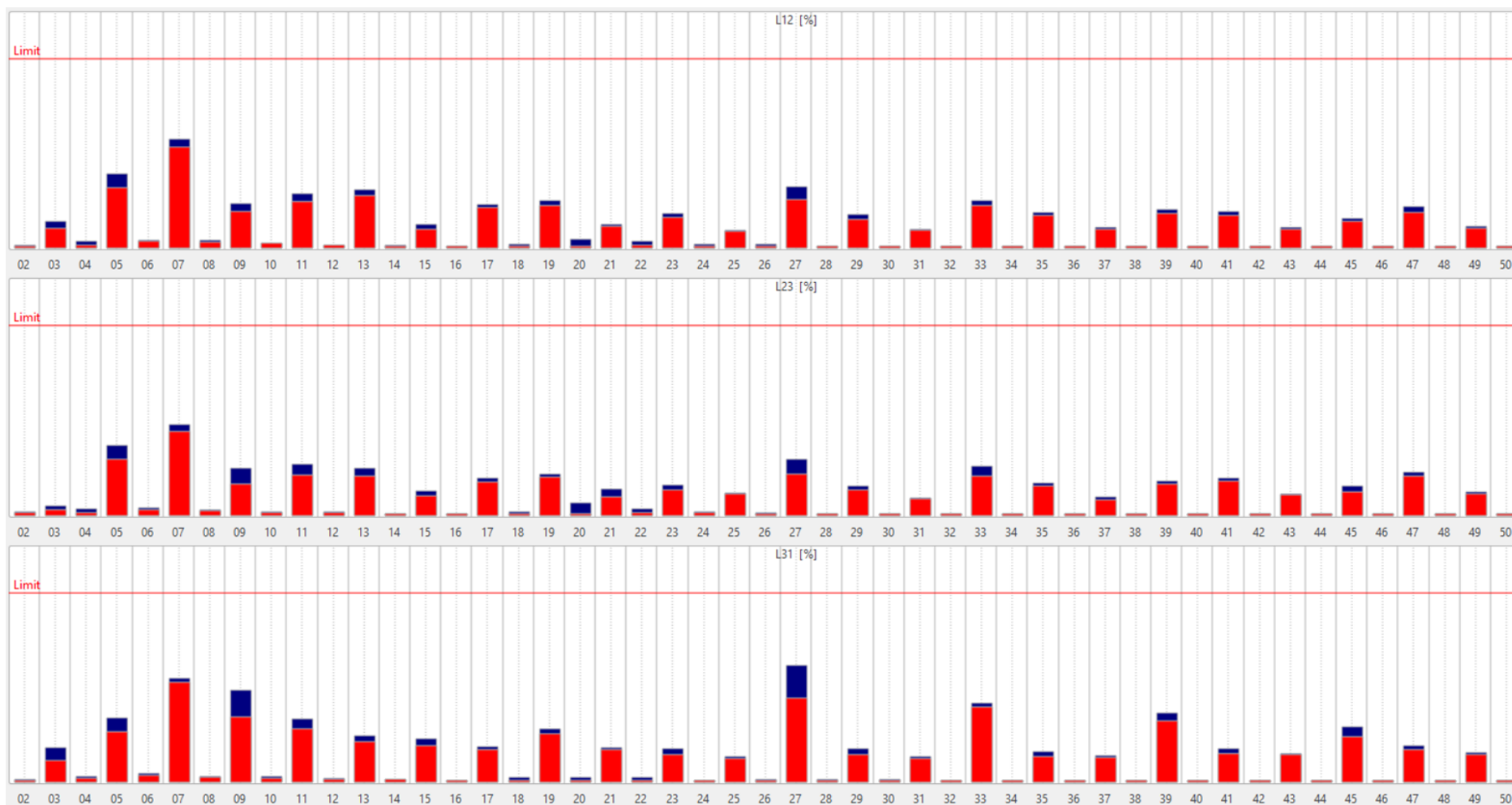
— granice propisane normom EN 50160 koje mjerena veličina ne bi smjela prijeći u 95/99 % promatranog vremena
■ vrijednosti koje je mjerena veličina imala u 100 % promatranog vremenskog intervala
■ vrijednosti koje je mjerena veličina imala u 95/99 % promatranog vremenskog intervala

Granične vrijednosti naponskih harmonika prema EN 50160

neparni harmonici				parni harmonici	
nisu višekratnici od 3		višekratnici od 3			
<i>red h</i>	<i>relativna amplituda</i>	<i>red h</i>	<i>relativna amplituda</i>	<i>red h</i>	<i>relativna amplituda</i>
5	6,0 %	3	5,0%	2	2,0 %
7	5,0 %	9	1,5 %	4	1,0%
11	3,5 %	15	1,0 %	6... 24	0,5 %
13	3,0 %	21	0,75 %		
17	2,0 %				
19	1,5 %				
23	1,5 %				
25	1,5 %				

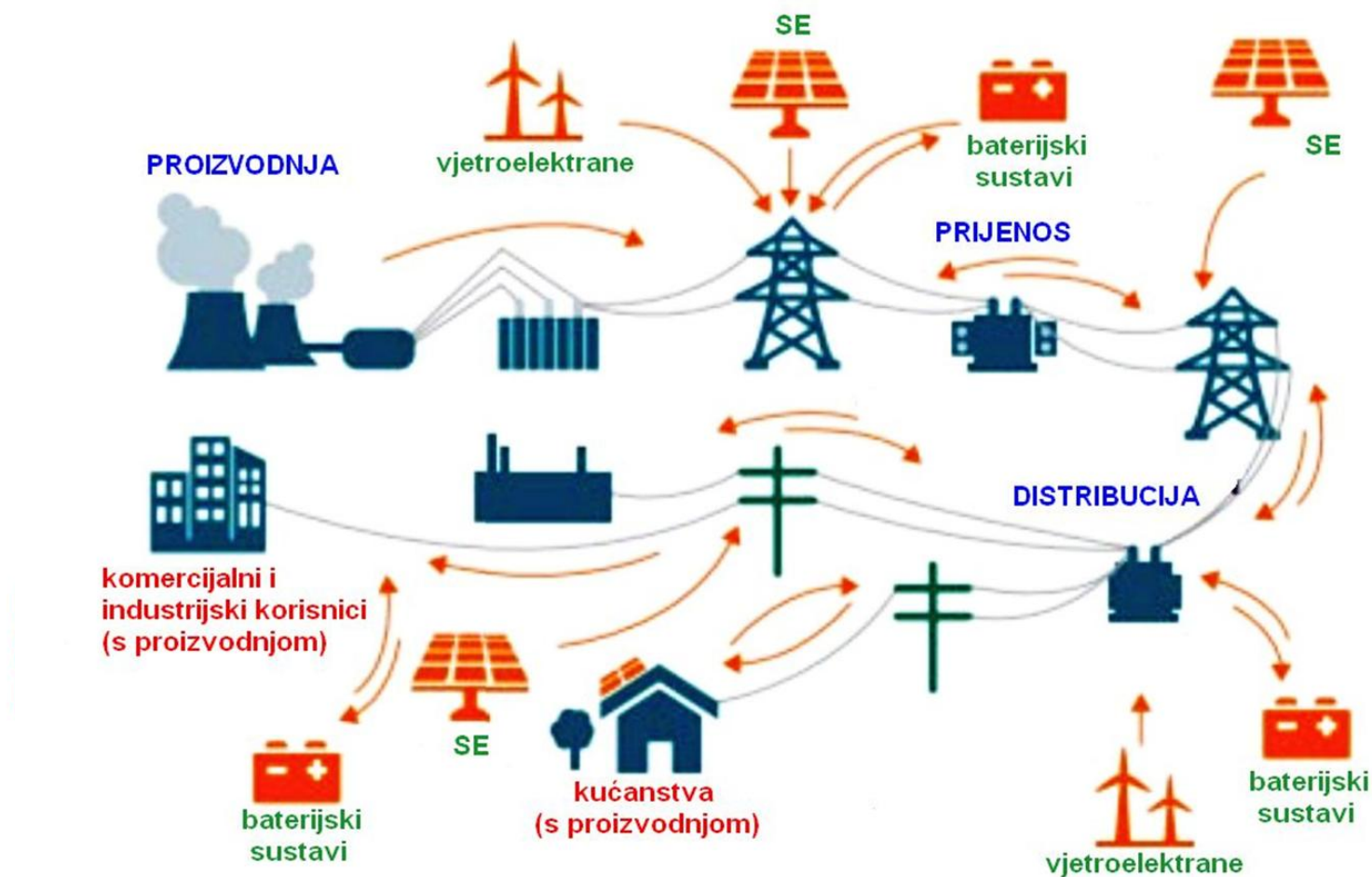
Elektroenergetski sustav u uvjetima povećanog udjela uređaja energetske elektronike *Izazovi u održavanju kvalitete električne energije u aktivnim mrežama*

Grafički izvještaj o vrijednostima viših harmonika prema EN 50160



Elektroenergetski sustav u uvjetima povećanog udjela uređaja energetske elektronike *Izazovi u održavanju kvalitete električne energije u aktivnim mrežama*

Mreža nekad... i sad



Problemi s KEE u aktivnim mrežama i mrežama s velikim udjelom energetske elektronike

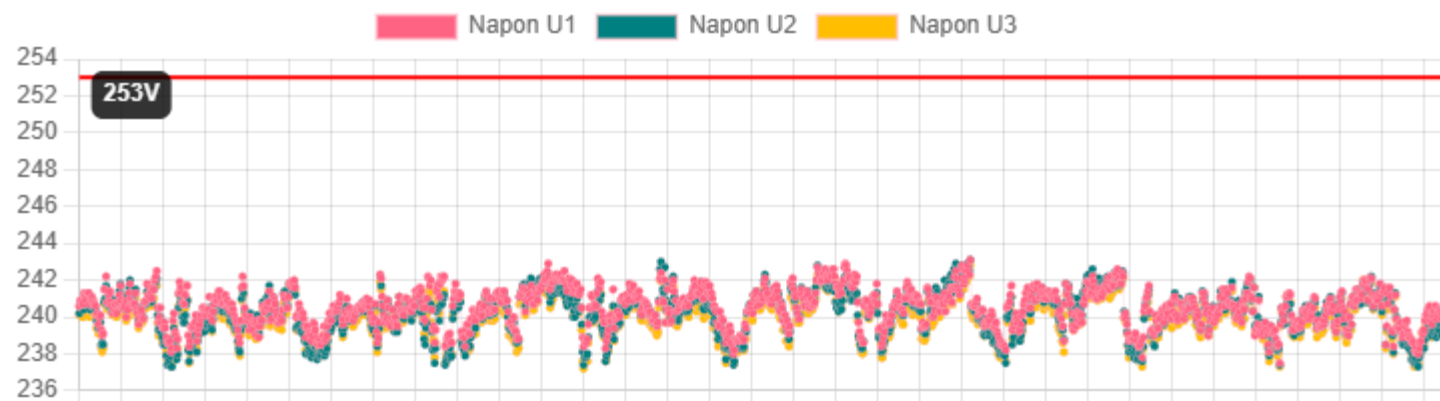
- iznos napona: porast napona
- brze naponske promjene; treperenje napona (flikeri)
- nesimetrija napona
- naponi viših harmonika / međuharmonika
- signalni naponi / PLC komunikacija

Porast napona (1)



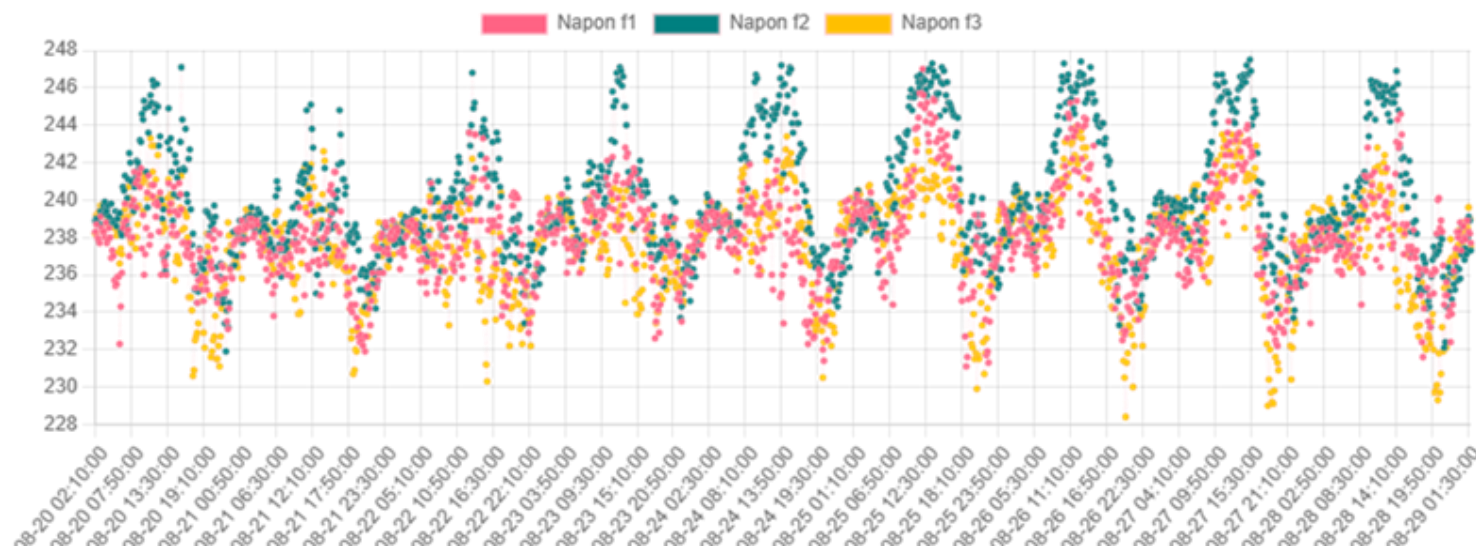
Porast napona (2)

Napon u TS



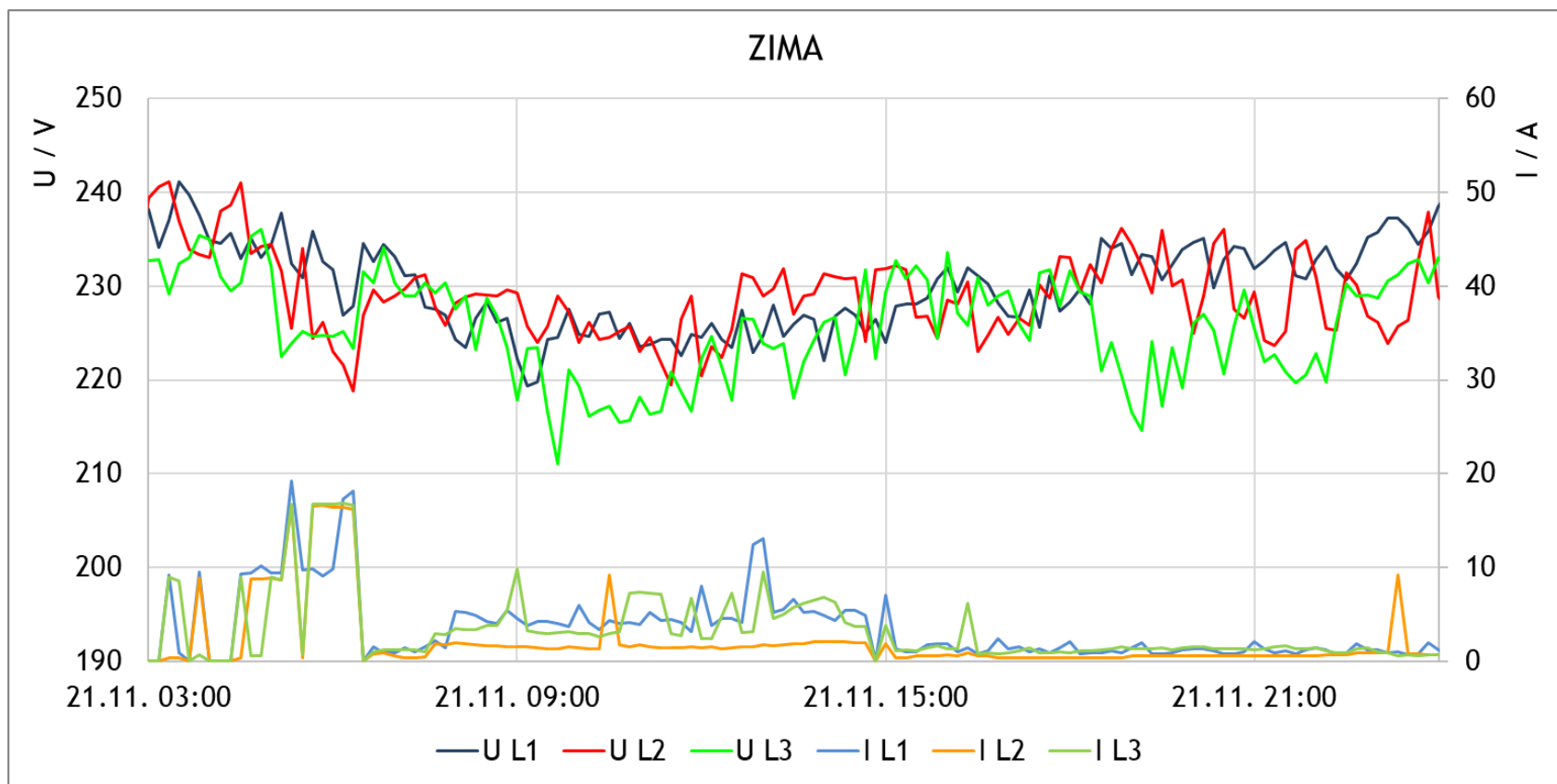
$$\Delta U = 6 \text{ V}$$

Napon kod korisnika mreže sa SE

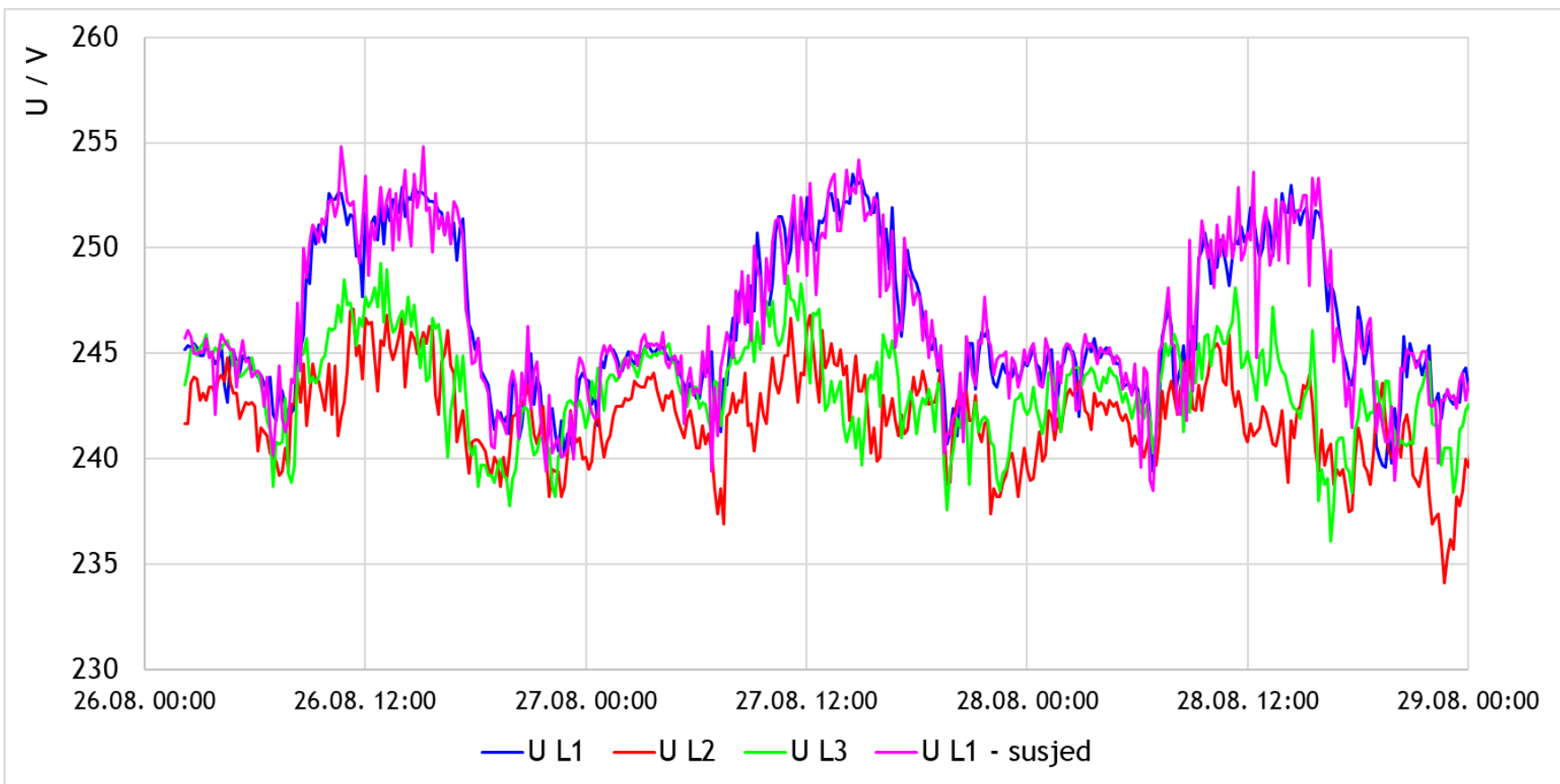


$$\Delta U = 20 \text{ V}$$

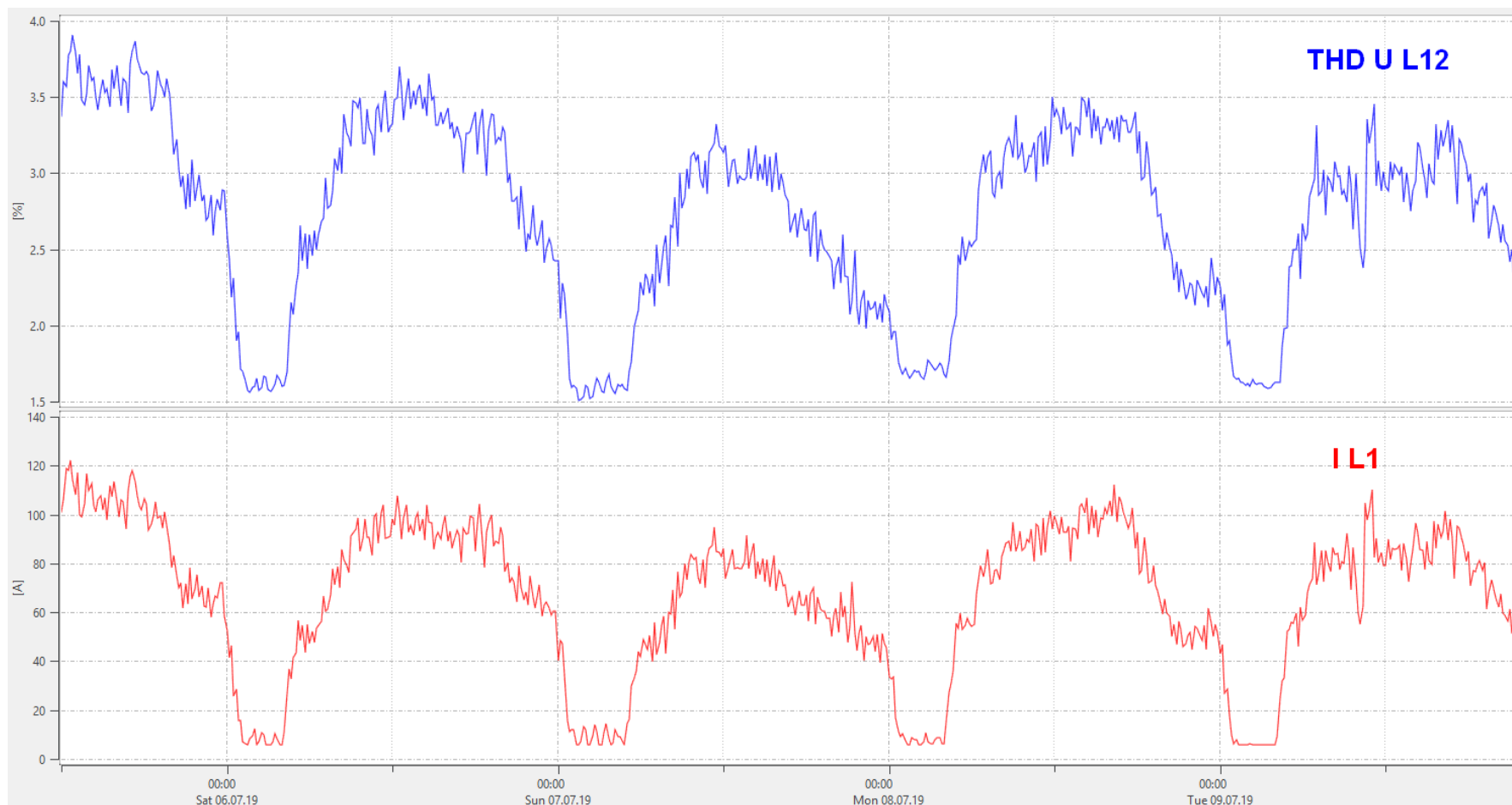
Porast napona (3)



Nesimetrija napona



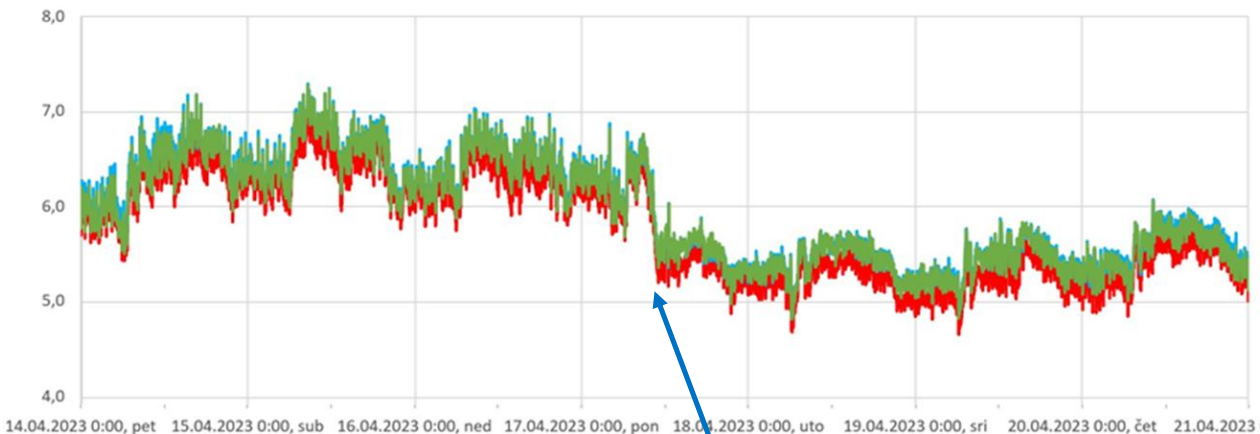
Viši harmonici – ispravljačka stanica ZET-a



Viši harmonici u instalaciji korisnika mreže

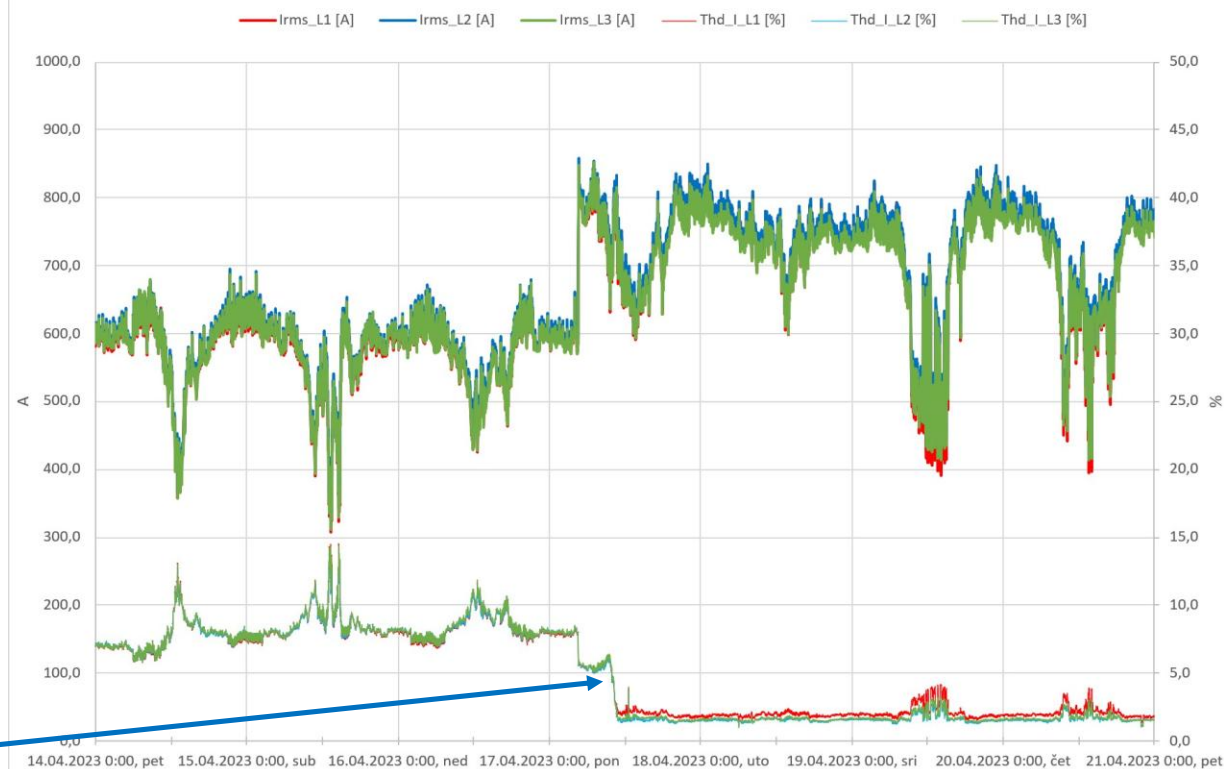
- industrijski pogon s frekvencijskim pretvaračima za upravljanje motorima

Thd U - 1 minutna srednja vrijednost
— Thd_U_L1 [%] — Thd_U_L2 [%] — Thd_U_L3 [%]



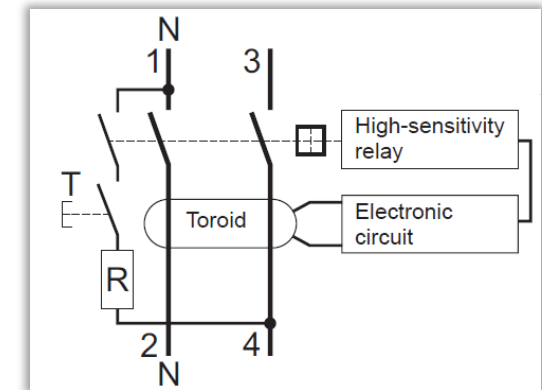
uklop kompenzacije
s filterom

Irms - ThdI - 1 minutna srednja vrijednost



Problemi u NN instalacijama (1)

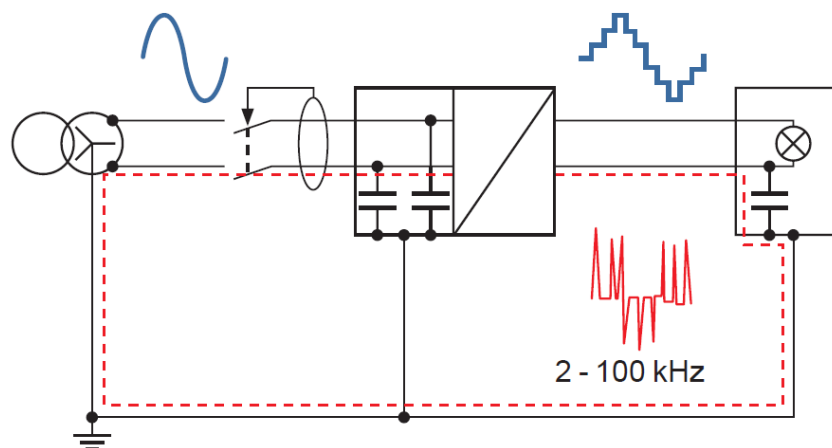
- zaštitna strujna sklopka – FID (RCD) sklopka
- nekad: 300 mA glavna, kupaońska 30 mA
- danas: više njih 30 mA



- problem: nova višestambena zgrada; stihijske prorade FID sklopki u stanovima po cijeloj zgradi → pritužbe na naponske prilike, sumnja da isklapanja uzrokuje loša kvaliteta napona
- uzrok: neispravno odabrane zaštitne sklopke

Problemi u NN instalacijama (2)

- neopasne struje curenja u instalacijama uzrokovane trošilima s elektroničkim elementima



- struje curenja ne bi smjele prelaziti 30 % osjetljivosti FID sklopke

Elektroenergetski sustav u uvjetima povećanog udjela uređaja energetske elektronike Izazovi u održavanju kvalitete električne energije u aktivnim mrežama

Problemi u NN instalacijama (3)

Type of load	Standard	Allowed leakage current	Maximum leakage current
Fixed PC, workstation	Estimated (230 V/50 Hz)		2 mA
Portable computer	IEC 60335-1		0.5 mA (with EMC filter)
Printer	Estimated (230 V/50 Hz)		1 mA
Photocopier	Estimated (230 V/50 Hz)		1.5 mA
Heating floor	IEC 60335-1	0.75 mA or 0.75 mA/kW of rated power, whichever is the higher	5 mA
Dishwasher (fixed class 1)	IEC 60335-2-5	3.5 mA or 1 mA/kW of rated power, whichever is the higher	5 mA
Cooking ranges hobs, ovens and equivalent fixed appliances	IEC 60335-2-6	1 mA or 1 mA/kW of rated power, whichever is the higher	10 mA
Washing machines (fixed class 1)	IEC 60335-2-7	3.5 mA or 1 mA/kW of rated power, whichever is the higher	5 mA
Drum tumble-dryer (fixed class 1)	IEC 60335-2-11	3.5 mA or 1 mA/kW of rated power, whichever is the higher	5 mA
Grills toasters and similar portable cooking appliances	IEC 60335-2-9		■ 0.75 mA (earthed metal) ■ 0.25 mA (no earthed metal)
Pads	IEC 60335-2-17		0.5 mA
Blankets and mattresses		1 mA/m ² of the heated area	2.5 mA
Refrigerating appliances, ice cream appliances and ice makers	IEC 60335-2-24		■ 0.75 mA (class 0I appliances) ■ 1.5 mA (class I appliances)
Massage fixed class 1 appliances	IEC 60335-2-32		0.75 mA
Instantaneous class I water heaters	IEC 60335-2-35		0.25 mA
Class 1 electric cookers, ovens, hobs and hot plates for collective use	IEC 60335-2-36	1 mA/kW of rated power	■ 10 mA (with a power supply cord and power socket-outlet) ■ No maximum (for other)
Class 1 electric griddles for collective use	IEC 60335-2-38		
Class 1 electric fryer for collective use	IEC 60335-2-39		
Electric heat pumps, air conditioners and dehumidifiers (fixed class 1)	IEC 60335-2-40	2 mA/kW of rated power	■ 10 mA (appliances accessible to the general public) ■ 30 mA (appliances not accessible to the general public)
Electric kitchen machines for collective use	IEC 60335-2-64		3.5 mA (without a heating element)
		1 mA/kW of rated power (with heating element)	■ 10 mA (with heating elements power supply cord and power socket-outlet) ■ No maximum (other appliances with heating element)

Visokofrekvencijske smetnje

- očitavanje brojila PLC komunikacijom
- komunikacijski pojas koji se koristi: 30 – 90 kHz
- gušenje signala uslijed pojave rezonancije
- ometanje signala zbog neispravne opreme koja injektira smetnje u mrežu

Elektroenergetski sustav u uvjetima povećanog udjela uređaja energetske elektronike

Izazovi u održavanju kvalitete električne energije u aktivnim mrežama

Hvala na pažnji!