

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

## UPORABLJENE KRATICE

EMC	- elektromagnetna združljivost (angl. Electro-Magnetic Compatibility)
EN	- evropski standard (angl. European Norm)
EU	- Evropska skupnost (angl. European Union)
MTK	- mrežno tonsko krmiljenje
NN	- nizkonapetostno
PC	- priključna točka (angl. Point of Coupling)
PCC	- skupna priključna točka (angl. Point of Common Coupling)
SIST	- slovenski standard
SN	- srednjenapetostno

## UPORABLJENI STANDARDI

V teh navodilih so uporabljeni naslednji slovenski standardi:

SIST EN 61000-3-2 Elektromagnetna združljivost (EMC) - 3-2. del: Mejne vrednosti - Mejne vrednosti za oddajanje harmonskih tokov (vhodni tok opreme do vključno 16 A na fazo).

SIST EN 61000-3-3 Elektromagnetna združljivost (EMC) - 3-3. del: Mejne vrednosti - Omejitev vrednosti kolebanja napetosti in flikerja v nizkonapetostnih napajalnih sistemih za opremo z naznačenim tokom do 16 A in ni priključena pod posebnimi pogoji.

SIST-TP IEC/TR2 61000-3-4 Elektromagnetna združljivost (EMC) - Mejne vrednosti – Mejne vrednosti oddajanja harmonskih tokov v nizkonapetostnih napajalnih sistemih za opremo naznačenim tokom, večjim od 16 A.

SIST-TS IEC/TS 61000-3-5 Elektromagnetna združljivost (EMC) - 3-5. del: Mejne vrednosti - Mejne vrednosti kolebanja napetosti in flikerja v nizkonapetostnih napajalnih sistemih za opremo z naznačenim tokom, večjim od 75 A.

SIST-TP IEC/TR 61000-3-6 Elektromagnetna združljivost (EMC) - 3-6. del: Mejne vrednosti - Ocena oddajnih mej za priklop motečih naprav v SN, VN in EVN elektroenergetska omrežja.

SIST-TP IEC/TR 61000-3-7 Elektromagnetna združljivost (EMC) - 3-7. del: Mejne vrednosti - Ocena oddajnih mej za priklop naprav s spreminjajočo se močjo v SN, VN in EVN elektroenergetska omrežja.

SIST IEC 61000-3-8 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3: Limits - Section 8: Signalling on low-voltage electrical installations - Emission levels, frequency bands and electromagnetic disturbance levels.

SIST EN 61000-3-11 Elektromagnetna združljivost (EMC) - 3-7. del: Mejne vrednosti - Omejitev vrednosti kolebanja napetosti in flikerja v nizkonapetostnih napajalnih sistemih - Oprema z naznačenim tokom  $\leq 75$  A, priključena pod posebnimi pogoji.

SIST EN 61000-3-12 Elektromagnetna združljivost (EMC) - 3-12. del: Mejne vrednosti - Mejne vrednosti za harmonske tokove, ki jih povzroča oprema, priključena na nizkonapetostne napajalne sisteme z naznačenim tokom, večjim od 16 A in  $\leq 75$  A po liniji (IEC 61000-3-12:2011).

SIST-TP IEC/TR 61000-3-14 Elektromagnetna združljivost (EMC) - 3-14. del: Ocena oddajnih mej za harmonike, medharmonike, napetostne spremembe in neravnotežje za priklop motečih naprav v NN elektroenergetska omrežja.

SIST EN 50160 – Značilnosti napetosti v javnih razdelilnih omrežjih.

## 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-X-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 oddajajo 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 priključijo 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.

Kot podlaga za Navodila so bila uporabljena namenska navodila, ki so jih pripravili v okviru interesnih združenj nemških, avstrijskih, švicarskih in čeških elektrodistribucijskih podjetij VSE, OE, VDE FNN in CSRES: *D-A-CH-CZ: Technische Regeln für die Beurteilung von Netzurückwirkungen. Teil A: Grundlagen* (2021) in *Teil B: Anforderungen und Beurteilung. Abschnitt I: Niederspannung*. Ta navodila so usmerjena zelo praktično, 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 ustrežno 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 presojno uporabnik omrežja sam (oziroma njegov strokovno usposobljen zaposlen ali najet delavec). V kolikor to zaradi kompleksnosti problematike ni mogoče, presojno naprej prevzame distribucijski operater. 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 in medharmonska napetost, supraharmoniki in napetostno neravnotežje).

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 oddajnih 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 oddajanja motenj naprav uporabnika omrežja v distribucijsko omrežje

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

- napetostne spremembe in jakost flikerja,
- harmonska, medharmonska in supraharmoska napetost oziroma tok,
- napetostno in tokovno neravnotežje, ter
- komutacijske zarezne in vpliv na MTK signal.

Navedene so mejne vrednosti oddajanja motenj za te značilnosti, ki jih operater distribucijskega omrežja zahteva od vseh uporabnikov distribucijskega omrežja.

### 2.1 Napetostne spremembe

Dovoljene so takšne napetostne spremembe, ki ne povzročajo:

- prevelikih amplitud napetostnih sprememb in
- prevelike kratkotrajne ter dolgotrajne jakosti flikerja v omrežju.

#### 2.1.1 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, da naprave ustrezajo:**

- za naprave z  $r < 0,01 \text{ min}^{-1}$ , mora biti  $d \leq 6 \%$ ,
- za naprave z  $0,01 \text{ min}^{-1} \leq r < 0,1 \text{ min}^{-1}$  mora biti  $d \leq 3 \%$ ,
- za naprave z  $r \geq 0,1 \text{ min}^{-1}$  mora biti  $d \leq 3 \%$  in  $P_{st} \leq 0,75$  in  $P_{it} \leq 0,5$ .

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

- za naprave z  $r < 0,01 \text{ min}^{-1}$ , mora biti  $d \leq 3 \%$ ,
- za naprave z  $0,01 \text{ min}^{-1} \leq r < 0,1 \text{ min}^{-1}$  mora biti  $d \leq 2 \%$ ,
- za naprave z  $r \geq 0,1 \text{ min}^{-1}$  mora biti  $d \leq 2 \%$  in  $P_{st} \leq 0,75$  in  $P_{it} \leq 0,5$ .

### 2.2 Neravnotežje napetosti in toka

Za **napetostno neravnotežje** je:

- raven združljivosti v **NN omrežju** v skladu s SIST EN 61000-2-2 enaka 2,0 %,
- raven načrtovanja v **SN omrežju** v skladu s SIST-TP IEC/TR 61000-3-13 enaka 1,8 %.

Na podlagi tega so izpeljani pogoji za dovoljene oddajne mejne vrednosti toka posameznega uporabnika omrežja.

Oddajna mejna vrednost tokovnega neravnotežja se določa z velikostjo protifazne komponente toka. Poenostavljena splošna enačba za dovoljeno tokovno neravnotežje posameznega uporabnika omrežja je:

$$I_2 \text{ dovoljen} = \frac{s}{1000} \cdot \sqrt{\frac{1}{k_{p,e,h}}} \cdot \sqrt{\frac{S_{KS}}{S_n}} \cdot I_n \quad (2.1)$$

kjer so:	$I_2$ dovoljen	- dovoljena velikost protifazne komponente toka,
	$I_n$	- dogovorjen najvišji tok uporabnika omrežja,
	$S_n$	- priključna moč uporabnika omrežja,
	$S_{KS}$	- kratkostična moč omrežja v točki priklopa,
	$k_{p,e,h}$	- koeficient porabniških, proizvodnih in hranilniških naprav v omrežju, in
	$s$	- proporcionalni faktor za neravnotežje.

Koeficient  $k_{p,e,h}$  predstavlja popravek dovoljene tokovne nesimetrije posamezne naprave zaradi kopičenja naprav v električni bližini, ki lahko obratujejo hkrati. Za omrežja, kjer ni pričakovati priključitve proizvodnih naprav ali hranilnikov električne energije, se privzame  $k_{p,e,h} = 1$ . Za omrežja, kjer je pričakovati poleg porabniških še priključitev proizvodnih naprav ali hranilnikov električne energije, se privzame  $k_{p,e,h} = 1,35$ .

Proporcionalni faktor za neravnotežje je odvisen od kratkostičnih razmer v omrežju.

Za **NN omrežja** je proporcionalni faktor odvisen od navidezne moči SN/NN transformatorja, ki napaja obravnavano NN omrežje in najnižjo kratkostično močjo na katerem koli priključnem mestu v obravnavanem NN omrežju, kot prikazuje tabela **Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.** Če ni na voljo ustreznih podatkov za določitev proporcionalnega faktorja, se poenostavljeno privzame konzervativna vrednost 15.

**Tab. 2.1: Proporcionalni faktor  $s$  glede na navidezno moč SN/NN transformatorja, ki napaja NN omrežje in najnižjo kratkostično močjo na katerem koli priključnem mestu v obravnavanem NN omrežju.**

$U_n$ TR SN/NN	Proporcionalni faktor $s$					
	30	25	20	15	10	
<b>100 kVA</b>	> 0,7 MVA	0,7 .. 0,5 MVA	0,5 .. 0,3 MVA	0,3 .. 0,2 MVA	< 0,2 MVA	<b>Najnižja kratkostična moč v NN omrežju</b>
<b>250 kVA</b>	> 1,7 MVA	1,7 .. 1,1 MVA	1,1 .. 0,8 MVA	0,8 .. 0,5 MVA	< 0,5 MVA	
<b>400 kVA</b>	> 2,1 MVA	2,1 .. 1,7 MVA	1,7 .. 1,4 MVA	1,4 .. 1,2 MVA	< 1,2 MVA	
<b>630 kVA</b>	> 3,2 MVA	3,2 .. 2,5 MVA	2,5 .. 2,0 MVA	2,0 .. 1,5 MVA	< 1,5 MVA	
<b>1000 kVA</b>	> 4,1 MVA	4,1 .. 3,1 MVA	3,1 .. 2,4 MVA	2,4 .. 1,8 MVA	< 1,8 MVA	

Primer: Za NN omrežje, ki ga napaja transformator 630 kVA in v katerem je najnižja kratkostična moč na katerem koli priključnem mestu v tem omrežju 2,2 MVA, se uporablja proporcionalni faktor  $s = 20$ .

Za **SN omrežja** je proporcionalni faktor odvisen od dogovorjene napetosti priključitve in najnižje kratkostične moči na katerem koli priključnem mestu v obravnavanem SN omrežju, kot prikazuje tabela Tab. 2.2. Če ni na voljo ustreznih podatkov za določitev proporcionalnega faktorja, se poenostavljeno privzame konzervativna vrednost  $s = 15$ .

**Tab. 2.2: Proporcionalni faktor  $s$  glede na dogovorjeno napetost priključitve in najnižjo kratkostično močjo na katerem koli priključnem mestu v obravnavanem SN omrežju.**

$U_c$	Proporcionalni faktor $s$					
	30	25	20	15	10	
<b>≤ 10 kV</b>	> 60 MVA	60 .. 35 MVA	35 .. 25 MVA	25 .. 10 MVA	< 10 MVA	<b>Najnižja kratkostična moč v SN omrežju</b>
<b>&gt; 10 kV</b>	> 155 MVA	155 .. 90 MVA	90 .. 55 MVA	55 .. 30 MVA	< 30 MVA	

Mejna vrednost neravnotežja moči uporabnika omrežja je:

$$S_{\text{nesim dov}} = \frac{s}{1000} \cdot \sqrt{\frac{1}{k_{p,e,h}}} \cdot \sqrt{\frac{S_{KS}}{S_n}} \cdot S_n \quad (2.2)$$

kjer so:

- $S_{\text{nesim dov}}$  - dovoljena moč neravnotežja moči uporabnika omrežja,
- $S_n$  - priključna moč uporabnika omrežja,
- $S_{KS}$  - kratkostična moč omrežja na priključnem mestu uporabnika omrežja,
- $k_{p,e,h}$  - koeficient porabniških, proizvodnih in hranilniških naprav uporabnika in
- $s$  - proporcionalni faktor za neravnotežje.

Koeficient  $k_{p,e,h}$  predstavlja popravek dovoljene tokovne nesimetrije posamezne naprave zaradi kopičenja naprav v električni bližini, ki lahko obratujejo hkrati. Za omrežja, kjer ni pričakovati priključitve proizvodnih naprav ali hranilnikov električne energije, se privzame  $k_{p,e,h} = 1$ . Za omrežja, kjer je pričakovati poleg porabniških še priključitev proizvodnih naprav ali hranilnikov električne energije, se privzame  $k_{p,e,h} = 1,35$ .

Priključna moč uporabnika omrežja se lahko na NN izračuna tudi iz velikosti glavnih varovalk na priključnem mestu ali iz nastavljene vrednosti omejevalca toka na priključnem mestu.

V tem primeru je:

$$S_n = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_n \quad (2.3)$$

kjer sta:

- $U_n$  - nazivna napetost omrežja in
- $I_n$  - velikosti glavnih varovalk ali omejevalca toka.

## 2.3 Harmoniki, medharmoniki in supraharmniki

Nelinearne naprave v omrežju povzročajo harmonske, medharmonske in/ali supraharmonske motnje. Le-te se med seboj razlikujejo po nastanku in lastnostih. **Harmonske** motnje so po navadi povezane s konstrukcijskimi lastnostmi naprave. Njihova frekvenca je vedno celoštevilčni večkratnik osnovne, ki je omrežna frekvenca napajalne njihove napetosti. Na primer trifazni 6-pulzni pretvornik ima poudarjene karakteristične harmonike redov 5 in 7, 11 in 13 in tako naprej. **Medharmonske** motnje pa niso celoštevilčni večkratniki omrežne frekvence ampak so med dvema harmonikoma. Lahko so vezane na omrežno frekvenco, lahko pa so vedno enake frekvence. Motnje v frekvenčnem pasu nad 2 kHz imenujemo **supraharmniki**. V tem *Navodilu* jih obravnavamo do frekvence 9 kHz.

Motnje se kažejo kot nelinearen tok, ki izvira v nelinearni napravi in teče iz naprave v omrežje. Zaključuje se po elementih elektroenergetskega omrežja in ostalih napravah, priključenih v električni bližini ta naprave. Zaradi impedance omrežja tak tok povzroči harmonsko, medharmonsko in supraharmonsko napetost, ki so ji potem izpostavljene vse ostale naprave, ki so priključene v omrežje. Poleg tega pa lahko tok, ki se zaključuje skozi ostale naprave v omrežju, povzroči dodatne prevajane motnje teh naprav ali nepričakovano delovanje teh naprav.

## 2.4 Dovoljene oddajne ravni harmonskega toka

Raven združljivosti je za **harmonsko napetost** v **NN omrežju** za posamezne harmonike določena v SIST EN 61000-2-2. Raven načrtovanja je za **harmonsko napetost** v **SN omrežju** za posamezne harmonike določena v SIST-TP IEC/TR 61000-3-6.

Na podlagi tega so izpeljani pogoji za dovoljene oddajne mejne vrednosti toka posameznega uporabnika omrežja.

Pri obravnavi harmonskih napetosti in toka se mejne vrednosti in red harmonika nanašajo na razdelitev v podskupine v skladu s SIST EN 61000-4-7.

Dovoljene oddajne ravni posameznih komponent harmonskega toka se izračunajo z enačbo:

$$I_{h \text{ dov}} = \frac{p_h}{1000} \cdot \frac{1}{r_h} \cdot \sqrt{\frac{S_{KS}}{k_{p,e,h} \cdot S_n}} \cdot I_n, \quad (2.4)$$

kjer so:

- $I_{h \text{ dov}}$  - dovoljen harmonski tok posameznega harmonika na priključnem mestu,
- $p_h$  - proporcionalni koeficient za posamezni harmonik,
- $r_h$  - resonančni faktor omrežja pri posamezni frekvenci oziroma harmonski podskupini,
- $k_{p,e,h}$  - skupni koeficient deležev posameznih vrst naprav v omrežju,
- $S_{KS}$  - kratkostična moč omrežja na priključnem mestu uporabnika omrežja,
- $S_n$  - priključna moč uporabnika omrežja in
- $I_n$  - dogovorjen največji tok uporabnika omrežja.

Za omrežja, kjer ni pričakovati priključitve proizvodnih naprav ali hranilnikov električne energije, se privzame  $k_{p,e,h} = 1$ . To pomeni, da je delež vse razpoložljive moči omrežja dodeljen porabniškim napravam. Za omrežja, kjer je pričakovati poleg porabniških še priključitev proizvodnih naprav ali hranilnikov električne energije, se privzame  $k_{p,e,h} = 1,35$ . Slednje pomeni, da je v omrežje priključenih po moči skupaj 35 % več naprav, kot je naznačena moč napajalnega transformatorja omrežja ali po moči skupaj 35 % več naprav, kot je dogovorjena moč na prevzemno predajnem mestu.

#### Posebnosti za NN omrežje:

Za vse rede harmonikov od vključno 7. do 25. se uporablja resonančni faktor  $r_h = 1,15$ . To je predvsem pomembno v omrežjih z veliko elektronskimi napravami, kjer je zaradi kapacitivnosti napajalnikov pričakovati resonančne točke na tem frekvenčnem območju. Za vse ostale se uporablja  $r_h = 1,0$ , razen če meritve v omrežju pokažejo drugače. Te zahteve sledijo iz meritev impedance v NN omrežju in veljajo v približno 90 % vseh primerov.

Proporcionalni koeficient  $p_h$  je za posamezno harmonsko podskupino za NN omrežje podan z naslednjo tabelo:

**Tab. 2.3: Proporcionalni koeficienti  $p_h$  za posamezne harmonske podskupine  $h$  za NN omrežje.**

$h$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$p_h$	4,5	5,7	2,9	13,1	1,1	7,8	1,2	1,2	1,6	5,1	0,8	3,7	1,0	0,3	0,9	2,6	0,5	2,1	0,7

$h$	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
$p_h$	0,2	0,6	1,6	0,4	1,4	0,5	0,1	0,4	1,0	0,3	0,9	0,4	0,1	0,4	0,7	0,2	0,7	0,3	0,1	0,3

*Opomba: Harmoniki redov, ki so deljivi s tri, se v nevtralnem vodniku omrežja seštevajo. Zato so v tabeli podane ustrezno nižje vrednosti za harmonike teh redov. Za uporabnike, ki so v distribucijsko omrežje priključeni brez nevtralnega vodnika ali so priključeni neposredno na zbiranke SN/NN transformatorja, se lahko te vrednosti v dogovoru z operaterjem omrežja na podlagi analize ustrezno poviša.*

Dodatno je mejna vrednost harmonskega toka največ 1,0 %  $I_n$  za harmonike redov od vključno 16. do vključno 30. in za harmonike redov od vključno 31. do vključno 40. reda 0,8 %  $I_n$ .

$$I_{h \text{ dov}} \leq 1,0 \% I_n \quad \text{za} \quad 16 \leq h \leq 30 \quad \text{in} \quad (2.5)$$

$$I_{h \text{ dov}} \leq 0,8 \% I_n \quad \text{za} \quad 31 \leq h \leq 40. \quad (2.6)$$

Prav tako mora biti delno uteženo harmonsko popačenje toka ( $PWHDi$ ) manjše od 17 %:

$$PWHDi = \frac{1}{I_n} \cdot \sqrt{\sum_{h=16}^{40} h \cdot I_h^2 + \sum_{mh=16}^{39} mh \cdot I_{mh}^2} \leq 17 \% . \quad (2.7)$$

kjer so:

- $PWHDi$  - delno uteženo harmonsko popačenje toka,
- $h$  - red harmonika,



- $mh$  - red medharmonika (glej poglavje o medharmonikih),  
 $I_h$  - harmonski tok posameznega harmonika,  
 $I_{mh}$  - medharmonski tok posameznega medharmonika in  
 $I_n$  - dogovorjen največji tok uporabnika omrežja.

#### Posebnosti za SN omrežje:

Za vse rede harmonikov od vključno 2. do 19. se uporablja resonančni faktor  $r_h = 1,5$ . Za harmonike reda nad 19. se uporablja  $r_h = 1,0$ , razen če meritve v omrežju pokažejo drugače.

Proporcionalni koeficient  $p_h$  je za posamezno harmonsko podskupino za SN omrežje podan z naslednjo tabelo:

**Tab. 2.4: Proporcionalni koeficienti  $p_h$  za posamezne harmonske podskupine  $h$  za SN omrežje.**

$h$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$p_h$	4,8	5,1	2,6	12,4	1,0	7,4	0,9	1,2	1,1	4,3	0,8	3,1	0,7	0,4	0,6	2,1	0,5	1,6	0,4

$h$	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
$p_h$	0,2	0,4	1,2	0,3	1,0	0,3	0,1	0,3	0,7	0,3	0,6	0,2	0,1	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2	0,1	0,2

## 2.5 Dovoljene oddajne ravni medharmonskega toka

Raven združljivosti je za **medharmonsko napetost** v **NN omrežju** za posamezne harmonike določena v SIST EN 61000-2-2. Ravni načrtovanja za **medharmonsko napetost** v **SN omrežju** so še v proučevanju.

Pri obravnavi medharmonskih napetosti in toka se mejne vrednosti in red medharmonika nanašajo na razdelitev v podskupine v skladu s SIST EN 61000-4-7.

Dovoljene oddajne ravni posameznih komponent medharmonskega toka se izračunajo z enačbo:

$$I_{mh \text{ dov}} = \frac{p_{mh}}{10000} \cdot \frac{1}{r_{mh}} \cdot \frac{S_{KS}}{S_n} \cdot I_n \quad (2.8)$$

- kjer so:
- $I_{mh \text{ dov}}$  - dovoljen medharmonski tok posameznega medharmonika na priključnem mestu,
  - $p_{mh}$  - proporcionalni koeficient za posamezen medharmonik,
  - $r_{mh}$  - resonančni faktor omrežja pri posamezni frekvenci oziroma medharmonski podskupini,
  - $S_{KS}$  - kratkostična moč omrežja na priključnem mestu uporabnika omrežja,
  - $S_n$  - priključna moč uporabnika omrežja in
  - $I_n$  - dogovorjen največji tok uporabnika omrežja.

#### Posebnosti za NN omrežje:

Proporcionalni koeficient  $p_{mh}$  je za posamezno medharmonsko podskupino za NN omrežje podan z naslednjo tabelo:

**Tab. 2.5: Proporcionalni koeficienti  $p_{mh}$  za posamezne medharmonske podskupine  $mh$  za NN omrežje.**

$mh$	$p_{mh}$
1 .. 30	$0,2 / (mh + 0,5)$
31 .. 39	$0,3 / (mh + 0,5)$
110 Hz .. 310 Hz, če je v uporabi MTK sistem	$0,1 / (mh + 0,5)$

Dokler bo MTK sistem še v uporabi, veljajo poleg navedene omejitve v zgornji tabeli še naslednje omejitve:

- oddajanje motenj s frekvencami med 110 Hz in 310 Hz je omejeno na največ 0,3 %  $U_n$  in
- oddajanje motenj s frekvenco 210 Hz je omejeno na največ 0,1 %  $U_n$ .

Dodatno je mejna vrednost medharmonskega toka največ 1,0 %  $I_n$  za medharmonike redov od vključno 16. do vključno 29. in za medharmonike redov od vključno 30. do vključno 39. reda 0,8 %  $I_n$ .

$$I_{mh \text{ dov}} \leq 1,0 \% I_n \quad \text{za} \quad 16 \leq mh \leq 29 \quad \text{in} \quad (2.9)$$

$$I_{mh \text{ dov}} \leq 0,8 \% I_n \quad \text{za} \quad 30 \leq mh \leq 39. \quad (2.10)$$

Prav tako mora biti delno uteženo harmonsko popačenje toka ( $PWHDi$ ) manjše od 17 %:

$$PWHDi = \frac{1}{I_n} \cdot \sqrt{\sum_{h=16}^{40} h \cdot I_h^2 + \sum_{mh=16}^{39} mh \cdot I_{mh}^2} \leq 17 \% . \quad (2.11)$$

kjer so:

$PWHDi$  - delno uteženo harmonsko popačenje toka,

$h$  - red harmonika,

$mh$  - red medharmonika,

$I_h$  - harmonski tok posameznega harmonika,

$I_{mh}$  - medharmonski tok posameznega medharmonika in

$I_n$  - dogovorjen največji tok uporabnika omrežja.

#### Posebnosti za SN omrežje:

Proportionalni koeficient  $p_{mh}$  je za posamezno medharmonsko podskupino za SN omrežje podan z naslednjo tabelo:

**Tab. 2.6: Proportionalni koeficienti  $p_{mh}$  za posamezne medharmonske podskupine  $mh$  za SN omrežje.**

$mh$	$p_{mh}$
1 .. 2	$0,1 / (mh + 0,5)$
3 .. 30	$0,2 / (mh + 0,5)$
31 .. 39	$0,3 / (mh + 0,5)$
110 Hz .. 310 Hz, če je v uporabi MTK sistem	$0,1 / (mh + 0,5)$

Dokler bo MTK sistem še v uporabi, veljajo poleg navedene omejitve v zgornji tabeli še naslednje omejitve:

- oddajanje motenj s frekvencami med 110 Hz in 310 Hz je omejeno na največ 0,3 %  $U_c$  in
- oddajanje motenj s frekvenco 210 Hz je omejeno na največ 0,1 %  $U_c$ .

## 2.6 Dovoljene oddajne ravni supraharmonskega toka v frekvenčnem območju od 2 do 9 kHz

Raven združljivosti je za **supraharmonsko napetost** v frekvenčnem območju od 2 kHz do 9 kHz v **NN omrežju** je določena v SIST EN 61000-2-2. Ravni načrtovanja za **supraharmonsko napetost** v **SN omrežju** so še v proučevanju.

Pri obravnavi supraharmonske napetosti in toka se mejne vrednosti posameznega frekvenčnega pasu  $b$  nanašajo na razdelitev v 200-Hz frekvenčne pasove v skladu s SIST EN 61000-4-7.

#### Posebnosti za NN omrežje:

Dovoljene oddajne ravni supraharmonskega toka uporabnika omrežja se izračunajo z enačbo:

$$I_{sh \text{ b dov}} = \frac{1}{r_{sh}} \cdot \frac{3,3 \cdot b^{-0,52} \cdot 1 \text{ A}}{\left(10,25 - \frac{9 \text{ kHz} - b}{\text{kHz}}\right) \cdot \left(p_{KS} + (1 - p_{KS}) \cdot \frac{0,57 \text{ MVA}}{S_{KS}}\right)},$$

kjer so:

- $I_{sh\ b\ dov}$  - dovoljen supraharmoski tok frekvenčnega pasu  $b$  na priključnem mestu,
- $r_{sh}$  - resonančni faktor omrežja pri posameznem frekvenčnem pasu,
- $b$  - srednja frekvenca 200-Hz frekvenčnega pasu supraharmoska,
- $p_{KS}$  - faktor porazdelitve glede na kratkostično moč in
- $S_{KS}$  - kratkostična moč omrežja na priključnem mestu uporabnika omrežja.

Če je uporabnik omrežja simetrično priključen v omrežje (brez nevtralnega vodnika), se lahko dovoljena vrednost supraharmoskega toka poveča za faktor 1,8.

Za faktor porazdelitve  $p_{KS}$  se uporabljajo naslednje vrednosti:

- če je  $S_{KS} < 2$  MVA, potem je  $p_{KS} = 0,45$  in
- če je  $S_{KS} \geq 2$  MVA, potem je  $p_{KS} = 0,10$ .

### Posebnosti za SN omrežje:

Dovoljene oddajne ravni supraharmoskega toka uporabnika omrežja se izračunajo z enačbo:

$$I_{sh\ b\ dov} = \frac{1}{r_{sh}} \cdot \frac{p_b}{100} \cdot \frac{S_{KS}}{S_n} \cdot I_n, \quad (2.13)$$

kjer so:

- $I_{sh\ b\ dov}$  - dovoljen supraharmoski tok frekvenčnega pasu  $b$  na priključnem mestu,
- $r_{sh}$  - resonančni faktor omrežja pri posameznem frekvenčnem pasu,
- $p_b$  - proporcionalni koeficient za posamezen frekvenčni pas,
- $S_{KS}$  - kratkostična moč omrežja na priključnem mestu uporabnika omrežja,
- $S_n$  - priključna moč uporabnika omrežja in
- $I_n$  - dogovorjen največji tok uporabnika omrežja.

Proporcionalni koeficient  $p_b$  za posamezen frekvenčni pas se izračuna z enačbo:

$$g_b = 1,015 \cdot b^{-0,52} \cdot \left( \frac{0,05 \text{ kHz}}{b} \right), \quad (2.14)$$

kjer je:

- $b$  - srednja frekvenca 200-Hz frekvenčnega pasu supraharmoska.

## 2.7 Komutacijske zarez

Obravnava komutacijskih zarez je smiselna samo za krmiljene omrežno vodene usmernike. Raven združljivosti za velikost komutacijskih zarez ni določena.

### 1. stopnja obravnave

Usmernik je v **NN omrežje** mogoče priključiti brez dodatne obravnave, če je razmerje med kratkostično močjo omrežja in močjo usmernika vsaj 200 in je usmernik priključen v omrežje preko komutacijske reaktance z relativno kratkostično napetostjo  $u_{k\ kom}$  najmanj 4 %.

Usmernik je v **SN omrežje** mogoče priključiti brez dodatne obravnave, če je razmerje med kratkostično močjo omrežja in močjo usmernika vsaj 475 in je usmernik priključen v omrežje preko komutacijske reaktance z relativno kratkostično napetostjo  $u_{k\ kom}$  najmanj 4 %.

Če temu pogoju ni zadoščeno, je treba v 2. stopnji izračunati velikost komutacijskih zarez.

### 2. stopnja obravnave

Velikosti komutacijskih zarez v najbolj neugodni delovni točki usmernika izračunamo z enačbo:

$$d_{kom} = K_{TR} \cdot \frac{6}{p} \cdot \left( u_{k\ kom} \cdot \frac{S_{KS}}{S_{usm}} + 1 \right)^{-1}, \quad (2.15)$$

kjer so:

- $d_{kom}$  - relativna globina komutacijske zarez,

$K_{TR}$	- faktor vezave usmerniškega transformatorja,
$U_{k\text{ kom}}$	- relativna kratkostična napetost komutacijske reaktance,
$p$	- pulzno število usmernika,
$S_{KS}$	- kratkostična moč omrežja na priključnem mestu uporabnika omrežja in
$S_{usm}$	- priključna moč usmernika.

Faktor vezave usmerniškega transformatorja je odvisen od vezave usmerniškega transformatorja, če je usmernik priključen preko njega. Za vezavo transformatorja:

- zvezda-zvezda ali trikot-trikot je  $K_{TR} = \sqrt{3}/2$  in
- zvezda-trikot ali trikot-zvezda je  $K_{TR} = 1$ .

Če je poleg usmerniškega transformatorja uporabljena še komutacijska dušilka, je treba za relativno kratkostično napetost komutacijske reaktance sešteti obe relativni kratkostični napetosti teh elementov:

$$U_{k\text{ kom}} = U_{k\text{ TR}} + U_{k\text{ dušilka}} \quad (2.16)$$

### Dovoljene mejne vrednosti

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

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

## 2.8 Enosmerni tok

Enosmerni tok v izmeničnem omrežju povzroča korozijo, nasičenje transformatorjev in dušilk ter lahko povzroči poškodbe na kablji in ostalih elementih omrežja. Za posamezne usmerniške in pretvorniške naprave v **NN omrežju** je mejna vrednost dovoljenega oddajanja enosmernega toka omejena na 0,5 %  $I_n$  naprave oziroma največ 20 mA fazno. Velja tista vrednost, ki je dosežena prej. Tok se meri v skladu z merilno metodo opisano v SIST EN 61000-4-7 z upoštevanjem merilnega okna 10 period omrežne frekvence.

## 2.9 Vpliv naprav uporabnika omrežja na tonskofrekvenčne krmilne signale (MTK)

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

### 2.10 Upadi napetosti in kratkotrajne prekinitve napajanja

Upadi napetosti in kratkotrajne prekinitve napajanja so pričakovan pojav pri obratovanju NN in SN omrežja. Če so naprave uporabnika omrežja občutljive na upade napetosti ali kratkotrajne prekinitve napajanja, mora uporabnik omrežja sam poskrbeti za ustrezne previdnostne ukrepe.

### 2.11 Izjemni mejni primeri

V določenih izjemnih mejnih primerih, ko je motenje uporabnika omrežja večje, kot dovoljujejo navedene mejne vrednosti, 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 operator distribucijskega omrežja pomagata pri ugotavljanju stopnje motenja naprav v omrežje.

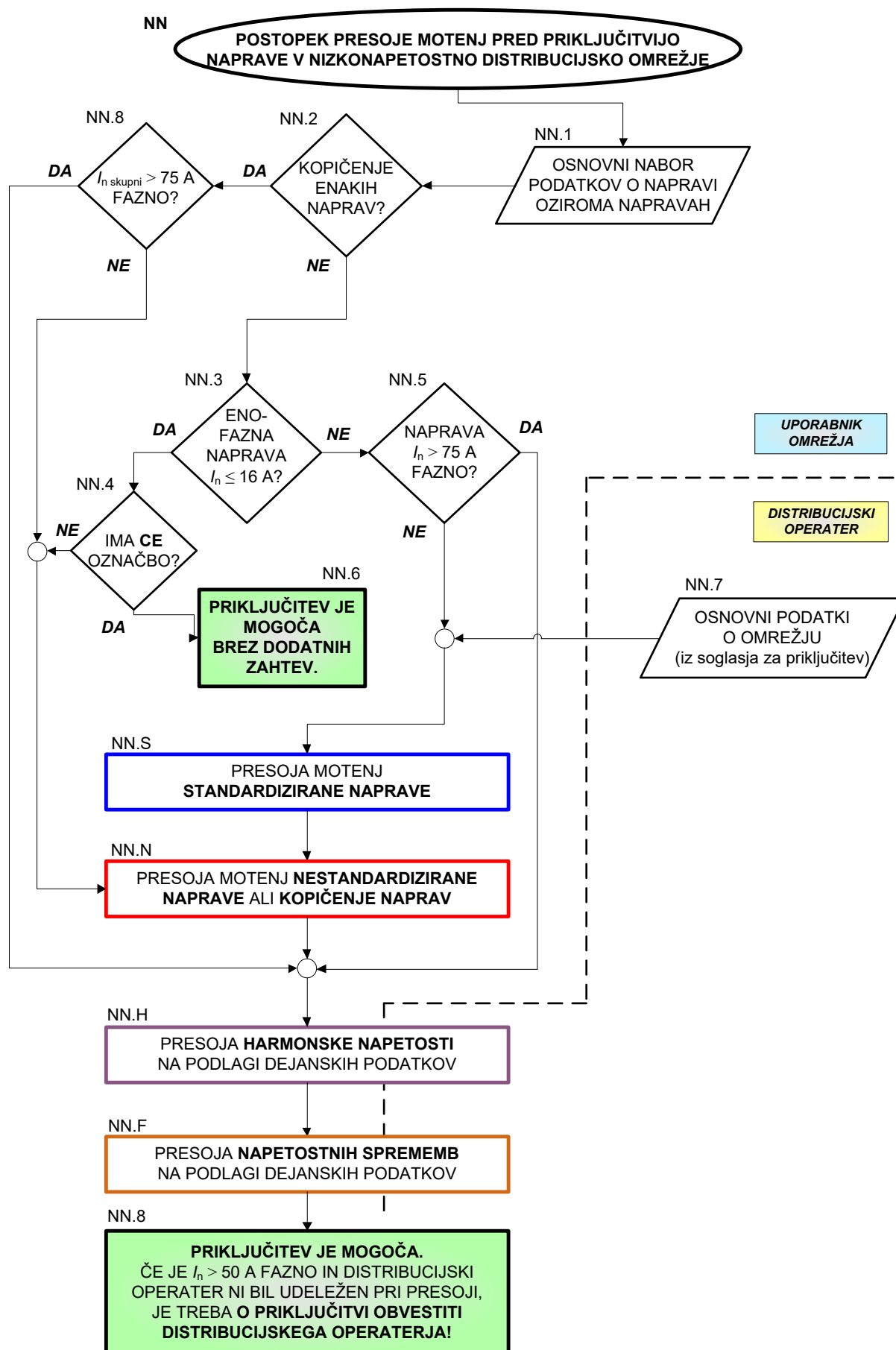
Pregledna tabela Tab. 3.1 prikazuje postopke oziroma način presoje motenj uporabnika omrežja, glede na napetostni nivo in moč (tok) naprav uporabnika omrežja.

**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
<b>NN</b>	≤16 A, enofazen	NE	DA	<b>Presoja ni potrebna</b>
	≤16 A, enofazen	NE	NE	<b>NN.N</b>
	≤16 A, dvo- ali trifazen	NE	DA	<b>NN.S</b>
	>16 A in ≤75 A, eno-, dvo-, ali trifazen	NE	DA	<b>NN.S</b>
	≤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>
<b>SN</b>	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 je prikazan v razdelku, ki obravnava SN omrežje, na sliki Sl. 3.7.

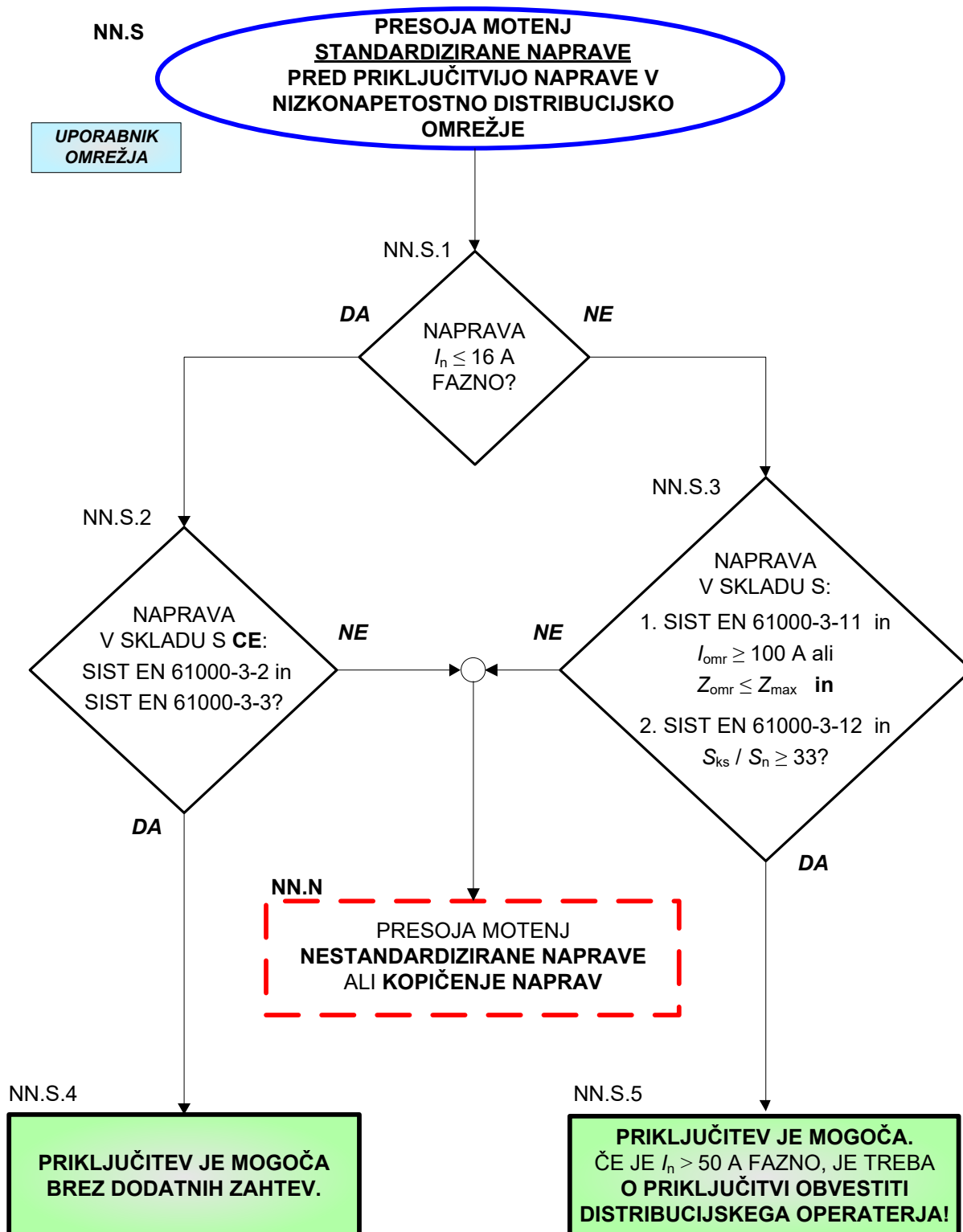
# NIZKONAPETOSTNO (NN) OMREŽJE



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



**Sl. 3.2: Postopek za presojo motenj standardizirane naprave pred priključitvijo naprave v nizkonapetostno (NN) distribucijsko omrežje**



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:

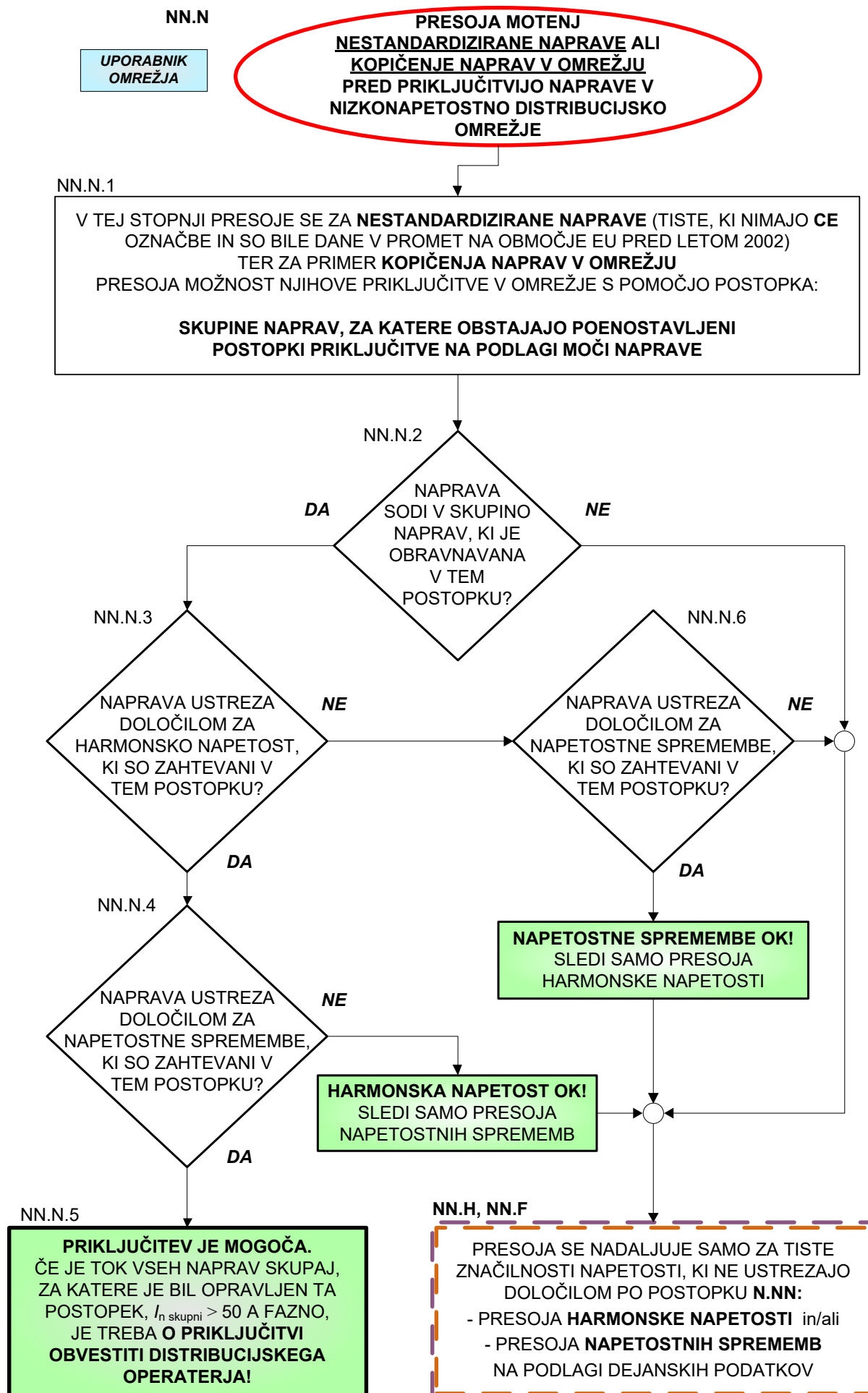
- naprave močnostne elektronike,
- električna razsvetljava,
- električni grelci,
- električni pogoni in
- električne varilne naprave.

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 presajo 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 presajo 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**.



### SI. 3.3: Postopek za presojo motenj nestandardizirane naprave pred priključitvijo naprave v nizkonapetostno (NN) distribucijsko omrežje

#### 3.2.1 Naprave močnostne elektronike

Pri tej vrsti naprav so najbolj problematične naslednje motnje:

- harmonska napetost,
- komutacijske zarezne 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)**

$r$ [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 (največja 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 grelne naprave s termostatskim krmiljenjem vklopa se upošteva  $r < 1$ .

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

<i>r</i> [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 največ 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 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**

<i>r</i> [1/h]	Način priklopa in dovoljen 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**

$r$ [1/h]	Način priklopa in dovoljene vrednosti 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.

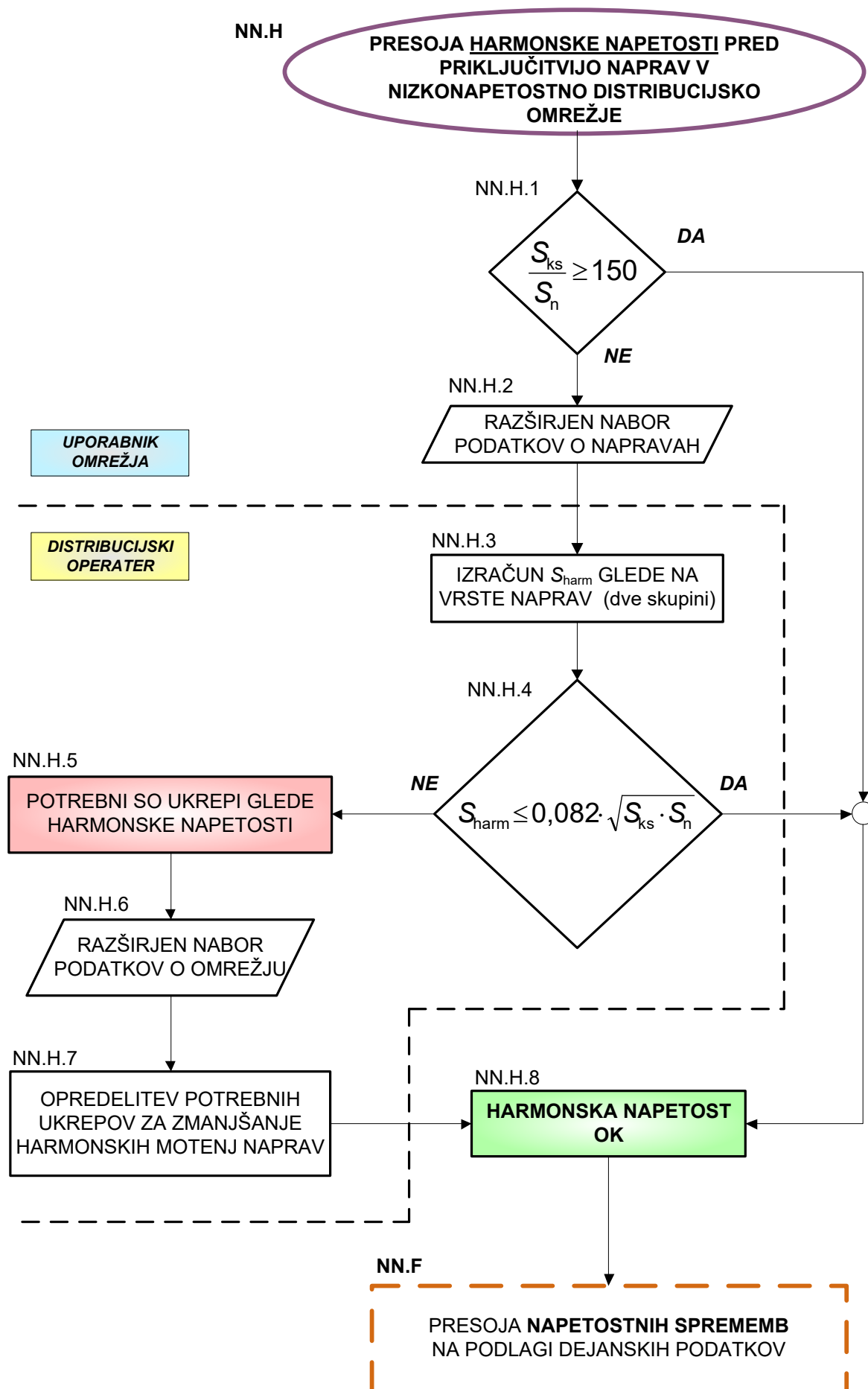
## 3.3 NN.H - Presoja harmonske napetosti za NN omrežje

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**:





**Sl. 3.4:** Postopek za presojo harmonskih motenj na podlagi dejanskih podatkov pred priključitvijo naprave v nizkonapetostno (NN) distribucijsko omrežje

V tem postopku izračunamo ekvivalentno moč naprav, ki generirajo harmonske toke ( $S_{\text{harm}}$ ). 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 **nizkim oddajanjem 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 **srednjim in visokim oddajanjem 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:

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

kjer so:

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

**Tab. 3.10: Tipične oblike toka za posamezne skupine naprav**

SKUPINA NAPRAV	OBLIKA TOKA
SKUPINA 1	
SKUPINA 2	

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

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

kjer so:

- $S_{\text{harm}}$  - računska harmonska moč naprav, ki se presojuje,
- $S_{\text{ks}}$  - kratkostična moč na mestu PCC in
- $S_{\text{n}}$  - 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.

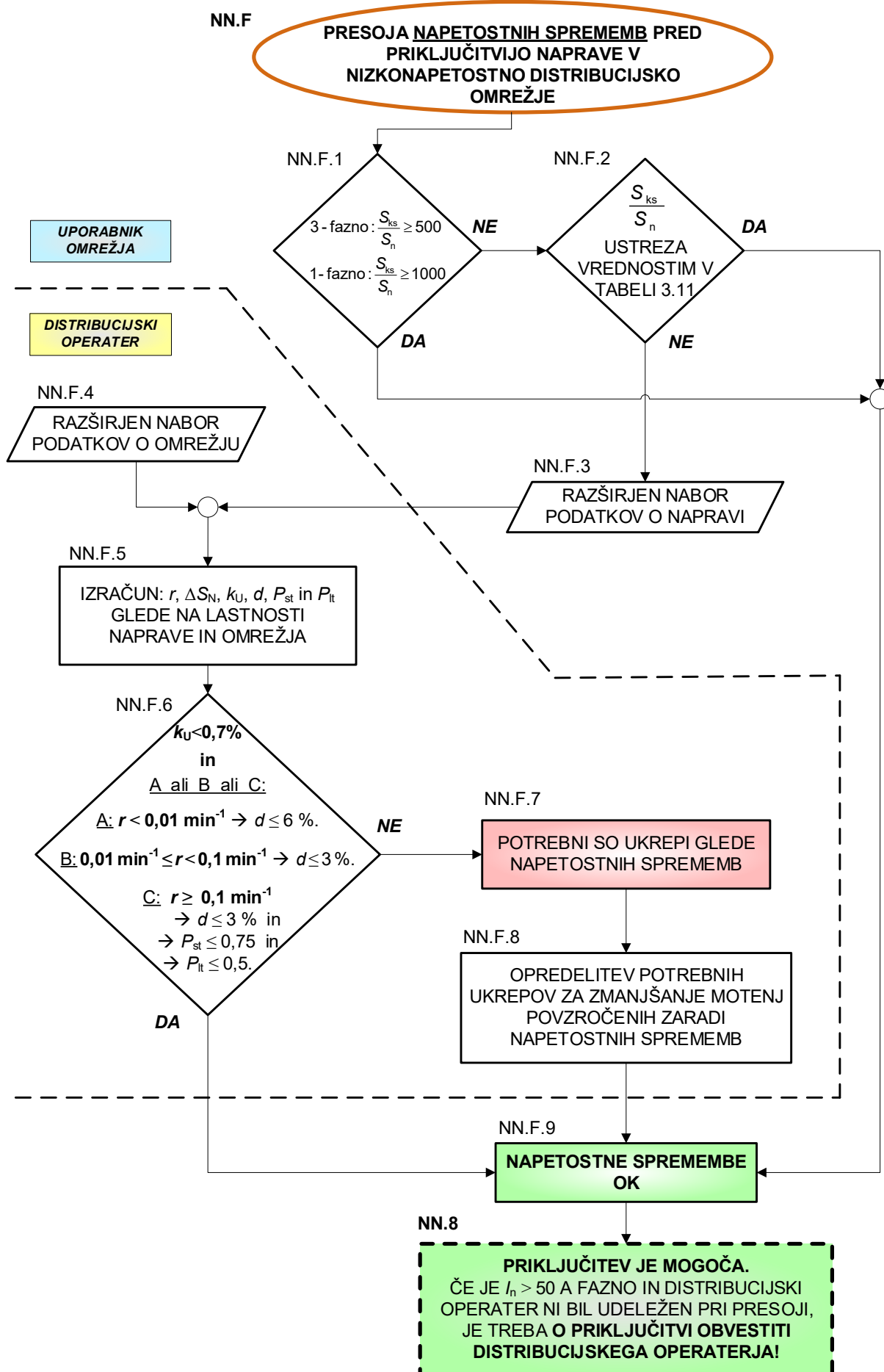
### 3.4 NN.F - Presoja napetostnih sprememb za NN omrežje

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. 3.11 (*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.



Sl. 3.5: Postopek za presojo napetostnih sprememb na podlagi dejanskih podatkov pred priključitvijo naprave v nizkonapetostno (NN) distribucijsko omrežje

Tab. 3.11: 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>Močnostna elektronika</b>	Hitre polnilnice za električna vozila			> 175	
<b>Motorji</b> z ročnim vklapljanjem	Prenosna orodja	<b>Direkten zagon</b>	<b>Indirekt. zagon</b>	<b>Direkten zagon</b>	<b>Indirekt. zagon</b>
		> 500	> 250	> 125	> 70
<b>Motorji</b> z avtomatskim delovanjem in nizko frekvenco vklapljanja	Hladilniki, toplotne črpalke, dvigala v stanovanjskih blokih	> 600	> 300	> 150	> 75
<b>Motorji</b> z avtomatskim delovanjem in visoko frekvenco vklapljanja	Dvigala v poslovnih objektih	> 1000	> 500	> 250	> 125
<b>Drugi motorski pogoni</b>	Tračne žage	-		> 500 (do 1500)	
	Drobniki in rezalniki	-		> 250 (do 750)	

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

### 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:

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

#### 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 Napetostno neravnotežje

Napetostno neravnotežje obravnavamo s pomočjo koeficienta napetostnega neravnotežja ( $k_U$ ). 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 napetostnega neravnotežja,
  - $S_n$  - moč eno- ali dvo
  - $S_{ks}$  - kratkostična moč na priključnem mestu.

Raven združljivosti za napetostno neravnotežje v omrežju znaša  $k_U \leq 2 \%$ . Za zagotavljanje zadostne rezerve pri priključevanju posameznih porabnikov **mora biti koeficient napetostnega neravnotežja na stičnem mestu med omrežjem distribucijskega operaterja in omrežjem uporabnika omrežja:**

$$k_U \leq 0,7 \%, \quad (3.7)$$

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

<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.

Z upoštevanjem podatkov o referenčni impedanci (SIST IEC 60725) lahko za **NN omrežje** izpeljemo, da je dovoljena priključitev enofaznih ali dvofaznih naprav moči do 3,7 kVA fazno. Izjema so naprave, katerih delovanje je omejeno na manj kot 10 minut naenkrat, kot so na primer pretočni grelci za vodo. Za takšne naprave je dovoljena moč 4,6 kVA (pri vrednosti glavnih varovalk najmanj 20 A) in upoštevanjem pogojev za ostale značilnosti napetosti v tem Navodilu.

### POENOSTAVLJEN POSTOPEK PRESOJE

Če je razmerje kratkostične moči omrežja na mestu priključitve in priključne moči uporabnika omrežja večje od 500, potem se uporabnika omrežja lahko priključi brez dodatnih zahtev glede napetostne nesimetrije.

### PODROBEN POSTOPEK PRESOJE

Če je razmerje kratkostične moči omrežja na mestu priključitve in priključne moči uporabnika omrežja manjše od 500, potem je treba preveriti stanje glede moči simetrično priključenih naprav (3-fazna simetrična priključitev) in nesimetrično priključenih naprav pri uporabniku omrežja.

Moč nesimetrično priključenih naprav uporabnika omrežja se izračuna posebej za porabniške, proizvodne in hranilniške naprave.

$$S_{n \text{ nesim}} = (S_{N \text{ por}} - S_{N \text{ por sim}}) + (S_{N \text{ ele}} - S_{N \text{ ele sim}}) + (S_{N \text{ hra}} - S_{N \text{ hra sim}}), \quad (3.8)$$

kjer so:

- $S_{n \text{ nesim}}$  - nesimetrično priključena moč uporabnika omrežja,
- $S_{N \text{ por}}$  - skupna moč porabniških naprav uporabnika omrežja,
- $S_{N \text{ por sim}}$  - skupna moč simetrično priključenih porabniških naprav uporabnika omrežja,
- $S_{N \text{ ele}}$  - skupna moč proizvodnih naprav uporabnika omrežja,
- $S_{N \text{ ele sim}}$  - skupna moč simetrično priključenih proizvodnih naprav uporabnika omrežja,
- $S_{N \text{ hra}}$  - skupna moč hranilniških naprav uporabnika omrežja in
- $S_{N \text{ hra sim}}$  - skupna moč simetrično priključenih hranilniških naprav uporabnika omrežja.

Največja skupna moč nesimetrično priključenih naprav v omrežju uporabnika omrežja mora biti:

$$S_{n \text{ nesim}} \leq \sqrt{\frac{S_{KS}}{500 \cdot S_n}} \cdot S_n, \quad (3.9)$$

oziroma dovoljen delež moči nesimetrično priključenih naprav glede na moč vseh priključenih naprav uporabnika omrežja mora biti:

$$\frac{S_{n \text{ nesim}}}{S_n} \leq \sqrt{\frac{S_{KS}}{500 \cdot S_n}}, \quad (3.10)$$

kjer so:

- $S_{n \text{ nesim}}$  - nesimetrično priključena moč uporabnika omrežja,
- $S_n$  - skupna moč naprav uporabnika omrežja in
- $S_{KS}$  - kratkostična moč na priključnem mestu.

Primer: Na mestu priključitve uporabnika omrežja je kratkostična moč 10 MVA. Priključna moč uporabnika omrežja je 50 kVA. Delež nesimetrično priključenih naprav v omrežju uporabnika omrežja sme biti največ 63,2 % oziroma 31,6 kVA.

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

Na podlagi frekvence ponovitev vklopov in izklopov naprave ( $r$ ) in variabilnega dela moči naprave ( $\Delta S_n$ ), s pomočjo slike Sl. 3.6 izračunamo  $P_{st}$ . Pri tem je  $P_{ref} = 1$ .

$$P_{st} = \frac{d}{d_{ref}} \cdot P_{ref} = \frac{d}{d_{ref}} \cdot 1 \quad (3.11)$$

kjer so:  $d$  - izračunan relativni upad napetosti,  
 $d_{ref}$  - referenčni relativni upad napetosti, ki ga odčitamo iz slike Sl. 3.6 in

$P_{st}$  - kratkotrajna jakost flikerja.

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

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

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\sum_{n=1}^{12} \frac{P_{st n}^3}{12}} \quad (3.12)$$

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. Pogoji za to sta primeren model naprave, ki jo presojamo in primerni podatki o omrežju.

### 3.4.5 Presoja motenja v omrežje

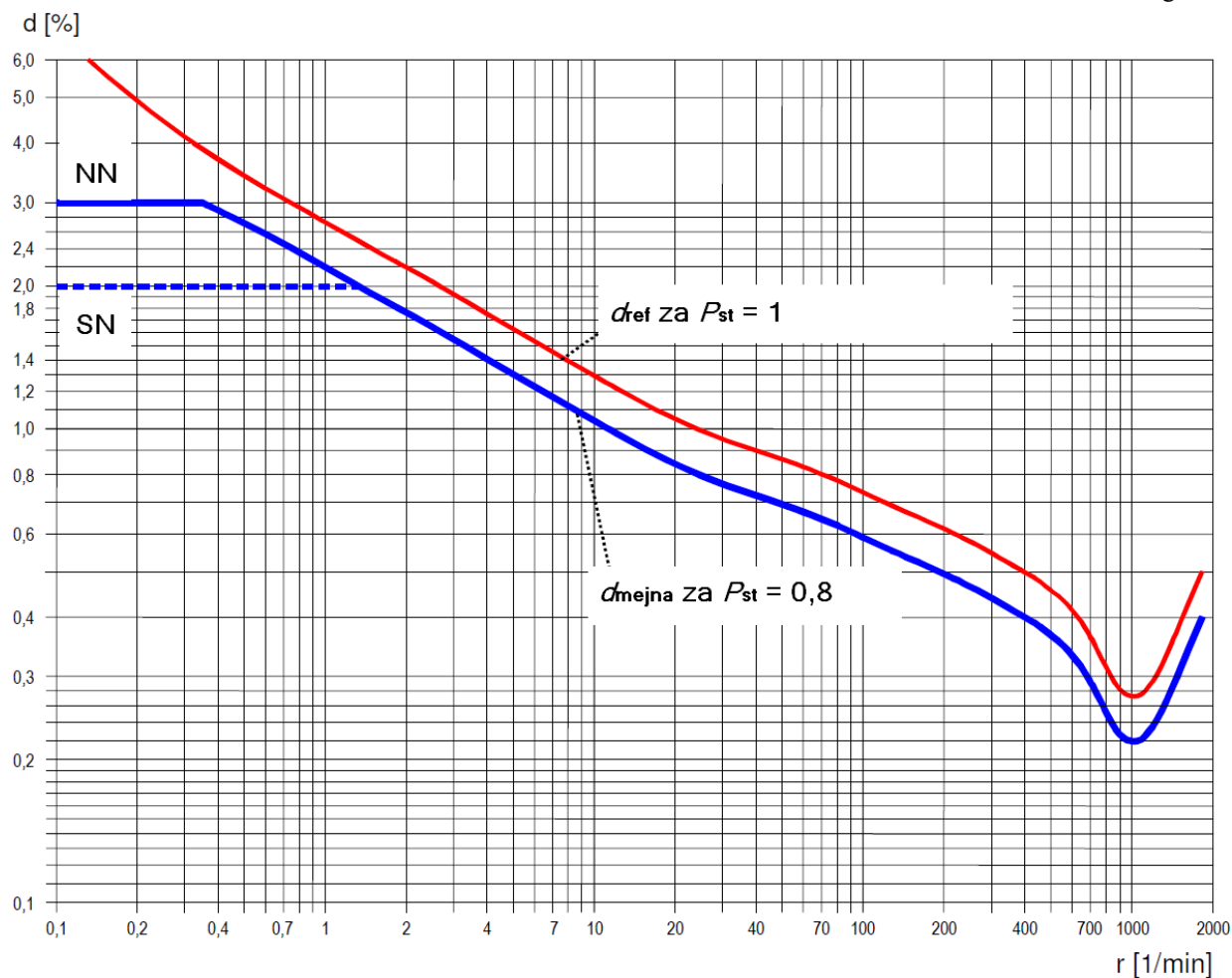
Za lažjo presoj naprave razdelimo v tri skupine.

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 kot 1 krat na 10 minut**, 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  $r > 0,1 \text{ min}^{-1}$  oziroma **več ali enako kot 1 krat na 10 minut**, 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.





Sl. 3.6: Krivulje za izračun jakosti flikerja

Za uspešno presojo 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  $0,01 \text{ min}^{-1} \leq r < 0,1 \text{ min}^{-1}$ ,
- $d \leq 3 \%$  in  $P_{st} \leq 0,75$  in  $P_{lt} \leq 0,5$  za naprave z  $r \geq 0,1 \text{ min}^{-1}$ .

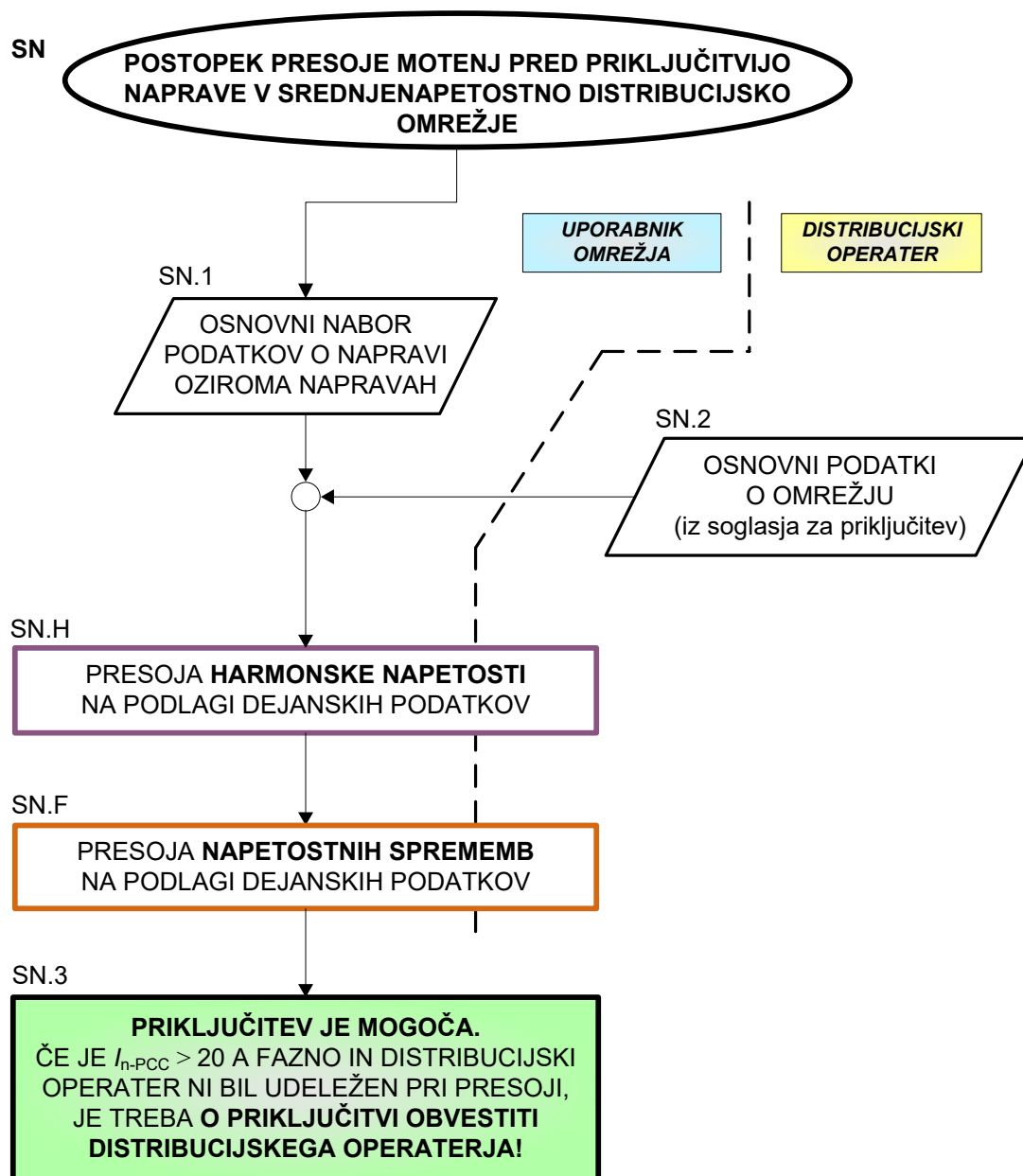
Če so navedeni pogoji izpolnjeni, se lahko naprava priključi v distribucijsko NN omrežje.

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

## SREDNJE NAPETOSTNO (SN) OMREŽJE

Na SN napetostnem nivoju je **obvezna presoja v smislu prevajanih motenj za vse naprave, ki se priključujejo v distribucijsko omrežje**.

Postopek presoje motenj v SN omrežju je prikazan na sliki Sl. 3.7.



**Sl. 3.7:** Postopek za presojo motenj pred priključitvijo naprave v sredjenapetostno (SN) 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 po tem pogoju.

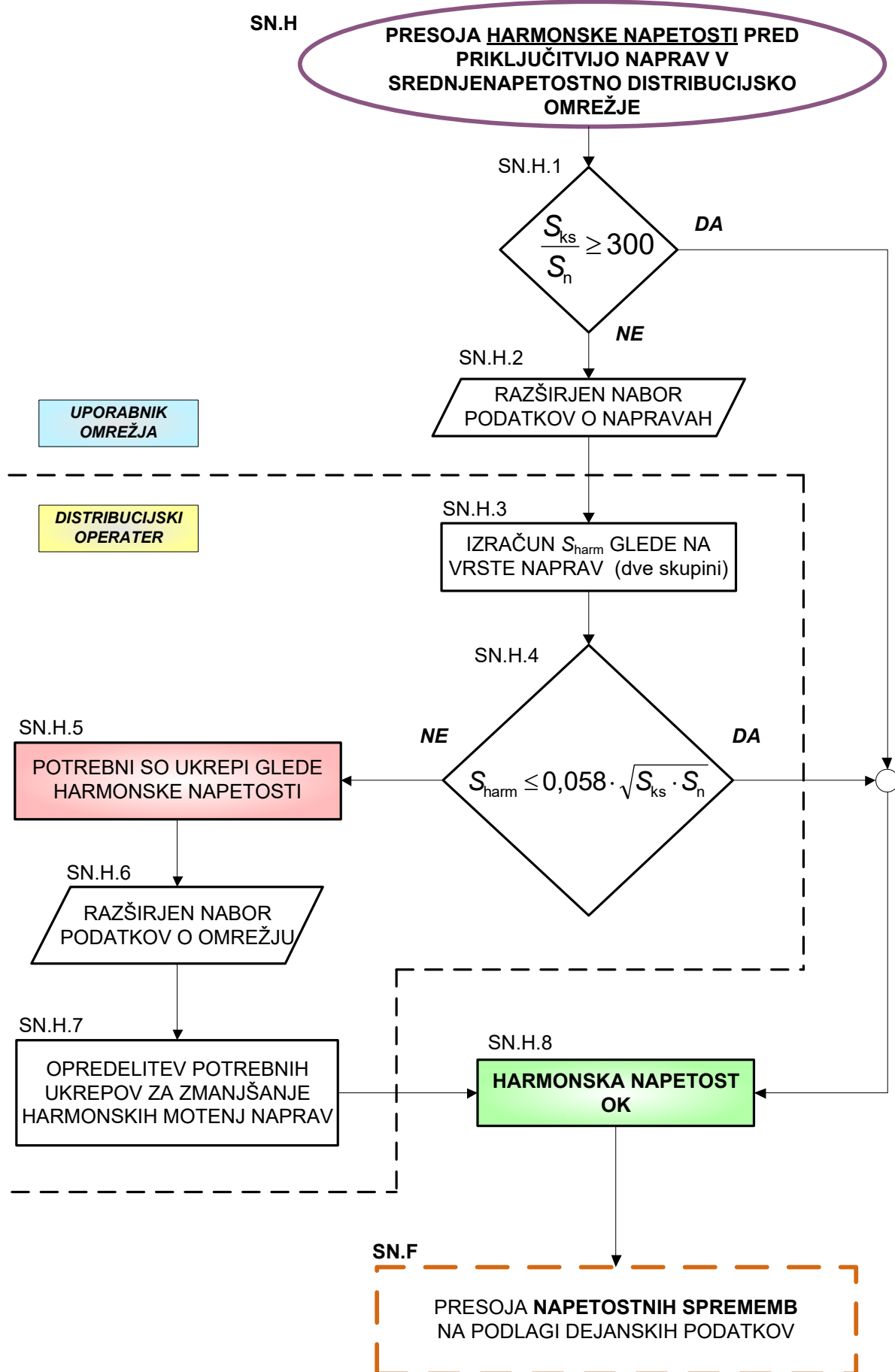
**Za uspešno presoj sprejemljivosti naprav v smislu harmonske moči, mora biti:**

$$S_{\text{harm}} \leq 0,058 \cdot \sqrt{S_{ks} \cdot S_n} \quad (3.11)$$

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.



**Sl. 3.8:** Postopek za presojo harmonskih motenj na podlagi dejanskih podatkov pred priključitvijo naprave v srednjenapetostno (SN) 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:

$$\frac{S_{ks}}{\Delta S_N} \quad (3.14)$$

**Za uspešno presojno 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  $r > 200 \text{ min}^{-1}$ .

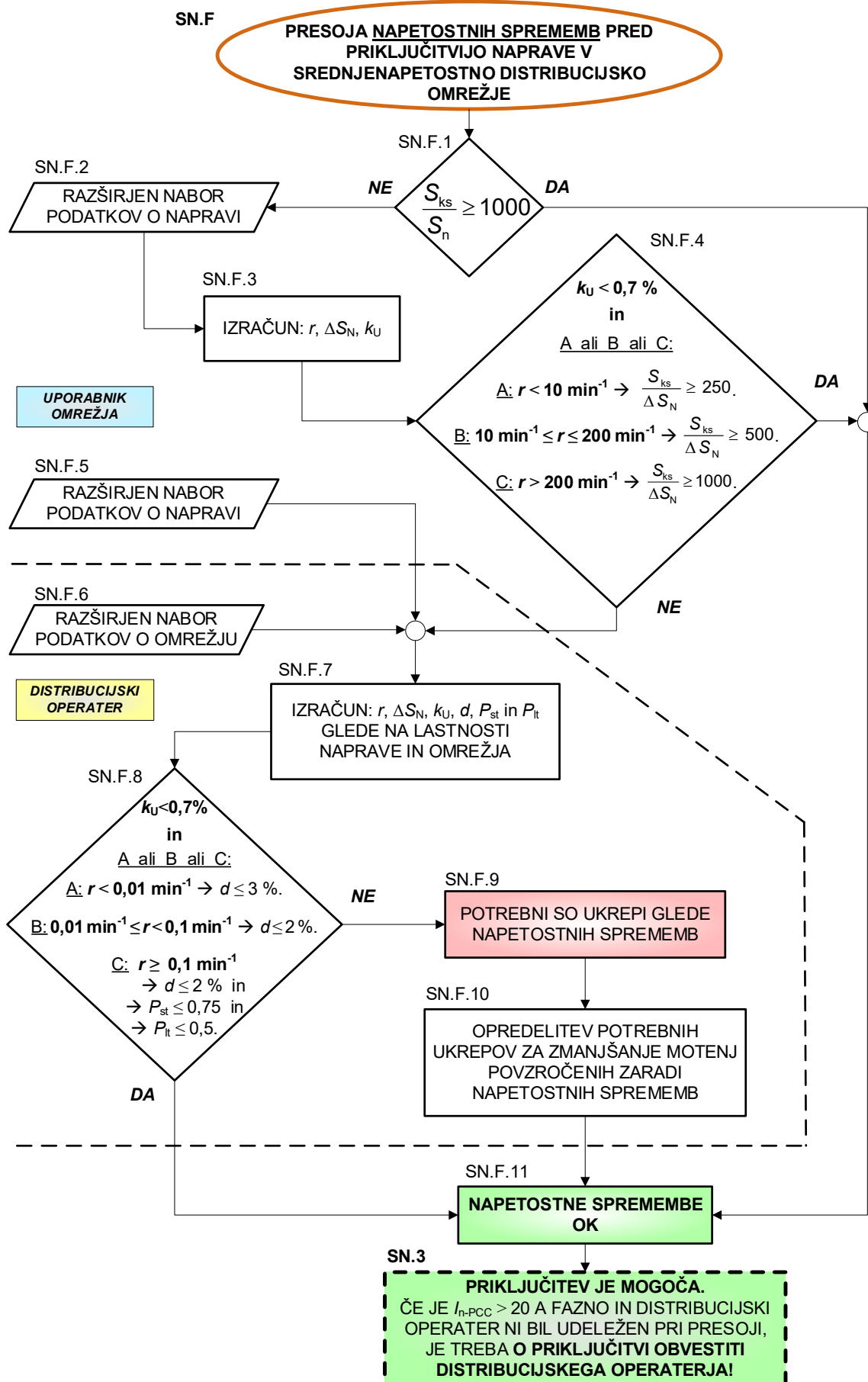
Če ta pogoj **ni izpolnjen**, se postopek presoje nadaljuje z izračunom napetostnih sprememb.

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 presojno po teh pogojih.

Za zagotavljanje zadostne rezerve pri priključevanju posameznih porabnikov **mora biti koeficient napetostnega neravnotežja na stičnem mestu med omrežjem distribucijskega operaterja in omrežjem uporabnika omrežja:**

$$k_U \leq 0,7 \% , \quad (3.15)$$

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



Sl. 3.9: Postopek za presojo napetostnih sprememb na podlagi dejanskih podatkov pred priključitvijo naprave v srednenapetostno (SN) distribucijsko omrežje

### 3.6.1 Presoja motenja v omrežje

Za presojno 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  $0,01 \text{ min}^{-1} \leq r < 0,1 \text{ min}^{-1}$  oziroma **več ali enako kot 1 krat na 100 minut in manj kot 1 krat na 10 minut**, 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  $r \geq 0,1 \text{ min}^{-1}$  oziroma **več kot 1 krat na 10 minut**, 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 presojno 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  $0,01 \text{ min}^{-1} \leq r < 0,1 \text{ min}^{-1}$ ,
- $d \leq 2 \%$  in  $P_{st} \leq 0,75$  in  $P_{lt} \leq 0,5$  za naprave z  $r \geq 0,1 \text{ min}^{-1}$ .

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

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