

## **NAVODILO ZA PRESOJO VPLIVOV NAPRAV NA OMREŽJE**

# 1 UVOD

Kakovost napetosti na prevzemno-predajnem mestu pri uporabniku omrežja določa standard SIST EN 50160. Za zagotavljanje ustrezne kakovosti napetosti v skladu s SIST EN 50160 je potrebno v omrežju zagotoviti elektromagnetno združljivost (EMC – angl. *Electro-Magnetic Compatibility*), ki se zagotavlja na podlagi standardov družine (SIST) EN / IEC 61000-2-X in 61000-3-X.

Elektromagnetni združljivosti bi lahko rekli tudi sobivanje in nemoteno delovanje vseh naprav v omrežju. To pomeni, da motnje, ki jih povzroča delovanje ene naprave ne motijo delovanja naprave same in hkrati tudi ne motijo delovanja ostalih naprav v omrežju. Motnje, ki jih posamezne naprave injicirajo v omrežje, smejo biti le takšne, da vsota motenj vseh naprav v omrežju ne preseže ravni EMC v nobenem delu elektroenergetskega omrežja. To pomeni, da en sam uporabnik omrežja ne more izkoristiti celotnega območja dovoljenih motenj, ampak si ga deli z ostalimi uporabniki omrežja.

To je tudi vodilo za proizvajalce naprav, ki se priključujejo v omrežja. Za naprave do 16 A fazno je na območju Evropske skupnosti (EU) to popolnoma urejeno na podlagi harmoniziranih produktnih standardov (standardov za proizvode), kjer so navedene dovoljene motnje posameznih naprav v omrežje. Tako so lahko te naprave v prosti prodaji na območju EU in se lahko obenem prosto in nemoteno vključijo v vsako električno omrežje na območju EU preko električne vtičnice. Edina ovira nastopi, če imamo več takih naprav blizu skupaj, ki obratujejo istočasno v istih delovnih točkah. V tem primeru ni nujno, da je EMC zagotovljena.

Kljub spoštovanju vseh standardov in priporočil s področja elektromagnetne združljivosti vedno obstaja določena (zelo majhna) stopnja verjetnosti, da elektromagnetna združljivost ne bo zagotovljena, čeprav so proizvodi narejeni v skladu s standardi. To je povezano s stroški, saj bi bilo zagotavljanje 100 % elektromagnetne združljivosti enostavno predrago. Tako po navadi uporabljamo 95 % časovni percentil za ugotavljanje EMC.

Na območju EU je za naprave do 75 A fazno EMC zagotovljena s pomočjo standardov, ki obravnavajo te naprave, vendar pa je priključitev teh naprav po navadi pogojena z ustrezno kratkostično močjo omrežja, kar je treba preveriti pred priključitvijo naprave v omrežje!

Za vse ostale naprave v nizkonapetostnem (NN) in srednjenapetostnem (SN) omrežju pa velja, da je pred vsako priključitvijo potrebna posebna presoja v smislu motenj.

Elektroinštitut Milan Vidmar je za GIZ Elektrodistribucije leta 2002 izdelal študijo št. 1558: *Razmerje med kratkostično močjo omrežja in močjo porabnika kot kriterij za priklop nelinearnih porabnikov ter obratovanja in načrtovanja distribucijskega omrežja*. Študija povzema vsebino standardov družine (SIST) EN / IEC 61000-3-X, kjer so navedeni natančni postopki za presojo motenj naprav v omrežju. Vsebinsko te študije je SODO leta 2011 izdal v okviru navodil SONDO (*Sistemska obratovalna navodila za distribucijsko omrežje električne energije*) kot prilogo 3: *Navodilo za presojo vplivov naprav na omrežje*.

V praksi se je pokazalo, da je to Navodilo sicer zelo natančno, vendar pa ravno zaradi teh zapletenih postopkov v praksi pravzaprav ni bilo uporabljano. Zato se je SODO odločil, da prenove Navodilo iz leta 2011 v smislu večje praktičnosti za uporabo.

Kot podlaga za prenovo Navodil so bila uporabljena podobna navodila, ki so jih pripravili v okviru avstrijskega E-Control-a: *TOR - Technische und organisatorische Regeln für Betreiber und Benutzer von Netzen* in avstrijskega združenja elektroenergetskih podjetij VEÖ: *Technical Rules for the Assessment of Network Disturbances*. Ta navodila so usmerjena bolj praktično kot obstoječe slovensko Navodilo in so tako lažja za uporabo, vendar zato v popolnoma vseh primerih ne zagotavljajo 100 % uspešnosti. Navedena navodila so na določenih mestih še poenostavljena ter dodatno spremenjena za slovenske potrebe.

Zaradi poenostavitev v smeri večje praktičnosti tudi to Navodilo ne zagotavlja 100 % uspešnosti, predvsem v bolj zapletenih primerih, kjer imamo opravka z več različnimi viri motenj, ki jih je brez ustreznih meritev težko primerno ovrednotiti za nadaljnjo analizo. V teh posebnih primerih je naloga uporabnika omrežja, da na osnovi veljavnih standardov in tehničnih poročil ter specifikacij z ustrezno strokovno analizo preveri možnost priključitve njegovih naprav v omrežje.

Navodilo je napisano z namenom presoje motenja uporabnika omrežja v distribucijsko omrežje, se pravi na stičnem mestu uporabnika omrežja z distribucijskim omrežjem oziroma na točki PCC. Tako se presoja naprave uporabnika omrežja kot celoto ali samo del naprav uporabnika omrežja. Navodilo pa je enako uporabno tudi za presojo motenj znotraj omrežja uporabnika omrežja, kar pa ni neposredno povezano z operaterjem distribucijskega omrežja. Tako lahko uporabnik omrežja uporabi navedene postopke tudi za presojo znotraj svojega omrežja z namenom zagotavljanja elektromagnetne združljivosti naprav znotraj svojega omrežja.

Stopnje presoje v tem Navodilu so narejene tako, da najprej poskuša opraviti presojo uporabnik omrežja sam (oziroma njegov strokovno usposobljen zaposlen ali najet delavec). V kolikor to zaradi kompleksnosti problematike ni mogoče, presojo naprej prevzame SODO. Pomembna novost je ta, da se presoja opravi za nove objekte že v času projektiranja objekta, saj se na tej stopnji lažje odpravljajo težave, ki bi lahko nastopile po priključitvi na omrežje. V tem pogledu je nujna angažiranost projektantov električnih inštalacij, da poleg zadostnih presekov vodnikov objekta v smislu padcev napetosti, poskrbijo tudi za primerno EMC v smislu ostalih motenj (napetostne spremembe – fliker, harmonska napetost in napetostna nesimetrija).

V tem dokumentu je zapisana **poenostavljena oblika Navodila**. V prvem delu dokumenta so navedene **mejne vrednosti oddajnih motenj**, ki jih sme povzročati naprava priključena v omrežje. Te vrednosti se da med obratovanjem naprave tudi preverjati z meritvami. Sledi **postopek presoje motenj v distribucijsko omrežje**. Posebej je naveden postopek presoje za NN in SN omrežje. Na tistih mestih, kjer je postopek presoje enak, je zapisan združeno. V tem primeru so ločeno zapisane samo dovoljene mejne vrednosti. Če torej upoštevamo postopek presoje pred vključitvijo naprave v omrežje, razen v izjemnih primerih ne bi smele biti presežene dovoljene mejne vrednosti motenj v omrežju.

## 2 Mejne vrednosti dovoljenega motenja naprav uporabnika omrežja v distribucijsko omrežje

V tej točki so navedene splošne mejne vrednosti dovoljenega motenja naprav uporabnika omrežja v distribucijsko omrežje. Obravnavani sta dve značilnosti kakovosti napetosti:

- **harmonska napetost**, ki je posledica **harmonskega toka** in
- **jakost flikerja**, ki je posledica **napetostnih sprememb**, povzročenih z delovanjem naprav uporabnika omrežja.

Navedene so mejne vrednosti za ti dve značilnosti, ki jih operater distribucijskega omrežja zahteva od vseh uporabnikov distribucijskega omrežja.

### 2.1 Harmonski tok

Največje dovoljene emisijske vrednosti harmonskega toka posameznega uporabnika omrežja v distribucijsko omrežje vrednotimo po kriterijih:

- **emisijske ravni posameznih komponent harmonskega toka**,
- **celostnega harmonskega faktorja popačenja toka ( $THD_i$ )**,
- **velikosti komutacijskih zarez** in
- **vpliva na MTK signal**.

#### 2.1.1 Dovoljene emisijske ravni posameznih komponent harmonskega toka

Dovoljene emisijske ravni posameznih komponent harmonskega toka se izračunajo s pomočjo enačbe:

$$\frac{I_v}{I_n} \leq \frac{p_v}{2000} \cdot \sqrt{\frac{S_{KS}}{S_n}} \quad (2.1)$$

kjer so:

$v$	- red harmonika,
$I_v$	- tok posameznega harmonika,
$I_n$	- dogovorjen tok uporabnika omrežja, ki se izračuna iz nazivne (zakupljene) moči uporabnika omrežja (velikost omejevalca toka),
$S_n$	- nazivna (zakupljena) moč uporabnika pri $\cos \varphi = 0,95$ ,
$S_{KS}$	- kratkostična moč omrežja v točki priklopa uporabnika omrežja in
$p_v$	- proporcionalni faktor, ki je odvisen od reda harmonika ter je za posamezne harmonike naveden v tabeli Tab. 2.1.

**Tab. 2.1: Proporcionalni faktor za posamezne rede harmonikov**

$v$	3	5	7	11	13	17	19	>19
$p_v$	6 (18)*	15	10	5	4	2	1,5	1

**OPOMBA:** \* velja za nevtralni vodnik v trifaznih štirivodnih sistemih

### 2.1.2 Celostni harmonski faktor popačenja toka ( $THDi_N$ )

Celostni harmonski faktor popačenja toka uporabnika omrežja  $THDi_N$  se računa z upoštevanjem harmonskega toka do reda 50 in mora biti manjši od:

$$THDi_N = \frac{\sqrt{\sum_{v=2}^{50} I_v^2}}{I_n} \leq 0,01 \cdot \sqrt{\frac{S_{KS}}{S_n}} \quad (2.2)$$

kjer so:

- $THDi_N$  - celostni harmonski faktor popačenja toka uporabnika omrežja,
- $I_v$  - tok posameznega harmonika,
- $I_n$  - dogovorjen tok uporabnika omrežja, ki se izračuna iz nazivne (zakupljene) moči uporabnika omrežja (velikost omejevalca toka),
- $v$  - red harmonika,
- $S_n$  - nazivna (zakupljena) moč uporabnika pri  $\cos \varphi = 0,95$  in
- $S_{KS}$  - kratkostična moč omrežja v točki priklopa uporabnika omrežja.

**OPOMBA:**  $THDi_N$  ni nujno enak  $THDi$ , ki se nanaša na osnovno harmonsko komponento toka  $I_1$ . Zveza med njima je naslednja:

$$THDi_N = THDi \cdot \frac{I_1}{I_n} \quad (2.3)$$

kjer so:

- $THDi_N$  - celostni harmonski faktor popačenja toka,
- $THDi$  - celostni harmonski faktor popačenja toka, relativno glede na osnovni harmonik toka,
- $I_1$  - osnovna komponenta toka in
- $I_n$  - nazivni tok, ki se izračuna iz nazivne moči.

### 2.1.3 Komutacijske zarez

Velikosti komutacijskih zarez izračunamo s pomočjo enačbe:

$$d_{kom} = \frac{\Delta U_{kom}}{\hat{U}_1} \quad (2.4)$$

kjer so:

- $d_{kom}$  - relativna globina komutacijske zarez,
- $\Delta U_{kom}$  - največje odstopanje omrežne napetosti od trenutne vrednosti osnovne komponente napetosti in
- $\hat{U}_1$  - temenska vrednost osnovne komponente napetosti.

**Za naprave, ki se priključujejo v nizkonapetostno distribucijsko omrežje, je dovoljena vrednosti komutacijskih zarez  $d_{kom} \leq 0,10$ .**

**Za naprave, ki se priključujejo v srednjenapetostno distribucijsko omrežje, je dovoljena vrednosti komutacijskih zarez  $d_{\text{kom}} \leq 0,05$ .**

#### 2.1.4 Vpliv naprav uporabnika omrežja na MTK signal

V elektroenergetskem omrežju se za krmiljenje elektroenergetskih naprav med drugim uporablja tudi sistem mrežnega tonskega krmiljenja (MTK sistem). **Naprave pri uporabniku omrežja (najbolj problematične so predvsem filterske naprave) morajo biti narejene in delovati tako, da v nobeni delovni točki ne motijo delovanja MTK sistema!**

## 2.2 Enosmerni tok

Injekcija enosmernega toka v SN omrežje ali NN omrežje ni dovoljena!

## 2.3 Tokovno neravnotežje (SN omrežje)

V srednjenapetostnih (SN) omrežjih je dovoljeno naslednje največje tokovno neravnotežje posamezne proizvodne naprave, ki je izraženo z velikostjo protifazne komponente toka:

$$I_2 \text{ dovoljen} \leq \frac{s}{1000} \cdot \sqrt{\frac{S_{\text{KS}}}{S_{\text{n gen}}}} \cdot I_{\text{n}}, \quad (2.5)$$

kjer so:

- $I_2 \text{ dovoljen}$  - dovoljena velikost protifazne komponente toka,
- $I_{\text{n}}$  - naznačen tok naprave, ki se izračuna iz naznačene moči naprave,
- $S_{\text{n gen}}$  - naznačena moč naprave,
- $S_{\text{KS}}$  - kratkostična moč omrežja v točki priklopa naprave in
- $s$  - proporcionalni faktor za nesimetrijo, ki je odvisen od razmerja kratkostične moči omrežja na SN zbiralkah v RTP-ju in kratkostične moči omrežja v točki priključitve proizvodne naprave ter je natančneje opredeljen v Tab. 2.2.

**Tab. 2.2: Proporcionalni faktor glede na razmerje kratkostičnih moči.**

	$s$
$S_{\text{KS RTP}} / S_{\text{KS}} \leq 3$	25
$S_{\text{KS RTP}} / S_{\text{KS}} > 3$	15

$S_{\text{KS RTP}}$  predstavlja kratkostično moč omrežja na SN zbiralkah v RTP-ju, ki napaja točko priklopa naprave.

## 2.4 Napetostno neravnotežje (NN omrežje)

Za zagotavljanje zadostne rezerve pri priključevanju posameznih porabnikov **mora biti koeficient napetostne nesimetrije na stičnem mestu med omrežjem SODO in omrežjem uporabnika omrežja:**

$$k_U \approx \frac{S_n}{S_{ks}} \leq 0,7 \%, \quad (2.6)$$

ki je **povprečen v 10-minutnem intervalu**.  $S_n$  predstavlja tisto moč, ki je priključena v omrežje nesimetrično (eno- ali dvofazno).

## 2.5 Napetostne spremembe

Dovoljene so takšne napetostne spremembe, ki ne povzročajo:

- **prevelikih amplitud napetostnih sprememb in**
- **prevelike jakosti kratkotrajnega ter dolgotrajnega flikerja v omrežju.**

### 2.5.1 Dovoljena velikost napetostnih sprememb in jakosti flikerja

Jakost flikerja je močno pogojena s frekvenco napetostnih sprememb ( $r$  – *repetition rate*), ki ga povzročajo relativne napetostne spremembe ( $d$ ).

**Za uspešno presojo sprejemljivosti naprav v smislu napetostnih sprememb, mora biti v točki priklopa uporabnika omrežja v NN distribucijsko omrežje zagotovljeno:**

- $d \leq 6 \%$  za naprave z  $r < 0,01 \text{ min}^{-1}$ ,
- $d \leq 3 \%$  za naprave z  $0,01 \text{ min}^{-1} \leq r \leq 0,33 \text{ min}^{-1}$ ,
- $d \leq 3 \%$  in  $P_{st} \leq 0,8$  in  $P_{lt} \leq 0,5$  za naprave z  $r > 0,33 \text{ min}^{-1}$ .

**Za uspešno presojo sprejemljivosti naprav v smislu napetostnih sprememb, mora biti v točki priklopa uporabnika omrežja v SN distribucijsko omrežje zagotovljeno:**

- $d \leq 3 \%$  za naprave z  $r < 0,01 \text{ min}^{-1}$ ,
- $d \leq 2 \%$  za naprave z  $0,01 \text{ min}^{-1} \leq r \leq 1,2 \text{ min}^{-1}$ ,
- $d \leq 2 \%$  in  $P_{st} \leq 0,8$  in  $P_{lt} \leq 0,5$  za naprave z  $r > 1,2 \text{ min}^{-1}$ .

## 2.6 Izjemni mejni primeri

V določenih izjemnih mejnih primerih, ko je motenje uporabnika omrežja večje, kot dovoljujejo navedene mejne vrednosti za obravnavani dve značilnosti napetosti, se lahko uporabnik omrežja in operater distribucijskega omrežja dogovorita, da so povečane motnje sprejemljive za distribucijsko omrežje, če so sprejemljive tudi za uporabnika omrežja, ki jih povzroča. Tak dogovor je mogoč edino v primeru, ko:

- s tem ni povzročena nikakršna škoda distribucijskemu omrežju, vključno s takšnim pregrevanjem elementov distribucijskega omrežja, ki povzroča pospešeno staranje elementov omrežja in

- samo v primeru, ko v omrežju, kjer so motnje povečane zaradi obratovanja motečega uporabnika omrežja, ni priključenega nobenega drugega uporabnika omrežja.

V teh izjemnih mejnih primerih se mora uporabnik omrežja tudi strinjati, da od operaterja distribucijskega omrežja ne bo zahteval kakovosti napetosti v skladu s SIST EN 50160 in da s tem operater omrežja ne prevzema škode v omrežju uporabnika omrežja, ki povzroča prekomerne motnje, ki bi nastale zaradi teh prekomernih motenj.

**Če vsi navedeni pogoji hkrati niso izpolnjeni, potem je uporabnik omrežja dolžan sanirati motenje svojih naprav v distribucijsko omrežja na takšno raven, ki je znotraj dovoljenih meja, navedenih v dovoljenih mejnih vrednostih motenja naprav uporabnika omrežja v distribucijsko omrežje v tem poglavju.**



### 3 Postopki presoje motenj v distribucijsko omrežje

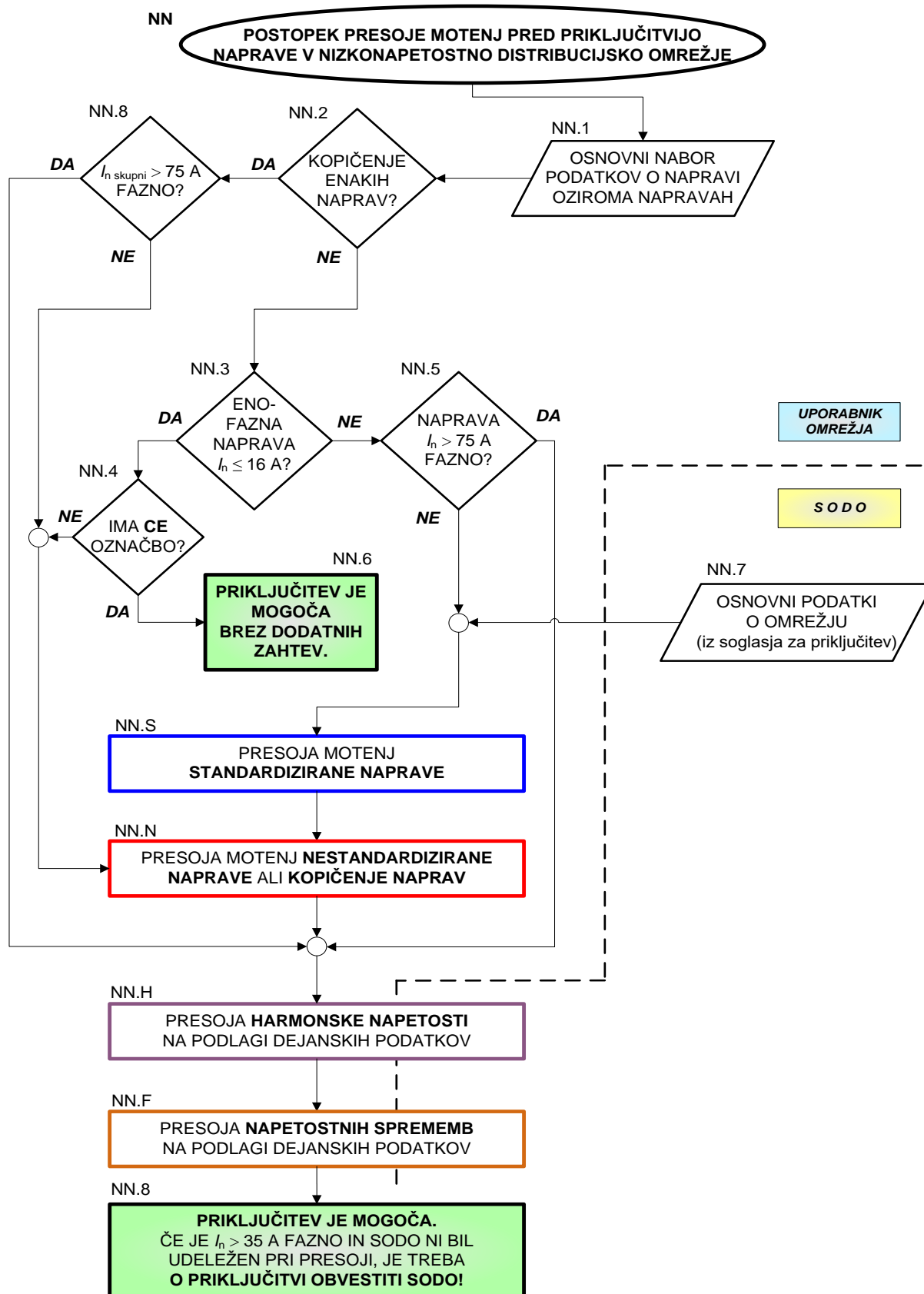
Za lažjo presojo motenja naprav v omrežje so navedeni postopki presoje, s katerimi si lahko uporabnik omrežja in operater distribucijskega omrežja pomagata pri ugotavljanju stopnje motenja naprav v omrežje.

Pregledna tabela Tab. 3.1 prikazuje postopke oziroma način presoje motenj uporabnika omrežja, glede na napetostni nivo in moč (tok) naprav uporabnika omrežja.

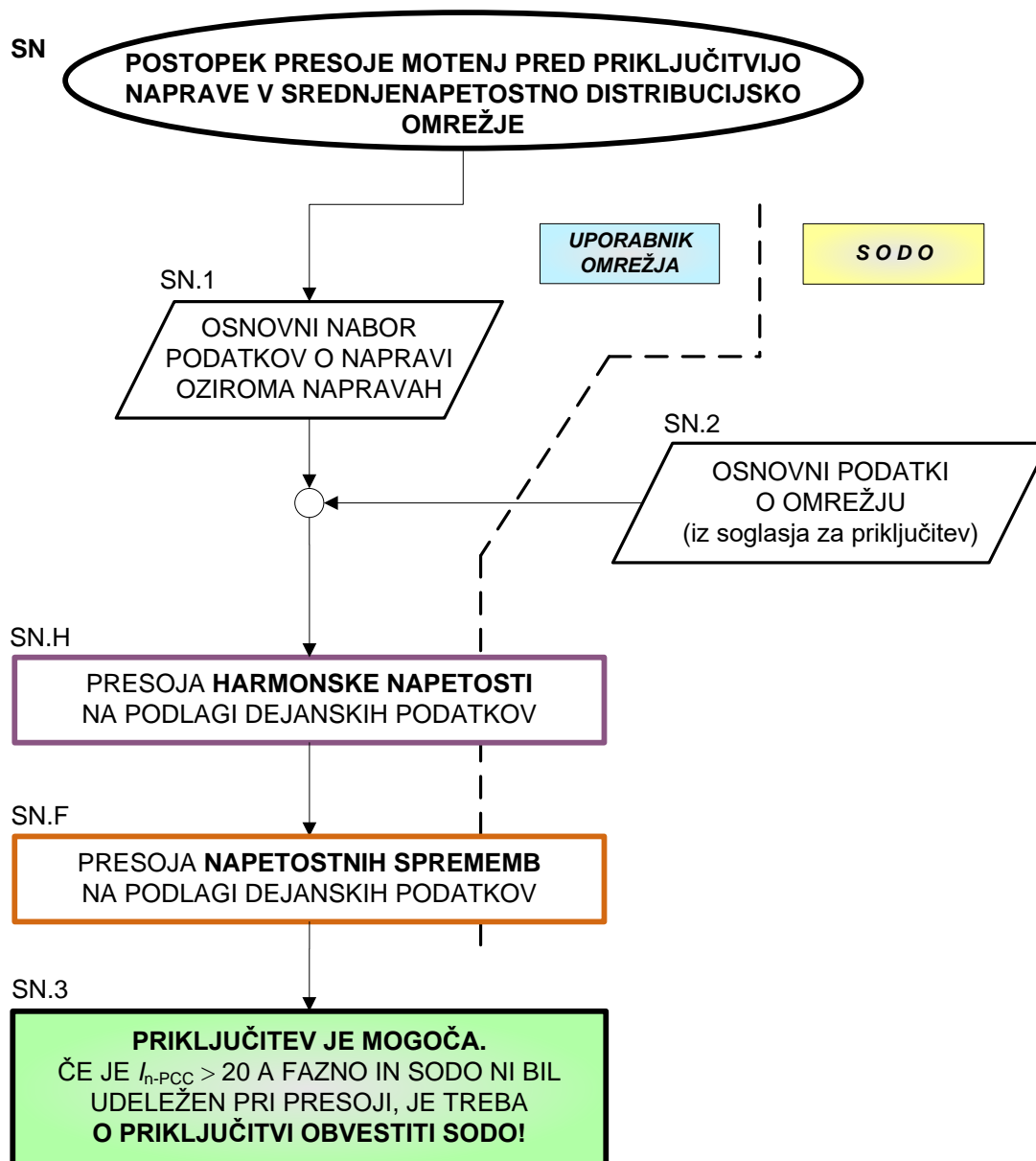
**Tab. 3.1: Stopnje presoje motenj za posamezne vrste naprav pri uporabniku distribucijskega omrežja**

Nape- tostni nivo	Naznačen tok naprave oziroma skupine naprav in vrsta priklopa	Kopičenje naprav?	Ima CE označbo?	Predpisan postopek presoje
NN	$\leq 16$ A, enofazen	NE	DA	<b>Presoja ni potrebna</b>
	$\leq 16$ A, enofazen	NE	NE	<b>NN.N</b>
	$\leq 16$ A, dvo- ali trifazen	NE	DA	<b>NN.S</b>
	$> 16$ A in $\leq 75$ A, eno-, dvo-, ali trifazen	NE	DA	<b>NN.S</b>
	$\leq 75$ A, eno-, dvo- ali trifazen	DA	DA / NE, leto izdelave	<b>NN.N</b>
	$> 75$ A, eno-, dvo- ali trifazen	DA / NE	-	<b>NN.H, NN.F</b>
SN	vse naprave	DA / NE	-	<b>SN.H, SN.F</b>

Postopek presoje motenj v NN omrežju je prikazan na sliki Sl. 3.1, postopek presoje motenj v SN omrežju pa na sliki Sl. 3.2.



**Sl. 3.1: Postopek za presojo motenj pred priključitvijo naprave v nizkonapetostno (NN) distribucijsko omrežje**



### **Sl. 3.2: Postopek za presojo motenj pred priključitvijo naprave v srednjenapetostno (SN) distribucijsko omrežje**

### 3.1 NN.S – Presoja motenj standardizirane naprave za NN omrežje

Če je naznačen tok naprave **manjši ali enak 16 A fazno**, se preveri skladnost naprave s standardoma SIST EN 61000-3-2 in SIST EN 61000-3-3. Skladnost s standardoma je zagotovljena, če je naprava opremljena z oznako **CE**, kar potrjuje tudi podatek v *Izjavi o skladnosti* naprave. **Če je naprava skladna z obema standardoma, se lahko priključi v omrežje brez dodatnih zahtev.**

Če je naznačen tok naprave **večji kot 16 A fazno**, a vseeno manjši ali enak 75 A fazno, se preveri skladnost naprave s standardoma SIST EN 61000-3-11 in SIST EN 61000-3-12. Naprava se sme priključiti v omrežje, če je zadoščeno obema pogojema (1. in 2.):

1. Naprava v skladu s SIST EN 61000-3-11 in je:
  - a. dovoljen obratovalni tok omrežja  $I_{omr}$  (naznačen tok varovalk na dovodu) večji od 100 A fazno  $I_{omr} \geq 100 \text{ A}$  **ali**
  - b. impedanca omrežja manjša ali enaka maksimalni dovoljeni impedanci omrežja, ki je navedena v tehnični specifikaciji naprave  $Z_{omr} \leq Z_{max}$ .
2. Naprava v skladu s SIST EN 61000-3-12 in je razmerje med kratkostično močjo omrežja v točki PCC in naznačeno močjo naprave večje ali enako 33:  $S_{ks} / S_n \geq 33$ .

**Če je zadoščeno navedenim pogojem, je priključitev mogoča.**

Če ni zadoščeno potrebnim pogojem, se postopek presoje motenj pred priključitvijo naprave v distribucijsko omrežje nadaljuje s postopkom **NN.N - Presoja motenj nestandardizirane naprave**.

### 3.2 NN.N – Presoja motenj nestandardizirane naprave za NN omrežje

Ta stopnja presoje se sme uporabiti za:

- naprave, ki so bile proizvedene in dane na tržišče EU pred letom 2002 in se priključujejo v distribucijsko omrežje (po navadi so to rabljene naprave, predvsem stroji) in
- za vse naprave, kjer se predvideva kopičenje naprav v omrežju.

Vse naprave, ki so bile proizvedene in dane na tržišče EU v letu 2002 ali po tem ter se priključujejo v distribucijsko omrežje, morajo biti obvezno skladne z določili *Pravilnika o elektromagnetni združljivosti (EMC)*, ki med drugim določa označevanje s **CE** oznako! **V nasprotnem primeru priključitev v distribucijsko omrežje NI DOVOLJENA!**

V tej stopnji presoje se navedena največja (maksimalna) dovoljena moč naprave nanaša na eno samo napravo, ali na skupno moč skupine (po karakteristiki delovanja) enakih naprav, ki obratujejo v isti delovni točki električno blizu skupaj (kopičenje naprav).

V skupino naprav, za katere obstajajo poenostavljeni postopki priključitve na podlagi moči naprave sodijo naslednje naprave:

- naprave močnostne elektronike,
- električna razsvetljava,
- električni grelci,
- električni pogoni in
- električne varilne naprave.

Če naprava **ustreza določilom za harmonsko napetost in hkrati za napetostne spremembe**, ki so za posamezne skupine naprav navedeni v nadaljevanju, se šteje, da izpolnjuje pogoj in je priključitev v omrežje mogoča.

Če naprava **ustreza določilom za harmonsko napetost in hkrati NE ustreza določilom za napetostne spremembe**, nadaljnja presoja harmonske napetosti ni potrebna. Treba pa je opraviti še presojo za hitre napetostne spremembe v skladu s (NN.F).

Če naprava **NE ustreza določilom za harmonsko napetost in hkrati ustreza določilom za napetostne spremembe**, nadaljnja presoja napetostnih sprememb ni potrebna. Treba pa je opraviti še presojo za harmonsko napetost v skladu s (NN.H).

Če naprava **NE ustreza določilom za harmonsko napetost niti NE ustreza določilom za hitre napetostne spremembe**, ALI če naprava ne spada v skupino naprav, za katere je **možno opraviti postopek presoje**, je treba postopek za presojo motenj nadaljevati neokrnjeno s postopkom na stopnji – **Presoja harmonske napetosti**.

### 3.2.1 Naprave močnostne elektronike

Pri tej vrsti naprav so najbolj problematične naslednje motnje:

- harmonska napetost,
- komutacijske zarez in
- napetostne spremembe.

V to skupino spadajo med drugim:

- varilne naprave z usmernikom,
- frekvenčni pretvorniki in pogoni, ki se napajajo preko usmernika,
- "switcher" pretvorniki,
- kompaktne fluorescentne sijalke z elektronskim napajalnikom in
- zatemnilniki za razsvetljavo.

Ne glede na podane meje ni dovoljeno priključevati v omrežje naprav, ki povzročajo enosmerno komponento toka. Med te naprave sodijo vse tiste naprave, ki uporabljajo polvalno usmerjanje in vse druge naprave, ki v pretvorniškem mostiču parov polprevodniških elementov ne krmilijo hkrati.

Vse dovoljene moči v tabelah Tab. 3.2 in Tab. 3.3 se nanašajo na delovno točko s polnim izkrmiljenjem pretvornika (maksimalna moč).

***Dovoljene moči in načini priklopa naprav močnostne elektronike v smislu  
harmonskih motenj brez dodatnih omejitev ali presoje motenj***

V tabeli Tab. 3.2 so navedene največje dovoljene moči naprav močnostne elektronike glede na vrsto priklopa, ki jih je dovoljeno priključiti v omrežje brez dodatnih omejitev v smislu presoje harmonskih motenj.

**Tab. 3.2: Dovoljene moči in načini priklopa naprav močnostne elektronike (harmonska napetost)**

Način priklopa	Dovoljena moč naprave $S_n$
L – N	1,3 kVA
L – L	1,9 kVA
L – L – L (– N)	3,8 kVA

***Dovoljene moči in načini priklopa naprav močnostne elektronike v smislu napetostnih sprememb (fliker) brez dodatnih omejitev ali presoje motenj***

Za presojo napetostnih sprememb je potrebno ugotoviti število vklopov in izklopov naprave v času ene minute (1 min) – faktor "r" (*repetition rate*) . Če je delovanje naprave neenakomerno, je treba opazovati delovanje v trajanju dveh ur (2 h) in nato preračunati povprečno število vklopov in izklopov na 1 minuto.

Kot napetostna sprememba se šteje vsak vklop in izklop posebej.

**Tab. 3.3: Dovoljene moči in načini priklopa naprav močnostne elektronike (napetostne spremembe)**

Faktor r [1/min]	Način priklopa in dovoljena moč naprave $P_n$		
	L – N	L – L	L – L – L (– N)
$500 < r \leq 1000$	0,4 kW	1,0 kW	2,0 kW
$100 < r \leq 500$	0,6 kW	1,5 kW	3,2 kW
$50 < r \leq 100$	1,0 kW	2,4 kW	4,8 kW
$10 < r \leq 50$	1,2 kW	2,9 kW	5,8 kW
$5 < r \leq 10$	1,7 kW	4,3 kW	8,7 kW
$2 < r \leq 5$	2,3 kW	5,6 kW	11,3 kW
$1 \leq r \leq 2$	2,9 kW	7,3 kW	14,7 kW
$r < 1$	4,0 kW	10,0 kW	20,0 kW

### 3.2.2 Naprave za razsvetljavo

V to skupino spadajo med drugim:

- neonske linijske sijalke,
- linijske sijalke s fluorescentnim premazom, lahko tudi v izvedbi kompaktnih fluorescentnih sijalk
- natrijeve nizkotlačne sijalke in
- živosrebrne, natrijeve in halogen-kovinske visokotlačne sijalke.

Te vrste sijalk imajo predstikalno napravo, katere osnovni namen je omejitev toka:

- klasična (pasivna) predstikalna naprava (dušilke, transformatorji, kondenzatorji, upori) ali

- elektronska predstikalna naprava (elektronsko vezje, ki napaja sijalko z izmeničnim tokom frekvence  $> 20$  kHz. Te vrste predstikalnih naprav omogočajo reguliranje svetlobnega toka sijalke.

Če ima sijalka vgrajen zatemnilnik se dovoljene moči nanašajo na delovno točko s polnim izkrmiljenjem zatemnilnika (maksimalna moč).

***Dovoljene moči in načini priklopa naprav za razsvetljavo v smislu vseh vrst motenj brez dodatnih omejitev ali presoje motenj:***

Žarnice z žarilno nitko in halogenske žarnice:

- **BREZ elektronskega zatemnilnika:**  
12,0 kW na napravo in maksimalno 4,0 kW na fazni vodnik.
- **Z elektronskim zatemnilnikom:**  
1,8 kW na napravo.

Fluorescentne sijalke vključno s kompaktnimi fluorescentnimi sijalkami:

5,0 kW na napravo.

Sijalke za svetlobne efekte:

1,8 kW na napravo in maksimalno 0,6 kW na fazni vodnik.

### ***3.2.3 Naprave za električno ogrevanje***

V to skupino naprav spadajo poleg klasičnih električnih grelcev tudi vse ostale naprave, ki s pomočjo krožnih procesov pridobivajo toploto iz okolice.

V **PRVO skupino** torej spadajo naprave, ki se s pomočjo ohmskih izgub segrevajo:

- grelci z ali brez prisilnega hlajenja,
- likalniki,
- klasične električne kuhalne plošče,
- klasični električni bojlerji,
- pretočni električni bojlerji,
- električni radiatorji z ali brez hranilnika energije.

V **DRUGO skupino** pa spadajo naprave, ki s pomočjo krožnih procesov pridobivajo toploto iz okolice za segrevanje:

- toplotne črpalke,
- hladilniki in hladilne skrinje,
- klimatske naprave.

Za naprave iz **prve skupine** moči nad 200 W je prepovedana uporaba krmiljenja s pomočjo rezanja faze (phase control – PFC), ki se na primer uporablja pri tiristorskem krmiljenju.

Za naprave iz **druge skupine** je po navadi problematična harmonska napetost, če je v uporabi frekvenčni pretvornik za pogon kompresorja ali pa zagonski tok motorja kompresorja in s tem povezane napetostne spremembe, če je motor brez močnostnega pretvornika.

***Dovoljene moči in načini priklopa PRVE skupine naprav za električno ogrevanje v smislu napetostnih sprememb brez dodatnih omejitev ali presoje motenj***

Za presojo te vrste motenj je potrebno ugotoviti število vklopov in izklopov naprave v času ene minute (1 min) – faktor "r" (*repetition rate* oziroma faktor ponavljanja). Če je delovanje naprave neenakomerno, je treba opazovati delovanje v trajanju dveh ur (2 h) in nato preračunati povprečno število vklopov in izklopov na 1 minuto.

Kot napetostna sprememba se šteje vsak vklop in izklop posebej. Za grelné naprave s termostatskim krmiljenjem vklopa se upošteva  $r < 1$ .

**Tab. 3.4: Dovoljene moči in načini priklopa PRVE skupine grelnih naprav (napetostne spremembe)**

Faktor r [1/min]	Način priklopa in dovoljena moč naprave $P_n$		
	L – N	L – L	L – L – L (– N)
$500 < r \leq 1000$	0,4 kW	1,0 kW	2,0 kW
$100 < r \leq 500$	0,6 kW	1,5 kW	3,2 kW
$50 < r \leq 100$	1,0 kW	2,4 kW	4,8 kW
$10 < r \leq 50$	1,2 kW	2,9 kW	5,8 kW
$5 < r \leq 10$	1,7 kW	4,3 kW	8,7 kW
$2 < r \leq 5$	2,3 kW	5,6 kW	11,3 kW
$1 \leq r \leq 2$	2,9 kW	7,3 kW	14,7 kW
$r < 1$	4,0 kW	10,0 kW	20,0 kW

***Dovoljene vrednosti zagonskega toka in načini priklopa DRUGE skupine naprav v smislu napetostnih sprememb brez dodatnih omejitev ali presoje motenj***

Če se pri delovanju naprave pojavlja maksimalno en stikalni manever v eni uri veljajo naslednje vrednosti:

**Tab. 3.5: Dovoljene vrednosti maksimalnega zagonskega toka in načini priklopa DRUGE skupine grelnih naprav (napetostne spremembe) za maksimalno en stikalni manever na uro**

Način priklopa	Dovoljen maksimalni zagonski tok naprave
L – N	24 A
L – L – L (– N)	41 A

Za vse ostale primere se uporabijo vrednosti iz spodnje tabele, kjer se faktor "r" preračuna na urne vrednosti!

**Tab. 3.6: Dovoljene vrednosti zagonskega toka in načini priklopa DRUGE skupine grelnih naprav (napetostne spremembe) glede na pogostost stikalnega manevra**

Faktor r [1/h]	Način priklopa in dovoljen maksimalni zagonski tok naprave	
	L – N	L – L – L (– N)



$r < 1$	24 A	41 A
$1 \leq r \leq 25$	20 A	33 A
$25 < r \leq 50$	16 A	26 A
$50 < r \leq 100$	12 A	21 A

### *Ostali pogoji*

Za obe skupini naprav velja, da maksimalna fazna nesimetrija ne sme presegati 4 kW med posameznimi fazami.

### **3.2.4 Električni pogoni (motorji)**

V to skupino naprav spadajo vsi električni pogoni (motorji), neposredni ali napajani preko pretvorniškega sistema.

V to skupino spadajo med drugim naprave:

- univerzalni motor (s komutatorjem),
- motor s pomožnim kondenzatorjem
- asinhronski motor s kratkostično kletko,
- enosmerni motor s paralelnim navitjem,
- ostale vrste motorjev.

***Dovoljene moči in načini priklopa usmerniško oziroma razsmerniško napajanih motorjev v smislu napetostnih sprememb brez dodatnih omejitev ali presoje motenj***

V tabeli Tab. 3.7 so navedene največje dovoljene moči usmerniško oziroma razsmerniško napajanih motorjev glede na vrsto priklopa, ki jih je dovoljeno priključiti v omrežje brez dodatnih omejitev v smislu presoje harmonskih motenj.

**Tab. 3.7: Dovoljene moči in načini priklopa usmerniško/razsmerniško napajanih motorjev (napetostne spremembe)**

Način priklopa	Dovoljena moč naprave $S_n$
L – N	1,3 kVA
L – L – L (– N)	3,8 kVA

***Dovoljene vrednosti zagonskega toka in načini priklopa neposredno napajanih motorjev v smislu napetostnih sprememb brez dodatnih omejitev ali presoje motenj***

Za presojo dovoljenega zagonskega toka se uporabijo se vrednosti iz tabele Tab. 3.8, kjer se faktor "r" preračuna na **urne vrednosti!**

**Tab. 3.8: Dovoljene vrednosti maksimalnega zagonskega toka in načini priklopa neposredno napajanih motorjev (napetostne spremembe) glede na pogostost stikalnega manevra**

Faktor r [1/h]	Način priklopa in dovoljene vrednosti maksimalnega zagonskega toka
-------------------	--

	L – N	L – L – L (– N)
$r < 1$	24 A	41 A
$1 \leq r \leq 25$	20 A	33 A
$25 < r \leq 50$	16 A	26 A
$50 < r \leq 100$	12 A	21 A

### *Ostali pogoji*

Za vse vrste pogonov je treba pri večjem številu enofaznih naprav ali pri dvofaznih napravah zagotoviti enakomerno obremenitev po fazah.

Motorji morajo biti priključeni in varovani tako, da ne prihaja do ostalih neželenih pojavov ali motenj v omrežje, kot je na primer samovzbujanje asinhronskega motorja.

### **3.2.5 Naprave za varjenje**

V to skupino naprav spadajo vse naprave za varjenje:

- naprave za obločno varjenje in
- naprave za točkasto varjenje.

***Dovoljene moči in načini priklopa naprav za varjenje (razen usmerniško napajanih naprav za varjenje) v smislu napetostnih sprememb brez dodatnih omejitev ali presoje motenj***

Vrednosti navedene v tabeli Tab. 3.9 veljajo za stopnjo, kjer ima naprava največjo moč.

**Tab. 3.9: Dovoljene moči in načini priklopa ne-usmerniško napajanih naprav za varjenje (napetostne spremembe)**

Način priklopa	Dovoljena moč naprave $S_n$
L – N	2,0 kVA
L – L	5,0 kVA
L – L – L (– N)	9,0 kVA

### ***Dovoljene moči in zagonski toki naprav za varjenje z motorskimi pogoni***

Dovoljene moči in zagonski toki naprav za varjenje z motorskimi pogoni so navedene v tabelah Tab. 3.7 in Tab. 3.8.

### ***Dovoljene moči naprav za varjenje, ki so napajane preko usmernika***

Dovoljene moči naprav za varjenje, ki so napajane preko usmernika so navedene v tabelah Tab. 3.2 in Tab. 3.3.

### 3.3 NN.H - Presoja harmonske napetosti za NN omrežje

Po tem postopku najprej preverimo razmerje kratkostične moči omrežja na mestu priklopa v omrežje ( $S_{ks}$ ) in naznačene moči naprave ( $S_n$ ).

Če je  $\frac{S_{ks}}{S_n} \geq 150$ , je pogoj za harmonsko napetost izpolnjen. V tem primeru se postopek presoje nadaljuje s stopnjo NN.F - Presoja napetostnih sprememb.

Če ta pogoj **ni izpolnjen**, se postopek presoje nadaljuje z **izračunom harmonske moči naprav**:

V tem postopku izračunamo ekvivalentno moč naprav, ki generirajo harmonske toke ( $S_{harm}$ ). Pri izračunu računske harmonske moči naprav se naprave, ki generirajo zelo malo harmonskega toka ( $THDi < 10\%$ ), **ne upoštevajo**. Ostale naprave razdelimo v **dve skupini na podlagi harmonske moči naprav**.

#### SKUPINA 1:

Naprave z **nizko emisijo harmonskega toka** ( $10\% \leq THDi \leq 25\%$ ). Sem sodijo 12-pulzni pretvorniki, fluorescentne sijalke in ostale plinske sijalke z induktivnim balastom.

#### SKUPINA 2:

Naprave s **srednjo in visoko emisijo harmonskega toka** ( $THDi > 25\%$ ). Sem sodijo 6-pulzni pretvorniki, trifazni izmenični pretvorniki, inverterske varilne naprave, elektronsko vodeni izmenični motorji, zatemnilniki, TV naprave, računalniki vključno s perifernimi enotami, kompaktne fluorescentne sijalke z elektronskim balastom in vsa ostala zabavna elektronika.

Za naprave iz skupine 1 in skupine 2, se računska harmonska moč naprav izračuna s pomočjo enačbe:

$$S_{harm} = 0,5 \cdot S_{SKUPINA 1} + S_{SKUPINA 2} \quad (3.1)$$

kjer so:

$S_{harm}$	- računska harmonska moč naprav, ki se presojuje,
$S_{SKUPINA 1}$	- skupna moč naprav, ki sodijo v skupino naprav 1 in
$S_{SKUPINA 2}$	- skupna moč naprav, ki sodijo v skupino naprav 2.

**Za uspešno presojo sprejemljivosti naprav v smislu harmonske moči, mora biti:**

$$S_{harm} \leq 0,082 \cdot \sqrt{S_{ks} \cdot S_n} \quad (3.2)$$

kjer so:

$S_{harm}$	- računska harmonska moč naprav, ki se presojuje,
$S_{ks}$	- kratkostična moč na mestu PCC in
$S_n$	- skupna naznačena moč vseh naprav (vsota vseh), ki se presojuje.

Če ta pogoj ni izpolnjen, so **potrebni ukrepi** za uspešno priključitev naprave v distribucijsko omrežje.

### 3.4 NN.F - Presoja napetostnih sprememb za NN omrežje

Po tem postopku najprej preverimo razmerje kratkostične moči omrežja na mestu priklopa v omrežje ( $S_{ks}$ ) in naznačene moči naprave ( $S_n$ ).

Če je  $\frac{S_{ks}}{S_n} \geq 500$  za trifazne naprave ali  $\frac{S_{ks}}{S_n} \geq 1000$  za enofazne naprave je **pogoj za napetostne spremembe izpolnjen**. V tem primeru je **priključitev v distribucijsko omrežje mogoča**.

Če ta pogoj **ni izpolnjen**, se lahko s pomočjo tabele Tab. 3.10 (*Poenostavljena presoja napetostnih sprememb*) za posamezne vrste naprav ugotovi, ali je napravo vseeno mogoče priključiti v omrežje. Če je **pogoj za napetostne spremembe iz tabele izpolnjen**, je **priključitev v distribucijsko omrežje mogoča**.

Če pogoj iz tabele **ni izpolnjen**, se postopek presoje nadaljuje z izračunom napetostnih sprememb.

Tab. 3.10: Poenostavljena presoja napetostnih sprememb

Naprava	Primer uporabe	Potrebno razmerje $S_{ks} / S_n$ glede na vrsto priklopa			
		Enofazno 230 V (400 V) <sup>1</sup>		Trifazno 400 V	
<b>Električno segrevanje</b> z nizko frekvenco preklapljanja	Kontinuirano delujoči pretočni grelci	> 120		> 30	
	Naprave za varjenje	> 600 (> 400)		DC: > 150 AC: > 250	
<b>Električno segrevanje</b> z visoko frekvenco preklapljanja	Točkovno varjenje	> 1000 (> 500)		> 250	
	Kopirni stroji, laserski tiskalniki, FAX naprave	> 1000		-	
<b>Sistemi za razsvetljavo</b> z ročnim vklopom	Razsvetljava prostorov in dvoran	> 400		> 100	
<b>Sistemi za razsvetljavo</b> s konstantnim vklopom	Svetlobne konzole, disko luči	> 1000		> 250	
<b>Motorji</b> z ročnim vklopom	Prenosna orodja	<b>Direkten zagon</b>	<b>Indirek. zagon</b>	<b>Direkten zagon</b>	<b>Indirek. zagon</b>
		> 500	> 250	> 125	> 70
<b>Motorji</b> z avtomatskim delovanjem in nizko frekvenco vklopom	Hladilniki, toplotne črpalke, dvigala v stanovanjskih blokih	> 600	> 300	> 150	> 75
<b>Motorji</b> z avtomatskim delovanjem in visoko frekvenco vklopom	Dvigala v poslovnih objektih	> 1000	> 500	> 250	> 125
<b>Drugi motorski pogoni</b>	Tračne žage	-		> 500 (do 1500)	
	Drobilniki in rezalniki	-		> 250 (do 750)	

### 3.4.1 Relativni upad napetosti

**Izračun relativnega upada napetosti ( $d$ ) za enofazno priključene naprave (L-N):**

Relativni upad napetosti se izračuna po približni enačbi:

<sup>1</sup> (400 V) – Za primer priključitve med dva fazna vodnika (L-L) namesto med fazni in ničelni vodnik (L-N).

$$d \approx 6 \cdot \frac{\Delta S_N}{S_{ks}} \cdot \cos(\psi_{ks} - \varphi) \quad , \quad \psi_{ks} = \arctan \frac{X_{ks}}{R_{ks}} \quad (3.3)$$

### Izračun relativnega upada napetosti ( $d$ ) za dvofazno priključene naprave (2 x L-N):

Relativni upad napetosti se izračuna po približni enačbi:

$$d \approx 3 \cdot \frac{\Delta S_N}{S_{ks}} \cdot \cos(\psi_{ks} - \varphi) \quad , \quad \psi_{ks} = \arctan \frac{X_{ks}}{R_{ks}} \quad (3.4)$$

### Izračun relativnega upada napetosti ( $d$ ) za dvofazno in trifazno priključene naprave (L-L, L-L-L ali L-L-L-N):

Relativni upad napetosti se izračuna po približni enačbi:

$$d \approx \frac{\Delta S_N}{S_{ks}} \cdot \cos(\psi_{ks} - \varphi) \quad , \quad \psi_{ks} = \arctan \frac{X_{ks}}{R_{ks}} \quad (3.5)$$

V enačbah (3.3) do (3.5) imajo simboli naslednji pomen:

- $d$  - relativni upad napetosti,
- $S_{ks}$  - kratkostična moč na mestu PCC,
- $X_{ks}$  - reaktivni del kratkostične impedance na mestu PCC,
- $R_{ks}$  - ohmski del kratkostične impedance na mestu PCC,
- $\Delta S_N$  - variabilna moč naprave,
- $\psi_{ks}$  - kot kratkostične impedance na mestu PCC in
- $\varphi$  - kot spremembe napetosti.

Če kosinusnega dela enačbe ni mogoče izračunati, se privzame  $\cos(\psi_{ks} - \varphi) = 1$ .

### 3.4.2 Napetostna nesimetrija

Napetostno nesimetrijo obravnavamo s pomočjo koeficienta napetostne nesimetrije ( $k_U$ ). Za naprave, ki so priključene medfazno (L-L) ali enofazno (L-N) izračunamo koeficient s pomočjo enačbe:

$$k_U \approx \frac{S_n}{S_{ks}} \quad , \quad (3.6)$$

- kjer so:
- $k_U$  - koeficient napetostne nesimetrije,
  - $S_N$  - moč eno- ali dvofazno priključene naprave in
  - $S_{ks}$  - kratkostična moč na mestu PCC.

Nivo združljivosti za napetostno nesimetrijo v omrežju znaša  $k_U \leq 2 \%$ . Za zagotavljanje zadostne rezerve pri priključevanju posameznih porabnikov **mora biti koeficient napetostne nesimetrije na stičnem mestu med omrežjem SODO in omrežjem uporabnika omrežja:**

$$k_U \leq 0,7 \%,$$

ki je **povprečen v 10-minutnem intervalu<sup>2</sup>**.

### 3.4.3 Izračun jakosti kratkotrajnega flikerja ( $P_{st}$ ):

Na podlagi frekvence ponovitev vklopov in izklopov naprave ( $r$ ) in variabilnega dela moči naprave ( $\Delta S_N$ ), s pomočjo slike Sl. 3.3 izračunamo  $P_{st}$ . Pri tem je  $P_{ref} = 1$ .

$$P_{st} = \frac{d}{d_{ref}} \cdot P_{ref} = \frac{d}{d_{ref}} \cdot 1 \quad (3.8)$$

kjer so:

- $d$  - izračunan relativni upad napetosti,
- $d_{ref}$  - referenčni relativni upad napetosti, ki ga odčitamo iz slike Sl. 3.3 in
- $P_{st}$  - kratkotrajna jakost flikerja.

### 3.4.4 Izračun jakosti dolgotrajnega flikerja ( $P_{lt}$ ):

Na podlagi izračunane jakosti kratkotrajnega flikerja izračunamo jakost dolgotrajnega flikerja tako, da vzamemo dvanajst zaporednih vrednosti kratkotrajnega flikerja in dobimo jakost flikerja v 2-urnem intervalu.

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\sum_{n=1}^{12} \frac{P_{st n}^3}{12}} \quad (3.9)$$

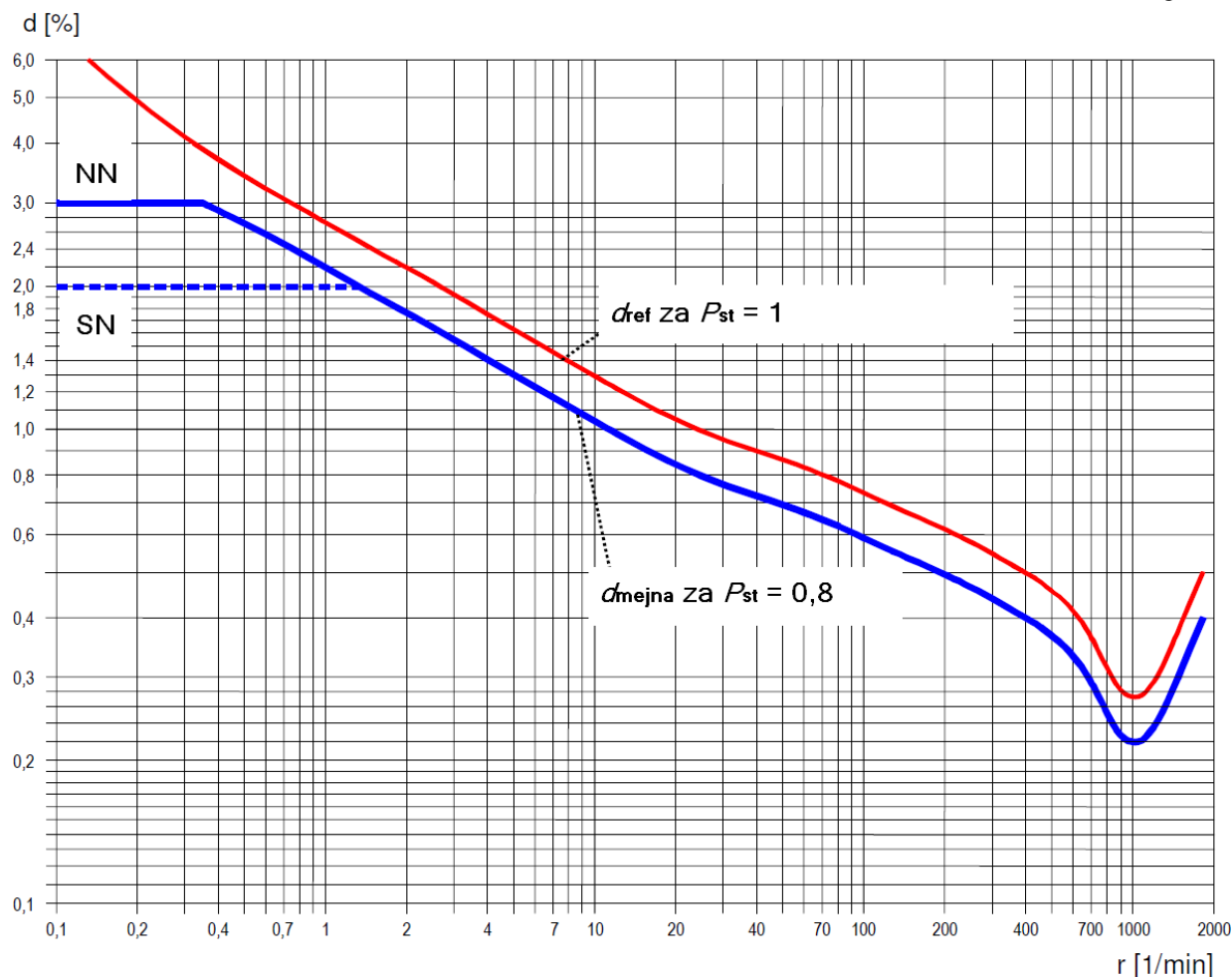
kjer so:

- $P_{lt}$  - dolgotrajna jakost flikerja,
- $P_{st}$  - kratkotrajna jakost flikerja in
- $n$  - zaporedna vrednost 10-minutnega kratkotrajnega flikerja.

Pri tem je treba upoštevati to, da se pri vrednostih kratkotrajnega flikerja upošteva 10-minutni interval izračuna. To je pomembno takrat, ko obravnavamo naprave, ki nimajo enakih napetostnih sprememb in enako dolgega cikla pri vsaki napetostni spremembi. Če ima naprava enak ponavljajoč cikel z isto spremembo moči vsak cikel ter istimi trajanji cikla, je vrednost  $P_{lt} = P_{st}$ .

Vrednosti  $P_{lt}$  in  $P_{st}$  lahko izračunamo tudi s pomočjo simulacijskega programa. Pogoj za to sta primeren model naprave, ki jo presojamo in primerni podatki o omrežju.

<sup>2</sup> **Povprečen v 10-minutnem intervalu** - To pomeni vsakih 10 minut povprečna vrednost vseh izmerjenih vrednosti nesimetrije v tem intervalu v skladu z merilno metodo navedeno v SIST EN 61000-4-30, razred A.



Sl. 3.3: Krivulje za izračun jakosti flikerja

### 3.4.5 Presoja motenja v omrežje

Za lažjo presoj naprave razdelimo v **tri skupine**.

Naprave, ki obratujejo s frekvenco pojavljanja napetostnih sprememb  $r < 0,01 \text{ min}^{-1}$  oziroma **manj kot 1 krat na 100 minut**, imajo dovoljeno (relativno glede na ostale skupine) večjo napetostno spremembo, saj se le-ta pojavi dokaj redko. **Izračun jakosti flikerja za takšno frekvenco pojavljanja napetostne spremembe ni potreben.**

Naprave, ki obratujejo s frekvenco pojavljanja napetostnih sprememb  $0,01 \text{ min}^{-1} \leq r \leq 0,33 \text{ min}^{-1}$  oziroma **več ali enako kot 1 krat na 100 minut in manj ali enako kot 1 krat na 3 minute**, imajo dovoljeno manjšo napetostno spremembo kot prejšnja skupina naprav, saj se le-ta pojavi pogosteje. **Izračun jakosti flikerja za takšno frekvenco pojavljanja napetostne spremembe ni potreben.**

Naprave, ki obratujejo s frekvenco pojavljanja napetostnih sprememb  $r > 0,33 \text{ min}^{-1}$  oziroma **več kot 1 krat na 3 minute**, imajo dovoljeno enako napetostno spremembo kot prejšnja skupina naprav, a se le-ta pojavi pogosteje. Zaradi tega je za to skupino naprav poleg največje dovoljene napetostne spremembe **potreben tudi izračun jakosti flikerja**, saj je frekvenca pojavljanja napetostne spremembe takšna, da povzroča pojav flikerja.



**Za uspešno presoj o sprejemljivosti naprav v smislu napetostnih sprememb, mora biti v točki priklopa uporabnika omrežja v distribucijsko omrežje zagotovljeno:**

- $d \leq 6 \%$  za naprave z  $r < 0,01 \text{ min}^{-1}$ ,
- $d \leq 3 \%$  za naprave z  $0,01 \text{ min}^{-1} \leq r \leq 0,33 \text{ min}^{-1}$ ,
- $d \leq 3 \%$  in  $P_{st} \leq 0,8$  in  $P_{lt} \leq 0,5$  za naprave z  $r > 0,33 \text{ min}^{-1}$ .

**Če so navedeni pogoji izpolnjeni, se lahko naprava priključi v distribucijsko omrežje.**

**Če ta pogoj ni izpolnjen, so potrebni ukrepi** za uspešno priključitev naprave v distribucijsko omrežje.

### 3.5 SN.H - Presoja harmonske napetosti za SN omrežje

Po tem postopku najprej preverimo razmerje kratkostične moči omrežja na mestu priklopa v omrežje ( $S_{ks}$ ) in naznačene moči naprave ( $S_n$ ).

**Če je  $\frac{S_{ks}}{S_n} \geq 300$ , je pogoj za harmonsko napetost izpolnjen.** V tem primeru se postopek presoje nadaljuje s stopnjo SN.F - Presoja napetostnih sprememb.

**Če ta pogoj ni izpolnjen, se postopek presoje nadaljuje z izračunom harmonske moči naprav, ki je podrobno opisan v postopku NN.H.** Na tem mestu podajamo samo pogoje za uspešno presoj o po tem pogoj u.

**Za uspešno presoj o sprejemljivosti naprav v smislu harmonske moči, mora biti:**

$$S_{\text{harm}} \leq 0,058 \cdot \sqrt{S_{ks} \cdot S_n} \quad (3.10)$$

kjer so:

- $S_{\text{harm}}$  - računska harmonska moč naprav, ki se presojajo,
- $S_{ks}$  - kratkostična moč na mestu PCC in
- $S_n$  - skupna naznačena moč vseh naprav (vsota vseh), ki se presojajo.

**Če ta pogoj ni izpolnjen, so potrebni ukrepi** za uspešno priključitev naprave v distribucijsko omrežje.

### 3.6 SN.F - Presoja napetostnih sprememb za SN omrežje

Po tem postopku najprej preverimo razmerje kratkostične moči omrežja na mestu priklopa v omrežje ( $S_{ks}$ ) in naznačene moči naprave ( $S_n$ ).

**Če je  $\frac{S_{ks}}{S_n} \geq 1000$  je pogoj za napetostne spremembe izpolnjen.** V tem primeru je priključitev v distribucijsko omrežje mogoča.

**Če ta pogoj ni izpolnjen, se ugotovi  $r$  in  $S_n$  za napravo.** Na podlagi tega izračuna razmerje:

$$\frac{S_{ks}}{\Delta S_N} \quad (3.11)$$

**Za uspešno presoj o sprejemljivosti naprav v smislu napetostnih sprememb, mora biti:**

- $\frac{S_{ks}}{\Delta S_N} \geq 250$  za naprave z  $r < 10 \text{ min}^{-1}$ ,
- $\frac{S_{ks}}{\Delta S_N} \geq 500$  za naprave z  $10 \text{ min}^{-1} \leq r \leq 200 \text{ min}^{-1}$ ,
- $\frac{S_{ks}}{\Delta S_N} \geq 1000$  za naprave z  $r > 200 \text{ min}^{-1}$ .

Če ta pogoj **ni izpolnjen**, se postopek presoje nadaljuje z izračunom napetostnih sprememb.

Podroben postopek izračuna **relativnega upada napetosti, napetostne nesimetrije in jakosti flikerja, je naveden v postopku NN.F.** Na tem mestu podajamo samo pogoje za uspešno presoj o po teh pogojih.

Za zagotavljanje zadostne rezerve pri priključevanju posameznih porabnikov **mora biti koeficient napetostne nesimetrije na stičnem mestu med omrežjem SODO in omrežjem uporabnika omrežja:**

$$k_U \leq 0,7 \%,$$

(3.12)

ki je **povprečen v 10-minutnem intervalu.**

### 3.6.1 Presoja motenja v omrežje

Za presoj o naprave razdelimo v **tri skupine.**

Naprave, ki obratujejo s frekvenco pojavljanja napetostnih sprememb  $r < 0,01 \text{ min}^{-1}$  oziroma **manj kot 1 krat na 100 minut**, imajo dovoljeno (relativno glede na ostale skupine) večjo napetostno spremembo, saj se le-ta pojavi dokaj redko. **Izračun jakosti flikerja za takšno frekvenco pojavljanja napetostne spremembe ni potreben.**

Naprave, ki obratujejo s frekvenco pojavljanja napetostnih sprememb  $0,01 \text{ min}^{-1} \leq r \leq 1,2 \text{ min}^{-1}$  oziroma **več ali enako kot 1 krat na 100 minut in manj ali enako kot 1 krat na 50 sekund**, imajo dovoljeno manjšo napetostno spremembo kot prejšnja skupina naprav, saj se le-ta pojavi pogosteje. **Izračun jakosti flikerja za takšno frekvenco pojavljanja napetostne spremembe ni potreben.**

Naprave, ki obratujejo s frekvenco pojavljanja napetostnih sprememb  $r > 1,2 \text{ min}^{-1}$  oziroma **več kot 1 krat na 50 sekund**, imajo dovoljeno enako napetostno spremembo kot prejšnja skupina naprav, a se le-ta pojavi pogosteje. Zaradi tega je za to skupino naprav poleg največje dovoljene napetostne spremembe **potreben tudi izračun jakosti flikerja**, saj je frekvenca pojavljanja napetostne spremembe takšna, da povzroča pojav flikerja.

**Za uspešno presoj o sprejemljivosti naprav v smislu napetostnih sprememb, mora biti v točki priklopa uporabnika omrežja v distribucijsko omrežje zagotovljeno:**

- $d \leq 3 \%$  za naprave z  $r < 0,01 \text{ min}^{-1}$ ,

- $d \leq 2 \%$  za naprave z  $0,01 \text{ min}^{-1} \leq r \leq 1,2 \text{ min}^{-1}$ ,
- $d \leq 2 \%$  in  $P_{st} \leq 0,8$  in  $P_{lt} \leq 0,5$  za naprave z  $r > 1,2 \text{ min}^{-1}$ .

**Če so navedeni pogoji izpolnjeni, se lahko naprava priključi v distribucijsko omrežje.**

**Če ta pogoj ni izpolnjen, so potrebni ukrepi** za uspešno priključitev naprave v distribucijsko omrežje.