

**KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE U  
DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI  
POVRATNI UTJECAJ KORISNIKA MREŽE**

**Ivan Periša, dipl.ing.el**

HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o.

# Sadržaj



- Zakonski i podzakonski akti
- Priklučenje proizvodnih jedinica na DM – povratni utjecaj na mrežu
- Mrežna pravila u primjeni – problematika flikera

# Zakonski i podzakonski akti



- Zakon o energiji (NN 120/2012)
- Zakon o tržištu električne energije (NN 22/2013)
- Opći uvjeti za opskrbu električnom energijom (NN 14/06)
- Mrežna pravila elektroenergetskog sustava (NN 36/2006)

# Zakon o tržištu električne energije

Kvaliteta opskrbe

Kvaliteta električne  
energije

Kvaliteta  
usluge

Pouzdanost  
napajanja

Kvaliteta  
napona

# Zakon o tržištu električne energije

- **Uvjeti kvalitete opskrbe električnom energijom (HERA)**
  - Pokazatelji kvalitete opskrbe EE
  - Način mjerenja, prikupljanja i objavljivanja pokazatelja
  - Iznimni događaji u pogledu kvalitete opskrbe EE
  - Opći, minimalni i zajamčeni standardi kvalitete opskrbe EE – *postupno uvođenje*
  - način regulacije kvalitete opskrbe EE
  - Financijska kompezacija kupcu nakon uvođenja zajamčenih standarda kvalitete opskrbe EE – *postupno uvođenje*
  - Izvještavanje te dostavljanje podataka HERA-i
  - Sadržaj godišnjeg izvještaja o kvaliteti opskrbe EE (ODS, HOPS, Opskrbljivači)

# Zakon o tržištu električne energije

- **Dužnosti operatora prijenosnog i distribucijskog sustava**
  - Održavati razinu kvalitete opskrbe EE
  - Pratiti pokazatelje kvalitete opskrbe EE
  - Voditi evidenciju podataka za utvrđivanje pokazatelja kvalitete EE
- **Dužnosti opskrbljivača**
  - Održavati razinu kvalitete usluga
  - Pratiti pokazatelje kvalitete usluga
  - Voditi evidenciju podataka za utvrđivanje pokazatelja kvalitete usluga

# Mrežna pravila elektroenergetskog sustava

- Temeljne značajke na mjestu priključenja na DM
  - Odstupanje frekvencije
  - Odstupanje napona
  - Valni oblik napona
  - Nesimetrija napona
  - Pogonsko i zaštitno uzemljenje
  - Razina kratkog spoja
  - Razina izolacije
  - Zaštita od kvarova i smetnji
  - Faktor snage

# Mrežna pravila elektroenergetskog sustava

- Povratno djelovanje na mrežu (opći uvjeti za priključenje)
  - Djelovanje instalacija i postrojenja korisnika mreže na mrežu
  - Otpornost instalacija i postrojenja korisnika mreže na smetnje iz mreže
  - Procjena povratnog djelovanja prije prvog priključenja na mrežu
  - Uvjet  $S_k/S_p$ 
    - $S_k/S_p \geq 1000$  (SN)
    - $S_k/S_p \geq 150$  (NN)
  - Analiza povratnog djelovanja na mrežu



# Mrežna pravila elektroenergetskog sustava

- Posebni uvjeti za priključenje – proizvodne jedinice
  - Ograničeno povratno djelovanje elektrane u paralelnom pogonu posebno glede:
    - Kratkotrajne promjene napona kod uklopa/isklopa elektrane
    - Kolebanja napona – flikeri
    - Pojave viših harmonika u struji i naponu
    - Ometanja rada sustava daljinskog upravljanja
    - Ometanja rada mrežnoga tonfrekventnog upravljanja
  - Ograničeno povratno djelovanje – mora biti u granicama dopuštenih vrijednosti u bilo kojem trenutku
  - Ispitivanje pogona elektrane s obzirom na udovoljavanje ograničenoga povratnog djelovanja – u pokusnom radu (probni pogon)

## Norme iz područja KEE i EMC

HRN EN 50160:2012

HRN EN 61000-3-2

HRN EN 61000-3-3

HRN EN 61000-2-2

HRN EN 61000-3-11

HRN EN 61000-3-12

IEC /TR2 61000-3-4

IEC /TR2 61000-3-5

Seminar

MREŽNA PRAVILA DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA

Zagreb, 4. srpnja, 2013.

# Priključenje proizvodnih jedinica na DM - povratni utjecaj na mrežu

- Ograničenje negativnog povratnog utjecaja na mrežu
  - Vrednovanje povratnog utjecaja na mrežu
  - Granice povratnog utjecaja na mrežu – načelo raspodjele utjecaja na sve korisnike mreže
  - Operator distribucijske mreže dužan je održavati kvalitetu električne energije u propisanim granicama – ograničavanjem povratnog utjecaja na mrežu
  - Kontinuirani proces!



# Priključenje proizvodnih jedinica na DM

- Procjena povratnog djelovanja na mrežu prije prvog priključenja
- Ograničeni povratni utjecaj na mrežu:
  - Porast napona
  - Kratkotrajne promjene napona kod uklopa/isklopa elektrane
  - Treperenje napona – flikeri
  - Pojave viših harmonika u struji i naponu
  - Komutacijski propadi
  - Nesimetričnost napona
  - Ometanja prijenosa informacija i signala za upravljanje
- Povratni utjecaj elektrana na mrežu mora biti u granicama dopuštenih vrijednosti u svakom trenutku!

## Priključenje proizvodnih jedinica na DM

- Procjena povratnog djelovanja na mrežu prije prvog priključenja

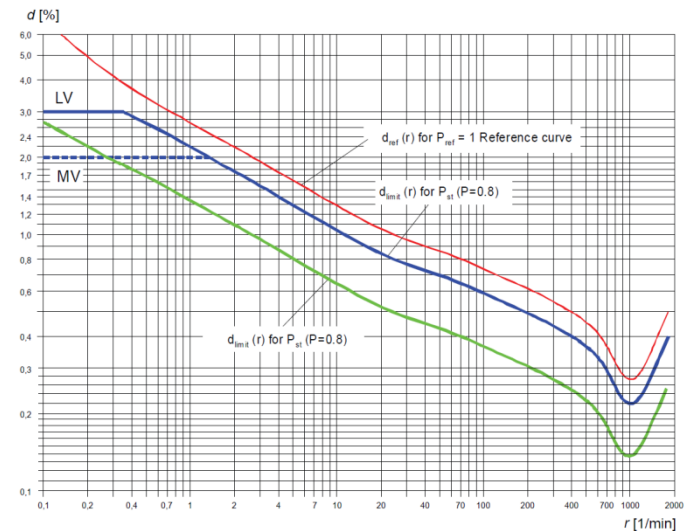
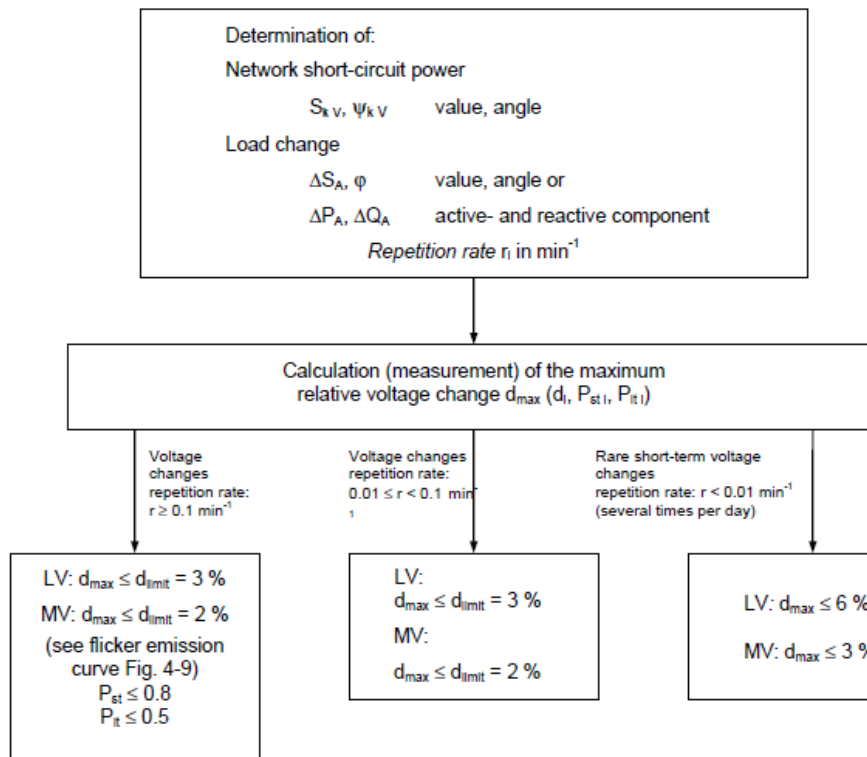
- Procjena utjecaja na mrežu temeljem rezultata proračuna i/ili simulacija
- Procjena (provjera!) utjecaja na mrežu temeljem mjerenja

## Priključenje proizvodnih jedinica na DM

- Porast napona usljed rada elektrane
  - NN mreža  $\rightarrow du = 3\%$
  - SN mreža  $\rightarrow du = 2\%$
- Kratkotrajne promjene napona kod uklopa/isklopa elektrane
  - Uključenje/isključenje generatora iz paralelnog pogona s DM
  - Promjene polova asinkronog generatora
  - ...
- Rezultat  $\rightarrow$  kratkotrajni porasti i propadi napona

# Priključenje proizvodnih jedinica na DM

- Kratkotrajne promjene napona kod uklopa/isklopa elektrane



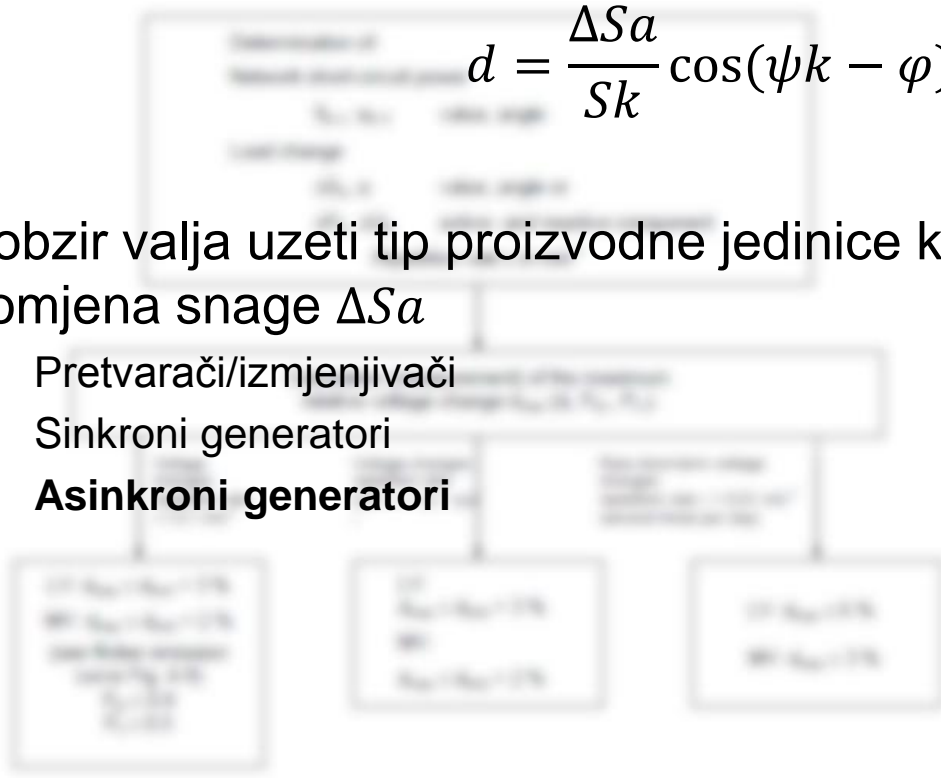
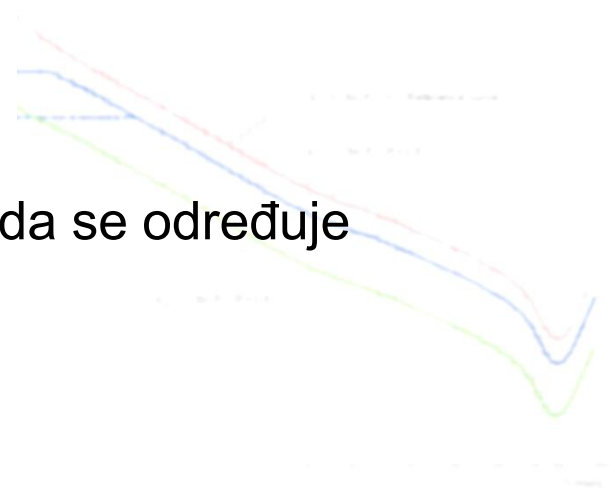
## Priključenje proizvodnih jedinica na DM

- Kratkotrajne promjene napona kod uklopa/isklopa elektrane

$$d = \frac{\Delta S a}{S_k} \cos(\psi_k - \varphi)$$

- U obzir valja uzeti tip proizvodne jedinice kada se određuje promjena snage  $\Delta S a$

- Pretvarači/izmjenjivači
- Sinkroni generatori
- **Asinkroni generatori**





## Priključenje proizvodnih jedinica na DM

- Treperenje napona - flikeri
  - Brze dinamičke promjene napona
  - Vrednovanje – kroz indeks jačine flikera (Pst, Plt)
  - Voditi računa o razinama kompatibilnosti na NN!

|    |              | Pst | Plt |
|----|--------------|-----|-----|
| NN | EN 61000-2-2 | 1.0 | 0.8 |

- Vrijednost jačine dugotrajnog flikera kojeg uzrokuju priključene elektrane ne smije prijeći granicu od

$$Pltdozv = 0,46$$

na najnepovoljnijem mjestu u mreži (mj. priključenja)

## Priključenje proizvodnih jedinica na DM

- Pojave viših harmonika u struji i naponu
  - Posebno je značajan utjecaj proizvodnih jedinica koje koriste uređaje energetske elektronike (izmjenjivači, pretvarači)
  - Standardi
    - HRN EN 61000-3-2
    - HRN EN 61000-3-12

$$\frac{I_h}{I_n} \leq \frac{\rho_h}{2000} \sqrt{\frac{S_{KS}}{S_n}} \quad THD_i = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} I_h^2}}{I_n} \leq \frac{20}{2000} \sqrt{\frac{S_{KS}}{S_n}}$$

|          |        |    |    |    |    |    |     |     |
|----------|--------|----|----|----|----|----|-----|-----|
| h        | 3      | 5  | 7  | 11 | 13 | 17 | 19  | >19 |
| $\rho_h$ | 6(18*) | 15 | 10 | 5  | 4  | 2  | 1,5 | 1   |

Faktor ovisan o redu harmonika

\* Za neutralni vodič u 3f sustavima s četiri vodiča

## Priključenje proizvodnih jedinica na DM

- Komutacijski propadi
  - Dozvoljene vrijednosti komutacijskih propada napona

|          | $d_{kom}$ |
|----------|-----------|
| NN mreža | 0,05      |
| SN mreža | 0,025     |

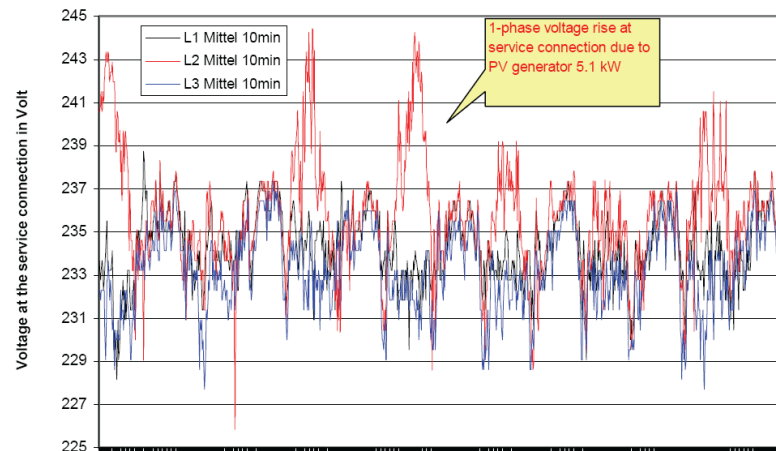
$$d_{kom} = \frac{\Delta U_{kom}}{U_1}$$

- $d_{kom}$  - relativna dubina kom.propada napona
- $\Delta U_{kom}$  - najveće odstupanje faznog napona od trenutne osnovne komponente napona
- $U_1$  — tjemena vrijednost osnovne komponente napona

# Priključenje proizvodnih jedinica na DM

- Nesimetričnost napona
  - Kod priključenja jednofaznih proizvodnih jedinica na mrežu
    - najčešće je kod malih FNE
  - Fazna nesimetričnost proizvodnje ne smije prelaziti 4,6 kVA
  - Porast napona za jednofaznu elektrane je oko 6 puta veći od porasta napona za trofaznu elektranu iste snage

$$\Delta u \approx 6 \cdot \frac{S_n}{S_k} \cos(\psi_k - \varphi)$$



## Priključenje proizvodnih jedinica na DM

- Ometanje prijenosa informacija i signala za upravljanje
  - Operator distribucijskog sustava može koristiti mrežu za prijenos informacija i signala (MTU upravljanje)
  - Elektroenergetski objekti i instalacije korisnika mreže moraju biti tako projektirani da ne ometaju prijenos informacija i signala za upravljanje kroz mrežu
  - maksimalno prigušenje MTU signala uzrokovano radom elektrane ne smije prijeći 5%
  - Naponske smetnje koje uzrokuje elektrana ne smije prijeći iznose:
    - $0,1\%U_n$  za frekvencije vrlo bliske ili iste MTU frekvenciji
    - $0,3\%U_n$  za frekvencije u rasponu  $\pm 100$  Hz u odnosu na MTU frekvenciju

## Mrežna pravila u primjeni – problematika flikera

- Zahtjev za izmjenom Mrežnih pravila u svezi s **dozvoljenom razinom flikera**
- Posljedica zahtjeva tvrtke CMC Sisak d.o.o.
- Tražila se izmjena Mrežnih pravila:
  - Promjena dozvoljene razine flikera na prijenosnoj mreži – dopuštenje viših razina flikera



## Mrežna pravila u primjeni – problematika flikera

- Mrežna pravila – vrijednosti indeksa jačine flikera

*„Vrijednosti indeksa jačine flikera u prijenosnoj mreži ne smiju biti veće od 0,8 za kratkotrajne flikere, odnosno 0,6 za dugotrajne flikere”*

- Norma HRN EN50160

*„U normalnim pogonskim uvjetima za NN i SN tijekom bilo kojeg perioda od tjedan dana za vrijednost dugotrajnog flikera mora vrijediti  $Plt \leq 1$  tijekom 95% vremena”*

## Mrežna pravila u primjeni – problematika flikera

- Procjena graničnih vrijednosti indeksa jačine flikera za KM koji se priključuju na VVN, VN i SN
- Razine kompatibilnosi – NN mreža

|    |               | Pst | Plt |
|----|---------------|-----|-----|
| NN | IEC 61000-2-2 | 1.0 | 0.8 |

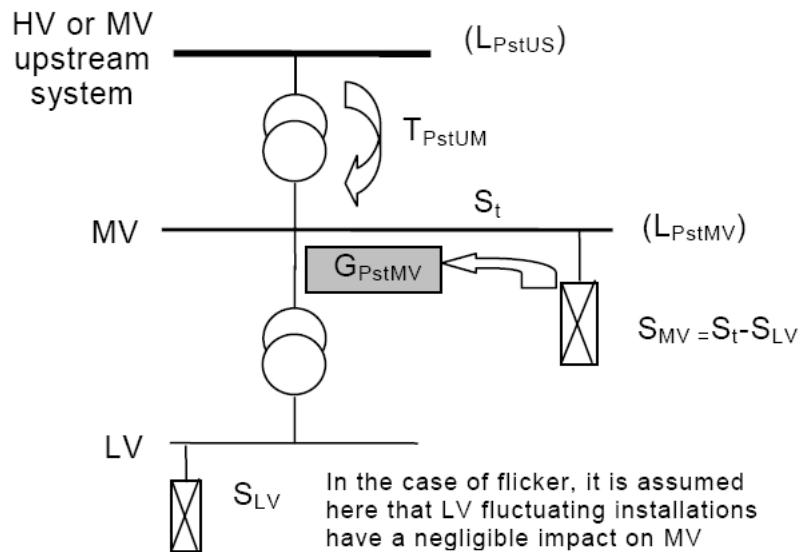
- VVN, VN i SN mreža – definirane su indikativne vrijednosti za određivanje planiranih razina flikera

|     |               | Pst | Plt |
|-----|---------------|-----|-----|
| SN  | IEC 61000-3-7 | 0.9 | 0.7 |
| VN  |               | 0.8 | 0.6 |
| VVN |               |     |     |



## Mrežna pravila u primjeni – problematika flikera

- Procjena graničnih vrijednosti indeksa jačine flikera za KM koji se priključuju na VVN, VN i SN

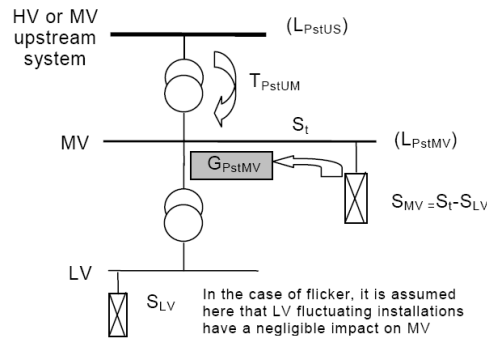


IEC 103/08

$$L_{PstMV} = \sqrt{G_{PstMV}^{\alpha} + T_{PstUM}^{\alpha} \cdot L_{PstUS}^{\alpha}}$$

## Mrežna pravila u primjeni – problematika flikera

- Procjena graničnih vrijednosti indeksa jačine flikera za KM koji se priključuju na VVN, VN i SN



IEC 103/08

$$L_{PstMV} = \sqrt[\alpha]{G_{PstMV}^\alpha + T_{PstUM}^\alpha \cdot L_{PstUS}^\alpha}$$

$$G_{PstMV} = \sqrt[\alpha]{L_{PstMV}^\alpha - T_{PstUM}^\alpha \cdot L_{PstUS}^\alpha}$$

$$E_{Psti} = G_{PstMV} \cdot \sqrt[\alpha]{\frac{S_i}{(S_t - S_{LV})}}$$

$$E_{PIti} = G_{PItMV} \cdot \sqrt[\alpha]{\frac{S_i}{(S_t - S_{LV})}}$$

## Mrežna pravila u primjeni – problematika flikera

- Procjena graničnih vrijednosti indeksa jačine flikera za KM koji se priključuju na VVN, VN i SN
- Koeficijenti prijenosa flikera

Table B.1 – Example of flicker transfer coefficients

| Voltage level        | $T_{PstAB}$ |
|----------------------|-------------|
| 220 kV towards 70 kV | 0,82        |
| 70 kV towards 15 kV  | 0,91        |
| 15 kV towards 230 V  | 0,98 – 1,0  |

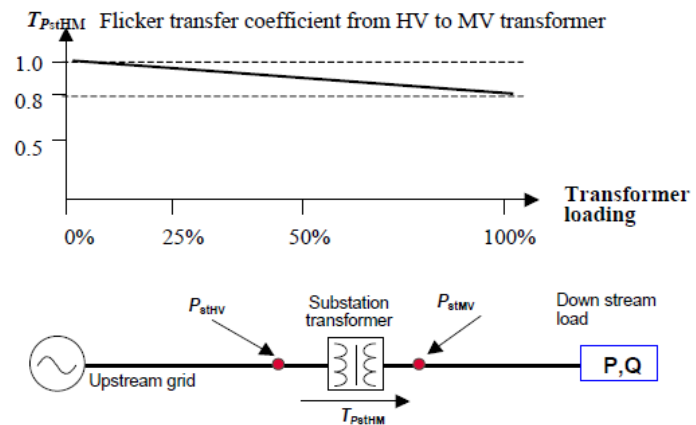
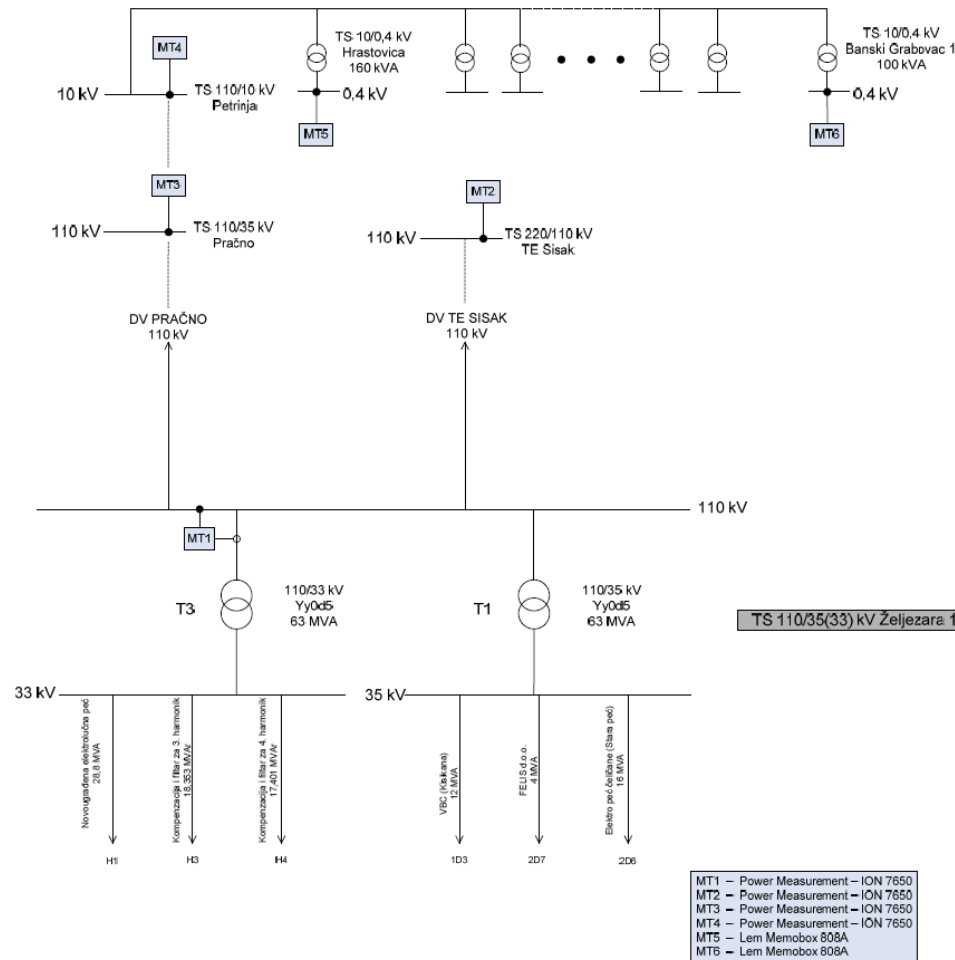


Fig. 4-7. Flicker Transfer Coefficient From Primary to Secondary of Substation Transformer

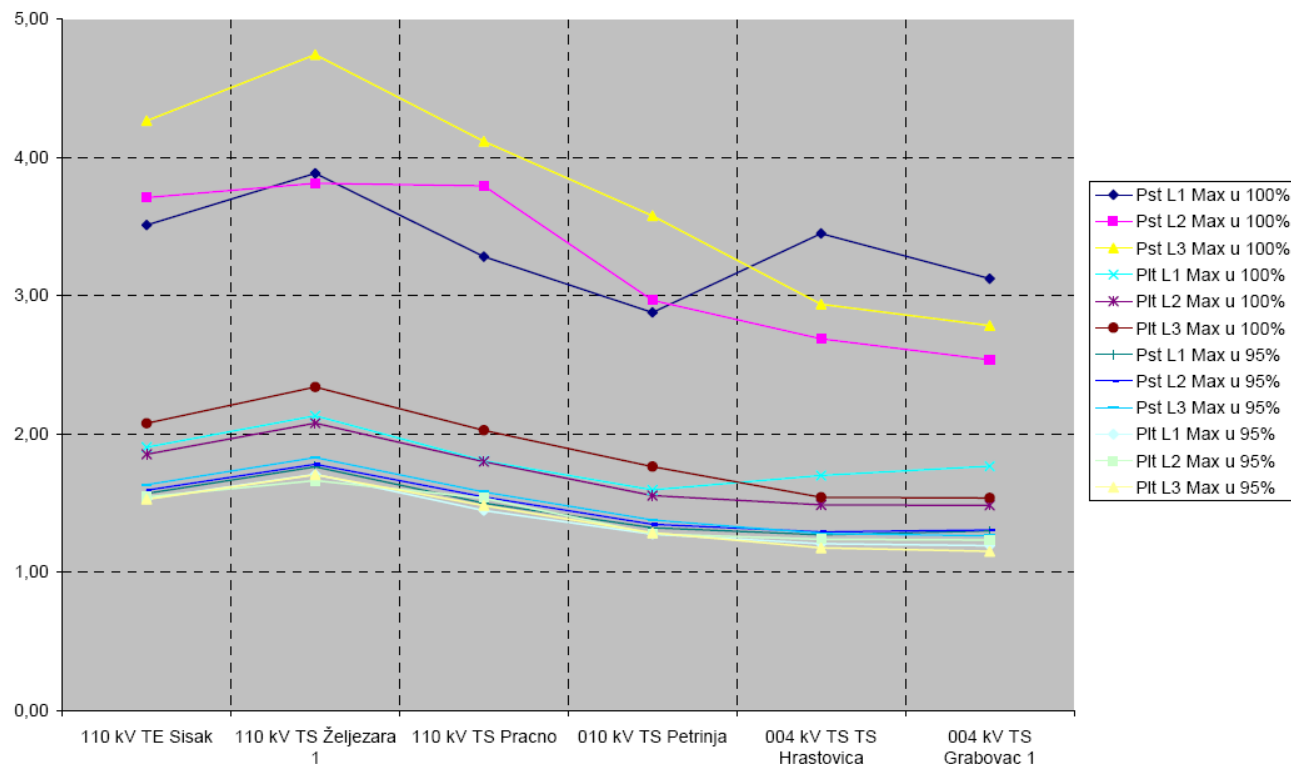
# Mrežna pravila u primjeni – problematika flikera

Primjer  
CMC Sisak  
- mjerenje



# Mrežna pravila u primjeni – problematika flikera

Primjer  
CMC Sisak



Usporedba vrijednosti flikera po mjerim točkama

# Mrežna pravila u primjeni – problematika flikera

Primjer

CMC Sisak

| <u>Koeficijent prijenosa flikera između naponskih razina</u>      | <u>Iznos (L1/L2/L3)</u> |
|---|-------------------------|
| 110 kV-10 kV ( <u>Pračno/Petrinja</u> )                           | 0,88/0,87/0,87          |
| 10 kV – 0,4 kV ( <u>Petrinja/Hrastovica</u> ) – početak izvoda    | 0,96/0,96/0,93          |
| 10 kV – 0,4 kV ( <u>Petrinja/Banski Grabovac1</u> ) – kraj izvoda | 0,98/0,97/0,92          |
| 110 kV – 0,4 kV ( <u>Pračno/Hrastovica</u> ) – početak izvoda     | 0,85/0,84/0,81          |
| 110 kV – 0,4 kV ( <u>Pračno/Banski Grabovac1</u> ) – kraj izvoda  | 0,87/0,84/0,80          |

## Mrežna pravila u primjeni – problematika flikera



Prijedlog izmjene/dopune Mrežnih pravila u svezi s flikerima:

### 4.3.2.3. Valni oblik napona

Novi stavak 3 mijenja se i glasi:

(3) Indikativna vrijednost planirane razine indeksa jačine flikera u prijenosnoj mreži iznosi  $P_{st}=0,80$  za kratkotrajne flikere, odnosno  $P_{lt}=0,60$  za dugotrajne flikere.

Indikativna vrijednost planirane razine indeksa jačine flikera služi za određivanje planirane razine u pojedinim dijelovima prijenosne mreže.

Planirana razina indeksa jačine flikera je referenta vrijednost razine flikera za izračun graničnih vrijednosti emisije indeksa jačine flikera svakog pojedinog korisnika mreže, prema HRN EN 61000-3-7, u cilju ograničavanja kumulativnog utjecaja svih korisnika mreže na iznos indeksa jačine flikera.

U bilo kojem vremenskom intervalu od tjedan dana, vrijednosti indeksa jačine flikera odnose se na 95% vremena.

## Mrežna pravila u primjeni – problematika flikera



### 5.3.2.3. Valni oblik napona

Novi stavak 2 mijenja se i glasi:

(2) Indikativna vrijednost planirane razine indeksa jačine flikera u distribucijskoj mreži srednjeg napona iznosi  $P_{st}=0,90$  za kratkotrajne flikere, odnosno  $P_{lt}=0,70$  za dugotrajne flikere.

Indikativna vrijednost planirane razine indeksa jačine flikera služi za određivanje planirane razine u pojedinim dijelovima distribucijske mreže srednjeg napona.

Planirana razina indeksa jačine flikera je referenta vrijednost razine flikera za izračun graničnih vrijednosti emisije indeksa jačine flikera svakog pojedinog korisnika mreže, prema HRN EN 61000-3-7, u cilju ograničavanja kumulativnog utjecaja svih korisnika mreže na iznos indeksa jačine flikera.

U bilo kojem vremenskom intervalu od tjedan dana, vrijednosti indeksa jačine flikera odnose se na 95% vremena.



## Mrežna pravila u primjeni – problematika flikera



Dodaje se novi stavak 3 koji glasi:

(3) Razine kompatibilnosti indeksa jačine flikera u distribucijskoj mreži niskog napona, prema HRN EN 61000-2-2, iznose  $P_{st}=1,00$  za kratkotrajne flikere, odnosno  $P_{lt}=0,80$  za dugotrajne flikere.

U bilo kojem vremenskom intervalu od tjedan dana, vrijednosti indeksa jačine flikera odnose se na 95% vremena

**Zahvaljujem na pažnji!**