

## **N A V O D I L A**

### **ZA PRIKLJUČEVANJE IN OBRATOVANJE PROIZVODNIH NAPRAV IN HRANILNIKOV PRIKLJUČENIH V DISTRIBUCIJSKO ELEKTROENERGETSKO OMREŽJE**

**Maribor, 2020**

# NAVODILA

## ZA PRIKLJUČEVANJE IN OBRATOVANJE PROIZVODNIH NAPRAV IN HRANILNIKOV PRIKLJUČENIH V DISTRIBUCIJSKO ELEKTROENERGETSKO OMREŽJE

### I. SPLOŠNE DOLOČBE

Ta navodila podajajo tehnične pogoje in karakteristike, ki jih je treba upoštevati pri priključevanju in obratovanju proizvodnih naprav in hranilnikov električne energije, ki so priključeni v distribucijski elektroenergetski sistem (DEES) Slovenije.

Navodila so skupno z drugimi veljavnimi tehničnimi predpisi, pravilniki in standardi (na primer SIST EN 50438, SIST EN 50549-1 in SIST EN 50549-2) namenjena kot vodilo pri pripravi tehnične dokumentacije, izdaji ustreznih soglasij in izvedbi del pri priključevanju in obratovanju proizvodnih virov v distribucijskem omrežju.

Ta navodila ne veljajo za priključevanje in obratovanje električnih agregatov, ki so namenjeni izključno za otočno obratovanje in pri katerih paralelni priklop v omrežje DEES ni predviden oziroma je z ustreznimi tehničnimi ukrepi preprečen.

#### I.1. POMEN IZRAZOV

V teh navodilih uporabljeni izrazi imajo naslednji pomen:

**Distribucijski operater (DO)**, je operater distribucijskega omrežja (sistema), v katerega se priključuje proizvodna naprava.

**Elektroenergijski modul (EM)** je naprava za pretvarjanje primarne energije v električno energijo ne glede na vrsto primarne energije in način pretvorbe ter zajema sinhrono povezane energijske module in module v proizvodnem polju ter v primeru oddaje delovne moči v omrežje še hranilnike električne energije (HEE) in polnilna mesta za električna vozila (PEV).

**Frekvenčno občutljiv način (FON)** pomeni način obratovanja elektroenergijskega modula, v katerem se izhodna delovna moč spremeni kot odziv na spremembo sistemske frekvence, in sicer tako, da pomaga pri vzpostavitvi ciljne frekvence.

**Hranilnik električne energije (HEE)** je naprava za shranjevanje električne energije s sposobnostjo oddaje delovne moči v omrežje na svojih sponkah. Glede na uporabljeno tehnologijo spada HEE v skupino SPEM ali MPP.

**Lastna raba proizvodne naprave (LR)** je električna energija, porabljena za obratovanje same proizvodne naprave, za pogon napajalnih črpalk, kompresorjev, mlinov, gorilnikov, čistilne naprave in drugih podobnih naprav, ki so nujne za delovanje proizvodne naprave.

**Lastni odjem (LO)** je električna energija, ki predstavlja ostali odjem v lasti lastnika proizvodne naprave ali lastnika omrežja (končnega odjemalca), v katerem se nahaja proizvodna naprava, ki ni nujno potreben za obratovanje proizvodne naprave.

**Ločilno mesto (LM)** služi za povezavo ali ločitev med distribucijskim omrežjem, ki ga upravlja DO, in napravami proizvajalca ter velja za to navodilo.

**Modul v proizvodnem polju (MPP)** pomeni enoto ali sklop enot, ki proizvajajo električno energijo, ta enota ali sklop pa je na omrežje priključena asinhrono ali z močnostno elektroniko ter ima eno priključno točko na distribucijsko omrežje.

**Omejen frekvenčno občutljiv način – nadfrekvenčni (OFON-N)** pomeni način obratovanja elektroenergijskega modula, ki povzroči zmanjšanje izhodne delovne moči zaradi zvišanja sistemske frekvence čez določeno vrednost.

**Omejen frekvenčno občutljiv način – podfrekvenčni (OFON-P)** pomeni način obratovanja elektroenergijskega modula, ki povzroči povečanje izhodne delovne moči zaradi znižanja sistemske frekvence pod določeno vrednost.

**Omrežje** je skupek medsebojno galvansko povezanih vodov, ki so namenjeni za prenos in razdelitev električne energije. Po napetosti razlikujemo visokonapetostna, srednjenapetostna in nizkonapetostna omrežja.

**Opremni certifikat** pomeni dokument, ki ga izda pooblaščen izdajatelj certifikatov za opremo, ki se uporablja v elektroenergijskem modulu. V opremnem certifikatu je opredeljen obseg njegove veljavnosti na nacionalni ali drugi ravni, na kateri je določena vrednost izbrana z območja, dovoljenega na evropski ravni. Za namene nadomestitve določenih delov postopka ugotavljanja skladnosti lahko opremini certifikat vključuje modele, potrjene na podlagi rezultatov preskusov.

**Otočno obratovanje proizvodne naprave** je takšno obratovanje proizvodne naprave, kjer izmenjava delovne in jalove moči med proizvodno napravo in distribucijskim omrežjem ni mogoča. V otočnem obratovanju je proizvodna naprava galvansko ločena od distribucijskega omrežja.

**Paralelno (vzporedno, sinhrono) obratovanje proizvodne naprave z distribucijskim omrežjem** je takšno obratovanje proizvodne naprave, pri katerem je proizvodna naprava sinhronizirana v omrežje in lahko izmenjuje delovno ter jalovo moč z distribucijskim omrežjem.

**Polnilnica za električna vozila (PEV)** je v teh Navodilih naprava za polnjenje električnih vozil, ki ima na svojih priključnih sponkah sposobnost oddaje delovne moči v omrežje. Ker lahko oddaja delovno moč, se smatra kot EM. Če te sposobnosti nima, se v teh Navodilih ne upošteva kot EM ampak kot porabnik električne energije.

**Preklopka LM** je krmilni element stikala ločilnega mesta, s pomočjo katerega se izvede brezpogojna in zanesljiva galvanska ločitev vseh EM (generatorjev) od distribucijskega omrežja (prevzemno-predajnega mesta).

**Prevzemno-predajno mesto (PPM)** je točka, v kateri so naprave proizvajalca priključene na distribucijsko elektroenergetsko omrežje in velja za to navodilo.

**Proizvajalci** so fizične ali pravne osebe, ki s svojimi proizvodnimi napravami pretvarjajo primarno obliko energije v električno energijo.

**Proizvodna naprava (PN)** je energetski objekt za proizvodnjo električne energije z enim ali več EM, ne glede na vrsto primarne energije in način pretvorbe.

**Priklop v omrežje** je postopek, pri katerem se po uspešni presoji možnosti priključitve proizvodne naprave v omrežje le-ta tudi fizično priključi v omrežje. Po končani priključitvi je izpolnjen potreben pogoj za obratovanje proizvodne naprave paralelno z distribucijskim omrežjem.

**Sinhrono povezan energijski modul (SPEM)** pomeni nedeljiv sklop opreme, ki lahko proizvaja električno energijo, tako da je razmerje med frekvenco proizvedene napetosti, hitrostjo generatorja in frekvenco omrežne napetosti konstantno in torej v sinhronizmu.

**Vklop proizvodne naprave v omrežje** je obratovalni manever, s katerim se priključena proizvodna naprava tudi galvansko poveže z distribucijskim omrežjem. Po uspešnem vklopu v omrežje so dani vsi tehnični pogoji za obratovanje proizvodne naprave paralelno z distribucijskim omrežjem. Vklop v omrežje mora biti obvezno izveden s pomočjo ustreznega sinhronizacijskega vmesnika.

Vsi ostali izrazi imajo enak pomen, kot v EZ-1.

## I.2. UPORABLJENE KRATICE

V teh navodilih uporabljene kratice imajo naslednji pomen:

<b>ASG</b>	– Asinhronski generator.
<b>DO</b>	– Distribucijski operater.
<b>EM</b>	- Elektroenergijski modul.
<b>FON</b>	- Frekvenčno občutljiv način.
<b>GEN</b>	– Generator.
<b>GN</b>	– Generatorska napetost.
<b>HEE</b>	- Hranilnik električne energije
<b>KS</b>	– Kratek stik.
<b>LM</b>	– Ločilno mesto.
<b>LO</b>	– Lastni odjem.
<b>LR</b>	– Lastna raba.
<b>MPP</b>	- Modul v proizvodnem polju
<b>MQTT</b>	- Message Queuing Telemetry Transport protokol
<b>NN</b>	– Nizka napetost (do 1 kV).
<b>OFON-N</b>	- Omejen frekvenčno občutljiv način - nadfrekvenčni.
<b>OFON-P</b>	- Omejen frekvenčno občutljiv način - podfrekvenčni.
<b>PEV</b>	- Polnilno mesto za električna vozila
<b>PN</b>	- Proizvodna naprava
<b>PP</b>	– Polprevodniški pretvornik.
<b>PPM</b>	– Prezemno-predajno mesto.
<b>RTP</b>	– Razdelilno-transformatorska postaja.
<b>RV</b>	– Razpršeni vir oziroma proizvodna naprava.
<b>SPEM</b>	- Sinhrono povezan energijski modul
<b>SG</b>	– Sinhronski generator
<b>SN</b>	– Srednja napetost (od 1 kV do vključno 35 kV)
<b>SO</b>	- Sistemski operater
<b>TLS</b>	- Transport Layer Security protokol
<b>VN</b>	– Visoka napetost (nad 35 kV).
<b>ZS</b>	– Zemeljski stik.

## I.3. UPORABLJENI STANDARDI

V teh navodilih so uporabljeni naslednji slovenski standardi:

SIST EN 50160 – *Značilnosti napetosti v javnih razdelilnih omrežjih.*

SIST EN 50438 - *Zahteve za vzporedno vezavo mikro generatorjev z javnim nizkonapetostnim razdelilnim omrežjem, vključno s prilogo o posebnih pogojih za Slovenijo.*

SIST EN 50549-1 – *Zahteve za vzporedno vezavo generatorskih postrojev z javnim razdelilnim omrežjem - 1. del: Vezava z nizkonapetostnim razdelilnim omrežjem - Generatorski postroji do vključno tipa A*

SIST EN 50549-2 - *Zahteve za vzporedno vezavo generatorskih postrojev z javnim razdelilnim omrežjem - 2. del: Vezava s srednjenapetostnim razdelilnim omrežjem*

SIST EN 60034-1: *Rotacijski električni stroji – 1. del: Naznačene vrednosti in lastnosti.*

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

SIST EN 61000-3-3: *Omejitev vrednosti kolebanja napetosti in flikerja v nizkonapetostnih napajalnih sistemih za opremo z naznačenim tokom do 16 A in ni priključena pod določenimi pogoji.*

SIST EN 61000-3-11: *Omejitev vrednosti kolebanja napetosti in flikerja v nizkonapetostnih napajalnih sistemih za opremo z naznačenim tokom do 75 A, ki je priključena pod določenimi pogoji in*

*SIST EN 61000-3-12: Meje vrednosti – Meje vrednosti za harmonske tokove, ki jih povzroča oprema, priključena na nizkonapetostne napajalne sisteme z naznačenim tokom, večjim od 16 A in ≤ 75 A po liniji.*

## **II. POTEK TEHNIČNEGA DELA POSTOPKA UGOTAVLJANJA PRIKLJUČLJIVOSTI PROIZVODNE NAPRAVE V OMREŽJE IN DOLOČITEV POGOJEV ZA OBRATOVANJE**

Na začetku navajamo vsebino tehničnega dela postopka ugotavljanja priključljivosti proizvodne naprave v omrežje.

Pomemben je vrstni red ugotavljanja priključljivosti in določanja tehničnih pogojev, ki je naslednji:

1. Ugotavljanje priključljivosti v smislu stacionarnih (relativnih) porastov napetosti v omrežju.
2. Ugotavljanje priključljivosti in določitev pogojev glede motenj po vodniku.
3. Določitev karakteristike delovne moči.
4. Določitev karakteristike jalove moči.
5. Določitev karakteristike zaščitnih naprav na ločilnem mestu.
6. Določitev priključne sheme.
7. Določitev vseh morebitnih ostalih posebnih pogojev.

### III. NAČIN PRIKLJUČEVANJA PROIZVODNIH NAPRAV V DISTRIBUCIJSKO OMREŽJE

Načeloma se proizvodne naprave v omrežje priključuje trifazno s simetrično razporeditvijo proizvedene moči po fazah. Dovoljena fazna nesimetrija je določena v poglavju o motnjah. Če je naznačena moč proizvodne naprave manjša ali enaka 3,7 kW, se sme proizvodna naprava v omrežje priključiti tudi enofazno.

V javno nizkonapetostno (NN) distribucijsko omrežje se smejo priključiti proizvodne naprave naznačenih moči do vključno 250 kW, pod pogojem, da kratkostične in ostale razmere v NN omrežju to dopuščajo. Pogojeno se smejo v NN distribucijsko omrežje priključiti proizvodne naprave naznačenih moči do 1.000 kW, pod dodatnim pogojem, da na podlagi analize obstoječega stanja v omrežju, ki jo opravi operater distribucijskega omrežja, **tehnične karakteristike v obstoječem omrežju to dopuščajo**. Če razmere v obstoječem omrežju priključitve v NN omrežje ne dopuščajo je treba takšno proizvodno napravo priključiti v srednjenapetostno (SN) omrežje.

V javno SN distribucijsko omrežje se priključujejo vse proizvodne naprave, katerih naznačene delovne moči so večje kot 250 kW. Pogojeno se smejo v SN distribucijsko omrežje priključiti tudi proizvodne naprave naznačenih moči nad 150 kW, pod dodatnim pogojem, da na podlagi analize obstoječega stanja v omrežju, ki jo opravi operater distribucijskega omrežja, **tehnične karakteristike v obstoječem omrežju to zahtevajo**. Če razmere v obstoječem omrežju priključitve v SN omrežje ne dopuščajo, je treba takšno proizvodno napravo priključiti v NN omrežje.

V razpredelnici III.1 so za posamezne vrste in moči proizvodnih naprav navedeni natančni pogoji za priključitev in obratovanje paralelno z distribucijskim omrežjem.

Če se zgodi izpad komunikacije med proizvodno napravo tipa C ali D in operaterjem omrežja, mora od takrat naprej proizvodna naprava obratovati kot proizvodna naprava tipa B s predpisano omejitvijo delovne moči in s tem povezano od takrat naprej privzeti tudi ustrezno zaščitno shemo na ločilnem mestu ter obratovati po ustreznih karakteristikah za jalovo moč. Natančnejša opredelitev zaščit na ločilnem mestu, karakteristik jalove moči in komunikacije med proizvodno napravo ter operaterjem omrežja je navedena v namenskih poglavjih tega Navodila.

#### III.1. DOLOČITEV NEIZKLJUČNIH OBVEZNIH POGOJEV ZA PRIKLJUČEVANJE MIKRO-EM V OMREŽJA (EM DELOVNE MOČI MANJ KOT 800 W NA PREVZEMNO-PREDAJNO MESTO) V NN OMREŽJU

Za priključitev mikro-EM vseh vrst (na primer "balkonski" fotonapetostni moduli, HEE,...) v distribucijska NN omrežja obstajajo posebna (ločena) pravila glede največje dovoljene moči takega EM in zahtev glede požarne varnosti v omrežju končnega uporabnika omrežja. Pod pojmom mikro-EM so mišljeni eno- ali večfazni EM, ki se v omrežje priključujejo v končne tokokroge znotraj omrežja končnega odjemalca. Dovoljeni načini izvedbe priklopov teh naprav so določeni v ustreznih zadevnih pravilnikih in standardih. Taka PN v nobenem trenutku ne sme v omrežje DO oddajati delovne moči (vsota delovnih moči vseh treh faz na PPM v istem trenutku). Če PN te vrste v katerem koli trenutku v omrežje DO oddaja delovno moč, ima DO pravico takega končnega uporabnika omrežja brez predhodne najave takoj izključiti iz omrežja po principu samodejnega izklopa.

Vsaka naprava, ki se priključuje v električno omrežje končnega odjemalca, mora izpolnjevati zahteve *Pravilnika o NN električnih inštalacijah v stavbah* in ostale zakonodaje ter standardov, ki se nanašajo na to področje.

### III.2. PRIKLJUČITEV PROIZVODNIH NAPRAV ZA REZERVNO NAPAČANJE

Proizvodne naprave za rezervno napajanje so naprave, ki so v omrežje priključene omejen in točno določen čas, vendar v času, ko obratuje paralelno z omrežjem DO, na svojih sponkah ne oddajajo delovne moči v interno omrežje. Če pride do izpada omrežja DO in ločitve med internim omrežjem in omrežjem DO, te PN prevzamejo otočno napajanje internega omrežja.

Te proizvodne naprave se priključujejo v omrežje po principu porabniškega priklopa (način obratovanja P). S tem priklopom moramo na ločilnem mestu zagotoviti, da delovna moč ne teče v distribucijsko omrežje. Ti viri po navadi obratujejo v prostem teku ali z zmanjšano močjo in sinhronizirani z distribucijskim omrežjem. V primeru izpada distribucijskega omrežja na ločilnem mestu lahko ob primernem dimenzioniranju agregata brezprekinitveno prevzamejo obremenitev objekta, kateremu so namenjeni. Za čas po ponovni vzpostavitvi omrežja do prehoda agregata v prosti tek priporočamo vgradnjo sistema, ki omejuje proizvodnjo delovne moči proizvodne naprave glede na porabo objekta. Na ta način se minimizira možnost delovanja zaščite pred povratno močjo na ločilnem mestu.

### III.3. PRIKLJUČITEV HRANILNIKOV ELEKTRIČNE ENERGIJE (HEE) IN POLNILNIH MEST ZA ELEKTRIČNA VOZILA (PEV)

Ne glede na določila *Uredbe komisije (EU) 2016/631 o vzpostavitvi kodeksa omrežja za zahteve za priključitev proizvajalcev električne energije na omrežje* (RfG), kjer so HEE in PEV izvzeti iz obveznosti uporabe določil te uredbe, se za priključevanje in obratovanje HEE in PEV do izdaje posebnih navodil za priključevanje in obratovanje HEE in PEV uporabljajo vse določbe teh Navodil in uredbe RfG. HEE in PEV se tako glede na uporabljen tehnologijo pri pretvorbi shranjene energije v električno energijo omrežne frekvence obravnava kot vsak drug EM (SPEM ali MPP).

V času, ko HEE ali PEV na svojih sponkah odjema delovno moč iz omrežja, se v tehničnem smislu obravnava kot porabnik električne energije. V tem času veljajo zanj enaka tehnična pravila in obveze kot za vse ostale porabniške naprave v omrežju uporabnika omrežja, vključno z dovoljenim odjemom jalove moči.

V času, ko HEE ali PEV na svojih sponkah proizvaja delovno moč (na svojih sponkah oddaja delovno moč v omrežje) se v tehničnem smislu obravnava kot proizvajalec električne energije (proizvodna naprava oziroma EM) in zanj veljajo vse tehnične določbe teh Navodil (vključno z načinom obratovanja, regulacijo jalove moči,...).

### III.4. PRIKLJUČITEV PROIZVODNIH NAPRAV ZA ZASILNO OTOČNO NAPAČANJE DISTRIBUCIJSKEGA OMREŽJA V ČASU HAVARIJ V OMREŽJU IN NARAVNIH KATASTROF

Obratovanje proizvodnih naprav za zasilno otočno napajanje distribucijskega omrežja ni predmet tega *Navodila* in mora biti celostno rešeno v ustreznem drugem ločenem dokumentu.

### III.5. ZAHTEVE ZA POSAMEZNE VRSTE PROIZVODNIH NAPRAV

Zahteve za posamezne vrste proizvodnih naprav glede na način njihovega obratovanja in njihove naznačene moči so podane v razpredelnici III.1.

**Razpredelnica III.1: Zahteve za posamezne vrste proizvodnih naprav glede na način njihovega obratovanja in njihove delovne moči iz Soglasja za priključitev ( $P_{PN}$ )**

Delovna moč PN	Nap. nivo priklopa	TIP PN (RfG)	Zagotavljanje skladnosti	Vrsta PN	Št. faz priklopa	Karakteristika jalove moči	Karakteristika delovne moči	Zaščita na LM	Način obratovanja
$0 \text{ W} < P_{PN} < 800 \text{ W}$	NN	--	--	vse	1	--	--	Z-Uf-A ali ekviv. vsebovana	P
$800 \text{ W} \leq P_{PN} < 3,7 \text{ kW}$	NN	A	ENOSTAVEN postopek	vse	1 ali 3	--	D-1	Z-Uf-A	M, P
$3,7 \text{ kW} \leq P_{PN} < 10,0 \text{ kW}$	NN	A	ENOSTAVEN postopek	vse	3	--	D-1		
$10,0 \text{ kW} \leq P_{PN} < 150 \text{ kW}$	NN	B	POENOSTAVLJEN postopek	vse	3	Izbere lastnik PN: J-N2 ali J-N3	D-1	Z-Uf-B	M, P
	SN *	B	STANDARDEN postopek	vse	3	J-S1	D-1		
$150 \text{ kW} \leq P_{PN} < 250 \text{ kW}$	NN	B	POENOSTAVLJEN postopek	vse	3	J-N3	D-1	Z-Uf-B	M, P
	SN *	B	STANDARDEN postopek	vse	3	J-S1	D-1		
$250 \text{ kW} \leq P_{PN} < 5,0 \text{ MW}$	SN	B	STANDARDEN postopek	vse	3	J-S1	D-1, D-2, D-3	Z-Uf-B	M, P
	NN **	B	POENOSTAVLJEN postopek	vse	3	J-N3	D-1, D-2, D-3		
$5,0 \text{ MW} \leq P_{PN} < 20,0 \text{ MW}$	SN	C	RAZŠIRJEN postopek	vse	3	J-S2	D-2, D-3	Z-Uf-C	M, P
$20,0 \text{ MW} \leq P_{PN}$	SN	D	POPOLN postopek	vse	3	J-S2	D-2, D-3	Z-Uf-C	M, P

\* Dovoljeno samo, če tehnične karakteristike obstoječega omrežja to zahtevajo!

\*\* Dovoljeno samo, če tehnične karakteristike obstoječega omrežja to dopuščajo!



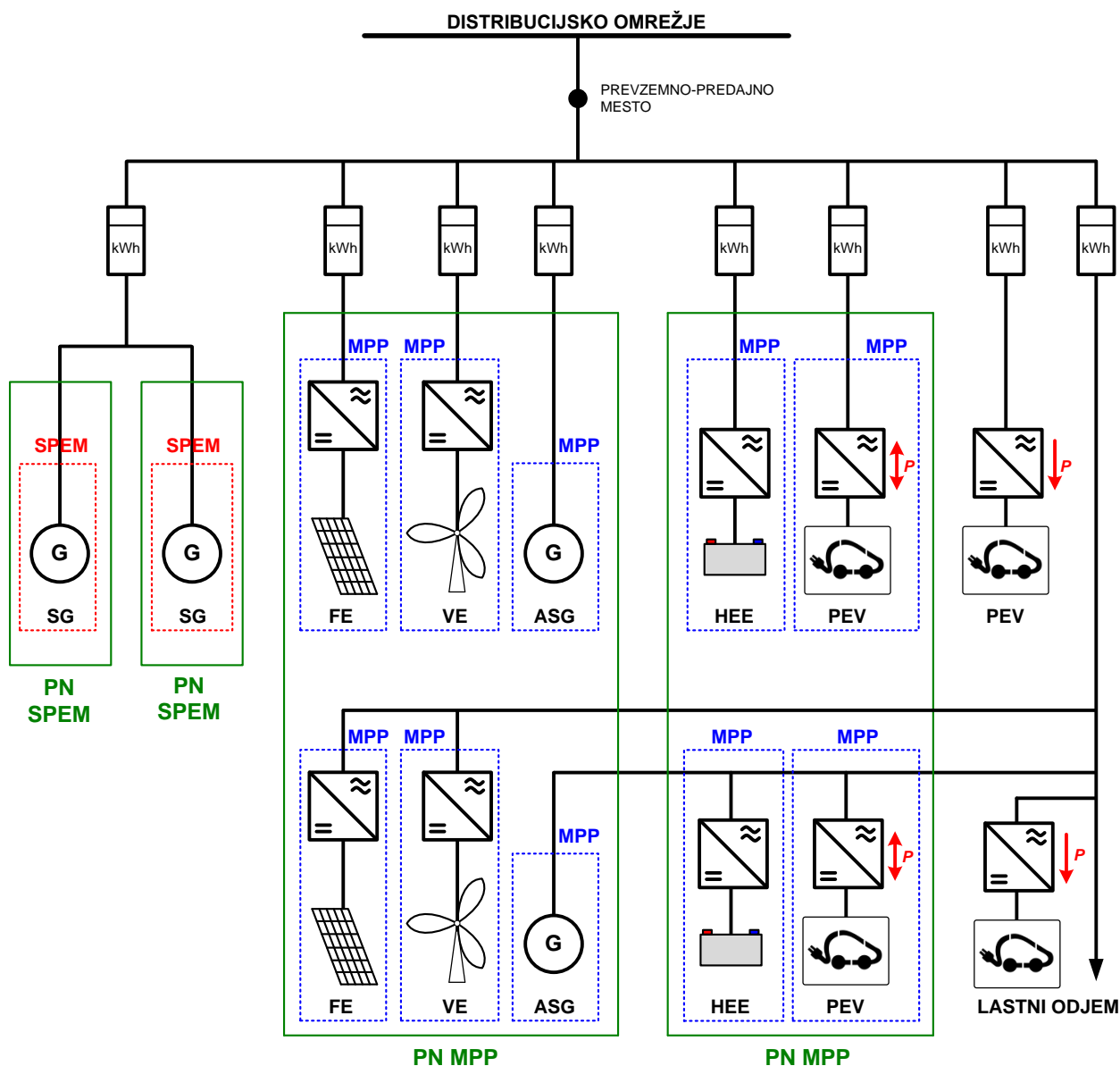
## IV. VRSTA PROIZVODNE NAPRAVE GLEDE NA ODDAJO DELOVNE MOČI V OMREŽJE

Za paralelno in kombinirano otočno-paralelno obratovanje vsake proizvodne naprave morajo biti sestavljena podrobna obratovalna navodila.

Obratovalna navodila za proizvodno napravo proizvajalca, ki obravnavajo pogoje in postopke vklopa in izklopa distribucijskega omrežja, morajo biti usklajena z navodili za ta del omrežja.

Proizvajalec mora o obratovanju svoje proizvodne naprave voditi obratovalno dokumentacijo.

Vgradnja ločilnega mesta (LM) je obvezna. LM se (na enem mestu ali porazdeljeno) vgradi med EM in prevzemno-predajno mesto (PPM). Način izvedbe LM je opisan podrobno v nadaljevanju glede na želeno funkcionalnost proizvodne naprave (PN). Lastnosti LM na predlog investitorja oziroma projektanta predpiše DO v *Soglasju za priključitev*.



Slika IV.1 – Splošni prikaz klasifikacije proizvodnih naprav (PN) glede na vsebovane (EM)

Mesta števecv električne energije (kWh) na sliki so zgolj ilustrativna, saj je bistvo slike prikaz razmerij med posameznimi EM in PN.

Vsak sinhronski generator (SG) je ne glede na način vezave števecv električne energije svoja proizvodna naprava (PN) v smislu zahtev iz RfG.

V okviru enega *Soglasja za priključitev* je lahko priključenih več PN različnih vrst (SPEM in MPP). Moč vseh EM posamezne vrste v okviru enega *Soglasja za priključitev* določa potrebne lastnosti vsakega posameznega EM v smislu zahtev iz RfG.

**Primer:** *Soglasje za priključitev* dovoljuje priključitev 9 kW PN. Na podlagi tega je priključena fotonapetostna elektrarna (FE) moči 9 kW, kjer posamezni EM izpolnjujejo zahteve iz RfG za razred A. V okviru tega soglasja želimo priključiti v omrežje končnega odjemalca še dodatno:

1. **PEV z močjo 4 kW in hkrati HEE z močjo 4 kW.** Če je PEV takšna, da na svojih priključnih sponkah ni sposobna oddajati delovne moči, za njo novega soglasja ne potrebujemo, saj to ni EM v smislu teh Navodil. Za HEE potrebujemo novo soglasje, če je njegova moč večja ali enaka 800 W ali če oddaja delovno moč v omrežje DO ne glede na njegovo moč. Če je PEV takšna, da je na svojih priključnih sponkah sposobna oddajati delovno moč v omrežje, potrebujemo za njeno priključitev novo soglasje. Ker se moči hranilnikov električne energije (HEE) in PEV z možnostjo oddaje električne energije v omrežje seštevajo ločeno od ostalih MPP, ostaja skupna moč PN FE 9 kW in posebej skupna moč HEE + PEV 8 kW. EM za HEE in za PEV morata izpolnjevati zahteve za razred A v skladu z RfG. Za njuno priključitev potrebujemo novo *Soglasje za priključitev*. Če bi bil poleg HEE in PEV (skupaj 8 kW) kasneje dodatno priključen še en HEE moči 4 kW, bi bilo treba pridobiti novo *Soglasje za priključitev*, vsi trije EM pa bi morali ustrezati zahtevam za razred B iz RfG, saj bi bila njihova skupna moč 12 kW, ki je večja kot je mejna vrednost med razredoma A in B po RfG (10 kW).

2. Namesto (1.) dodatno priključimo **FE 8 kW**. Za njeno priključitev potrebujemo novo soglasje. Ker je sedaj skupna moč vseh EM MPP v okviru novega soglasja 17 kW, mora vsak EM (obe FE), ki spadata pod novo soglasje, izpolnjevati vse zahteve za razred B iz RfG.

3. Namesto (1. ali 2.) dodatno priključimo sinhronski generator (**SG**) moči **100 kW**. Prav tako potrebujemo novo soglasje. Novo soglasje bomo dobili posebej za PN SPEM, ki bo moral ustrezati razredu B. Stara FE pa bo tudi po novem soglasju za priključitev še naprej lahko obratovala kot razred A.

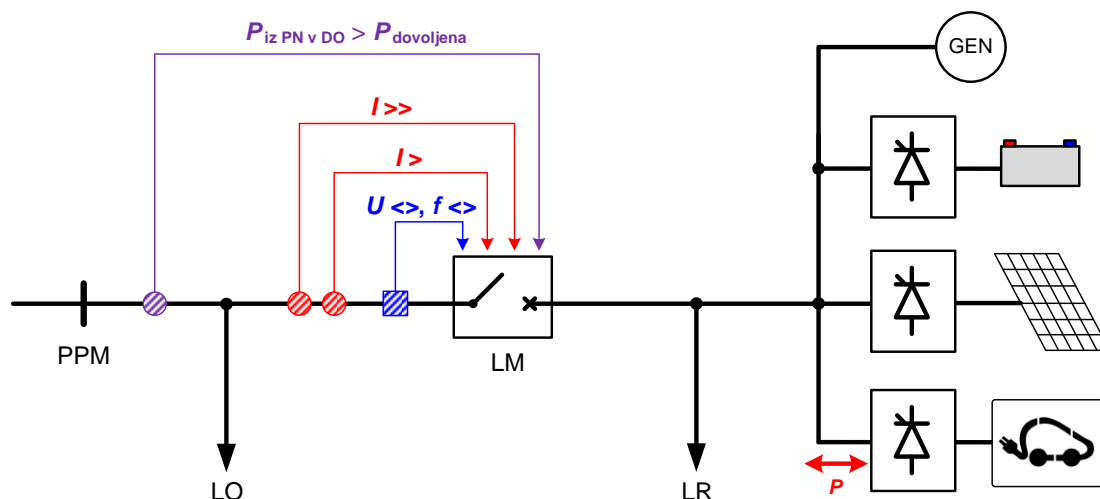
Če bi si za priključitev PEV, HEE, FE oziroma SG iz zgornjih treh primerov omislili novo prevzemno-predajno mesto, potem bi bili obstoječa FE in katera koli izmed obeh novih PN povsem ločeni PN z ločenimi soglasji in pripadajočimi pogoji.

#### IV.1. PORABNIŠKO-PROIZVODNI (MEŠANI) NAČIN - NAČIN M

V to skupino sodijo vsi priključki, pri katerih se pričakuje pretok delovne energije med proizvodno napravo in javnim distribucijskim omrežjem v obe smeri. Karakteristike jalove moči so predpisane na merilnem mestu med prevzemno prodajnim mestom in prvim elementom, ki opravlja del ali vse funkcije ločilnega mesta. Če se na podlagi meritev na PPM izkaže, da zaradi mešanega načina obratovanja in PX3 načina priklopa PN karakteristika na PPM ni izpolnjena, se meritve smiselno ponovijo na mestu v notranjem omrežju uporabnika omrežja, ki je bližje mestu priključitve PN v to omrežje. Merilno mesto mora zajemati vse EM, ki so priključeni na PPM.

Ta vrsta priključka se obravnava kot mešani priklop. Včasih teče delovna energija iz omrežja DO proti PPM, včasih pa iz PPM v omrežje DO. Kadar teče delovna energija iz omrežja DO proti PPM, veljajo za uporabnika sistema pogoji za jalovo moč, ki so zanj manj restriktivni (ali predpisani pogoji o jalovi moči iz tega Navodila ali pa splošni pogoji za končnega odjemalca). Kadar teče delovna moč iz PPM v omrežje DO, pa veljajo za odjemalca vsa določila iz tega Navodila: karakteristika jalove moči, dovoljene motnje, itn.. Merilno mesto mora biti opremljeno z dvosmernim merilnikom energije, ki ločeno beleži porabo in proizvodnjo delovne energije. Dovoljena delovna moč v omrežje DO se lahko omejuje s pomočjo smerne zaščite do dovoljene velikosti iz Soglasja za priključitev PN

**Za pridobitev soglasja je obvezna izvedba vseh postopkov in presoj, ki so opisani v tem Navodilu.**



Slika IV.2 – Splošni prikaz mešanega priključka (tip M)

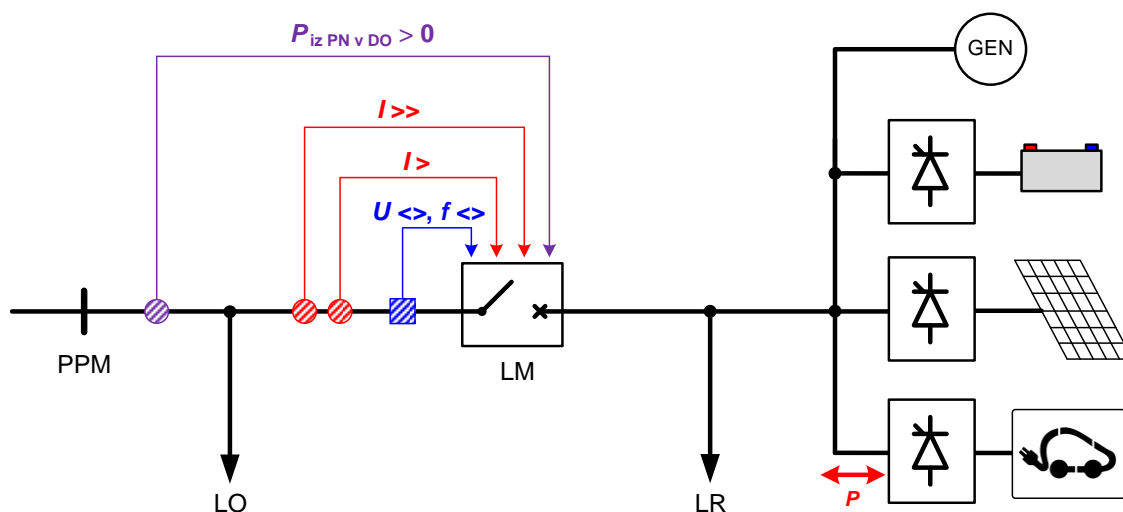
#### IV.2. PORABNIŠKI NAČIN- NAČIN P

V to skupino sodijo uporabniki sistema, ki sicer imajo vgrajene tudi EM, vendar le z namenom pokrivanja dela ali celote svoje porabe energije. Pogojeno je, da določeno časovno povprečje (integral) pretoka delovne moči (z upoštevanjem pogreška meritve moči) ne kaže na pretok delovne moči v omrežje DO. To pomeni, da oddaja delovne moči v omrežje ni dovoljena.

Ta vrsta priključitve se obravnava kot končni odjemalec delovne električne energije in zanj veljajo sistemska obratovalna navodila za porabnike električne energije (končne odjemalce):  $\tan(\varphi)$ , dovoljene motnje, itn., glede na napetostni nivo PPM.

Zaradi zagotavljanja selektivnosti zaščit na LM in zagotavljanja čim manj motenj v obratovanju proizvodne naprave je tehnično sicer mogoče, da teče določen čas del delovne moči proizvodne naprave tudi v smeri od končnega odjemalca v omrežje DO. Ne glede na to oddajanje delovne električne energije v omrežje DO ni dovoljeno! **Zato se oddana delovna električna energija v omrežje DO tudi ne meri in se ne obračunava ali kakorkoli odšteva od delovne električne energije, ki teče v smeri iz DO do končnega odjemalca.**

Za pridobitev soglasja (tip P) ni potrebno opraviti analize porastov napetostnih razmer s stališča največje dovoljene instalirane moči proizvodne naprave, saj EM v proizvodni napravi le zmanjšujejo trenutno porabo končnega odjemalca in ne povzročajo porastov napetosti v distribucijskem omrežju.



Slika IV.3 – Splošni prikaz porabniškega priključka (tip P)

## V. POGOJI IN POSTOPEK PRESOJE MOŽNOSTI PRIKLJUČITVE PROIZVODNE NAPRAVE GLEDE NAPETOSTNIH RAZMER V OMREŽJU

Presoja možnosti priključitve proizvodne naprave v distribucijsko omrežje temelji na uporabi stacionarnih porastov napetosti zaradi obratovanja proizvodnih naprav v omrežju. Stacionarni porasti napetosti so zelo uporabna metoda za ugotavljanje možnosti priključitve proizvodne naprave v omrežje, saj ne zahteva posebnih meritev ali simulacij.

Metoda upošteva, da je omrežje vedno izkoriščeno do napetostnih meja načrtovanja omrežja. Tako ta metoda podaja zanesljivo mejo, do katere se da v omrežje zagotovo vključiti proizvodna naprava, brez da bi pri tem tvegali nedovoljene napetostne razmere.

Za proizvodne naprave porabniškega tipa, ki samo kompenzirajo porabo znotraj prevzemno-predajnega mesta, takšna presoja ni potrebna. Takšno proizvodne naprave je v vsakem premeru mogoče priključiti v omrežje pod posebnimi pogoji, ki veljajo za porabniški priklop proizvodne naprave.

Za postopek izračuna možnosti priključitve proizvodne naprave v distribucijsko omrežje poda investitor informacijo o tem, koliko delovne moči ( $P_{NG}$ ) želi pošiljati v omrežje DO. Na podlagi želene delovne moči in določene karakteristike jalove moči se nato izračuna potrebna jalova moč proizvodne naprave ( $Q_{NG}$ ). Na podlagi tega se izračuna tudi skupna navidezna moč proizvodne naprave ( $S_{NG}$ ), ki je podlaga za izračun tokovnih obremenitev distribucijskega omrežja.

V nadaljevanju so opisani postopki za preverjanje priključljivosti proizvodne naprave v omrežje glede na način načrtovanja in obratovanja omrežja, v katerega bo proizvodna naprava priključena. Posebej bodo opisani postopki za omrežja, ki:

- imajo **konstantno nastavljeno napetost** na SN zbiralkah transformatorja VN/SN v RTP-ju,
- uporabljajo **impedančno kompenzacijo SN voda** in s tem pogojeno variabilno napetost na SN zbiralkah transformatorja VN/SN v RTP-ju ter
- uporabljajo **načrtovalsko pogojeno kompaundacijo omrežja** in s tem pogojeno variabilno napetost na SN zbiralkah transformatorja VN/SN v RTP-ju.

### V.1. OPIS POSTOPKA PREVERJANJA PRIKLJUČLJIVOSTI PROIZVODNE NAPRAVE V OMREŽJE PO PRINCIPU STACIONARNIH PORASTOV NAPETOSTI

Izračun možnosti priključitve je mogoče opraviti že samo s pomočjo enostavnih matematičnih operacij ter seveda podatkov o distribucijskem omrežju od SN zbiralk v RTP-ju do mesta priključitve proizvodne naprave v omrežje ali še bolje s pomočjo programov za analize pretokov moči. Ta metoda je zato zelo enostavno orodje za izračun priključljivosti proizvodne naprave v omrežje.

Za izračun stacionarnih sprememb napetosti in s tem povezane možnosti priključitve proizvodne naprave potrebujemo:

- podatke o željeni delovni moči proizvodne naprave,
- podatke o impedanci NN priključnega voda od transformatorja SN/NN do proizvodne naprave (če se proizvodna naprava priključuje na NN nivo),
- električne podatke o transformatorju SN/NN (če se proizvodna naprava priključuje na NN nivo),
- podatke o impedanci SN priključnega voda od RTP-ja do transformatorja SN/NN,
- kratkostično moč in kot na SN zbiralkah v RTP-ju in
- podatke o ostalih proizvodnih napravah v omrežju v SN oziroma NN omrežju, ki že obratujejo ali imajo izdano soglasje za priključitev (proizvodnih naprav tip P ne upoštevamo v analizi).

Izračun se opravi tako, da se ugotovi vpliv spremembe napetosti zaradi obratovanja posamezne proizvodne naprave in vseh proizvodnih naprav na omrežje. Skupni dvig napetosti zaradi obratovanja vseh proizvodnih naprav v določenem delu omrežja pa je določen na podlagi podanega skupnega razpoložljivega napetostnega prostora v omrežju in to posebej za SN ter NN omrežje po metodi superpozicije.

Pomembno je, da pri obravnavi proizvodnih naprav, ki so priključene v NN omrežje upoštevamo, da povzročajo spremembo napetosti tudi v SN omrežju in je zato treba njihov vpliv upoštevati tudi v SN omrežju.

### V.1.1. Postopek za preverjanje priključljivosti proizvodnih naprav v SN in NN distribucijsko omrežje

1. Modeliramo **omrežje**, v katerega bo priključena proizvodna naprava.
2. Iz omrežja **izključimo** vse **končne odjemalce** in tudi vse **pasivne reaktivne elemente** (kondenzatorske baterije in dušilke za regulacijo napetosti v omrežju).
3. V omrežje **vkjučimo** vse **obstoječe proizvodne naprave** in tudi vse proizvodne naprave, za katere je že bilo izdano soglasje za priključitev. Proizvodnih naprav tip P ne upoštevamo! Vse te proizvodne naprave naj obratujejo z delovnimi močmi iz njihovih soglasij za priključitev. Vse proizvodne naprave obratujejo tako, da je njihova jalova moč enaka nič ( $\text{tg } \varphi_{PN} = 0$  oziroma  $Q_{PN} = 0$ ).
4. V omrežje **vkjučimo** tudi **ново proizvodno napravo** z želeno delovno močjo na želeno mesto priključitve. Nova proizvodna naprava obratuje tako, da je njena jalova moč enaka nič ( $\text{tg } \varphi_{PN} = 0$  oziroma  $Q_{PN} = 0$ ).
5. Na mestu v omrežju, kjer transformator VN/SN drži **konstantno napetost**, zagotovimo takšno napetost tudi v modelu omrežja. Za analize je najbolj enostavno, da izberemo velikost napetosti  $100 \% U_n$  oziroma 1,00 p.u. Če omrežje obratuje z vključeno **kompandacijo**, je treba pri modelu omrežja in analizi priključljivosti to upoštevati v skladu s pravili REDOS.
6. Obravnavamo samo tiste dele omrežja, na katere vpliva obratovanje nove proizvodne naprave:
  - a. Proizvodna naprava se priključuje v SN omrežje: Obravnavamo samo tisti SN izvod, kamor se priključuje proizvodna naprava. Obravnavamo celotno SN omrežje tega izvoda. Ostalih SN izvodov in tudi NN omrežja ne obravnavamo.
  - b. Proizvodna naprava se priključuje v NN omrežje: Obravnavamo:
    - i. SN izvod, preko katerega se napaja NN omrežje z novo proizvodno napravo in
    - ii. celotno NN omrežje, ki se napaja preko tistega transformatorja SN/NN, ki napaja tudi novo proizvodno napravo.
7. Identificiramo **"kritična mesta v omrežju"**. Med ta spadajo **najmanj**:
  - a. vsa mesta, kjer so priključene proizvodne naprave;
  - b. vse ostale napajalne točke omrežja (obe strani SN/NN transformatorjev).
8. Če se **nova proizvodna naprava priključuje v SN omrežje**:
  - a. Na vseh kritičnih mestih v SN omrežju preverimo spremembo napetosti zaradi obratovanja vseh proizvodnih naprav v SN in NN omrežju. Spremembo napetosti izračunamo relativno glede na mesto s konstantno nastavljenjo napetostjo.
  - b. Sprememba napetosti mora biti na vseh kritičnih mestih v SN omrežju znotraj meja, ki so dovoljene glede na izvedeno število različnih odcefov SN/NN transformatorjev.
9. Če se **nova proizvodna naprava priključuje v NN omrežje**:
  - a. Na vseh kritičnih mestih v obravnavanem NN omrežju (vso omrežje, ki ga napaja transformator SN/NN) preverimo spremembo napetosti zaradi obratovanja vseh proizvodnih naprav v NN omrežju. Spremembo napetosti izračunamo relativno glede na SN stran transformatorja, ki napaja to NN omrežje.
  - b. Na vseh kritičnih mestih v SN omrežju preverimo spremembo napetosti zaradi obratovanja vseh proizvodnih naprav v SN in NN omrežju. Spremembo napetosti izračunamo relativno glede na mesto s konstantno nastavljenjo napetostjo.
  - c. Sprememba napetosti mora biti na vseh kritičnih mestih v NN in v SN omrežju znotraj meja, ki so dovoljene glede na izvedeno število različnih odcefov SN/NN transformatorjev.
10. Če je dovoljena sprememba napetosti presežena, je treba uporabiti ukrepe za znižanje stacionarne spremembe napetosti in postopek ponoviti v točki 6.

### V.2. NAPETOST NA SN ZBIRALKAH VN/SN TRANSFORMATORJA V RTP-JU JE KONSTANTNA

V tem primeru drži transformator VN/SN v RTP-ju konstantno napetost na svojih SN zbiralkah, brez kakršnih koli drugih popravkov napetosti. Pri tem upoštevamo nenatančnost nastavitve zaradi diskretnih stopenj nastavljanja odcepa transformatorja VN/SN, ki znaša skupaj 2 %.

### V.2.1. Dovoljen napetostni prostor za priključevanje proizvodnih naprav

#### V.2.1.1. V SN omrežju je uporabljen samo odcep "-1" oziroma samo en različen odcep

Na območju odcepa "-1" imamo za priključevanje proizvodnih naprav po metodi najslabših možnih scenarijev oziroma relativnih stacionarnih sprememb napetosti, prostega še 3,5 % napetostnega prostora, ki ga razdelimo na:

- 1 % sprememba napetosti za proizvodne naprave v SN omrežju,
- 2,5 % sprememba napetosti za proizvodne naprave v NN omrežju skupaj s spremembo napetosti na transformatorju SN/NN.

**Če se za omrežje, ki ga napaja določen transformator VN/SN predvideva, da bodo napetostne razmere v SN omrežju takšne, da bo treba v prihodnosti uporabiti dva različna odcepa, je treba v takšnem omrežju že od začetka uporabiti napetostni prostor, ki je predviden za dva različna odcepa!**

#### V.2.1.2. V SN omrežju sta uporabljena odcepa "-1" in "0" oziroma dva različna soležna odcepa

V tem primeru uporabimo za priključevanje proizvodnih naprav napetostni prostor, ki znaša 3,5 % na območju odcepa "-1" in 1,0 % na območju odcepa 0. Ker je SN napetostni prostor skupen, je možnih več variant priključitve. Glede na preference pri načrtovanju omrežja je razdelitev prostora takšna, kot je navedena v razpredelnici in velja za celotno omrežje, ki ga napaja določen transformator VN/SN v RTP-ju!

**Razpredelnica VI.1: Razporeditev napetostnega prostora na območju RTP-ja, kjer sta realizirana dva različna odcepa transformatorjev SN/NN**

Del omrežja		Razpoložljiv napetostni prostor za priključevanje proizvodnih naprav
Skupno SN omrežje		0,5 %
Območje odcepa <b>"-1"</b>	NN omrežje + SN/NN transformator	3,0 %
Območje odcepa <b>"0"</b>	NN omrežje + SN/NN transformator	0,5 %

#### V.2.1.3. V SN omrežju so uporabljeni odcepi "-1", "0" in "+1" ali še več različnih odcepov

**Priključevanje proizvodnih naprav v takšno omrežje po metodi relativnih porastov napetosti ni mogoče!**

### V.2.2. Določitev dogovorjene napetosti ( $U_{cg}$ ) za proizvodne naprave, ki so priključene v SN omrežje

Dogovorjena napetost proizvodne naprave  $U_{cg}$  je enaka napetosti, ki je nastavljena kot referenčna napetost na SN zbiralkah transformatorja VN/SN v RTP-ju.

### V.3. NAPETOST NA SN ZBIRALKAH VN/SN TRANSFORMATORJA V RTP-JU NI KONSTANTNA, UPORABLJENA JE IMPEDANČNA KOMPENZACIJA SN VODA, KI KOMPENZIRA SPREMEMBO NAPETOSTI NA ENEM ALI VEČ DOLGIH PARALELNIH SN VODIH

V tem primeru transformator VN/SN v RTP-ju ne drži konstantne napetosti na svojih SN zbiralkah, ampak napetost prilagaja tako, da kompenzira spremembo (padec ali porast) napetosti zaradi obremenitve na enem dolgem SN vodu, ki je edini napajan preko tega transformatorja. Naloga impedančne kompenzacije je, da prestavi konstantno napetost globlje v omrežje in s tem omogoči stabilne napetostne razmere v omrežju, ki ga napaja dolg SN vod.

**Pri uporabi impedančne kompenzacije SN voda je pomembno to, da med RTP-jem in točko na vodu, kjer želimo konstantno napetost, ni priključenega nobenega uporabnika omrežja!**

To vrsto impedančne kompenzacije SN voda ne smemo zamenjevati s "kompaundacijo", ki se upošteva že pri načrtovanju omrežja. Pri kompaundaciji se napetost na SN zbiralkah transformatorja VN/SN prilagaja glede na tok preko transformatorja VN/SN, ki napaja več različnih SN izvodov hkrati. Pogoji za priključevanje v takšno "kompaundirano" omrežje so navedeni v točki V.4.

#### V.3.1. Opis postopka preverjanja razpoložljivost omrežja za priključitev proizvodne naprave v omrežje po principu stacionarnih sprememb napetosti

Postopek in izračun se opravi po enakem principu kot v primeru, ko transformator VN/SN drži konstantno napetost na svojih zbiralkah. Tudi dovoljen napetostni prostor je enak. Napetostne spremembe v SN omrežju pa se impedančno upoštevajo samo do tiste točke v omrežju, kjer transformator s svojo impedančno kompenzacijo SN voda drži konstantno napetost. Po navadi je to RP.

#### V.3.2. Določitev dogovorjene napetosti ( $U_{cg}$ ) za proizvodne naprave, ki so priključene v SN omrežje

Dogovorjena napetost proizvodne naprave  $U_{cg}$  je enaka napetosti, ki je nastavljena kot referenčna napetost na SN zbiralkah transformatorja VN/SN v RTP-ju v praznem teku (to je takrat, ko je tok skozi transformator enak nič). Ta napetost je enaka željeni napetosti na koncu kompenziranega SN voda.

### V.4. NAPETOST NA SN ZBIRALKAH VN/SN TRANSFORMATORJA V RTP-JU NI KONSTANTNA, UPORABLJENA JE KOMPAUNDACIJA

Kompaundacija je način načrtovanja in posledično tudi obratovanja distribucijskega omrežja, kjer se zaradi vnaprej določenih večjih padcev napetosti v SN omrežju, SN omrežje razdeli na območja, kjer se uporabljajo različni odcepi transformatorjev SN/NN, hkrati pa se uporablja variabilna napetost na SN zbiralki VN/SN transformatorja, ki je odvisna od tokovnih razmer na transformatorju, ki napaja več različnih izvodov hkrati. Uporabniki omrežja so lahko razporejeni od začetka do konca enega ali vseh izvodov.

Stanje v omrežju je v tem primeru predvsem odvisno od:

- nastavitve obsega regulacije napetosti na VN/SN transformatorju,
- nastavitve gradienta regulacije ( $\Delta U/\Delta I$ ),
- vrste uporabnikov omrežja (porabniki in/ali proizvodne naprave) po posameznih SN izvodih in
- časovne korelacije obratovanja posameznih uporabnikov omrežja.

#### V.4.1. Meje spremembe napetosti

V NN omrežju je največja dovoljena relativna sprememba napetosti zaradi obratovanja proizvodnih naprav na posameznem NN izvodu 3%. Ta omejitev velja tudi za NN izvode na katerih so priključene samo proizvodne naprave.

V SN omrežju je največja dovoljena relativna sprememba napetosti zaradi obratovanja proizvodnih naprav na posameznem SN izvodu 2%, upoštevajo se vse proizvodne naprave, tudi tiste v NN omrežjih tega izvoda. Ta omejitev velja tudi za SN izvode na katerih so priključene samo proizvodne naprave.

Izračun sprememb napetosti zaradi obratovanja proizvodne naprave se izvede tako, da obremenitev na izvodu ne upoštevamo, so enake 0; za proizvodne naprave upoštevamo, da obratujejo z delovno močjo pri  $\cos \varphi = 1,0$ , transformatorji SN/NN se v izračunih ne upoštevajo.

Izračun sprememb napetosti se izvede z ustreznim programskim orodjem za izračun pretokov moči, ali po metodi seštevanja sprememb napetosti, ki jih povzročijo proizvodne naprave v posameznih točkah izvodov.

Relativna sprememba napetosti zaradi proizvodnih naprav na izvodu, ki so priključene v točki  $i$  znaša:

$$u_{\Delta iRV} = \frac{R_{ivod} * \sum P_{Rvi}}{U_N^2}. \quad (V.1)$$

$R_{ivod}$ ...ohmska upornost izvoda od začetka do točke  $i$ ;

$\sum P_{Rvi}$ ...vsota delovnih moči v točki  $i$ , ki se pojavijo, ko je na izvodu dosežena najvišja sprememba napetosti;

$U_N$ ...nazivna medfazna napetost.

#### V.4.2. Določitev dogovorjene napetosti ( $U_{cg}$ ) za proizvodne naprave, ki so priključene v SN omrežje

Dogovorjena napetost proizvodne naprave  $U_{cg}$  je enaka srednji vrednosti pričakovane napetosti v najbolj ekstremnih normalnih obratovalnih stanjih omrežja na mestu priključitve proizvodne naprave v SN omrežje in se izračuna s pomočjo programskih orodij, ki so sposobna izračunov obratovanja omrežja z vključeno kompandacijo (na primer GREDOS).

#### V.5. ENAČBE ZA IZRAČUN PRIČAKOVANEGA PORASTA NAPETOSTI ZARADI OBRATOVANJA PROIZVODNIH NAPRAV V DISTRIBUCIJSKEM OMREŽJU

Stacionarno spremembo napetosti zaradi obratovanja proizvodne naprave lahko izračunamo s pomočjo enačbe:

$$\Delta u_{el} = \frac{S_{el}}{S_{ks}} \cdot \cos(\psi_{ks} - \varphi_{el}), \quad (V.2)$$

kjer so:

$\Delta u_{el}$  relativna sprememba napetosti zaradi obratovanja proizvodne naprave,

$S_{el}$  navidezna moč proizvodne naprave,

$S_{ks}$  kratkostična moč omrežja v točki priključitve,

$\psi_{ks}$  kratkostični kot omrežja v točki priključitve,

$\varphi_{el}$  kot med napetostjo in tokom proizvodne naprave (upošteva se generatorski kazalčni sistem, kar pomeni, da je pozitiven kot oddaja jalove moči v omrežje in negativen kot odjem jalove moči iz omrežja).

Ker pri presoji razpoložljivosti omrežja upoštevamo samo delovno moč proizvodne naprave, ki je podana v vlogi za soglasje za priključitev proizvodne naprave, se enačba poenostavi v:

$$\Delta u_{el} = \frac{P_{el}}{S_{ks}} \cdot \cos(\psi_{ks}), \quad (V.3)$$

kjer so:

$\Delta u_{el}$  relativna sprememba napetosti zaradi obratovanja proizvodne naprave,

$P_{el}$  delovna moč proizvodne naprave,

$S_{ks}$  kratkostična moč omrežja,

$\psi_{ks}$  kratkostični kot omrežja.



**Kratkostično moč in kot omrežja** na mestu priključitve proizvodne naprave v omrežje, to je na prevzemno predajnem mestu (oziroma PPM), lahko izračunamo s pomočjo programov za izračun pretokov moči in kratkih stikov. Če to ni mogoče, izhajamo iz najbližje točke v SN oziroma NN omrežju, kjer sta znana kratkostična moč in kot omrežja. Na podlagi te moči in kota ter znane impedance omrežja od tu do mesta priključitve proizvodne naprave v omrežje, izračunamo kratkostično moč na mestu priključitve proizvodne naprave v omrežje.

Če kratkostična moč in kot v NN oziroma SN omrežju nista znana, izhajamo iz kratkostične moči omrežja na 110 kV zbiralkah v RTP-ju. Če podatka za kratkostični kot 110 kV omrežja ni, lahko privzamemo  $84,3^\circ$ , kar izhaja iz približnega razmerja med reaktanco in upornostjo 110 kV omrežja 10:1.

**Upornost in reaktanco transformatorja** izračunamo s pomočjo naslednjih enačb:

$$R_{TR} = \frac{U_{nTR-NN}^2}{S_{nTR}} \cdot \frac{u_{rTR}}{100}, \quad (V.4)$$

$$X_{TR} = \frac{U_{nTR-NN}^2}{S_{nTR}} \cdot \frac{u_{xTR}}{100}, \quad (V.5)$$

kjer so:

$R_{TR}$  upornost transformatorja, reducirana na nižje-napetostno stran transformatorja, v  $\Omega$ ,

$X_{TR}$  reaktanca transformatorja, reducirana na nižje-napetostno stran transformatorja, v  $\Omega$ ,

$U_{nTR-NN}$  naznačena napetost nižje-napetostnega navitja transformatorja, v kV,

$S_{nTR}$  naznačena navidezna moč transformatorja, v MVA,

$u_{rTR}$  delovna komponenta napetosti kratkega stika  $u_{kTR}$ , v %,

$u_{xTR}$  jalova komponenta napetosti kratkega stika  $u_{kTR}$ , v %.

Slednji dve veličini lahko izračunamo s pomočjo naslednjih enačb:

$$u_{rTR} = \frac{P_{Cu}}{S_{nTR}} \cdot 100, \quad (V.6)$$

$$u_{xTR} = \sqrt{u_{kTR}^2 - u_{rTR}^2}, \quad (V.7)$$

kjer so:

$P_{Cu}$  izgube zaradi obremenitve transformatorja ("izgube v bakru"), v MW,

$S_{nTR}$  naznačena navidezna moč transformatorja, v MVA,

$u_{kTR}$  relativna napetost kratkega stika transformatorja, v %.

Če natančni podatki o SN/NN transformatorju niso znani, se lahko kot okvirne privzame naslednje vrednosti:

$S_{nTR}$ (MVA)	$u_{kTR}$ (%)	$u_{rTR}$ (%)
od 0,02 do 0,63	4 .. 6	0,5 .. 1,5
nad 0,63 do 2,5	4 .. 6	< 1
nad 2 do 10	6 .. 8	< 1

**Upornost in reaktanco voda** izračunamo s pomočjo naslednjih enačb:

$$R_V = R'_V \cdot l, \quad (V.8)$$

$$X_V = X'_V \cdot l, \quad (V.9)$$

kjer so:

$R_v$	upornost voda, v $\Omega$ ,
$X_v$	reaktanca voda, v $\Omega$ ,
$R'_v$	relativna upornost voda, v $\Omega/\text{km}$ ,
$X'_v$	relativna reaktanca voda, v $\Omega/\text{km}$ ,
$l$	dolžina voda, v km.

Če natančni podatki o vodu niso znani, se lahko kot okvirne privzame naslednje vrednosti:

Vrsta voda	$X'_v$ ( $\Omega/\text{km}$ )
Prostozračni vod	0,3 .. 0,4
Kabelski vod	0,08 .. 0,12
Izolirani nizkonapetostni prostozračni vod	0,1

**Impedanco omrežja na prevzemno-predajnem mestu (PPM)** izračunamo tako, da seštejemo impedance omrežja od točke z znano kratkostično močjo do PPM. Pri tem je treba impedance, ki so izračunane za napetostne nivoje, ki niso enaki napetostnemu nivoju na PPM, reducirati na napetostni nivo PPM-ja. To naredimo na podlagi razmerja obeh napetostnih nivojev oziroma prestavnega razmerja transformatorja med njima. Upornosti in reaktance reduciramo s pomočjo enačb:

$$R_{\text{element omrežja PPM}} = R_{\text{element omrežja}} \cdot \frac{1}{p_{\text{TR}}^2}, \quad (\text{V.10})$$

$$X_{\text{element omrežja PPM}} = X_{\text{element omrežja}} \cdot \frac{1}{p_{\text{TR}}^2}, \quad (\text{V.11})$$

$$p_{\text{TR}} = \frac{U_{\text{nTR-VN}}}{U_{\text{nTR-NN (PPM)}}}, \quad (\text{V.12})$$

kjer so:

$R_{\text{element omrežja PPM}}$	upornost elementa omrežja, reducirana na PPM, v $\Omega$ ,
$R_{\text{element omrežja}}$	upornost elementa omrežja, v $\Omega$ ,
$X_{\text{element omrežja PPM}}$	reaktanca elementa omrežja, reducirana na PPM, v $\Omega$ ,
$X_{\text{element omrežja}}$	reaktanca elementa omrežja, v $\Omega$ ,
$p_{\text{TR}}$	prestavno razmerje transformatorja, ki je med obema napetostnima nivojema
$U_{\text{nTR-VN}}$	naznačena napetost višje-napetostnega navitja transformatorja, v kV,
$U_{\text{nTR-NN (PPM)}}$	naznačena napetost nižje-napetostnega navitja transformatorja, ki je obenem tudi napetost PPM, v kV,
element omrežja	je lahko vod, transformator ali VN omrežje.

Če želimo reducirati impedanco VN omrežja na NN nivo, lahko opravimo redukcijo naenkrat, ali v dveh ločenih korakih.

Skupna impedanca omrežja na PPM je tako vsota vseh impedanc (skupaj M elementov omrežja) od PPM do VN omrežja.

$$R_{\text{KS PPM}} = \sum_{m=1}^M R_{m \text{ element omrežja PPM}}, \quad (\text{V.13})$$

$$X_{\text{KS PPM}} = \sum_{m=1}^M X_{m \text{ element omrežja PPM}}, \quad (\text{V.14})$$

$$Z_{\text{ks PPM}} = \sqrt{R_{\text{ks PPM}}^2 + X_{\text{ks PPM}}^2} , \quad (\text{V.15})$$

$$\psi_{\text{ks PPM}} = \arctan \frac{X_{\text{ks PPM}}}{R_{\text{ks PPM}}} , \quad (\text{V.16})$$

kjer so:

$R_{\text{ks PPM}}$  kratkostična upornost omrežja na PPM, v  $\Omega$ ,

$R_{\text{element omrežja PPM}}$  upornost elementa omrežja, reducirana na PPM, v  $\Omega$ ,

$X_{\text{ks PPM}}$  kratkostična reaktanca omrežja na PPM, v  $\Omega$ ,

$X_{\text{element omrežja PPM}}$  reaktanca elementa omrežja, reducirana na PPM, v  $\Omega$ ,

$Z_{\text{ks PPM}}$  kratkostična impedanca omrežja na PPM, v  $\Omega$ ,

$\psi_{\text{ks PPM}}$  kratkostični kot omrežja na PPM.

**Kratkostična moč omrežja na prevzemno-predajnem mestu (PPM)** sledi iz izračunane impedance omrežja na PPM:

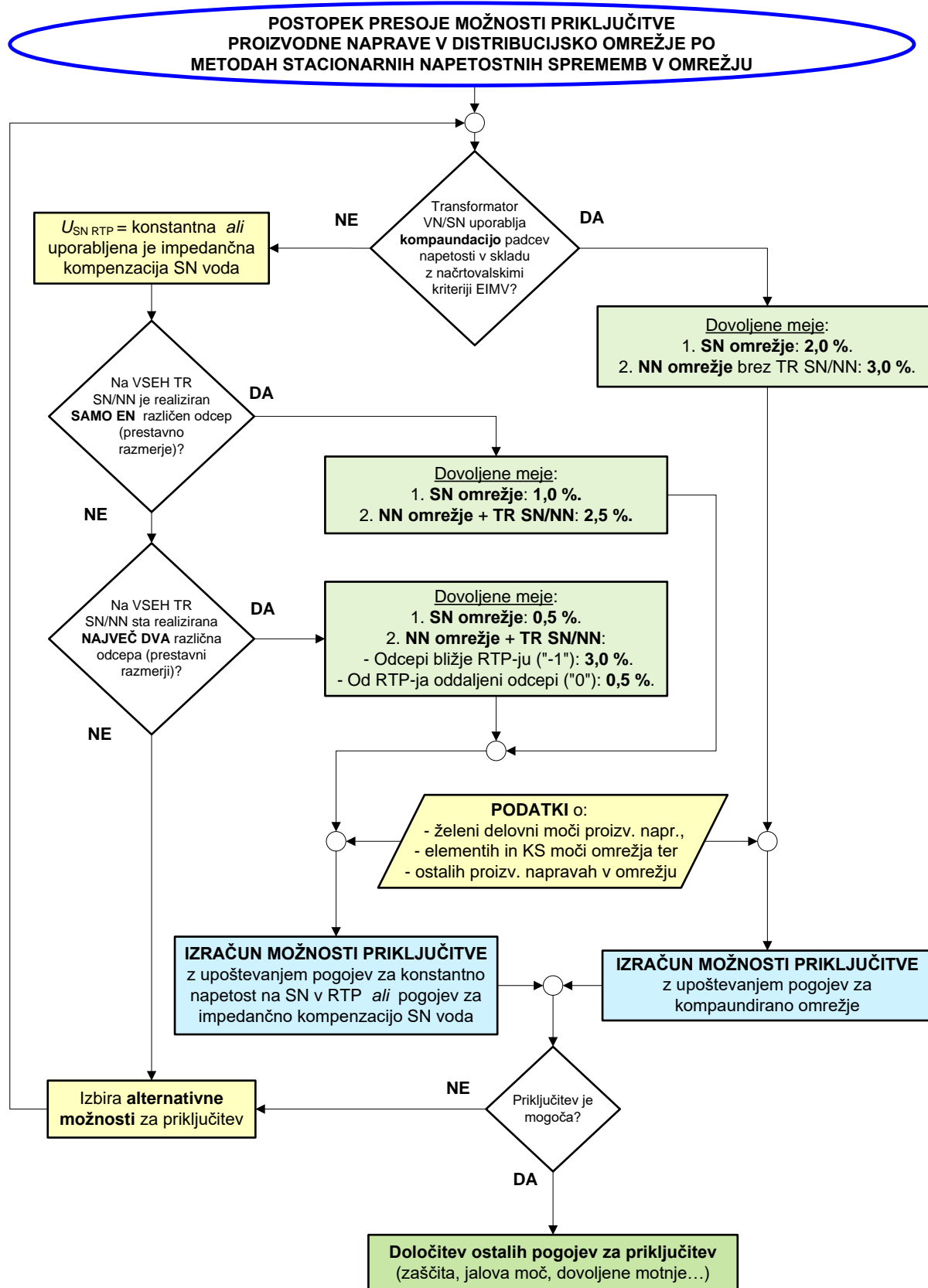
$$S_{\text{ks PPM}} = \frac{U_N^2}{Z_{\text{ks PPM}}} , \quad (\text{V.17})$$

kjer so:

$S_{\text{ks PPM}}$  kratkostična moč omrežja na PPM, v MVA,

$U_N$  nazivna napetost omrežja na PPM, v V,

$Z_{\text{ks PPM}}$  impedanca omrežja na PPM, v  $\Omega$ .



Slika VI.1 - Postopek presoje možnosti priključitve proizvodne naprave v distribucijsko omrežje v smislu stacionarnih napetostnih razmer v omrežju.

## V.6. POSEBNI POGOJI ZA PRIKLJUČITEV

Če priključitev nove proizvodne naprave želene delovne moči na želenem mestu v distribucijskem omrežju ni mogoča, je možna ena ali več naslednjih rešitev:

1. Razišče se možnost optimizacije odcepov na transformatorjih v TP-jih in/ali razišče se možnost uvedbe impedančne kompenzacije SN voda in/ali razišče se možnost uvedbe kompaundacije na nivoju RTP-ja.
2. Poišče se alternativno mesto v distribucijskem omrežju za priključitve proizvodne naprave (mesto z višjo kratkostično močjo).
3. Omeji se delovna moč proizvodne naprave.
4. Če so izpolnjeni vsi naslednji pogoji HKRATI:
  - a. Zakonodaja dovoljuje omejevanje delovne moči te proizvodne naprave v času neugodnih napetostnih razmer v omrežju.
  - b. Distribucijsko omrežje na izvodu, kamor je priključena proizvodna naprava, je avtomatizirano najmanj do te mere, da obstaja sistem, ki razpolaga s podatki o trenutnem stanju velikosti napetosti v omrežju (na primer: state estimator) in v okviru tega obstaja avtomatiziran sistem za izračun največje še dovoljene moči proizvodne naprave za zadostitev pogojev v smislu napetostnih razmer v distribucijskem omrežju in hkrati največjih dovoljenih pretokov moči v distribucijskem omrežju in obstaja hitra ter zanesljiva komunikacijska povezava med tem sistemom in sistemom v okviru proizvodne naprave, ki regulira delovno moč proizvodne naprave.
  - c. Lastnik proizvodne naprave pred izdajo soglasja za priključitev za ves čas trajanja soglasja soglaša s tem, da se njegovi proizvodni napravi v primeru izpada komunikacije proizvodne naprave s sistemom distribucijskega operaterja ali v času, ko zaradi neugodnih napetostnih razmer v distribucijskem omrežju ali previsokih pretokov moči v distribucijskem omrežju, distribucijsko omrežje ni sposobno prevzeti delovne moči iz proizvodne naprave, za čas trajanja teh razmer omeji delovna moč proizvodne naprave na vrednost, ki še dopušča varno in zanesljivo obratovanje distribucijskega omrežja;

potem je mogoča tudi priključitev takšne proizvodne naprave, katere moč presega najvišjo dovoljeno izračunano moč proizvodne naprave za največ 25 %. To pomeni, da je lahko največja dovoljena moč priključitve proizvodne naprave pod takimi pogoji:  $P_{PNnova-omejevanje} = 1,25 \cdot P_{PNnova}$ . V tem primeru mora biti avtomatika proizvodne naprave izvedena tako, da v primeru izpada komunikacije proizvodne naprave s sistemom distribucijskega operaterja, avtomatsko omeji delovno moč take proizvodne naprave na 80 % dovoljene delovne moči proizvodne naprave.
5. Izvede se ukrep s področja Smartgrids rešitev, ki stroškovno učinkoviteje reši lokalno težavo, kot neposreden razvoj distribucijskega omrežja.
6. Opravi se razvoj distribucijskega omrežja v smislu povečanja kratkostične moči omrežja.

Po vsaki rešitvi se ponovno preveri možnost priključitve v omrežje z upoštevanjem novih dejstev.

## VI. OBRATOVANJE PROIZVODNE NAPRAVE - KAKOVOST ELEKTRIČNE ENERGIJE

### VI.1. PRESOJANJE DOVOLJENIH MOTENJ V OMREŽJE

Električne naprave uporabnikov omrežja morajo obratovati tako, da ne povzročajo nedopustnih vplivov na distribucijsko omrežje, kakor tudi na naprave ostalih uporabnikov omrežja. **Presoja o tem, ali so vplivi posamezne naprave na omrežje dopustni ali ne, opravi DO s pomočjo meritev in izračunov v skladu z veljavnimi predpisi in standardi s tega področja ne glede na to, na kateri napetostni nivo se naprava priključuje.**

V soglasju za priključitev poda DO zahtevo, da morajo biti motnje proizvodne naprave v distribucijsko omrežje v okviru meja, ki jih predpisuje SONDSEE z vsemi prilogami.

Splošno glede napetostnega prostora in motenj v omrežje:

1. **Napetostni prostor** za priključevanje proizvodnih naprav v distribucijsko omrežje je še razpoložljiv napetostni prostor, ki ga smejo porabiti proizvodne naprave za svoje obratovanje v distribucijskem omrežju. Pred priključitvijo proizvodne naprave v distribucijsko omrežje je treba ugotoviti, ali proizvodna naprava sploh sme obratovati v omrežju oziroma ali je v omrežju sploh dovolj napetostnega prostora za obratovanje določene proizvodne naprave. Ta napetostni prostor je določen na podlagi relativnih sprememb napetosti. Presoja se s pomočjo izračuna oziroma simulacij na dejanskem omrežju.

2. **Dovoljene motnje v omrežje** pa so tiste motnje, ki med drugim obsegajo kolebanje napetosti in s tem povezan pojav flikerja, harmonsko napetost, ki je povzročena s harmonskim tokom, komutacijske zarezne, spremembe napetosti zaradi vklopa ali izklopa vira iz omrežja, ki jih proizvodna naprava povzroča med svojim obratovanjem. Te meje so določene v tem delu navodila.

**Presoja izpolnjevanja teh meja** se izvaja med obratovanjem proizvodne naprave s pomočjo meritev in po potrebi dodatnih simulacij. V primeru, da obstaja sum prekomernih motenj proizvodne naprave v distribucijsko omrežje, operater omrežja opravi ustrezne meritve.

V primeru **manjšega odstopanja od predpisanih meja** operater o rezultatih analize meritev obvesti lastnika proizvodne naprave, da v roku 30. dni odpravi prekomerno motenje.

Če so motnje takšne, da bi lahko **ogrozile varnost ali funkcionalno varnost obratovanja omrežja** (mednje sodi tudi nedelovanje ali nepravilno delovanje ostalih naprav v omrežju, ki so narejene in priključene v skladu z vsemi zadevnimi standardi, pravilniki ter ostalimi veljavnimi tehničnimi akti) je operater omrežja DOLŽAN takšnega uporabnika sistema nemudoma izključiti iz omrežja (za proizvodne vire je to najenostavneje s pomočjo preklopke na ločilnem mestu).

Že pred priključitvijo proizvodne naprave v omrežje pa lahko projektant proizvodne naprave s pomočjo SONDSEE z vsemi prilogami indikativno ugotovi, ali utegne priti pri obratovanju proizvodne naprave do težav, povezanih z motnjami. Za presojo motenj pred priključitvijo proizvodne naprave v distribucijsko omrežje se lahko uporabijo tudi postopki, ki so predpisani v Prilogi SONDSEE (*Presoja motenj pred priključitvijo naprav v distribucijsko omrežje*).

### VI.1.1. Nizkonapetostno omrežje (NN)

NN omrežje je relativno dobro in natančno pokrito s standardi za dovoljene vplive naprav (se pravi tudi EM) na omrežje.

Še posebej to velja za naprave, ki se priključujejo v **javno NN razdelilno omrežje in katerih nazivni tok ne presega 16 A fazno**. Za to področje sta osnovna standarda:

- **SIST EN 61000-3-2:** *Mejne vrednosti za oddajanje harmonskih tokov (vhodni tok opreme do vključno 16 A na fazo) in*
- **SIST EN 61000-3-3:** *Omejitev vrednosti kolebanja napetosti in flikerja v nizkonapetostnih napajalnih sistemih za opremo z naznačenim tokom do 16 A in ni priključena pod določenimi pogoji.*

Za naprave, ki se priključujejo v **javno NN razdelilno omrežje in katerih nazivni tok ne presega 75 A na fazo**, se lahko uporabita standarda:

- **SIST EN 61000-3-11:** *Omejitev vrednosti kolebanja napetosti in flikerja v nizkonapetostnih napajalnih sistemih za opremo z naznačenim tokom do 75 A, ki je priključena pod določenimi pogoji in*
- **SIST EN 61000-3-12:** *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.*

V praksi se ta dva standarda uporabljata takrat, ko je nazivni tok naprave večji od 16 A in manjši od 75 A na fazo. Sta vmesna stopnja med standardoma za opremo do 16 A na fazo in tehničnima poročiloma **SIST-TP IEC/TR2 61000-3-4** in **SIST-TP IEC/TS 61000-3-5**, ki obravnavata vključevanju opreme v NN omrežja, katere nazivni tok presega 16 A na fazo.

### VI.1.2. Srednjenapetostno omrežje (SN)

Za SN omrežje je v vsakem primeru nujna INDIVIDUALNA OBRAVNAVA VSAKE NAPRAVE za proizvodnjanje električne energije v skladu s temi »Navodili«.

### VI.1.3. Splošno o priključevanju v omrežje

**Pred natančnejšim načrtovanjem priključitve vseh vrst naprav za proizvodnjanje električne energije v SN ali NN omrežje, je nujen posvet pri DO, v katerega se bo naprava priključila.**

Oddajne meje za proizvodne naprave je treba obravnavati tako, da je v omrežju mogoče dolgoročno zagotavljati takšne napetostne razmere, ki ustrezajo predpisanemu standardu kakovosti. Pri tem je treba slediti načelu, da se električna energija proizvaja s čim manj motnjami in da se dovoljen nivo motenj v omrežju porazdeli med vse (tudi bodoče!) uporabnike omrežja.

Postopek ugotavljanja možnosti priključitve proizvodnih naprav v omrežje s stališča motenj po vodniku, ki so: harmonska napetost, medharmonska napetost, upadi in porasti napetosti pri zagonih, zaustavitvah ter stikalnih manevrih, neravnotežje napetosti in kolebanje napetosti ter fliker, je zato povsem individualne narave in je lahko od primera do primera različen glede na moč naprave in mesto priključitve v omrežje.

Za posamezne proizvodne naprave, ki se **priključujejo v NN omrežje in ne presegajo nazivnega toka 16 A fazno**, njihov proizvajalec z izjavo o skladnosti in CE oznako na napravi jamči, da je naprava narejena v skladu z vsemi zadevnimi direktivami, ki se opirajo na stanje tehnike. V veliki večini primerov odražajo stanje tehnike harmonizirani standardi. To pomeni, da se mora izjava o skladnosti za EM nanašati tudi na *Direktivo o elektromagnetni združljivosti*, ki je podprta s standardi elektromagnetne združljivosti družine SIST EN 61000-X-X. Zato dodatno preverjanje, ali se naprava v smislu motenj po vodniku sme priključiti ali ne, pri priključevanju posameznih naprav ene vrste, ni potrebno.

Za naprave, ki presegajo to tokovno mejo, pa je priključitev v smislu motenj po vodniku pogojena z razmerami v omrežju v točki priključitve naprave in jo mora posebej odobriti DO v skladu s standardi, ki so navedeni zgoraj. DO po posebnem postopku (upoštevajoč kratkostično moč in morebitne ostale vire motenj v okolici) preveri, ali je priključitev takšne naprave v omrežje mogoča.

Prav tako je potrebna posebna preveritev možnosti vključitve tudi takrat, ko se vključuje v omrežje več enakih naprav blizu skupaj, čeprav vsaka naprava zase ustreza pogojem iz relevantnega standarda oziroma ima CE oznako (na primer več enakih razsmernikov, ki obratujejo vzporedno).

Pomembno je, da je tudi naprava sposobna obratovati v omrežju, kjer je kakovost napetosti v skladu s predpisanim standardom kakovosti.

Za določene skupine naprav (na primer vetrne proizvodne naprave, fotonapetostne proizvodne naprave) obstajajo posebni standardi, s pomočjo katerih je na podlagi podatkov proizvajalca proizvodne naprave mogoče ugotoviti prispevek te naprave k posameznim motnjam v omrežju. Dolžnost DO je, da v primeru zahtevka za vključitev skupine teh naprav v omrežje (na primer polje vetrnih proizvodnih naprav) preveri nivoje motenj, ki jih bodo te naprave povzročale v omrežju.

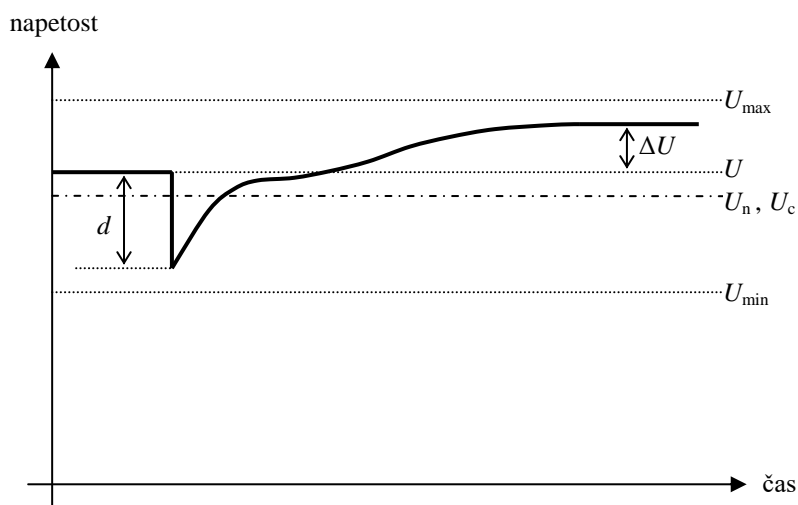
Po priključitvi proizvodne naprave v omrežje mora biti le-to še vedno sposobno napajati vse odjemalce in njihove porabnike tako, da bodo lahko dolgoročno delovali nazivno. DO lahko na podlagi izmerjenih motečih vplivov, ki izvirajo s strani proizvodnih naprav v omrežju, zahteva prekinitev paralelnega obratovanja teh naprav do odprave vzroka motenj.

## VI.2. MEJE DOVOLJENIH MOTENJ NAPRAV V OMREŽJE

### VI.2.1. Spremembe napetosti pri stikalnih manevrih

Pri stikalnih manevrih na generatorju (vklopi in izklopi generatorja iz omrežja, preklopi polov asinhronskega generatorja, preklopi kompenzacijskih stopenj), prihaja do hitrih upadov ali porastov napetosti v y trenutku stikalnega manevra.

Primer na sliki VI.1 prikazuje potek napetosti na generatorskih sponkah pri zagonu asinhronskega generatorja. V času zagona se napetost pred zagonom  $U$  hipoma zniža za velikost  $d$ , nato pa se po končanem zagonu ustali na velikosti, ki je za  $\Delta U$  višja od napetost pred zagonom  $U$ .  $U_n$  predstavlja nazivno,  $U_c$  pa dogovorjeno napetost.  $U_n$  in  $U_c$  sta na NN nivoju enaki, na SN nivoju pa se lahko razlikujeta.



Slika VI.1 - Potek napetosti na generatorskih sponkah pri zagonu asinhronskega generatorja.

Na priključnem mestu generatorja z ostalim omrežjem sme biti relativna sprememba napetosti  $d$  ob stikalnih manevrih na generatorju manjša ali enaka dovoljenim vrednostim  $d_{dov}$ , ki so navedene v razpredelnicah VI.1 in VI.2.

Za stikalne manevre, katerih frekvenca ponavljanja  $r$  ne presega  $0,1 \text{ min}^{-1}$ , (1 sprememba v 10 minutah), velja (v skladu s krivuljo  $P_{st} = 0,8$ ):

**Razpredelnica VI.1: Dovoljene vrednosti relativnih sprememb napetosti ob stikalnih manevrih ob frekvenci ponavljanja, ki je manjša od ene ponovitve na 10 minut.**

$r < 0,1 \text{ min}^{-1}$	$d_{dov}$
----------------------------	-----------



nizkonapetostno (NN) omrežje	3 %
srednjenapetostno (SN) omrežje	2 %

Za stikalne manevre, ki se pojavljajo redkeje in katerih frekvenca ponavljanja  $r$  ne presega  $0,01 \text{ min}^{-1}$  (nekajkrat na dan), lahko dovolimo višje vrednosti relativnih napetostnih sprememb:

**Razpredelnica VI.2:** Dovoljene vrednosti relativnih sprememb napetosti ob stikalnih manevrih ob frekvenci ponavljanja, ki je manjša od ene ponovitve na 100 minut (oziroma nekajkrat na dan) velja (v skladu s krivuljo  $P_{st} = 0,8$ ):

$r < 0,01 \text{ min}^{-1}$	$d_{dov}$
nizkonapetostno (NN) omrežje	6 %
srednjenapetostno (SN) omrežje	3 %

#### **Izračun relativne spremembe napetosti**

Relativno spremembo napetosti lahko izračunamo s pomočjo enačbe VI.1:

$$d = \frac{\Delta S_n}{S_{KS}} \cdot \cos(\psi - \varphi), \quad (\text{VI.1})$$

kjer so:

- $d$  - relativna sprememba napetosti,
- $\Delta S_n$  - sprememba moči naprave,
- $S_{KS}$  - kratkostična moč omrežja v točki priklopa naprave,
- $\psi$  - fazni kot impedance omrežja, in
- $\varphi$  - fazni kot spremembe moči naprave.

V najslabšem primeru se privzame vrednost  $\cos(\psi - \varphi) = 1$ .

Za posamezne vrste EM veljajo naslednje ugotovitve iz prakse:

- **EM, ki uporabljajo razsmernik ali frekvenčni pretvornik**, ob upoštevanju običajnih sinhronizacijskih pravil pri vklopu ne povzročajo omembe vredne spremembe moči. Pri izklopu pa je lahko sprememba moči naprave enaka nazivni moči naprave.
- **SPEM (sinhronski generatorji)** ob upoštevanju običajnih sinhronizacijskih pravil pri vklopu ne povzročajo omembe vredne spremembe moči. Pri izklopu pa je lahko sprememba moči naprave enaka nazivni moči naprave.
- **Asinhronski generatorji** lahko povzročijo pri vklopu spremembo moči, ki znaša **do 10 x** nazivne moči naprave, če so iz mirovanja zagnani kot motor. Če natančna vrednost ni znana, se privzame vrednost **8 x**. Za generatorje, ki so iz mirovanja zagnani s pomočjo primarne energije in sinhronizirani pri približno sinhronski hitrosti vrtljajev, znaša sprememba moči v večini primerov **pod 4 x** nazivne moči naprave. Pri preklopu polov naprave je treba računati s takšnim faktorjem nazivne moči naprave kot pri motorskem zagonu iz mirovanja.

Za **vetrne proizvodne naprave** proizvajalci podajajo relativne spremembe napetosti, ki jih povzročajo vetrne proizvodne naprave pri stikalnih manevrih.

Za polje vetrnih proizvodnih naprav, ki so vključene v omrežje na istem priključnem mestu, načeloma faktorja istočasnosti za stikalne manevre ni treba upoštevati, ker statistično gledano ne prihaja do stikalnih manevrov v istem trenutku za več vetrnic hkrati.

V praksi se je izkazalo, da je največ težav zaradi upadov napetosti pri stikalnih manevrih pri asinhronskih generatorjih. Zato je pri proizvodnem postroju z več asinhronskimi generatorji v smislu zmanjševanja vpliva proizvodne naprave na omrežje nujno potrebno le-te sinhronizirati z določenim časovnim zamikom ( $> 1$  min) enega za drugim.

**Za vse vrste naprav velja, da se glede na pričakovano frekvenco stikalnih manevrov  $r$  dovoljene vrednosti relativnih sprememb napetosti  $d_{\text{dov}}$ , ne sme preseči!**

### VI.2.2. Jakost flikerja

Dovoljena vrednost dolgotrajnega flikerja  $P_{\text{lt dov}}$ , ki ga na najmanj ugodnem priključnem mestu v omrežju povzročajo hkrati VSE v omrežje vključene naprave za proizvodnjo električne energije, znaša:

$$P_{\text{lt dov}} = 0,46 . \quad (\text{VI.2})$$

Obravnava jakosti flikerja pri generatorjih je v normalnih primerih potrebna **samo za vetrne proizvodne naprave**, kjer faktor prispevka naprave k flikerju (predvsem pri vetrnih proizvodnih napravah z asinhronskim generatorjem) dosega vrednosti tudi do 50!

#### Izračun jakosti flikerja

a) Za omrežje s samo **ENIM GENERATORJEM**, ki je relevanten za povzročanje flikerja:

Enostavna ocena brez upoštevanja faznega kota impedance omrežja se opravi po enačbi VI.3:

$$P_{\text{lt}} \leq c \cdot \frac{S_{\text{n gen}}}{S_{\text{KS}}} , \quad (\text{VI.3})$$

kjer so:

- $P_{\text{lt}}$  - jakost dolgotrajnega flikerja,
- $S_{\text{n gen}}$  - naznačena moč naprave,
- $S_{\text{KS}}$  - kratkostična moč omrežja v točki priklopa naprave in
- $c$  - faktor prispevka naprave k flikerju, ki ga poda proizvajalec naprave.

b) Za omrežje z **VEČJIM ŠTEVILOM GENERATORJEV**, ki so relevantni za povzročanje flikerja in so priključeni na **enem priključnem mestu** v omrežju, se upošteva verjetnost pojava istočasnega stohastičnega šuma in se zato uporabi kvadratični sumirni zakon za jakost flikerja:

$$P_{\text{lt}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n P_{\text{lt } i}^2} , \quad (\text{VI.4})$$

kjer sta:

- $P_{\text{lt}}$  - jakost dolgotrajnega flikerja, in
- $i$  - indeks posameznega generatorja.

Za generatorske postroje z  $n$  **enakimi generatorji** tako velja:

$$P_{\text{lt}} = \sqrt{n} \cdot P_{\text{lt } i} , \quad (\text{VI.5})$$

kjer so:

- $P_{\text{lt}}$  - jakost dolgotrajnega flikerja,

- n - število enakih generatorjev, in  
i - indeks posameznega generatorja.

Na priključnem mestu generatorskega postroja mora biti  $P_{lt}$  manjši od  $P_{lt\,dov}$ .

- c) Za omrežje z **VEČJIM ŠTEVILOM GENERATORJEV**, ki so relevantni za povzročanje flikerja in so priključeni na **različnih mestih** v omrežju,

Naj  $P_{lt\,jk}$  označuje jakost flikerja, ki ga na priključnem mestu k povzročajo generatorji, ki so vključeni na priključnem mestu j v omrežju.

Postopek izračuna za enostavna radialna omrežja:

1. Izračunamo prispevek generatorjev iz priključnega mesta j na jakost flikerja na priključnem mestu j. Pri tem uporabimo pravila iz točk a) in b).
2. Za generatorje iz priključnega mesta j izračunamo njihov prispevek k jakosti flikerja na priključnem mestu k.

Če je priključno mesto j bolj oddaljeno od RTP-ja kot priključno mesto k, to pomeni, da je:

$$\text{kratkostična moč } S_{KS\,j} < S_{KS\,k}, \text{ potem je } P_{lt\,jk} = P_{lt\,jj} \cdot \frac{S_{KS\,j}}{S_{KS\,k}}. \quad (\text{VI.6})$$

Če je priključno mesto j bližje RTP-ju kot priključno mesto k, to pomeni, da je:

$$\text{kratkostična moč } S_{KS\,j} \geq S_{KS\,k}, \text{ potem je } P_{lt\,jk} = P_{lt\,jj}. \quad (\text{VI.7})$$

3. Rezultirajoča jakost flikerja na priključnem mestu k se izračuna po formuli:

$$P_{lt\,k} = \sqrt{\sum_{j=1}^n P_{lt\,jk}^2}. \quad (\text{VI.8})$$

Za bolj zapletena omrežja (obroč, zazankana, ...) je pri izračunu jakosti flikerja nujno potrebna uporaba računalniške simulacije!

### **Dodatna pojasnila glede obravnave jakosti flikerja pri PN**

Za vetrne proizvodne naprave proizvajalci podajajo dve vrsti vpliva proizvodne naprave na fliker:

- v **kontinuiranem obratovanju** zaradi sprememb in nihanja jakosti vetra, in
- zaradi **stikalnih manevrov**, kot so preklopi kompenzacijskih naprav, preklopi polov, delovanje menjalnika,...

V izračunu se upošteva prispevek flikerja proizvodne naprave zaradi obeh vrst virov flikerja. Za polje vetrnih proizvodnih naprav mora biti na priključnem mestu polja vetrnih proizvodnih naprav  $P_{lt}$  manjši od  $P_{lt\,dov}$ .

### **VI.2.3. Harmonska napetost**

Podrobna obravnava generatorja glede harmonske napetosti je v praksi potrebna po navadi samo v primerih, ko generator uporablja razsmernik ali frekvenčni pretvornik za povezavo z omrežjem.

#### VI.2.3.1. Naprave z naznačenim tokom do 16 A fazno v NN omrežju

Uporabljajo se meje, ki so navedene v standardu **SIST EN 61000-3-2, razred A**.

VI.2.3.2. Rotacijski stroji

Harmonska napetost, ki jo povzroča kot generator uporabljen rotacijski stroj, mora biti v skladu s standardom **SIST EN 60034-1: Rotacijski električni stroji – 1. del: Naznačene vrednosti in lastnosti**.

VI.2.3.3. PN z razsmernikom ali frekvenčnim pretvornikom

Obravnava harmonske napetosti se opravi s pomočjo dovoljenih vrednosti toka posameznega harmonika, ki ga generira naprava (EM) in se obravnava za najbolj značilne rede harmonikov ter za celostni harmonski tokovni faktor popačenja  $THDi_n$ . Emisija harmonskega toka se preverja s pomočjo ustreznih meritev kakovosti napetosti.

Emisijske vrednosti posameznih harmonikov toka, morajo biti v vsem času obratovanja za EM manjše od:

$$\frac{I_v}{I_n} \leq \frac{p_v}{2000} \cdot \sqrt{\frac{S_{KS}}{S_{n \text{ gen}}}}, \quad (\text{VI.9})$$

kjer so:

- $v$  - red harmonika,
- $I_v$  - harmonski tok,
- $I_n$  - naznačen tok naprave, ki se izračuna iz naznačene moči naprave,
- $S_{n \text{ gen}}$  - naznačena moč naprave,
- $S_{KS}$  - kratkostična moč omrežja v točki priklopa naprave in
- $p_v$  - proporcionalni faktor, ki je odvisen od reda harmonika in je za posamezne harmonike naveden v razpredelnici VII.3.

**Razpredelnica VI.3: 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.

Skupni celostni harmonski tokovni faktor popačenja  $THDi_n$  mora biti manjši od:

$$THDi_n = \frac{\sqrt{\sum_{v=2}^{50} I_v^2}}{I_n} \leq 0,01 \cdot \sqrt{\frac{S_{KS}}{S_{n \text{ gen}}}}, \quad (\text{VI.10})$$

kjer so:

- $THDi_n$  - celostni harmonski tokovni faktor popačenja naprave,
- $I_v$  - harmonski tok,
- $I_n$  - naznačen tok naprave, ki se izračuna iz naznačene moči naprave,
- $v$  - red harmonika,
- $S_{n \text{ gen}}$  - naznačena moč naprave in
- $S_{KS}$  - kratkostična moč omrežja v točki priklopa naprave.

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

$$THDi_n = THDi \cdot \frac{I_1}{I_n}, \quad (\text{VI.11})$$

kjer so:

- $THDi_n$  - celostni harmonski tokovni faktor popačenja naprave,

- $THDi$  - celostni harmonski tokovni faktor popačenja naprave, ki se nanaša na osnovno komponento toka,
- $I_1$  - osnovna komponenta toka in
- $I_n$  - naznačen tok naprave, ki se izračuna iz naznačene moči naprave.

#### VI.2.4. Enosmerni tok

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

#### VI.2.5. Komutacijske zarez

Obravnava generatorja glede komutacijskih zarez je v praksi potrebna po navadi samo v primerih, ko generator uporablja omrežno voden razsmernik za povezavo z omrežjem. Če so amplitude komutacijskih zarez prevelike, je nujno potrebno vgraditi dušilko med razsmernik in omrežje ali kako drugače omejiti komutacijske zarez.

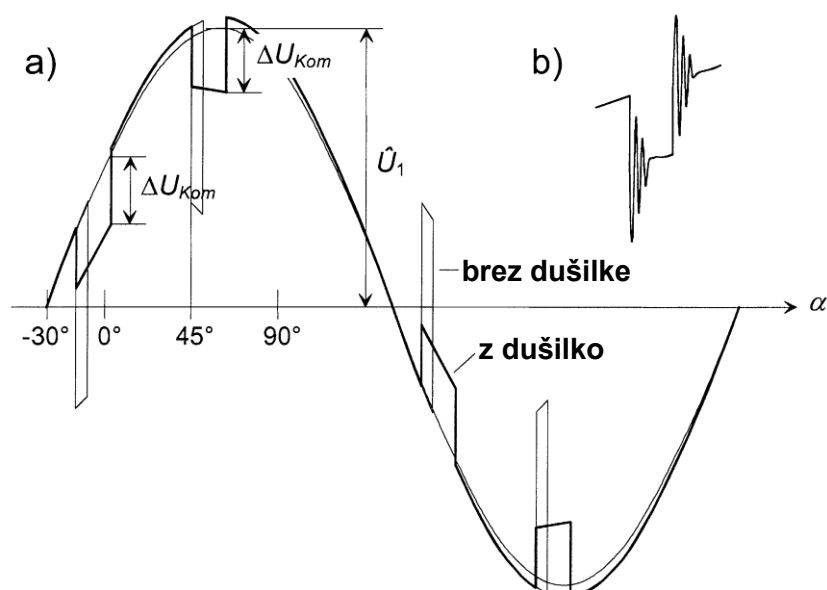
Na sliki VI.2 je prikazana napetost med faznim in ničelnim vodnikom na priključnem mestu šest-pulznega razsmernika z in brez dušilke pri kotu proženja  $\alpha = 45^\circ$

Komutacijske zarez izračunamo po enačbi (VI.12):

$$d_{\text{kom}} = \frac{\Delta U_{\text{kom}}}{\hat{U}_1}, \quad (\text{VI.12})$$

kjer so:

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



Slika VI.2 - Napetost med faznim in nevtralnim vodnikom na priključnem mestu šest-pulznega razsmernika z in brez dušilke pri kotu proženja  $\alpha = 45^\circ$ . a) teoretični potek napetosti. b) praktičen potek - povečava zareze iz a)

**Za EM so dovoljene vrednosti  $d_{\text{kom}}$  komutacijskih zarez, ki so navedene v razpredelnici VI.4.**

**Razpredelnica VI.4: Dovoljene vrednosti komutacijskih zarez.**

	$d_{\text{kom}}$
niskonapetostno (NN) omrežje	0,05
sredjenapetostno (SN) omrežje	0,025

#### VI.2.6. Neravnotežje moči (NN omrežje)

**V niskonapetostnih (NN) omrežjih je treba enofazne EM priključevati v omrežje tako, da fazno neravnotežje v obratovanju ne presega 3,7 kW.**

Moč enofaznega EM ne sme presegati 3,7 kW. Če je na ločilnem mestu priključenih v omrežje več enofaznih EM hkrati, morajo biti čim bolj enakomerno razporejeni po fazah. V nobenem primeru ne sme fazno neravnotežje v obratovanju presegati 3,7 kW (največja razlika delovne moči med posameznimi linijskimi vodniki).

To je pomembno predvsem pri priključevanju vseh EM, ki uporabljajo enofazne razsmernike za povezavo z omrežjem. Največja dovoljena skupna delovna moč PN, ki vsebuje enofazne EM, ne sme presegati 11,1 kW.

#### VI.2.7. Tokovno neravnotežje (SN omrežje)

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

$$I_2 \text{ dovoljen} \leq \frac{s}{1000} \cdot \sqrt{\frac{S_{\text{KS}}}{S_{\text{n gen}}}} \cdot I_n, \quad (\text{VI.13})$$

kjer so:

- $I_2 \text{ dovoljen}$  - dovoljena velikost protifazne komponente toka,
- $I_n$  - 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 razpredelnici VI.5.

**Razpredelnica VI.5:    Proporcionalni faktor glede na razmerje kratkostičnih moči.**

	<b>s</b>
<b><math>S_{KS \text{ RTP}} / S_{KS} \leq 3</math></b>	<b>25</b>
<b><math>S_{KS \text{ RTP}} / S_{KS} &gt; 3</math></b>	<b>15</b>

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

## **VII. PREVZEMNO-PREDAJNO MESTO**

DO poda v soglasju za priključitev naslednje parametre omrežja na prevzemno-predajnem mestu (PPM) in zahteve za priključitev:

1. Nazivno napetost in frekvenco omrežja.
2. Kratkostični tok tripolnega kratkega stika s strani omrežja.
3. Maksimalni navidezni tok enopolnega zemeljskega stika na SN nivoju.
4. Parametre ponovnega vklopa.
5. Zahteve glede jalove moči.
6. Zahteve glede dovoljenih motenj v omrežje.
7. Zahteve glede zaščite.
8. Zahteve glede komunikacije.
9. Zahteve za izvedbo priključka.
10. Posebne zahteve za sistemsko vodene proizvodne naprave.



## VIII. OBRATOVANJE EM – LOČILNO MESTO

Ločilno mesto je skupek naprav, ki s svojim delovanjem ščiti omrežje pred škodljivimi vplivi proizvodne naprave (EM) in ščiti proizvodno napravo (EM) pred škodljivimi vplivi iz omrežja. Škodljiv vpliv je definiran kot vpliv na naprave v smislu:

- skrajševanja življenjske dobe,
- uničenja postroja ali naprave,
- motenj v obratovanju,
- poslabšanje kakovosti napetosti in podobno.

Ločilno mesto ni varnostni element, ki bi omogočal dovolj varno ločitev za potrebe dela na napravah. V ta namen je treba uporabiti dodatne varnostne ukrepe (ozemljitev elementov, ki so običajno pod napetostjo, ločitev z ločilniki in podobnimi napravami, ki so namenjene vidni ločitvi).

Ločilno mesto je naprava, katere namen je, da zanesljivo loči proizvodno napravo od distribucijskega omrežja predvsem v naslednjih primerih:

- izpad izvoda v RTP 110 kV/SN,
- KS in ZS na izvodu v distribucijskem omrežju,
- KS in ZS med generatorjem in ločilnim mestom,
- nezmožnost omrežja, da sprejme energijo,
- odstopanj v višini oziroma frekvenci napetosti v omrežju ter
- vzdrževanje in popravila na distribucijskem omrežju v kombinaciji z dodatnimi ukrepi za varno delo.

Navedeni primeri običajno ne nastopajo samostojno ampak povezano. Iz njih izhajajo določene zahteve do elementov ločilnega mesta.

Če je odklopnik na ločilnem mestu hkrati generatorski odklopnik (odklopnik EM), velja to še v naslednjih primerih:

- preobremenitve generatorja (EM), in
- okvare na generatorju (EM).

Izklop se mora izvršiti z namenom, da se zaščiti ostale uporabnike distribucijskega omrežja pred vplivi proizvodne naprave in zaščiti proizvodno napravo pred škodljivimi vplivi iz omrežja. Med prvim elementom ločilnega mesta in generatorji je za varnost, zaščito in parametre napetosti odgovoren lastnik proizvodne naprave.

Ločilno mesto mora obvezno zadoščati naslednjim zahtevam:

- **Nahajati se mora med PPM in virom** (EM ali skupino EM). O natančnem lokaciji ločilnega mesta se odloča investitor pod pogojem, da je zadoščeno prvemu pogoju iz te alineje in ostalim določbam teh Navodil.
- **Meritev parametrov omrežja: napetost ( $U$ ), frekvenca napetosti ( $f$ ) in tok ( $I$ ) se obvezno izvaja med PPM in ločilnim mestom (LM).**
- **Zaščitne funkcije**, ki jih predpisujejo ta navodila, **so obvezne, ni pa nujno, da so edine**. Investitor se lahko na lastno željo odloči za dodatne zaščitne ukrepe.
- Ločilno mesto je **obvezno opremljeno s preklopko in stikalom ločilnega mesta, s katerima lahko manipulira le in samo DO**.
- Naprave ločilnega mesta morajo biti narejene tako, da **zdržijo pričakovan kratkostični tok**.
- Omogočena mora biti **signalizacija**, kot je navedeno v nadaljevanju.
- Vse naprave ločilnega mesta in njihova namestitve morajo zadoščati zahtevam *Pravilnika o elektromagnetni združljivosti*.

**Za varnost in obratovanje med ločilnim mestom proizvodne naprave in EM je odgovoren izključno lastnik proizvodne naprave!**

Usmeritve glede pogojev za ločilno mesto:

**Število ločilnih mest je lahko manjše kot pa število priključenih EM. Eno ločilno mesto lahko pokriva večje število EM oziroma virov, če je izpolnjen pogoj, da se nahaja med PPM in vsemi EM.** Namen ločilnega mesta ni, da ščiti naprave med EM in ločilnim mestom. Za to zaščito je zadolžen lastnik proizvodne naprave.

Vse funkcije ločilnega mesta ni nujno združevati v enem stikalnem elementu. Posamične funkcije so lahko vsebovane na različnih zaporednih stikalnih elementih pod pogojem, da so vse zahtevane funkcije ločilnega mesta med vsemi viri (EM) in omrežjem izvedene.

**Opredeljena naznačena moč ločilnega mesta ( $P_{LM}$ ) je vsota vseh naznačenih delovnih moči vseh EM oziroma virov, ki jih pokriva določeno ločilno mesto. Upošteva se zadnji stikalni element pred PPM, gledano s strani proizvodne naprave, ki je v funkciji ločilnega mesta, če vse funkcije ločilnega mesta niso skoncentrirane.** Opredeljena naznačena moč ločilnega mesta je podlaga za določitev vseh ostalih tehničnih pogojev za proizvodno napravo.

**Vsako ločilno mesto se smatra kot ena proizvodna naprava!**

Dejanska moč ločilnega mesta je lahko večja od proizvodne moči proizvodne naprave. To je primer takrat, ko uporabnik sistema preko stikalne naprave ločilnega mesta tudi odjema energijo iz omrežja za svoje potrebe in je ta odjem večji od dejanske vsote instaliranih delovnih moči vseh generatorjev tega ločilnega mesta.

**Za vsako ločilno mesto posebej mora investitor pridobiti soglasje za priključitev!** Če želi investitor priključiti na omrežje več (po navadi manjših) proizvodnih naprav in ima vsak tak vir že vgrajeno ločilno mesto, mora investitor pridobiti toliko soglasij za priključitev, kolikor ločilnih mest se priključuje v omrežje. Vseeno pa lahko investitor vse te vire ščiti z enim samim ločilnim mestom, vendar je v tem primeru **proizvodna moč ločilnega mesta enaka vsoti delovnih moči vseh EM.** Iz proizvodne moči ločilnega mesta pa nato izhajajo vsi ostali pogoji za obratovanje proizvodne naprave.

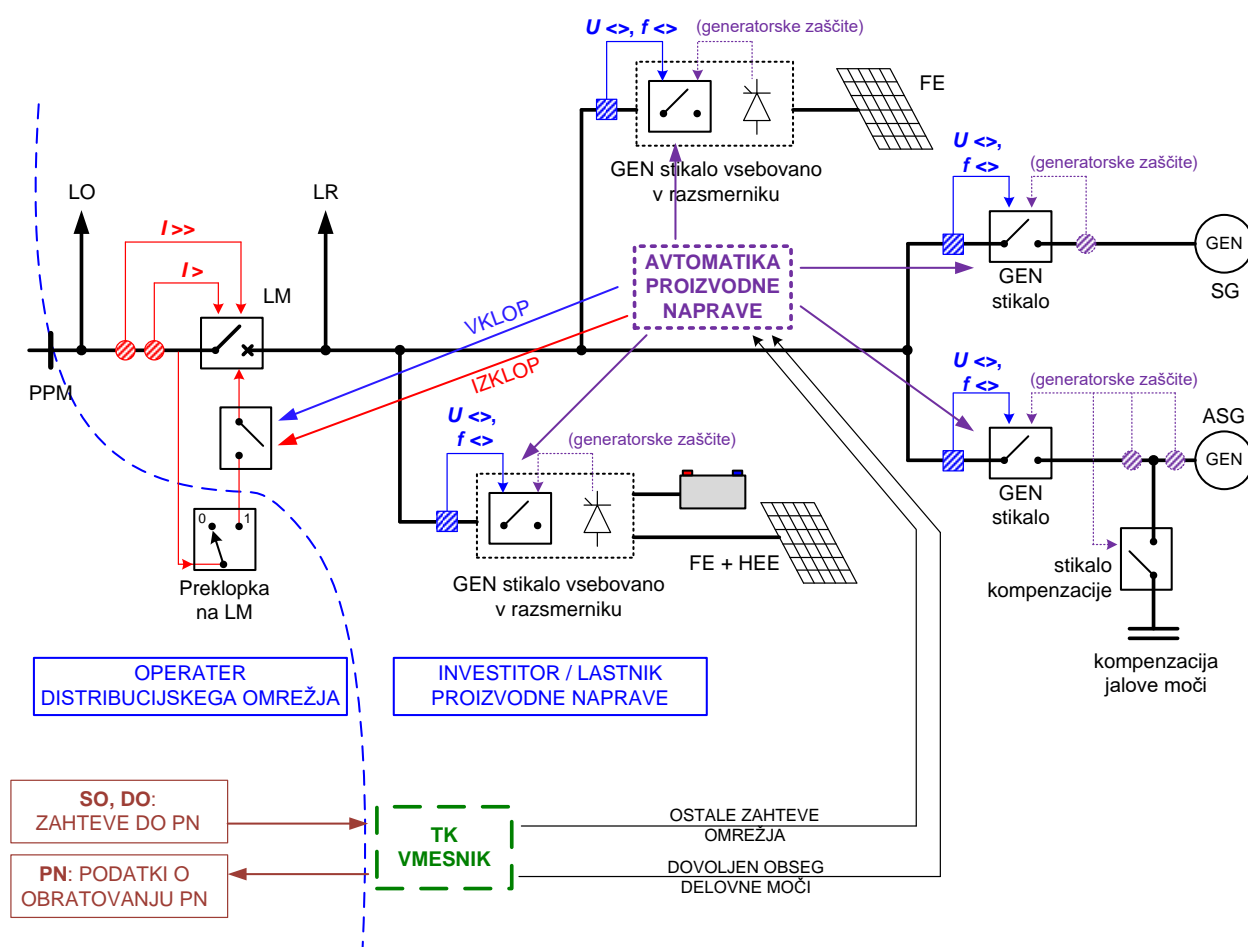
**Že vgrajene naprave za ločitev od omrežja, ki jih običajno dobavljajo proizvajalci generatorjev, so lahko definirane kot ločilno mesto, vendar morajo zadostiti vsem zahtevam teh Navodil.**

Kljub vsemu, se stikalnih elementov in funkcij ne sme razporejati poljubno znotraj internega omrežja, ampak v določenem in predpisanem vrstnem redu. Vrstni red stikalnih elementov in funkcij pri popolnoma porazdeljenem ločilnem mestu, gledano iz omrežja DO proti EM je naslednji:

- zaščita pred prekomerno delovno močjo v omrežje DO ,
- kratkostična zaščita ločilnega mesta,
- zaščita pred preobremenitvijo ločilnega mesta,
- mesto za lokalni ali daljinski izklop proizvodne naprave (preklopka LM),
- zemeljskostična zaščita ločilnega mesta,
- napetostne in frekvenčne zaščite LM.

Primer **popolnoma porazdeljenega ločilnega mesta** je prikazan na sliki VIII.1. Proizvodna naprava vsebuje štiri različne EM, vsak ima svoje napetostno-frekvenčne zaščite, a skupne tokovne zaščite ločilnega mesta. Vsak EM ima (vsaj praviloma je tako) tudi svoje lastne zaščite, ki ščitijo EM pred delovanjem v nedovoljenih območjih in nikakor ne pogojujejo zaščit na ločilnem mestu.

Izvedba popolnoma porazdeljenega ločilnega mesta je dovoljena le do in vključno 30 kW skupne delovne moči PN, ki ga pokriva tako LM. Če je skupna moč vseh EM določene PN, ki so priključene na porazdeljeno LM večja od 30 kW, je treba vgraditi dodatno (neporazdeljeno) zaščito na LM, ki v primeru delovanja izključuje vse EM te PN.



Slika VIII.1 - Primer popolnoma porazdeljenega ločilnega mesta za PN z močjo največ 30 kW.

### VIII.1.1. Kratkostična zaščita ločilnega mesta

Namen te zaščite je, da zaznava zgolj enofazne, dvofazne ali trifazne kratke stike znotraj omrežja proizvodne naprave. Ker gre za napako v internem omrežju proizvodne naprave je izklop trajen. Čas od detekcije okvare in izklopa mora biti krajši od 150 ms.

Ker gre za interno napako sledi trajen izklop. Ponoven vklop je mogoč samo po posredovanju operaterja distribucijskega omrežja.

Posledično so pogoji naslednji:

#### Izvedba z varovalkami:

- Varovalke zaznavajo prispevek v kratek stik iz javnega omrežja v interno omrežje proizvodne naprave.
- Varovalke ne zaznavajo prispevka proizvodne naprave v kratek stik, ki je nastal v omrežju.
- Varovalke so sposobne prekiniti projektirani (običajno višji od dejanskega) kratkostični tok.

Izvedba z varovalkami je mogoča, kadar je kratkostična moč omrežja vsaj desetkrat višja od prispevka proizvodne naprave v kratek stik v javnem omrežju.

#### Izvedba s kratkostičnimi zaščitnimi releji:

- Zaščitni rele zazna prispevek v kratek stik iz javnega omrežja DO v interno omrežje proizvodne naprave.
- Zaščitni rele ne zazna prispevka proizvodne naprave v kratek stik, ki je nastal v omrežju.
- Če je razlika med prispevkoma (iz omrežja DO v proizvodno napravo in iz proizvodne naprave v omrežje DO) premajhna za zanesljivo selektivnost, je obvezna uporaba kratkostičnih usmerjenih zaščit. Kratkostični tok iz javnega omrežja DO v omrežje proizvodne naprave mora biti vsaj štirikrat višji, kot prispevek iz proizvodne naprave v javno omrežje DO.
- Stikalni element (odklopnik, kontaktor,...) mora biti sposoben izklopiti največji pričakovan projektirani kratkostični tok.

### VIII.1.2. Zaščita pred preobremenitvijo ločilnega mesta

Namen zaščite pred preobremenitvijo ločilnega mesta je naslednji:

- Preprečitev preobremenitve vodnikov, ki povezujejo proizvodne naprave z omrežjem DO,
- Zaznava odpovedi oziroma napačno obratovanje generatorjev in porabnikov v internem omrežju proizvodne naprave.

Čas do izklopa naj ne bo krajši od 3 s. Ker gre za interno napako sledi trajen izklop. Ponoven vklop je mogoč samo po posredovanju operaterja distribucijskega omrežja.

#### Izvedba z varovalkami:

- Varovalke zaznavajo preobremenitve ne glede na smer toka navidezne moči.
- Varovalke so sposobne prekiniti vsaj projektiran nazivni tok.

**Izvedba z nadtokovnimi zaščitnimi releji:**

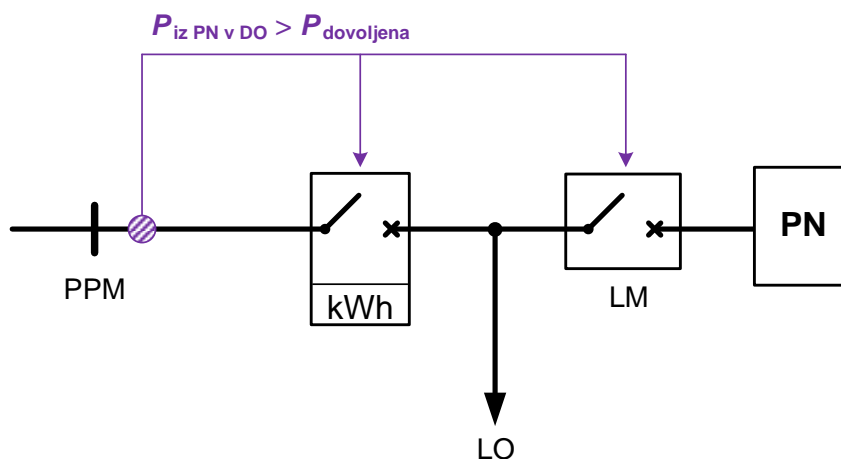
- Zaščitni rele neselektivno zaznava prekoračenje nazivnega toka.
- Stikalni element (odklopnik, kontaktor,...) mora biti sposoben izklopiti vsaj nazivni tok.

**VIII.1.3. Zaščita pred povratno delovno močjo v distribucijsko omrežje**

Zaščita pred povratno delovno močjo v distribucijsko omrežje je obvezen element pri porabniški priključitvi proizvodne naprave v distribucijsko omrežje (tip P). Pri tej vrsti priključitve DO pričakuje, da je tok delovne moči na prevzemno-predajnem mestu vedno samo v smeri iz omrežja DO proti uporabniku sistema in nikoli obratno. Zaradi tega tudi ni potrebne posebne presoje v smislu napetostnih razmer pri priključitvi proizvodne naprave v omrežje DO.

Mora pa biti izpolnjen obvezen pogoj, da delovna moč ne teče v omrežje DO. Prav zaradi tega morajo imeti vse proizvodne naprave, ki so priključene v omrežje DO po porabniškem principu, zaščito pred povratno delovno močjo v distribucijsko omrežje, ki deluje, kadar je glede na vgrajeno opremo določen časovni integral vsote delovnih moči vseh treh faz (z upoštevanjem pogreška merjenja moči) usmerjen v smeri omrežja DO. To pomeni, da je v določenem časovnem obdobju delovna moč tekla v omrežje DO.

Zaščita pred povratno delovno močjo v distribucijsko omrežje deluje na LM PN ali na števec električne energije, odvisno od moči PN in izvedbe LM. Lastnosti delovanja te zaščite so enake kot lastnosti delovanja zaščite v primeru tokovne preobremenitve.



Slika VIII.2 – Prikaz možnosti delovanja zaščite pred delovno močjo v omrežje.

**VIII.1.4. Zemeljskostična zaščita ločilnega mesta**

Zemeljskostična zaščita je obvezna zgolj za proizvodne naprave, ki so priključene neposredno na SN nivo. Zaščita mora zaznavati zemeljske stike v javnem SN omrežju.

Stikalni element, na katerega deluje zemeljskostična zaščita, mora biti sposoben izklapljati vsaj nazivne tokove na ločilnem mestu.

**VIII.1.5. Preostale funkcije ločilnega mesta, ki so zadnje v verigi**

Preostale funkcije ločilnega mesta, ki so obvezno zadnje v verigi stikalnih elementov so navedene v tej točki. Njihova razporeditev v verigi je interna odločitev investitorja.

- Nad-napetostne zaščite v vseh stopnjah,
- Pod-napetostne zaščite v vseh stopnjah,

Stikalni element na katerega delujejo napetostne zaščite je sposoben izključiti vsaj prispevek v kratek stik iz proizvodne naprave v omrežje.

- Nad-frekvenčne zaščite v vseh stopnjah,
- Pod-frekvenčne zaščite v vseh stopnjah,

Stikalni element na katerega delujejo te funkcije ločilnega mesta moro biti sposoben prekinjati tokove, ki so enaki ali večji nazivnim.

#### VIII.1.6. Dodatne zaščite na generatorjih

Dodatne napetostno-frekvenčne zaščite na generatorjih, ki jih ta Navodila ne obravnavajo in so namenjene zaščiti notranjega omrežja proizvodne naprave oziroma zaščiti EM, ne smejo delovati prej, kot zaščite ločilnega mesta! Priporoča se koordinacija tokovne zaščite tako, da se prepreči nepotrebno delovanje tokovne zaščite na LM PN.

#### VIII.1.7. Napetostno frekvenčne zaščite

Distribucijski operater mora pri nastavitvah zaščit ločilnega mesta upoštevati ostale zaščite omrežja. Nastavitve zaščit mora biti selektivna. Spremembe nastavitve zaščitnih naprav na ločilnem mestu lahko določa samo pooblaščen oseba distribucijskega operaterja.

Pred pričetkom prvega obratovanja proizvodne naprave paralelno z distribucijskim omrežjem investitor dostavi distribucijskemu operaterju izjavo ustrezne strokovno usposobljene osebe, s katero zagotavlja, da so nastavitve zaščit ločilnega mesta takšne, kot je to predvideno v teh navodilih oziroma takšne, kot to zahteva distribucijski operater v soglasju za priključitev, če odstopajo od teh, ki so navedene v teh Navodilih. Vsako odstopanje zaščit od teh, ki so navedene v teh navodilih, je lahko zgolj v izjemnih primerih. V teh primerih mora DO drugačne nastavitve zaščit jasno utemeljiti na podlagi ustrezne strokovne analize razmer v omrežju.

Nepooblaščen posegi v zaščitne naprave in njihove tokokroge, ki posledično ogrožajo funkcionalnost ločilnega mesta, so prepovedani!

**Splošni opis zaščit.** Ločilno mesto mora biti opremljeno z naslednjimi napetostno frekvenčnimi zaščitami, ki vse delujejo na izklop ločilnega mesta.

Prva in druga stopnja **prenapetostne** zaščite morata zagotavljati, da ne bi prihajalo do poškodb naprav, ki so priključene v omrežje. Največjo prenapetostno nevarnost predstavljajo predvsem asinhronski generatorji s pasivno kompenzacijo, ki lahko preide v stanje samovzbujanja. **Podnapetostna** zaščita je dvostopenjska zaradi doseganja selektivnosti izpadov ob kratkih stikih v omrežju.

Natančen opis zahtevanih zaščit je v razpredelnicah v nadaljevanju. Splošno pa lahko ugotovimo naslednje. Z nastavitvijo zakasnitve 2,0 s in 15 % upadom napetosti se doseže, da lahko oddaljen KS najprej odklopi nadtokovna 1 s do 1,5 s zaščita na okvarjenem izvodu v RTP-ju. Z nastavitvijo zakasnitve 0,2 s in 30 % upadom napetosti se doseže, da lahko KS, ki je blizu RTP-ju, najprej odklopi kratkostična trenutna zaščita izvoda iz RTP-ja. Zaščita ločilnega mesta vedno zajema parametre med PPM in LM, oziroma med PPM in stikalnim elementom ločilnega mesta na katerega deluje. Ločilno mesto mora biti izvedeno tako, da ne dovoljuje manipulacij avtomatike proizvodne naprave z odklopnikom ločilnega mesta, če je prišlo do izpada zaradi delovanja katere od zaščit. Delovanje napetostno-frekvenčnih zaščit ločilnega mesta je znak za nenormalno stanje v omrežju DO.

VIII.1.7.1. Napetostno-frekvenčna zaščita Uf-A

Te nastavitve napetostno-frekvenčnih zaščit ločilnega mesta PN se uporabljajo za PN tip **A** moči **do 10 kW**, ki so priključeni v **NN omrežje**.

Parameter	Največji dovoljen čas delovanja (s)	Nastavitve
Prenapetostna zaščita (stopnja 2)	0,2	$U_n + 11 \% \dots + 15 \%$
Prenapetostna zaščita (stopnja 1) <sup>a</sup>	2,0	$U_n + 11 \%$
Podnapetostna zaščita (stopnja 1) <sup>b</sup>	2,0	$U_n - 15 \%$
Podnapetostna zaščita (stopnja 2)	0,2	$U_n - 15 \% \dots - 30 \%$
Nadfrekvenčna <sup>c</sup>	0,2	52 Hz
Podfrekvenčna <sup>c</sup>	0,2	47 Hz
Izpad omrežja <sup>d</sup>	0,5	5 Hz/s
<p>a Prvo stopnjo prenapetostne zaščite se lahko opusti, če je druga stopnja prenapetostne zaščite nastavljena na <math>U_n + 11 \%</math>.</p> <p>b Prvo stopnjo podnapetostne zaščite se lahko opusti, če je druga stopnja podnapetostne zaščite nastavljena na <math>U_n - 15 \%</math>.</p> <p>c Frekvenčna zaščita mora biti sposobna delovati vsaj v območju, ki ga določajo maksimalne nastavitve delovanja napetostnih zaščit.</p> <p>d Zaščito pred izpadom omrežja (kot so na primer skok kolesnega kota, <math>df/dt</math>, sprememba impedance omrežja) ni potrebna. Če jo želi lastnik PM-ja vseeno nastaviti, jo je treba nastaviti na navedeno vrednost.</p>		

Merilni tokokrogi napetostno frekvenčnih električnih zaščit ločilnega mesta morajo biti obvezno opremljeni z varovalkami.

Dovoljene tolerance zaščit:

**Napetost**  $\pm 1 \%$ .  
**Frekvenca**  $\pm 0,5 \%$  od nastavitve.  
**Čas izpada**  $\pm 10 \%$  od nastavitve.

**Zaščite morajo obvezno meriti vse fazne ( $U_{L-N}$ ) napetosti na katere je proizvodna naprava priključena.**

VIII.1.7.2. Napetostno-frekvenčna zaščita Uf-B

Te nastavitve napetostno-frekvenčnih zaščit ločilnega mesta PN se uporabljajo za PN tip **B** moči **od vključno 10 kW do 5 MW**, ki so priključene v **NN ali SN omrežje**.

Parameter	Največji dovoljen čas delovanja (s)	Nastavitve
Prenapetostna zaščita (stopnja 2)	0,2	$U_n + 15 \%$
Prenapetostna zaščita (stopnja 1)	2,0	$U_n + 11 \%$
Podnapetostna zaščita (stopnja 1)	2,0	$U_n - 15 \%$
Podnapetostna zaščita (stopnja 2)	0,2	$U_n - 30 \%$
Nadfrekvenčna <sup>a</sup>	0,2	52 Hz
Podfrekvenčna <sup>a</sup>	0,2	47 Hz
Izpad omrežja <sup>b</sup>	0,5	5 Hz/s
<p>a Frekvenčna zaščita mora biti sposobna delovati vsaj v območju, ki ga določajo maksimalne nastavitve delovanja napetostnih zaščit.</p> <p>b Zaščito pred izpadom omrežja (kot so na primer skok kolesnega kota, <math>df/dt</math>, sprememba impedance omrežja) ni potrebna. Če jo želi lastnik PN-ja vseeno nastaviti, jo je treba nastaviti na navedeno vrednost.</p>		

Merilni tokokrogi napetostno frekvenčnih električnih zaščit ločilnega mesta morajo biti obvezno opremljeni z varovalkami.

Dovoljene tolerance zaščit:

**Napetost**  $\pm 1 \%$ .  
**Frekvenca**  $\pm 0,5 \%$  od nastavitve.  
**Čas izpada**  $\pm 10 \%$  od nastavitve.

**Zaščite morajo obvezno meriti vse fazne napetosti ( $U_{L-N}$ ) za NN omrežje oziroma za SN omrežje odvisno od izvedbe zaščite in meritev: vse fazne napetosti ( $U_{L-N}$ ) ali vse medfazne napetosti ( $U_{L-L}$ ) na katere je proizvodna naprava priključena.**



VIII.1.7.3. Napetostno-frekvenčna zaščita Uf-C

Te nastavitve napetostno-frekvenčnih zaščit ločilnega mesta PN se uporabljajo za PN tip **C** in tip **D** moči **od vključno 5 MW naprej**, ki so priključene v **SN omrežje**.

Parameter	Največji dovoljen čas delovanja (s)	Nastavitve
Prenapetostna zaščita (stopnja 2)	0,2	$U_n + 15 \%$
Prenapetostna zaščita (stopnja 1)	2,0	$U_n + 11 \%$
Podnapetostna zaščita (stopnja 1)	2,0	$U_n - 15 \%$
Podnapetostna zaščita (stopnja 2)	0,2	$U_n - 30 \%$
Nadfrekvenčna (stopnja 2) <sup>a</sup>	0,2	60 Hz
Nadfrekvenčna (stopnja 1) <sup>a</sup>	5 – 60 <sup>b</sup>	55 Hz
Podfrekvenčna (stopnja 1) <sup>a</sup>	5 – 60 <sup>b</sup>	45 Hz
Podfrekvenčna (stopnja 2) <sup>a</sup>	0,2	40 Hz
Izpad omrežja <sup>c</sup>	0,5	5 Hz/s

Nastavitve veljajo v primeru, da hitra komunikacija med zadevnim distribucijskim operaterjem in PN **je vzpostavljena in deluje**.

a Frekvenčna zaščita mora biti sposobna delovati vsaj v območju, ki ga določajo maksimalne nastavitve delovanja napetostnih zaščit.

b Nastavitev je odvisna od časa stabilizacije frekvence PN ob razbremenitvi PN iz 100 % delovne moči in se ugotovi s pomočjo meritev na PN.

c Zaščito pred izpadom omrežja (kot so na primer skok kolesnega kota,  $df/dt$ , sprememba impedance omrežja) ni potrebna. Če jo želi lastnik PN-ja vseeno nastaviti, jo je treba nastaviti na navedeno vrednost.

V primeru izpada komunikacije med PN in centrom vodenja sistemkega operaterja prenosnega sistema ali PN in centrom vodenja zadevnega operaterjem omrežja, mora PN tipa C in D, ki so priključeni v SN omrežje, takoj privzeti zaščitno shemo Uf-B.

Merilni tokokrogi napetostno frekvenčnih električnih zaščit ločilnega mesta morajo biti obvezno opremljeni z varovalkami.

Dovoljene tolerance zaščit:

**Napetost**  $\pm 1 \%$ .  
**Frekvenca**  $\pm 0,5 \%$  od nastavitve.  
**Čas izpada**  $\pm 10 \%$  od nastavitve.

Zaščite morajo obvezno meriti (odvisno od izvedbe zaščite in meritev): vse fazne napetosti ( $U_{L-N}$ ) ali vse medfazne napetosti ( $U_{L-L}$ ) na katere je proizvodna naprava priključena.

### VIII.1.8. Zaščita pred obratovanjem v neugodnih napetostno-frekvenčnih stanjih – tip D

PN tip D morajo imeti izvedeno zaščito za prekinitev obratovanja v primeru prenapetosti in/ali podfrekvence (t.i. »overfluxing«).

Nastavitev zaščite: (VIII.1)

$$\frac{U}{f} \leq 120 \% \frac{U_n}{f_n}$$

Časovna zakasnitev delovanja zaščite (čas, v katerem mora biti vrednost neprekinjeno presežena):  
 $t = 5 \text{ s}$ .

## VIII.2. ODKLOPNIK ALI DRUG STIKALNI ELEMENT LOČILNEGA MESTA

Odklopnik mora izpolnjevati naslednje zahteve:

### VIII.2.1. Tehnične zahteve

V kolikor odklopnik služi dvojnemu namenu (ločilno mesto in hkrati sinhronizacijsko mesto), mora ustrezati dodatnim zahtevam, ki jih predpiše proizvajalec EM oziroma projektant.

NO = nazivni parameter odklopnika.

$U_{NO} \geq U_N$  (napetostni nivo ločilnega mesta) in

$S_{NO} \geq S_N$  (navidezna moč ločilnega mesta).

Za proizvodno - porabniško priključitev tip M:

$S_P$  = navidezna moč porabe, ki se napaja med ločilnim mestom in vsemi EM.

$$\frac{P_{IG}}{0,8} > S_P \rightarrow S_N = \frac{P_{IG}}{0,8} \quad (\text{VIII.2})$$

$$\frac{P_{IG}}{0,8} \leq S_P \rightarrow S_N = S_P. \quad (\text{VIII.3})$$

Za porabniško priključitev tip P:

$S_P$  = navidezna moč porabe, ki se napaja med ločilnim mestom in vsemi EM

$$S_N = S_P \quad (\text{VIII.4})$$

Za vse vrste priključitev velja:

$t_{NO}$  = lastni izklopilni čas odklopnika ali drugega stikalnega elementa

$t_{NO} \leq 150 \text{ ms}$ .

**Primer 1:** Element za izklop je odklopnik in je tako sposoben izklopiti kratkostično moč omrežja DO:

$S_{KSO}$  = kratkostična moč v točki ločilnega mesta prispevek iz omrežja DO

**$S_{NOIZ}$  = izklopilna moč odklopnika**

$S_{NOIZ} \geq S_{KSO}$

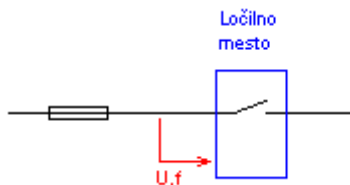
**Primer 2:** Element za izklop je odklopnik, ki ni sposoben izklopiti kratkostične moči omrežja DO:

$S_{KSE}$  = kratkostična moč v točki ločilnega mesta prispevek iz proizvodne naprave

**$S_{NOIZ}$  = izklopilna moč odklopnika**

$$\underline{S_{NOIZ} \geq S_{KSE}}$$

V primeru 2 se obvezno zahteva vgradnja varovalk (varovalke so v funkciji nad tokovne zaščite ločilnega mesta) na ločilnem mestu, ki ob pregoretnju prekinejo tudi merilne tokokroge za potrebe zaščit ločilnega mesta.



### VIII.2.2. Blokada vklopa odklopnika

Preklopka mora imeti dva položaja.

**Položaj 0**      Blokada vklopa odklopnika na ločilnem mestu

Preklopka prestavljena v ta položaj povzroči takojšen izklop odklopnika in blokira odklopnik v izklopljenem položaju.

**Položaj 1**      Avtomatsko delovanje ločilnega mesta

Položaj 1 omogoči krmiljenju proizvodne naprave manipulacije z odklopnikom na ločilnem mestu.

Ob delovanju nadtokovne zaščite, ki deluje na odklopnik ločilnega mesta (če je izvedeno tako) naj premik preklopke iz položaja 1 v položaj 0 in nato v položaj 1 deblokira posluževanje avtomatike proizvodne naprave z odklopnikom.

Preklopka mora biti opremljena s ključavnico, ki onemogoča nepooblaščenno spreminjanje stanja.  
**S preklopko LM lahko upravlja le DO!**

### VIII.2.3. Tehnične zahteve do varovalk

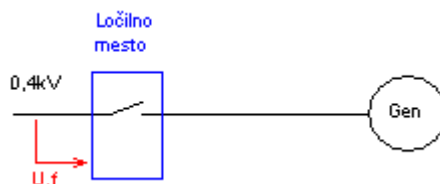
$S_{KSO}$  = kratkostična moč v točki ločilnega mesta, prispevek iz omrežja DO.

**$S_{NVIZ}$  = izklopilna moč varovalk**

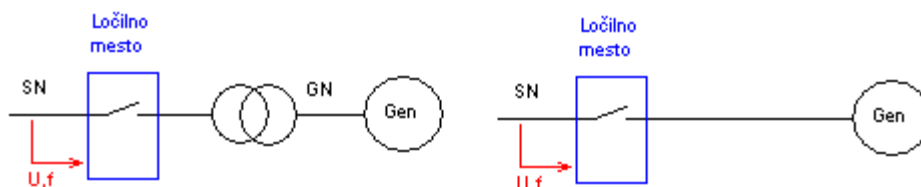
$$\underline{S_{NVIZ} \geq S_{KSO}}$$

### VIII.2.4. Način meritve veličin za potrebe zaščit

- a) Ločilno mesto v NN (400 V/230 V) distribucijskem omrežju. Zaščite merijo vse tri **fazne** napetosti (izjema so enofazne proizvodne naprave, kjer lahko zaščita meri le fazno napetost, na katero je priključen EM).

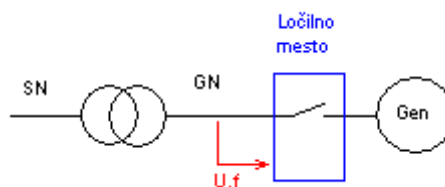


- b) Ločilno mesto v SN distribucijskem omrežju. Zaščite merijo vse tri **medfazne** napetosti preko napetostnih merilnih transformatorjev. (v to skupino sodijo ločilna mesta, ki se nahajajo neposredno na SN distribucijskem izvodu).



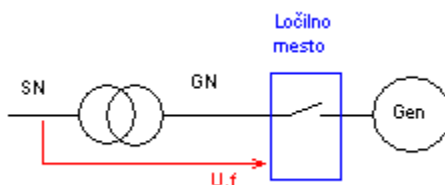
GN –napetost PN

- c) Ločilno mesto na strani PN. Zaščite merijo vse tri **fazne ali medfazne** napetosti.



GN –napetost PN

- d) Ločilno mesto na strani PN, meritev napetosti na SN napetostnem nivoju. Zaščite merijo vse tri **medfazne** napetosti preko napetostnih merilnih transformatorjev.



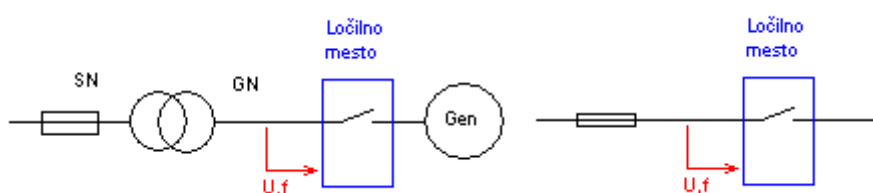
### VIII.3. NADTOKOVNE ZAŠČITE

Priporočamo, da so nad tokovne zaščite izvedene tako, da izključijo tokokrog, v primeru kratkega stika v proizvodni napravi. Kratki stiki v distribucijskem omrežju pa naj bodo izven dosega teh zaščit ( $I_{ks}$  iz proizvodne naprave v omrežje mora biti nižji od nastavitve zaščit oziroma varovalk).

**Vsako delovanje nad tokovnih zaščit vodi v trajen izklop.** Deblokado lahko izvede le DO, ko lastnik ali upravitelj proizvodne naprave zagotovi, da je napaka odpravljena.

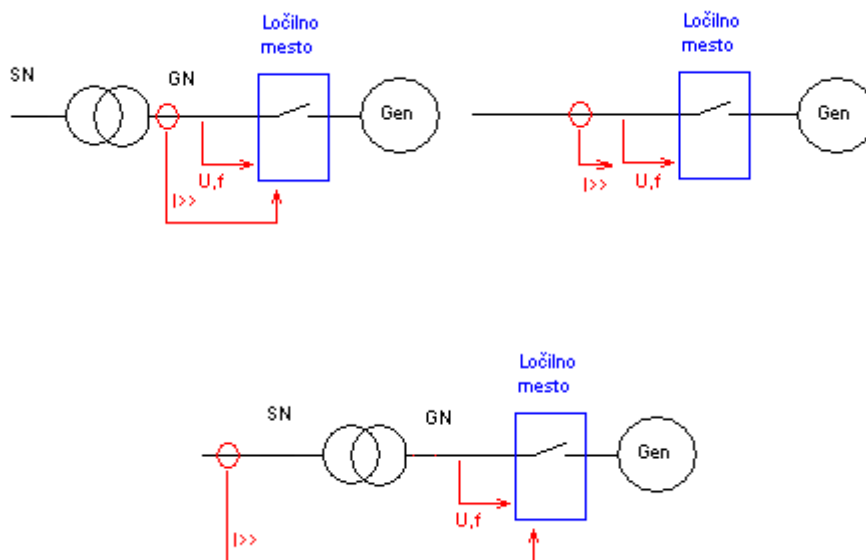
Nad tokovne zaščite, ki delujejo na odklopnik ločilnega mesta, morajo biti izvedene tako, da njihovo aktiviranje povzroči izpad odklopnika, hkrati se morajo blokirati vse manipulacije z odklopnikom s strani proizvodne naprave.

#### a) Izvedbe z varovalkami



GN –napetost PN

#### b) Izvedbe z nadtokovnimi releji



GN –napetost PN

V tem delu je opisano le delovanje zaščit, ki delujejo na odklopnik ločilnega mesta. To ne pomeni, da drugje v omrežju proizvodne naprave nad tokovne zaščite niso potrebne, ampak morajo biti izvedene v skladu s standardi, predpisi in navodili za izgradnjo NN in SN omrežji ter opreme in zahtevami iz soglasja za priključitev.

**Priporočljiva nastavitve in izvedba z nad tokovnimi releji****Izvedba kratkostične zaščite** **$I_{LMKS}$  = nastavitev nad tokovne zaščite ločilnega mesta** **$S_{KSE}$  = kratkostična moč v točki ločilnega mesta prispevek iz proizvodne naprave** **$S_{KSO}$  = kratkostična moč v točki ločilnega mesta prispevek iz omrežja**

$$0,8 \cdot \frac{S_{KSO}}{U_N \cdot \sqrt{3}} > I_{LMKS} \geq 2 \cdot \frac{S_{KSE}}{U_N \cdot \sqrt{3}} \quad (\text{VIII.5})$$

Če je kratkostični prispevek iz omrežja premajhen, prispevek iz proizvodne naprave pa prevelik, se za dosego selektivnosti zahteva vgradnja kratkostične smerne zaščite, ki zaznava le havarije znotraj proizvodne naprave.

 **$t_{LMKS}$  = zakasnilni čas nadtokovne zaščite ločilnega mesta**

**$t_{LMKS}$  = BREZ ZAKASNITVE, izjemoma se lahko nastavi zakasnilni čas, ki zagotavlja selektivnost znotraj omrežja proizvodne naprave, pod pogojem, da prehiteva zaščite javnega omrežja v primeru KS znotraj omrežja proizvodne naprave.**

**Priporočljiva nastavitve zaščite proti preobremenitvi ločilnega mesta** **$I_{LMP}$  = nastavitev zaščite proti preobremenitvi ločilnega mesta** **$S_N$  = nazivna moč ločilnega mesta (je določena že v poglavju o naznačeni moči ločilnega mesta)**

Vedno mora veljati:

$$S_N \geq 1,25 \cdot \sum P_{GEN(PN)} \quad (\text{VIII.6})$$

Pri uporabi zaščit s konstantnim časom izklopa:

$$I_{LMP} = 1,225 \cdot \frac{S_N}{U_N \cdot \sqrt{3}} \cdot (1 \pm 0,05) \quad (\text{VIII.7})$$

 **$t_{LMP}$  = zakasnilni čas zaščite proti preobremenitvi ločilnega mesta** **$t_{LMP}$  = 5 s do 15 s**Pri uporabi inverznih tokovnih zaščit:

Namesto zaščit s konstantnim časom izklopa se priporoča uporabo zaščit z inverzno karakteristiko oziroma bimetalom ekvivalentnih zaščit. Izklopni čas inverznih zaščit, ko tok ločilnega mesta doseže  $I_{LMP}$  mora biti enak  $t_{LMP}$ .

Meja zaznavanja preobremenitve za inverzne zaščite je nižja od  $I_{LMP}$  in se nastavlja po sledeči enačbi: **$I_{LMP-inverz}$  = meja aktivacije inverzne zaščite proti preobremenitvi ločilnega mesta**

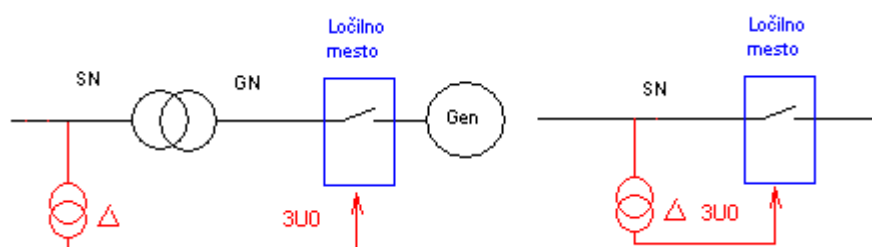
$$I_{LMP-inverz} = 1,05 \cdot \frac{S_N}{U_N \cdot \sqrt{3}} \cdot (1 \pm 0,05) \quad (\text{VIII.8})$$

#### VIII.4. ZEMELJSKOSTIČNE ZAŠČITE

Zemeljskostične zaščite se pri proizvodnih napravah, ki imajo priključno in ločilno mesto na NN distribucijskem napetostnem nivoju, ne zahteva. To ni potrebno, saj enopolni kratek stik v NN omrežju vedno vodi v trajen izklop faze v okvari. Prav tako so tokovi enopolnega kratkega stika dovolj veliki, da povzročijo zadosten padec napetosti in posledično izpad ločilnega mesta zaradi delovanja podnapetostnih zaščit priključene proizvodne naprave.

Proizvodne naprave, ki imajo prevzemno predajno mesto na SN napetostnem nivoju morajo obvezno imeti izvedeno zemeljskostično neusmerjeno zaščito. Ta pogoj velja ne glede na to, ali je ločilno mesto na SN napetostnem nivoju, ali pa na lastni napetosti generatorja.

Priporočamo, da je zemeljskostična zaščita izvedena tako, da meri  $3U_0$  (vezava odprtega trikotnika napetostnih merilnih transformatorjev).



GN –napetost PN

Parameter	Največji dovoljen čas delovanja (s)	Nastavitev
Zemeljskostična zaščita	$t_{zs RV} = t_{zs rtp} + 5 \text{ s}$	$3U_0 = 0,25 \cdot U_{SN}$
$t_{zs rtp}$ Čas, v katerem zemeljskostična zaščita v RTP zazna zemeljski stik in izklopi okvarjen izvod. Ta čas je pri RTP-jih z resonančno ozemljeno nevtralno točko transformatorja 110kV/20kV lahko tudi nekaj 10 sekund.		

Zemeljskostična zaščita mora delovati na odklopnik ali drug stikalni element ločilnega mesta. Ko zemeljski stik ni več detektiran, parametri omrežne napetosti pa so v mejah (ni aktivna nobena od napetostno-frekvenčnih zaščit), gre lahko proizvodna naprava v ponovno sinhronizacijo z omrežjem.

Z zemeljskostično zaščito se dodatno prepreči neželjeno otočno obratovanje v pogojih zemeljskega stika, vendar mora biti izklopilni čas zaščite dovolj dolg, da se prepreči neselektivne izpade vseh proizvodnih naprav. Zemeljskostična zaščita v RTP mora biti vedno hitrejša od zemeljskostične zaščite v proizvodnih napravah.

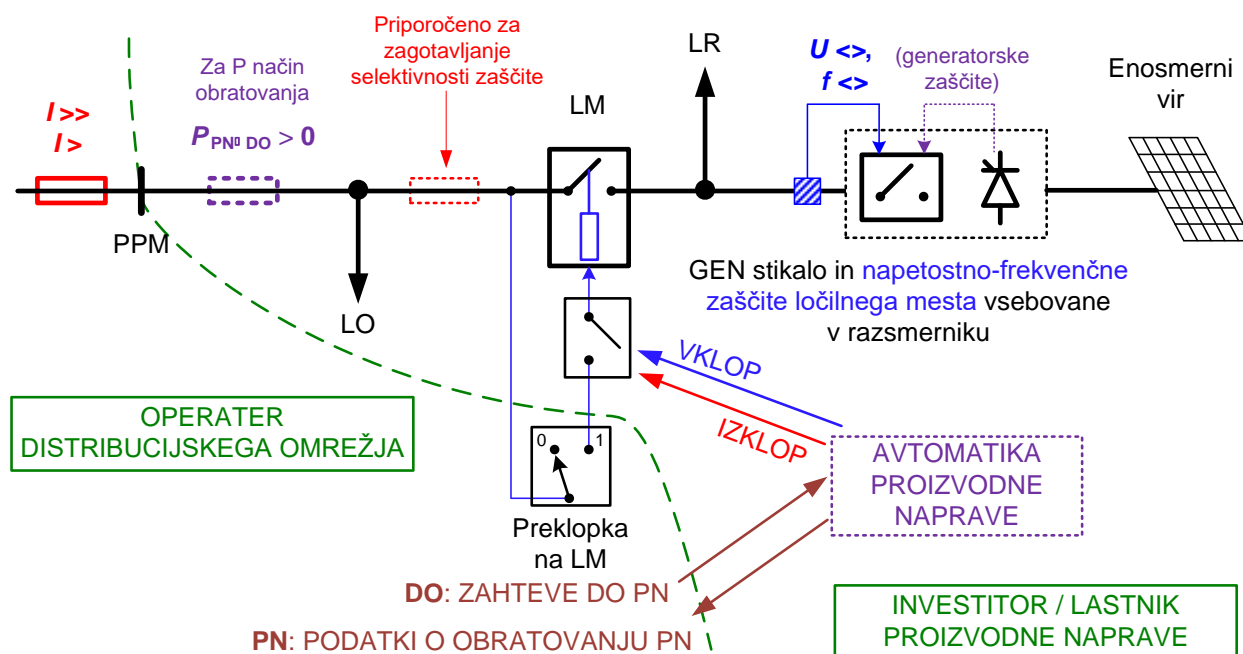
### VIII.5. PRAKTIČNA IZVEDBA LOČILNEGA MESTA

Podajamo dva primera izvedbe ločilnega mesta (sliki VIII.3 in VIII.4). Primera sta zgolj v informacijo o tem, kako enostavno oziroma bolj zapleteno so lahko v posameznih primerih izvedena ločilna mesta glede na potrebe obratovanja proizvodne naprave.

Za LM-je v NN omrežju se lahko za **enostavnejše postroje**, pri katerih ni predvideno lokalno otočno obratovanje in imajo napetostno-frekvenčne zaščite vsebovane v EM, kratkostično zaščito izvede z varovalkami, zaščito pred preobremenitvijo z bimetalnimi elementi ali varovalkami. Stikalo na LM s kontaktorjem, preklopko na LM pa z napajanjem tega kontaktorja preko krmilnega stikala. Lastnik proizvodne naprave si LM vključi ali izključi s pomočjo krmilnega stikala, ki je vezan zaporedno s preklopko LM. Vsi elementi morajo seveda biti projektirani in izvedeni v skladu z veljavno zakonodajo in dobro inženirsko prakso. Primer takšne izvedbe prikazuje slika VIII.3.

Na sliki IX.1 je prikazana proizvodna naprava, ki je v omrežje priključena preko razsmernika, ni pa razsmerniški tip proizvodne naprave pogoj za takšno priključitev. Pomembno je, da so vsebovani vsi elementi ločilnega mesta in to v pravilnem vrstnem redu od PPM do generatorja, kot je to potrebno v primeru porazdeljenega ločilnega mesta.

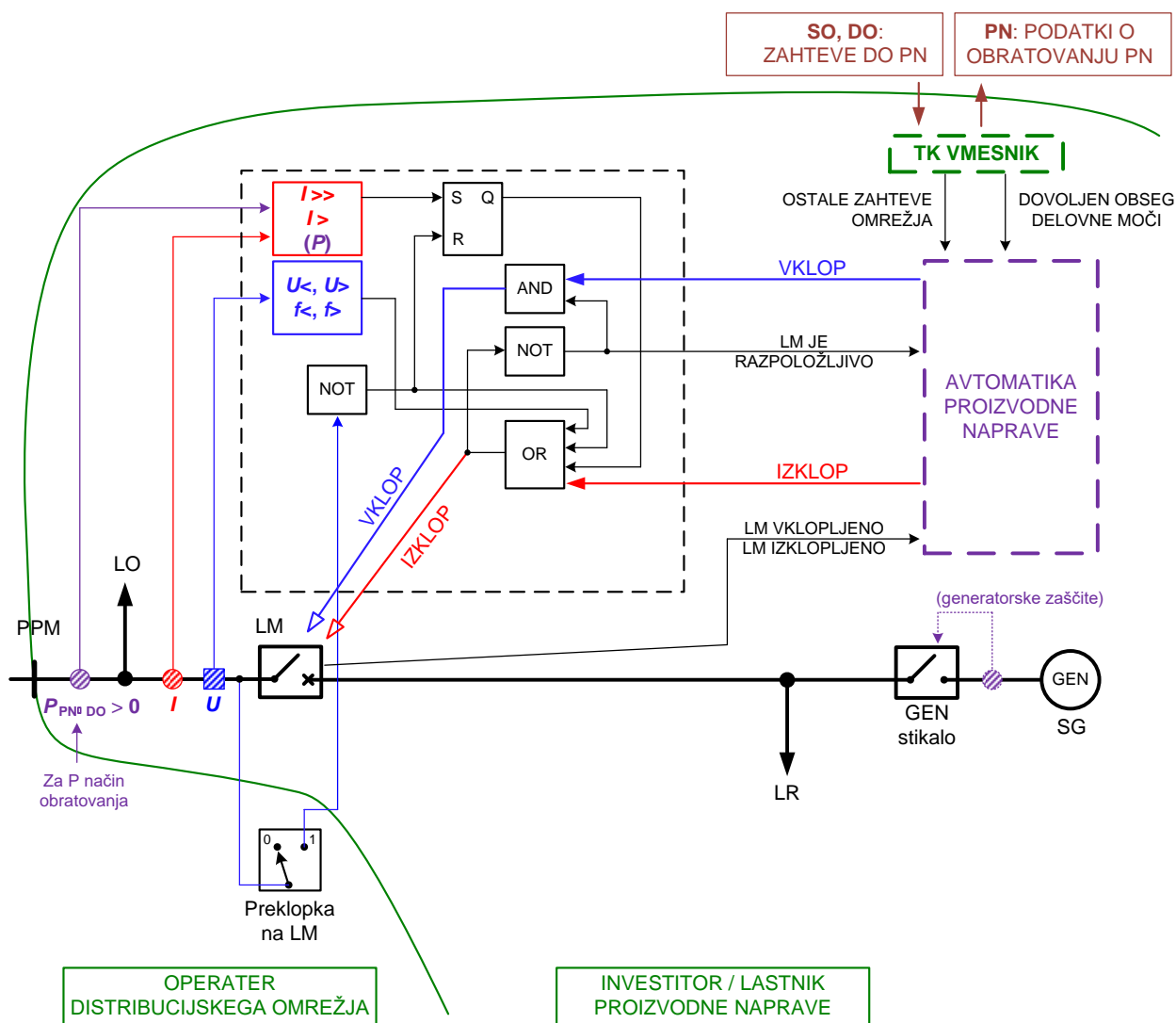
Na sliki VIII.3 so s črtkano črto narisane tudi dodatne varovalke neposredno pred LM, ki so v lastništvu in upravljanju lastnika proizvodne naprave. Te varovalke zagotavljajo selektivno delovanje zaščite znotraj omrežja uporabnika sistema. To pomeni, da okvara znotraj proizvodne naprave ne bo povzročila tudi izpada LO pri uporabniku sistema.



Slika VIII.3 - Primer porazdeljenega ločilnega mesta za način M, ki ima kratkostično in nadtokovno zaščito izvedeno z varovalkami ter napetostno-frekvenčne zaščite vsebovane v posamičnem EM.



Za postroje, ki želijo boljši nadzor nad stanjem in obratovanjem ločilnega mesta ter generatorja (vključno z **možnostjo lokalnega otočnega obratovanja**), pa je primernejša shema na sliki VIII.4, ki omogoča tudi to. V tem primeru je ob ustreznem dimenzioniranju PN mogoče popolno brezprekinitveno napajanje lastnega odjema objekta tudi v primeru izpada omrežja DO. Prav tako je ob ustrezni izvedbi ločilnega mesta (sinhronizator na LM) mogoča ponovna brezprekinitvena sinhronizacija z omrežjem DO. Pogoje za delovanje sinhronizatorja določi projektant naprave glede na lastnosti omrežja DO, kamor je priključena PN, EM in internega omrežja objekta.



Slika VIII.4 - Primer izvedbe ločilnega mesta za način M, ki ima nadtokovno in kratkostično zaščito ter napetostno-frekvenčne zaščite izvedene z zaščitno avtomatiko ter signale, ki generatorjem omogočajo vpogled v stanje ločilnega mesta za lažji avtomatski daljinski vklop s strani avtomatike proizvodne naprave.

### VIII.6. POGOJI POD KATERIMI SE JE PN PO LASTNEM IZKLOPU SPOSOBNA AVTOMATSKO PONOVRNO VKLJUČITI V OMREŽJE

Ta del se nanaša na stanje, ko je omrežje obratuje brez omejitev (napetost in frekvenca sta dolgoročno v okviru predpisanih meja, ki jih določajo zaščitne sheme za razred A in razred B: Z-Uf-A in Z-Uf-B). V praksi je to stanje, ko avtomatika PN po določenem stanju mirovanja (neobratovanja) PN ponovno vključi EM(-je) v distribucijsko omrežje.

Tehnični pogoji PN razreda A in razreda B, da se je sposoben avtomatsko vključiti na omrežje pod predpisanimi pogoji:

1. Napetostno območje na točki priključitve na omrežje:  $0,9 \text{ p.u.} \leq U \leq 1,1 \text{ p.u.}$
1. Frekvenčno območje:  $49,8 \text{ Hz} \leq f \leq 50,1 \text{ Hz}$ , in je nastavljivo znotraj območja med  $47,5 \text{ Hz} \leq f \leq 51,0 \text{ Hz}$ .
2. Ukaz na vhodni vmesnik PN za prenehanje zagotavljanja delovne moči na izhodu PN ni aktiven.
3. Čas opazovanja (čas, v katerem morajo biti neprekinjeno izpolnjeni vsi zgoraj zahtevani pogoji):  $T_{\text{opazovanja}} = 60 \text{ s}$ , in je nastavljiv znotraj območja med 0 s in 300 s.
4. Največja dovoljena hitrost spremembe želene delovne moči:  $\Delta P_{\text{žel}} \leq 20 \% P_{\text{max/min}}$  in je nastavljiva znotraj območja do vrednosti  $\Delta P_{\text{žel}} \leq 20 \% P_{\text{max/min}}$ .

Avtomatski ponovni vklop v omrežje za PN razreda C, po nenamernem izklopu zaradi motnje v omrežju, ni dovoljen, razen če zadevni sistemski operater v sodelovanju z zadevnim sistemskim operaterjem prenosnega omrežja ne določi drugače. Avtomatski vklop v omrežje je odvisen od posameznega dovoljenja, ki se ga določi v *Soglasju za priključitev*.

PN razreda D se ne smejo avtomatsko ponovno vključiti na omrežje. Pogoji za vključitev razreda D v omrežje so določeni v *Soglasju za priključitev*.

## IX. OBRATOVANJE PROIZVODNE NAPRAVE – FREKVENČNA STABILNOST IN KARAKTERISTIKA DELOVNE MOČI

V skupnem evropskem elektroenergetskem omrežju ENTSO-E je enotna nazivna frekvenca 50 Hz. Dejanska trenutna frekvenca v omrežju je posledica razlike proizvodnje in porabe delovne moči v njem. Če je proizvodnje delovne moči več, kot pa je porabe, frekvenca v omrežju narašča. Analogno temu frekvenca pada, ko je porabe delovne moči v omrežju preveč. Zaradi nenehno spreminjajoče porabe in slabo napovedljive proizvodnje iz razpršenih obnovljivih virov, se frekvenca v omrežju neprestano spreminja. Naprave pa potrebujejo za svoje obratovanje čim bolj konstantno frekvenco.

Zato imajo sistemski operaterji omrežij pri določenih proizvajalcih električne energije zakupljeno regulacijsko delovno moč, ki se samodejno aktivira, dokler je frekvenca še znotraj dogovorjenih meja (**FON** – Frekvenčno Občutljiv Način). Ko pa frekvenca preseže te meje, morajo pri regulaciji frekvence pomagati (glede na tip EM) vsi viri v omrežju, tudi razpršeni v distribucijskem omrežju (**OFON** – Omejen Frekvenčno Občutljiv Način, ki je lahko **-Nad** ali **-Podfrekvenčni**).

Prav tako morajo biti vsi EM kar najbolj odporni na spreminjanje frekvence in morajo biti sposobni obratovanja tudi pri frekvencah, ki odstopajo za več kot 2 % od nazivne frekvence. Določene PN imajo vgrajene zaščitne releje, ki v primeru izpada napajalnega voda izključijo PN iz omrežja. Ti releji delujejo po principu detekcije:

- skoka vektorja (kota) napetosti (t.i. "Vector Shift") in/ali
- gradienta frekvence (t.i. "RoCoF – Rate of Change of Frequency), ki se zgodi v delu omrežja po tem, ko izpade iz sinhronizma z ostalim napajalnim omrežjem.

Za čim bolj nemoteno delovanje skupnega evropskega omrežja je pomembno, da PN ne izpadejo iz omrežja zaradi prehitrega delovanja teh relejev, ki se lahko zgodi zaradi drugih dogodkov v omrežju, saj s tem po nepotrebnem ogrožajo debalans delovne moči v celotnem omrežju.

V pogojih paralelnega obratovanja z omrežjem za proizvodne naprave, ki niso sistemsko vodene proizvodne naprave, ni primerno, da se odzivajo na spremembe frekvence, dokler je frekvenca znotraj meja  $50 \text{ Hz} \pm 200 \text{ mHz}$ , saj to lahko vodi v neželeno otočno obratovanje posameznih delov elektroenergetskega sistema. Frekvenčno odvisna karakteristika moči generatorja pa je (v skladu z RfG) obvezna, če frekvenca preide izven območja  $50 \text{ Hz} \pm 200 \text{ mHz}$  ali je zahtevano otočno obratovanje za napajanje porabnikov znotraj proizvodne naprave. Iz tega sledi nekaj zahtev, ki jih morajo izpolnjevati regulatorji delovne moči. Zahteve so različne glede na tipe EM.

### IX.1. SPLOŠNE ZAHTEVE

Splošne zahteve, ki jih morajo PN vseh štirih tipov (A, B, C in D) izpolnjevati zaradi določil uredbe RfG. Lastnik PN se odloči ali bo ustreznost odziva dokazoval za celotno PN ali po posameznih EM, vsebovanih v PN. Priporoča se, da so dokazila podana za vsak posamezen EM znotraj PN. Če lastnik dokazuje lastnosti za celotno PN je dokaz sposobnosti vedno vezan na instalirano vsoto moči vseh EM, vsebovanih v PN.

#### IX.1.1. Frekvenčna stabilnost

EM morajo izpolnjevati naslednje zahteve glede frekvenčne stabilnosti.

**Razpredelnica IX.1: Splošne zahteve glede frekvenčnega območja obratovanja EM in časovna perioda obratovanja.**

Frekvenčno območje	Časovna perioda obratovanja
47,5 Hz-49,0 Hz	Najmanj 30 minut
49,0 Hz-51,0 Hz	Neomejeno
51,0 Hz-51,5 Hz	Najmanj 30 minut

### IX.1.2. Hitrost spremembe frekvence (RoCoF)

Spreminjanje frekvence ne sme ogroziti stabilnosti obratovanja EM in s tem stabilnosti obratovanja ENTSO-E omrežja.

EM mora ostati vključen na omrežje in stabilno obratovati pri hitrosti spremembe frekvence (RoCoF) nad  $\pm 2$  Hz/s s 500 ms oknom na podlagi drsečega povprečja pri točnosti meritve RoCoF najmanj  $\pm 10$  mHz/s.

EM tipa C ali tipa D, ki sodelujejo v shemi/načrtu vzpostavitve elektroenergetskega sistema (EES) (od spodaj navzgor ali v otočnem obratovanju ali pri prehodu v otočno obratovanje) ali so priključeni v delu omrežja, ki je izpostavljen večjim tveganjem / verjetnosti prehoda v otočno obratovanje, se zahteva sposobnost ostati vključen na omrežje in obratovati ob hitrosti spremembe frekvence (RoCoF) najmanj do vrednosti  $\pm 5$  Hz/s.

### IX.1.3. Karakteristika delovne moči D-1 (OFON-N za module tip A, B)

PN oziroma vsebovani EM-ji tipov A in B morajo biti sposobni samodejno zmanjšati proizvedeno delovno moč, ko frekvenca preseže 50,2 Hz. Obenem ta delovna moč ne sme biti višja od omejitev, ki jih postavi zaradi značilnosti obratovanja svojega omrežja DO.

Investitor se odloči ali bo ustreznost odziva dokazoval za celoten PN ali po posamičnih EM vsebovanih v PN.

PN oziroma kombinacija EM-jev morajo slediti naslednji frekvenčno odvisni karakteristiki:

$$P_{EM} = \min \left[ (P_{SET}), \left( P_{SET} + P_{MAX} \frac{50,2 - f_{ACT}}{0,05 \cdot f_N} \right), (P_{DO-LIM}) \right] \pm (0,12 \cdot P_{MAX})$$

$P_{EM}$ -izhodna trenutna moč EM,

$P_{SET}$ -nastavljena zelena delovna moč EM, dovoljena hitrost spremembe je  $\left| \frac{P_{SET}}{dt} \right| \leq 0,2 \cdot \frac{P_{MAX}}{60 s}$

$P_{MAX}$ -nazivna delovna moč EM,

$f_{ACT}$ -trenutna frekvenca omrežja, točnost meritve mora biti vsaj  $\pm 50$  mHz s 100 ms oknom

$f_N$ -nazivna frekvenca (50 Hz),

$P_{DO-LIM}$ -omejevanje delovne moči s strani DO, zahtevan odziv EM ob spremembi  $P_{DO-LIM}$  je  $\left| \frac{P_{EM}}{dt} \right| \geq \frac{P_{MAX}}{5 s}$ , razen za EM, kjer tehnologija omejuje hitrost odziva. V takšnih primerih se upošteva izjavo proizvajalca z utemeljenim tehnološkim pojasnilom.

$P_{MAX} \frac{50,2 - f_{ACT}}{0,05 \cdot f_N}$ —odziv na deviacijo frekvence, hitrost odziva na deviacijo frekvence:

- Ob delujoči daljinski komunikaciji:  $\left| \frac{P_{EM}}{dt} \right| \geq 0,2 \cdot \frac{P_{MAX}}{60 s}$
- Ob nedelujoči daljinski komunikaciji  $0,2 \cdot \frac{P_{MAX}}{60 s} \leq \left| \frac{P_{EM}}{dt} \right| \leq 0,1 \cdot \frac{P_{MAX}}{60 s}$

$(0,12 \cdot P_{MAX})$ -dopustno absolutno odstopanje v stacionarnem stanju z upoštevanjem najdaljših dopustnih hitrosti odziva.

#### IX.1.4. Karakteristika delovne moči D-2 (OFON-N, OFON-P, za module tip C, D)

PN oziroma vsebovani EM-ji tipov C in D morajo biti sposobni samodejno zmanjšati proizvedeno delovno moč, ko frekvenca preseže 50,2 Hz. Prav tako pa morajo biti sposobni povečati svojo delovno moč, če se frekvenca zniža pod 49,8 Hz, če seveda primarni vir energije in uporabljena tehnologija pri pretvorbi električne energije to omogočata. Obenem ta delovna moč ne sme biti višja od omejitev, ki jih postavi zaradi značilnosti obratovanja svojega omrežja DO.

EM morajo slediti sledeči frekvenčno odvisni karakteristiki.

Obratovanje pri frekvencah nad 50Hz (OFON-N)

$$P_{EM} = \left( \min \left[ (P_{SET} + \Delta P_{SO}), \left( P_{SET} + \Delta P_{SO} + P_{MAX} \frac{50,2 - f_{ACT}}{0,05 \cdot f_N} \right) \right] \leq P_{DO-LIM} \right) \pm (0,12 \cdot P_{MAX})$$

Obratovanje pri frekvencah pod 50Hz (OFON-P)

$$P_{EM} = \left( \max \left[ (P_{SET} + \Delta P_{SO}), \left( P_{SET} + \Delta P_{SO} + P_{MAX} \frac{49,8 - f_{ACT}}{0,05 \cdot f_N} \right) \right] \leq P_{DO-LIM} \right) \pm (0,12 \cdot P_{MAX})$$

$P_{EM}$ -izhodna trenutna moč EM,

$P_{SET}$ -nastavljena zelena delovna moč EM, dovoljena hitrost spremembe je  $\left| \frac{P_{SET}}{dt} \right| = 0,2 \cdot \frac{P_{MAX}}{60 s}$

$P_{MAX}$ -nazivna delovna moč EM,

$f_{ACT}$ -trenutna frekvenca omrežja, točnost meritve mora biti vsaj  $\pm 50$  mHz s 100 ms oknom,

$f_N$ -nazivna frekvenca (50 Hz),

$\Delta P_{SO}$ -zahteva po spremembi delovne moči s strani sistemkega operaterja

$P_{DO-LIM}$ -omejevanje delovne moči s strani DO, zahtevan odziv EM ob spremembi  $P_{DO-LIM}$  je  $\left| \frac{P_{EM}}{dt} \right| \geq \frac{P_{MAX}}{5 s}$ , razen za EM, kjer tehnologija omejuje hitrost odziva. V takšnih primerih se upošteva izjavo proizvajalca z utemeljenim tehnološkim pojasnilom.

$P_{MAX} \frac{50,2 - f_{ACT}}{0,05 \cdot f_N}, P_{MAX} \frac{49,8 \text{ Hz} - f_{ACT}}{0,05 \cdot f_N}$  – odziv na deviacijo frekvence, hitrost odziva na deviacijo frekvence:

- Ob delujoči daljinski komunikaciji:  $\left| \frac{P_{EM}}{dt} \right| \geq 0,2 \cdot \frac{P_{MAX}}{60 s}$
- Ob nedelujoči daljinski komunikaciji  $0,2 \cdot \frac{P_{MAX}}{60 s} \leq \left| \frac{P_{EM}}{dt} \right| \leq 0,1 \cdot \frac{P_{MAX}}{60 s}$

$(0,12 \cdot P_{MAX})$ -dopustno absolutno odstopanje v stacionarnem stanju z upoštevanjem najdaljših dopustnih hitrosti odziva.

### IX.1.5. Karakteristika delovne moči D-3 (OFON-N, OFON-P, FON za module tip C, D)

PN oziroma vsebovani EM-ji morajo slediti sledeči frekvenčno odvisni karakteristiki. Karakteristika velja le za module, ki imajo sklenjeno pogodbo za nudenje sistemske storitve FON in imajo sklenjeno pogodbo za obratovanje v izrednih stanjih.

Obratovanje s pogodbo o FON, znotraj  $\pm 200$  mHz:

$$P_{EM} = \left( \left( P_{SET} + \Delta P_{SO} + P_{MAX} \frac{50 \text{ Hz} - f_{ACT}}{s_1 \cdot f_N} \right) \leq P_{DO-LIM} \right) \pm (0,05 \cdot P_{MAX})$$

$s_1$ -statična karakteristika FON skladno s pogodbo/zakupom

Obratovanje pri frekvencah nad 50,2 Hz (OFON-N)

$$P_{EM} = \left( \left( P_{SET} + \Delta P_{SO} + \min \left\{ P_{MAX} \cdot \frac{50 \text{ Hz} - f_{ACT}}{s_1 \cdot f_N}, P_{MAX} \cdot \frac{50,2 \text{ Hz} - f_{ACT}}{0,05 \cdot f_N} \right\} \right) \leq P_{DO-LIM} \right) \pm (0,1 \cdot P_{MAX})$$

Obratovanje pri frekvencah pod 49,8 Hz (OFON-P)

$$P_{EM} = \left( \left( P_{SET} + \Delta P_{SO} + \max \left\{ P_{MAX} \cdot \frac{50 \text{ Hz} - f_{ACT}}{s_1 \cdot f_N}, P_{MAX} \cdot \frac{49,8 \text{ Hz} - f_{ACT}}{0,05 \cdot f_N} \right\} \right) \leq P_{DO-LIM} \right) \pm (0,1 \cdot P_{MAX})$$

$$\leq P_{DO-LIM}$$

Če frekvenca preseže mejno vrednost  $|f_{ACT} - f_N| > 0,5$  Hz, mora modul vzdrževati karakteristiko delovne moči, ki je navedena spodaj. Če je frekvenca znotraj  $|f_{ACT} - f_N| \leq 0,2$  Hz celih 30 minut se to stanje lahko prekine in preide v normalno obratovalno stanje.

$$P_{EM} = \left( \left( P_{SET} + \Delta P_{SO} + P_{MAX} \cdot \frac{50 \text{ Hz} - f_{ACT}}{0,05 \cdot f_N} \right) \leq P_{DO-LIM} \right) \pm (0,1 \cdot P_{MAX})$$

$P_{EM}$ -izhodna trenutna moč EM na generatorju,

$P_{SET}$ -nastavljena zelena delovna moč EM, dovoljena hitrost spremembe je  $\left| \frac{P_{SET}}{dt} \right| = 0,2 \cdot \frac{P_{MAX}}{60 \text{ s}}$

$P_{MAX}$ -nazivna delovna moč EM,

$f_{ACT}$ -trenutna frekvenca omrežja, točnost meritve mora biti vsaj  $\pm 10$  mHz s 100 ms oknom,

$f_N$ -nazivna frekvenca (50 Hz),

$\Delta P_{SO}$ -zahteva po spremembi delovne moči s strani sistemskega operaterja

$\Delta P_{FON}$ -zakupljen odziv za uravnavanje frekvence znotraj ( $49,8 \text{ Hz} \leq f_{ACT} \leq 50,2 \text{ Hz}$ )

$s_1 = \frac{P_{MAX}}{\Delta P_{FON}} \cdot \frac{0,2 \text{ Hz}}{50 \text{ Hz}}$ -izračunana statična karakteristika delovne moči v odvisnosti od zakupljenega odziva z namenom uravnavanja frekvence

$P_{DO-LIM}$ -omejevanje delovne moči s strani DO, zahtevan odziv EM ob spremembi  $P_{DO-LIM}$  je  $\left| \frac{P_{EM}}{dt} \right| \geq \frac{P_{MAX}}{5 \text{ s}}$ , razen za EM, kjer tehnologija omejuje hitrost odziva. V takšnih primerih se upošteva izjavo proizvajalca z utemeljenim tehnološkim pojasnilom.

$P_{MAX} \frac{50 \text{ Hz} - f_{ACT}}{s_1 \cdot f_N}$  -odziv delovne moči skladen s pogodbo o nudenju sistemskih storitev. Hitrost odziva mora biti vsaj  $\left| \frac{P_{EM}}{dt} \right| \geq \frac{\Delta P_{FON}}{30 \text{ s}}$ , zakasnilni čas odziva sme biti največ 2 s, razen tehnologija tega ne omogoča. Omejitev zakupa je  $\Delta P_{FON} \leq 0,1 \cdot P_{MAX}$ ,

$P_{MAX} \frac{50,2 - f_{ACT}}{0,05 \cdot f_N}, P_{MAX} \frac{49,8 \text{ Hz} - f_{ACT}}{0,05 \cdot f_N}$  -odziv na deviacijo frekvence, hitrost odziva na deviacijo frekvence mora biti vsaj  $\left| \frac{P_{EM}}{dt} \right| \geq 0,2 \cdot \frac{P_{MAX}}{60 \text{ s}}$ .

$(0,1 \cdot P_{MAX})$  oziroma  $(0,05 \cdot P_{MAX})$ -dopustno absolutno odstopanje v stacionarnem stanju z upoštevanjem najdaljših dopustnih hitrosti odziva.

Če daljinska komunikacija do PN ne deluje, mora EM takoj preiti v karakteristiko delovne moči D-2.

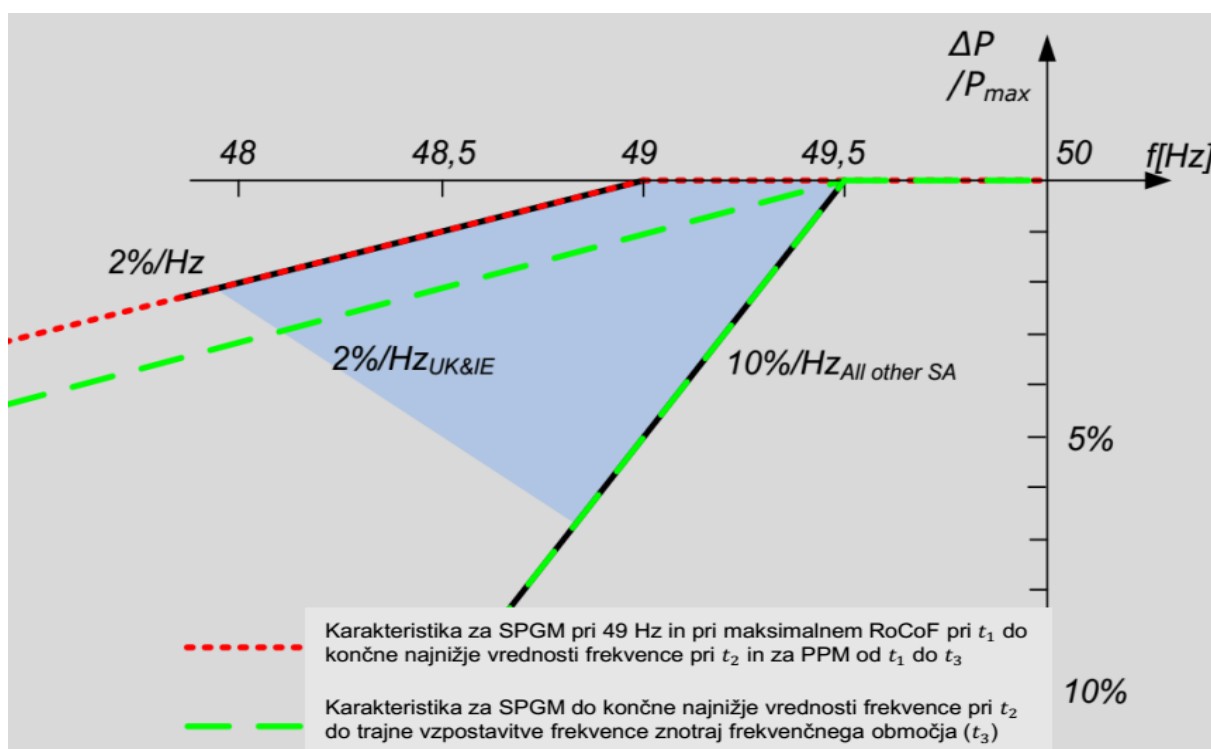
#### IX.1.6. Dopustno zmanjšanje delovne moči iz največje izhodne delovne moči glede na padajočo frekvenco in veljavni okoljski pogoji

Pri znižanju sistemske frekvence pod 50 Hz se zaradi tehničnih omejitev EM-jev zmanjša tudi njihova delovna moč. Preveliko zmanjšanje delovne moči bi lahko povzročilo težave v celotnem omrežju ENTSO-E. Zaradi tega se dovoljeno zmanjšanje delovne moči zaradi padajoče frekvence omeji. Za vse tipe EM-jev se zahteva:

1. največje dopustno zmanjšanje delovne moči iz največje izhodne delovne moči (največje zmogljivosti -  $P_{max}$ ) glede na padajočo frekvenco kot prikazuje slika:

Ob upoštevanju potreb EES in tehnoloških omejitev sta podana dva profila, ki ločeno zajemata:

- a) prehodno stanje EM (v času med  $t_1$  in  $t_2$ ) in
- b) stacionarno stanje (v času med  $t_2$  in  $t_3$ ).



Slika IX.1: Največje dopustno zmanjšanje delovne moči iz največje izhodne delovne moči glede na padajočo frekvenco. Oznaka SPGM na sliki pomeni SPEM.

Če ne obstajajo tehnične omejitve za ohranjanje delovne moči glede na padajočo frekvenco je zmanjšanje delovne moči nedopustno.

Razpredelnica IX.2 zajema zahtevo v prehodnem stanju, v katerem se zahteva, da v času najmanj do 30 sekund EM (glede na padajočo frekvenco) ne preseže omejitve 2 % zmanjšanja največje delovne moči na Hz ( $2 \% P_{max}/Hz$ ), kar omogoča aktiviranje delovanja drugih sistemov za regulacijo frekvence. V stacionarnem stanju (po preteku 30 sekund od nastopa incidenta) je EM dovoljeno, če je to potrebno,

največje zmanjšanje delovne moči, ki ne preseže omejitve 10 % največje delovne moči na Hz ( $10\% P_{\max}/\text{Hz}$ ).

**Razpredelnica IX.2: Največje dopustno zmanjšanje delovne moči iz največje izhodne delovne moči glede na padajočo frekvenco za EM: sinhrono povezan EM (SPEM) in modul v proizvodnem polju (PPM).**

	Parametri	SPEM	MPP
Prehodno stanje	frekvenčni prag	49 Hz	49 Hz
	naklon	$\leq 2\% P_{\max}/\text{Hz}$	$\leq 2\% P_{\max}/\text{Hz}$
	$t_1$	$\leq 2\text{ s}$	$\leq 2\text{ s}$
	$t_2$	30 s	30 s
Stacionarno stanje	frekvenčni prag	49,5 Hz	49 Hz
	naklon	$\leq 10\% P_{\max}/\text{Hz}$	$\leq 2\% P_{\max}/\text{Hz}$
	$t_3$	30 min	30 min

2. Veljavni okoljski pogoji ob upoštevanju tehnične zmogljivosti EM (standardni okoljski pogoji) so opredeljeni pri:

- Temperaturi: 25° C
- Nadmorska višina: med 0 m in 600 m
- Vlažnost: med 15 in 20 g H<sub>2</sub>O / kg

Od EM se zahteva, da zagotovi pričakovane karakteristike pri naslednjem nizu temperatur [-10°C, 0°C, 15°C, 25°C, 30°C, 40°C]. To ne pomeni, da je potrebno navedeno zahtevo (največje dopustno zmanjšanje delovne moči iz največje izhodne delovne moči glede na padajočo frekvenco) izpolniti za celoten niz temperatur, vendar so te informacije pomembne za sistemskega operaterja prenosnega omrežja, da lahko določi obseg rezerv (rezerve za vzdrževanje frekvence, rezerve za povrnitev frekvence in rezerve za nadomestitev), kot tudi shemo podfrekvenčnega razbremenjevanja in sčasoma tudi minimalno vztrajnost EES. Poleg tega bo zagotovitev teh informacij omogočala preverjanje skladnosti EM z določeno zahtevo.

#### IX.1.7. Regulacija želene vrednosti delovne moči in regulacijsko območje za tip C in tip D

Regulacijski sistem PN oziroma vsebovanih EM-jev mora, glede na regulacijo delovne moči in regulacijsko območje, biti zmožen:

- prilagoditi izhodno delovno moč EM (na točki priključitve EM na omrežje) na novo nastavljeno vrednost (želeno vrednost izhodne delovne moči EM) v času znotraj periode:
  - krajše od 15 minut **pri povečanju** delovne moči pri SPEM. Za SPEM velja  $dP/dt$ :
    - HE:  $dP/dt \geq 40\% P_{\max}/\text{min}$
    - plinska elektrarna:  $dP/dt \geq 10 - 20\% P_{\max}/\text{min}$
    - ostali SPEM:  $dP/dt \geq 5\% P_{\max}/\text{min}$
  - krajše od 1 minute **pri povečanju** delovne moči pri MPP. Za MPP velja  $dP/dt \geq 200\% P_{\max}/\text{min}$ .
- doseči novo želeno vrednost glede na razpoložljivost vira energije za EM, ki se nanaša na novo želeno vrednost znotraj tolerance:  $\pm 1,5\% P_{\max}$

P izhodna delovna moč EM na točki priključitve EM na omrežje.



Zahtevane vrednosti  $dP/dt$  so lahko nižje, če tako zahteva sistemski operater prenosnega sistema. Najmanjše in največje omejitve hitrosti spremembe delovne moči na izhodu (minimalne in maksimalne limite rampe) v obeh smereh, navzgor in navzdol, ob upoštevanju specifičnih karakteristik tehnologije pogonskega stroja določi zadevni sistemski operater ob uskladitvi z zadevnim sistemskim operaterjem prenosnega omrežja v *Soglasju za priključitev* na omrežje za vsak primer priključitve posebej, ter se jo poda v pogodbo za priključitev na omrežje.

#### **IX.1.8. Ročni, lokalni ukrepi, kadar avtomatski regulacijski sistem na daljavo ne deluje za tip C in D**

Zaradi dogodkov na komunikacijskih povezavah se lahko zgodi, da DO in SO ne moreta dostopati do PN tipov C in D in ji nastavljati delovne moči. V teh primerih mora operater PN to storiti ročno, z obiskom na objektu.

##### **PN tip C**

V primerih, kjer naprave za avtomatsko daljinsko nastavitve ne delujejo, je:

1. zahtevana toleranca za doseg želene vrednosti delovne moči  $\leq 10\% P_{\max}$ .
2. čas, potreben za doseganje želene vrednosti delovne moči  $\leq 6$  ur.

##### **PN tip D**

V primerih, kjer naprave za avtomatsko daljinsko nastavitve ne delujejo, je:

1. zahtevana toleranca za doseg želene vrednosti delovne moči  $\leq 5\% P_{\max}$ .
2. čas, potreben za doseganje želene vrednosti delovne moči  $\leq 60$  min.

#### **IX.1.9. Sposobnost PN zagotavljanja obnovitve delovne moči po okvari za tip B, tip C in tip D**

Ko okvare v omrežju povzroči motnje obratovanja PN, mora le-ta biti spodoben po okvari zagotavljati enako delovno moč, kot jo je zagotavljal pred okvaro, seveda če je na voljo dovolj primarnega vira energije.

##### **Sinhrono povezana PN.**

Po okvari obratuje pri enaki referenčni delovni moči turbinske regulacije kot pred okvaro. Med okvaro, ko napetost pade pod 0,5 p.u., ne sme povečevati referenčne delovne moči.

##### **Modul v proizvodnem polju.**

Obnovitev delovne moči po okvari se začne takoj, ko napetost doseže 85% nazivne napetosti.

Modul v proizvodnem polju (MPP) mora biti sposoben zagotavljanja obnovitve delovne moči po okvari s hitrostjo naraščanja delovne moči v vrednosti najmanj  $20\% P_{\max}/s$ . Ob znižani napetosti v omrežju se lahko trenutna delovna moč zmanjša sorazmerno z razmerjem med padcem napetosti in nazivno napetostjo MPP.

Obnovitev delovne moči se zagotovi v celotnem obsegu delovne moči pred motnjo.

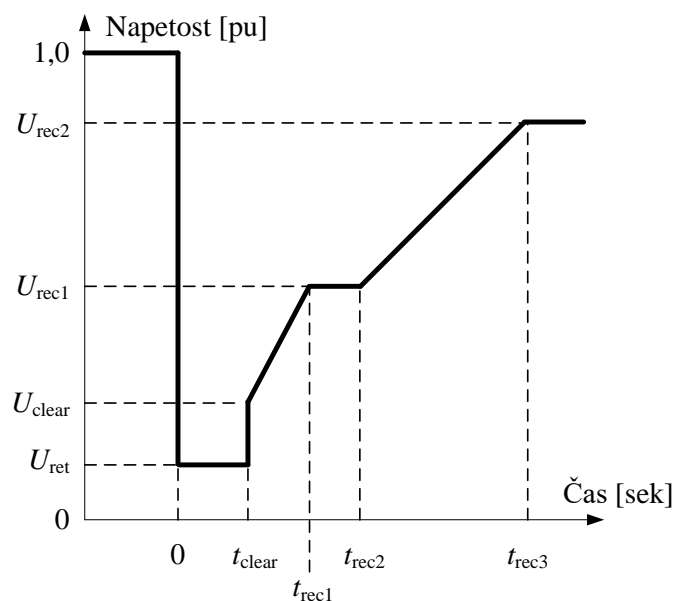
Ob znižani napetosti v omrežju se lahko trenutna delovna moč zmanjša sorazmerno z razmerjem med padcem napetosti in nazivno napetostjo MPP.

Natančnost obnovitve delovne moči znaša  $\pm 5\%$  delovne moči pred motnjo.

## X. OBRATOVANJE – KOTNA STABILNOST EM

Ko se v omrežju zgodi dogodek oziroma okvara, ga zaščitni sistem v omrežju omeji in odpravi. V času dogodka se velikokrat pojavijo napetostni upadi, ki pa ob normalnem delovanju zaščitnih sistemov ne smejo povzročiti izpadov PN, ki niso neposredno v okvarjenem delu omrežja. Tako morajo biti EM sposobni preživeti okvaro in po okvari obratovati naprej v omrežju (robustnost PN). Tej sposobnosti pravimo "FRT (Fault-Ride-Through) karakteristika". Za različne vrste EM je zaradi uporabljene tehnologije EM FRT določena različno.

Posamezni tipi EM morajo glede na vrsto (SPEM ali MPP) izkazovati naslednje značilnosti glede robustnosti (FRT karakteristika), kot so navedene v nadaljevanju..

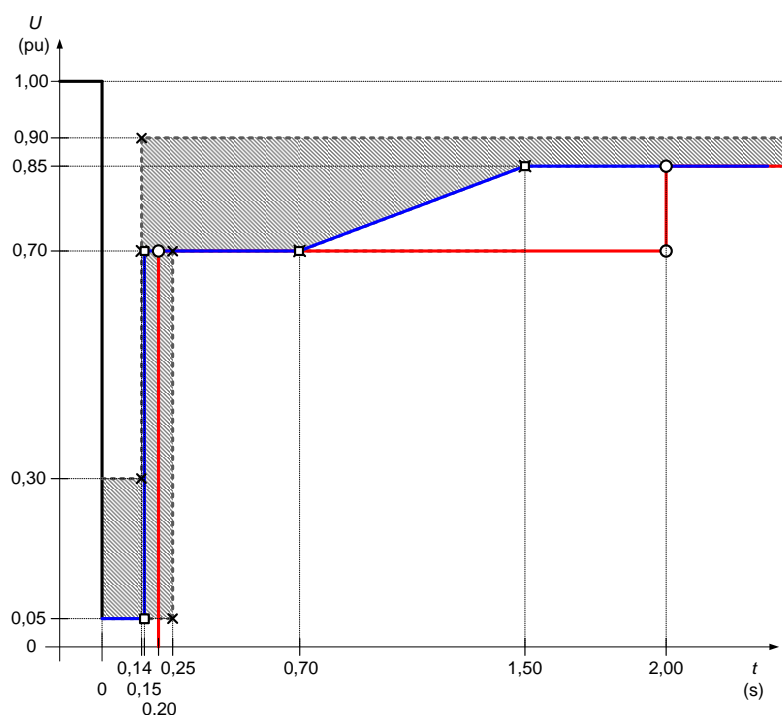


Slika X.1 - Splošna FRT karakteristika.

### X.1. FRT KARAKTERISTIKA ZA SINHRONO POVEZANE MODULE (SPEM)

Spodnja slika prikazuje splošno FRT karakteristiko. Zaščita v omrežju in z njo povezana zaščita na generatorjih upošteva zmožnosti tehnologije sinhronskih generatorjev. Tako so za vse sinhrono povezane module v SN in NN omrežju z zaščito SN in NN omrežja pogojeni parametri naslednji:

$U_{ret}$	= 0,05 pu	$t_{clear}$	= 0,150 s
$U_{clear}$	= 0,70 pu	$t_{rec1}$	= 0,150 s
$U_{rec1}$	= 0,70 pu	$t_{rec2}$	= 0,700 s
$U_{rec2}$	= 0,85 pu	$t_{rec3}$	= 1,500 s



#### LEGENDA:

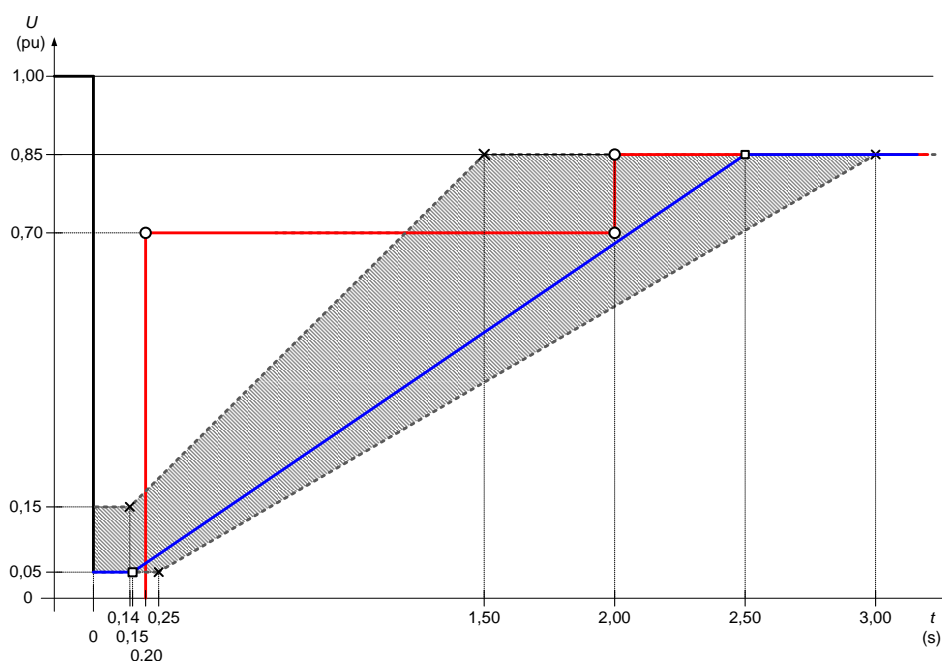
- x-- Najmilejša mogoča FRT karakteristika v skladu z RfG
- x-- Najbolj stroga mogoča FRT karakteristika v skladu z RfG
- Karakteristika zaščite na ločilnem mestu PGM
- FRT karakteristika za sinhrono povezane PGM

Slika X.2 - FRT karakteristika za sinhrono povezane EM-je tipov B, C in D v NN in SN omrežju.

## X.2. FRT KARAKTERISTIKA ZA MODULE V PROIZVODNEM POLJU (MPP)

Spodnja slika prikazuje splošno FRT karakteristiko. Zaščita v omrežju in z njo povezana zaščita na generatorjih upošteva zmožnosti pretvorniške tehnologije. Za vse module v proizvodnem polju (MPP) so z zaščito SN in NN omrežja pogojeni in z upoštevanjem lastnosti pretvorniške tehnologije parametri naslednji:

$U_{ret}$	= 0,05 pu	$t_{clear}$	= 0,150 s
$U_{clear}$	= 0,05 pu	$t_{rec1}$	= 0,150 s
$U_{rec1}$	= 0,05 pu	$t_{rec2}$	= 0,150 s
$U_{rec2}$	= 0,85 pu	$t_{rec3}$	= 2,500 s



### LEGENDA:

- x-- Najmilejša mogoča FRT karakteristika v skladu z RfG
- x-- Najbolj stroga mogoča FRT karakteristika v skladu z RfG
- Karakteristika zaščite na ločilnem mestu PGM
- FRT karakteristika za module v proizvodnem polju MPP

Slika X.3 - FRT karakteristika za MPP-je tipov B, C in D v NN in SN omrežju.

## XI. OBRATOVANJE – NAPETOSTNA STABILNOST IN ZAGOTAVLJANJE JALOVE MOČI EM

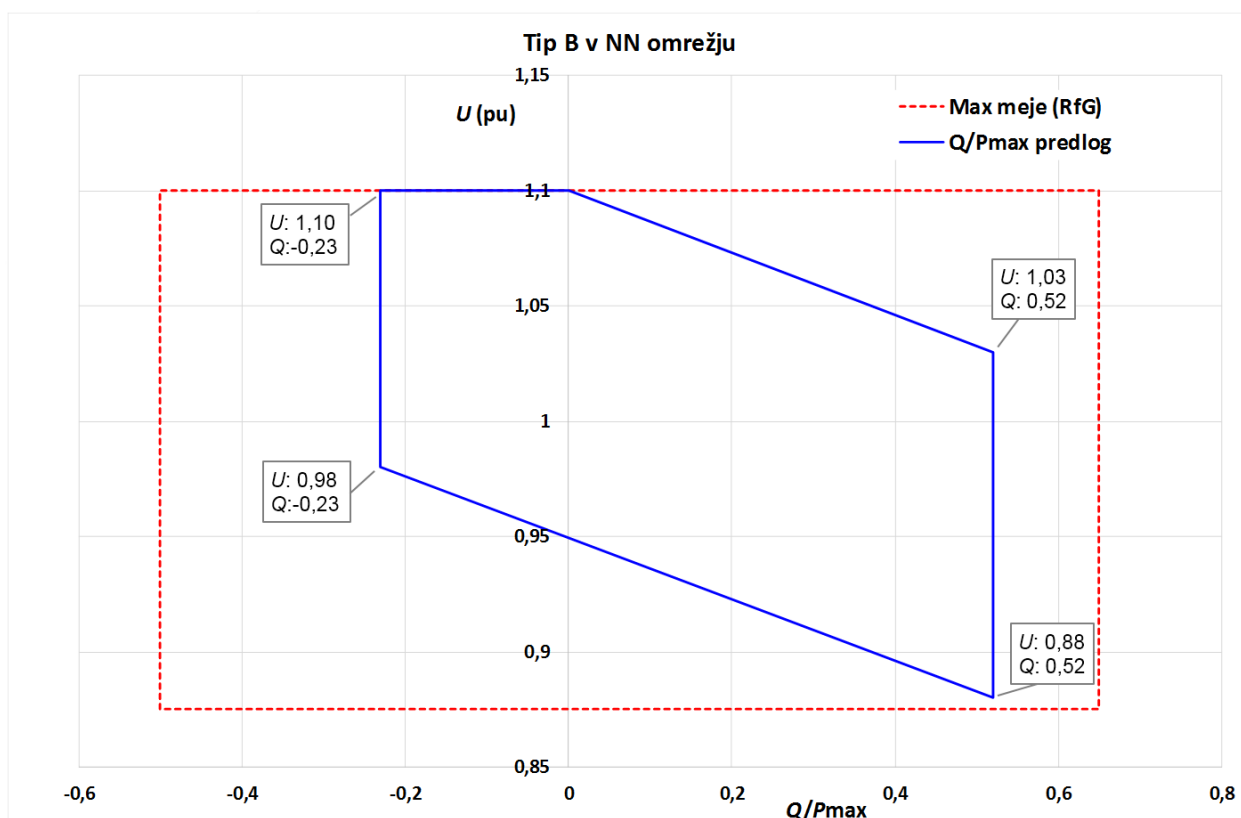
Vsaka PN mora s svojim obratovanjem (regulacijo jalove moči) pomagati vzdrževati čim bolj konstanten napetostni profil v omrežju, saj se s tem ustvarjajo ugodni pogoji za obratovanje vseh uporabnikov omrežja in je v tako omrežje mogoče vključiti več uporabnikov omrežja vseh vrst in tipov.

Posamezni tipi PN morajo biti glede na njihov napetostni nivo priključitve sposobni zagotavljanja naslednjih zmognosti glede jalove moči.

### XI.1. SPOSOBNOST PN ZA ZAGOTAVLJANJE JALOVE MOČI (PROFIL U-Q/P<sub>MAX</sub>)

#### XI.1.1. Vse vrste PN (SPEM in MPP) tip B priključene v NN omrežje

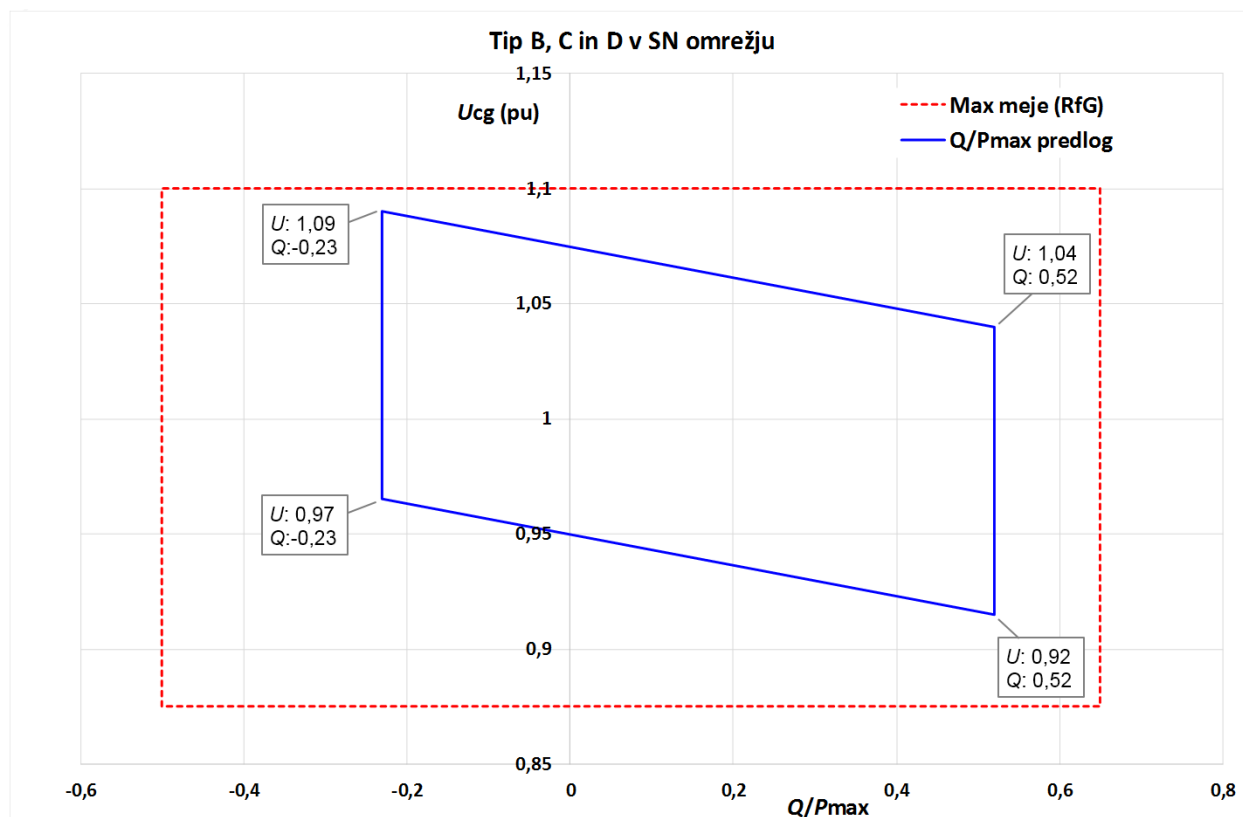
PN tip B, priključena v NN omrežje (posamezen EM ali skupina EM-jev), mora izpolnjevati naslednjo minimalno sposobnost glede jalove moči (profil U-Q/P<sub>max</sub>).



Slika XI.1 - Karakteristika zagotavljanja jalove moči (profil U-Q/P<sub>max</sub>) za vse vrste PN (SPEM in PPM) tip B, priključene na NN nivo.

### XI.1.3. Vse vrste PN (SPEM in MPP) Tip B, tip C in tip D priključeni v SN omrežje

Vsi tipi PN, priključeni v SN omrežje (posamezen EM ali skupina EM-jev), morajo izpolnjevati naslednjo minimalno sposobnost glede jalove moči (profil  $U$ - $Q/P_{\max}$ ).



$U_{cg}$  je dogovorjena napetost, ki jo poda zadevni operater omrežja.

Slika XI.2 - Karakteristika zagotavljanja jalove moči (profil  $U$ - $Q/P_{\max}$ ) za vse vrste PN (SPEM in PPM) tip B, tip C in tip D, priključene na SN nivo.

## XI.2. PARAMETRI IN NASTAVITVE KOMPONENT NAPETOSTNEGA REGULACIJSKEGA SISTEMA

Zaradi dogodkov in okvar v omrežju prihaja do nenadnih sprememb delovne in jalove moči ter konfiguracije omrežja. Posledica so nihanja, ki se širijo po omrežju in predstavljajo nevarnost za dinamično stabilnost omrežja ter izpade naprav in elementov omrežja. Zato je treba takšna nihanja čim prej zaznati in omiliti oziroma zadušiti.

Vsak sinhrono povezan EM s priključno močjo nad 10 MW mora biti opremljen z PSS (funkcijo sistemskega stabilizatorja).

Vsak MPP mora imeti nastavljeno regulacijo napetosti tako, da je sposoben prispevati k dušenju nihanj moči. To pomeni, da ne sme škodljivo vplivati na dušenje nihanja moči.

## XII. OBRATOVANJE –KARAKTERISTIKA JALOVE MOČI EM OZIROMA PN

Vsi EM, ki so priključeni v javno distribucijsko omrežje, morajo izkazovati karakteristiko jalove moči, ki jo predpisujejo ta *Navodila*. Karakteristike so v *Navodilu* definirane z enačbami, grafi in opisno. Vsak EM se mora podrežati eni od predpisanih karakteristik. Natančna obratovalna karakteristika mora biti definirana v soglasju za priključitev, ki ga izda DO.

**Investitor oziroma lastnik PN s pomočjo testiranj in meritvami dokazuje ustreznost obratovalnih karakteristik in njihovo skladnost z *Navodili* ter z izjavo zagotavlja pravilnost nastavitve regulacije jalove moči.**

**Investitor oziroma lastnik PN se odloči ali bo dokazoval ustreznost karakteristik jalove moči za vsak EM posamezno, ali skupinsko za celotno PN. Če dokazuje za celotno PN, se kot osnova dokazovanja vedno privzame instalirana moč celotne PN.**

**V teh *Navodilih* uporabljamo generatorski kazalčni diagram!** To za primer EM pomeni naslednje:

1. Delovna moč teče v omrežje DO. Jalova moč teče omrežje DO. EM torej obratuje v nadvzbujenem stanju. V tem primeru je:

$$P_{EM} > 0 \text{ in } Q_{EM} > 0.$$

2. Delovna moč teče v omrežje DO. Jalova moč teče iz omrežja DO v omrežje proizvodne naprave. EM torej obratuje v podvzbujenem stanju. V tem primeru je:

$$P_{EM} > 0 \text{ in } Q_{EM} < 0.$$

Pri vseh karakteristikah jalove moči se upošteva, da je naznačena moč PN dejanska priključna moč PN in ne sme presegati moči iz Soglasja za priključitev. Če se ustreznost karakteristik dokazuje za posamičen EM znotraj PN, se kot osnova vzame naznačena moč EM.

### XII.1. KARAKTERISTIKA JALOVE MOČI J-N1

#### Pretoki jalove moči

Pretoki jalove moči so definirani na ločilnem mestu oziroma na prvem stikalnem elementu s strani omrežja, ki opravlja vse ali del funkcij ločilnega mesta. Karakteristika je primerna predvsem za enofazne, dvofazne ali trifazne proizvodne naprave zelo majhnih moči (mikro-generacije), ki imajo vgrajene asinhronske ali pretvorniške EM. Tehnološko so ti postroji zelo preprosti, vendar morajo kljub temu obratovati v skladu temi zahtevami.

#### Obvezna sposobnost proizvodnje jalove moči PN oziroma EM:

Pri delovni moči  $[0 \leq P_{EM} \leq P_{MAX}] \rightarrow [0,15 \cdot P_{MAX} \leq Q_{NEM-proizvodnje} \leq 0,45 \cdot P_{MAX}]$ .

#### Obvezna sposobnost porabe jalove moči PN oziroma EM:

Pri delovni moči  $[0 \leq P_{EM} \leq P_{MAX}] \rightarrow [0 \geq Q_{NEM-porabe} \geq -0,15 \cdot P_{MAX}]$ .

Zahtevana je karakteristika jalove moči, ki jo opisujeta zgornji enačbi in ji mora proizvodna naprava slediti v okviru zahtev, ki so predpisane v okviru obvezne sposobnosti proizvodnje jalove moči.

Ob nenadni spremembi napetosti omrežja mora proizvodna naprava po 5 s dosežati:

$$Q_{EM} = (0,75 \cdot P_{MAX}) \cdot \left[ 0,2 + 2 \cdot \frac{(U_{CG} - U_D)}{U_N} \right] \cdot \frac{P_{TEM}}{P_{MAX}} \pm (0,3 \cdot P_{MAX}) \quad (XII.1)$$

Ob nenadni spremembi napetosti omrežja mora proizvodna naprava po 15 s dosežati stacionarno stanje:

$$Q_{EM} = (0,75 \cdot P_{MAX}) \cdot \left[ 0,2 + 2 \cdot \frac{(U_{CG} - U_D)}{U_N} \right] \cdot \frac{P_{EM}}{P_{MAX}} \pm (0,15 \cdot P_{MAX}) \quad (XII.2)$$

$Q_{EM}$  trenutna jalova moč EM, ki jo mora vzdrževati,

$P_{EM}$  trenutna delovna moč EM,

$P_{MAX}$  naznačena delovna moč PN oziroma EM,

$U_D$  trenutna dejanska medfazna napetost,

$U_{CG}$  dogovorjena fazna oziroma medfazna napetost PN oziroma EM, pri nazivni frekvenci (običajno 230 V oziroma 400 V),

$U_N$  nazivna napetost ločilnega mesta

$\pm(0,15 \cdot P_{MAX})$  dovoljeno odstopanje od karakteristike v stacionarnem stanju (dovoljen pogrešek).

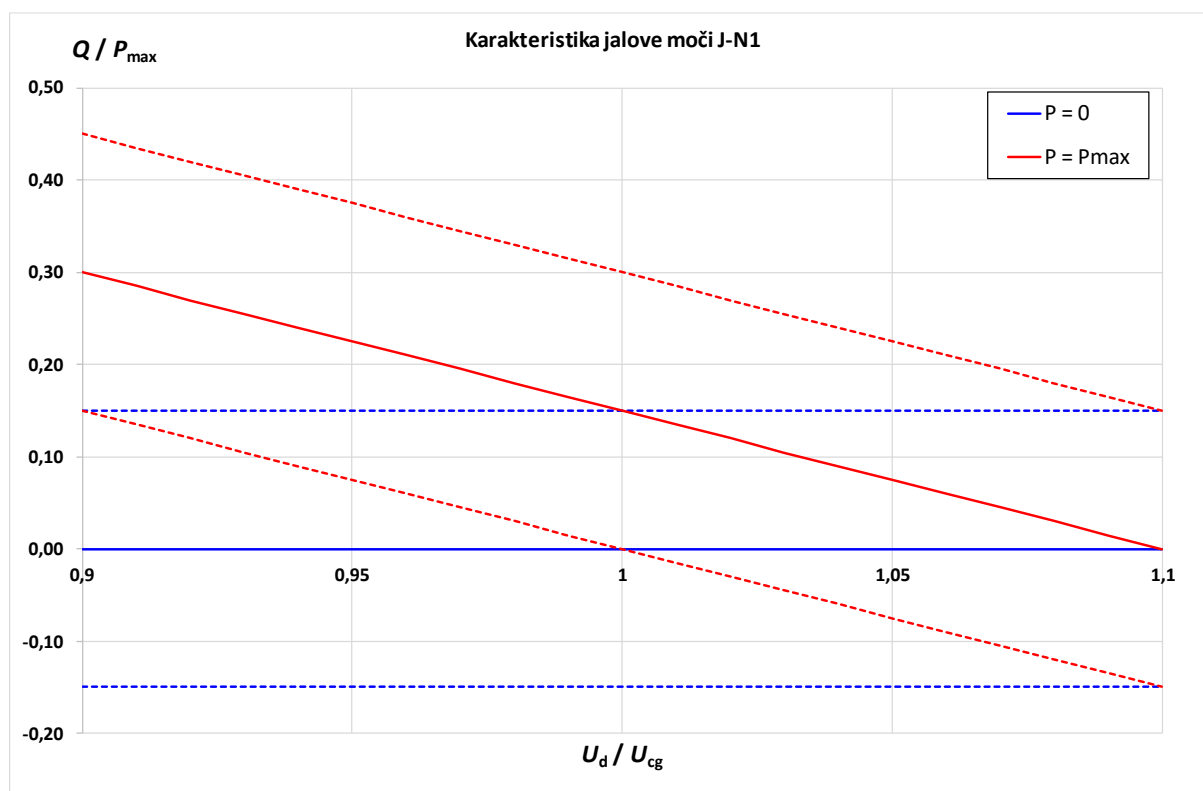
$Q_{EM}$  mora slediti zgornjima enačbama do meja, ki so predpisane s:

$$Q_{NEM-porabe} \leq Q_{EM} \leq Q_{NEM-proiz}$$

Vrednosti delovne in jalove moči ( $Q_{EM}$ ,  $P_{EM}$ ,  $P_{MAX}$ , ...) se za potrebe karakteristik jalove moči izračunavajo iz dogovorjene napetosti ( $U_{CG}$ ) ne glede na dejansko stanje napetosti ( $U_D$ ). Vrednosti jalove moči ne veljajo med prehodnimi pojavi, ampak v stacionarnem stanju.

Ob havarijskih stanjih v omrežju (kratki stiki, degradirana napetost, odstopanja frekvence) je zaradi fizikalno tehničnih lastnosti nekaterih PN **dovoljeno in pričakovano**, da tok prehodno preseže nazivno vrednost ločilnega mesta.

Slika XII.1 prikazuje predpisano karakteristiko jalove moči J-N1.



Slika XII.1: Grafični prikaz predpisane karakteristiko jalove moči J-N1.

Modra polna črta prikazuje predpisano jalovo moč, ko je delovna moč na ločilnem mestu enaka  $P = 0$ . Modri črtkani črti prikazujeta skrajne meje dovoljenega odstopanja od predpisane karakteristike pri  $P = 0$ .

Rdeča polna črta prikazuje predpisano jalovo moč, ko je delovna moč na ločilnem mestu enaka  $P = P_n$ . Rdeči črtkani črti prikazujeta skrajne meje dovoljenega odstopanja od predpisane karakteristike pri  $P = P_n$ .



## XII.2. KARAKTERISTIKA JALOVE MOČI J-N2

### Pretoki jalove moči

Pretoki jalove moči so definirani na ločilnem mestu oziroma na prvem stikalnem elementu s strani omrežja, ki opravlja vse ali del funkcij ločilnega mesta. Karakteristika je primerna predvsem za proizvodne naprave z vgrajenimi asinhronskimi generatorji. PN, ki uporabljajo to karakteristiko, morajo biti izključno trifazni! Običajno imajo vgrajeno preprosto avtomatiko za zagotavljanje jalove moči. Karakteristika jalove moči velja ne glede na tip EM. Izjema so proizvodne naprave, ki imajo vgrajene tudi sinhronske ali pretvorniške EM, za te so bolj primerne karakteristike **J-N3** ali **J-N4**.

### Obvezna sposobnost proizvodnje jalove moči:

Pri delovni moči  $[0 \leq P_{EM} \leq P_{MAX}] \rightarrow [0,3 \cdot P_{MAX} \leq Q_{EM-proiz} \leq \sqrt{(1,25 \cdot P_{MAX})^2 - P_{EM}^2}]$

### Obvezna sposobnost porabe jalove moči:

Pri delovni moči  $[0 \leq P_{EM} \leq P_{MAX}] \rightarrow [0 \geq Q_{EM-porabe} \geq -\sqrt{(1,25 \cdot P_{MAX})^2 - P_{EM}^2}]$

Zahtevana je zvezna karakteristika jalove moči, ki jo opisujeta zgornji enačbi in ji mora proizvodna naprava slediti v okviru zahtev, ki so predpisane v okviru obvezne sposobnosti proizvodnje jalove moči.

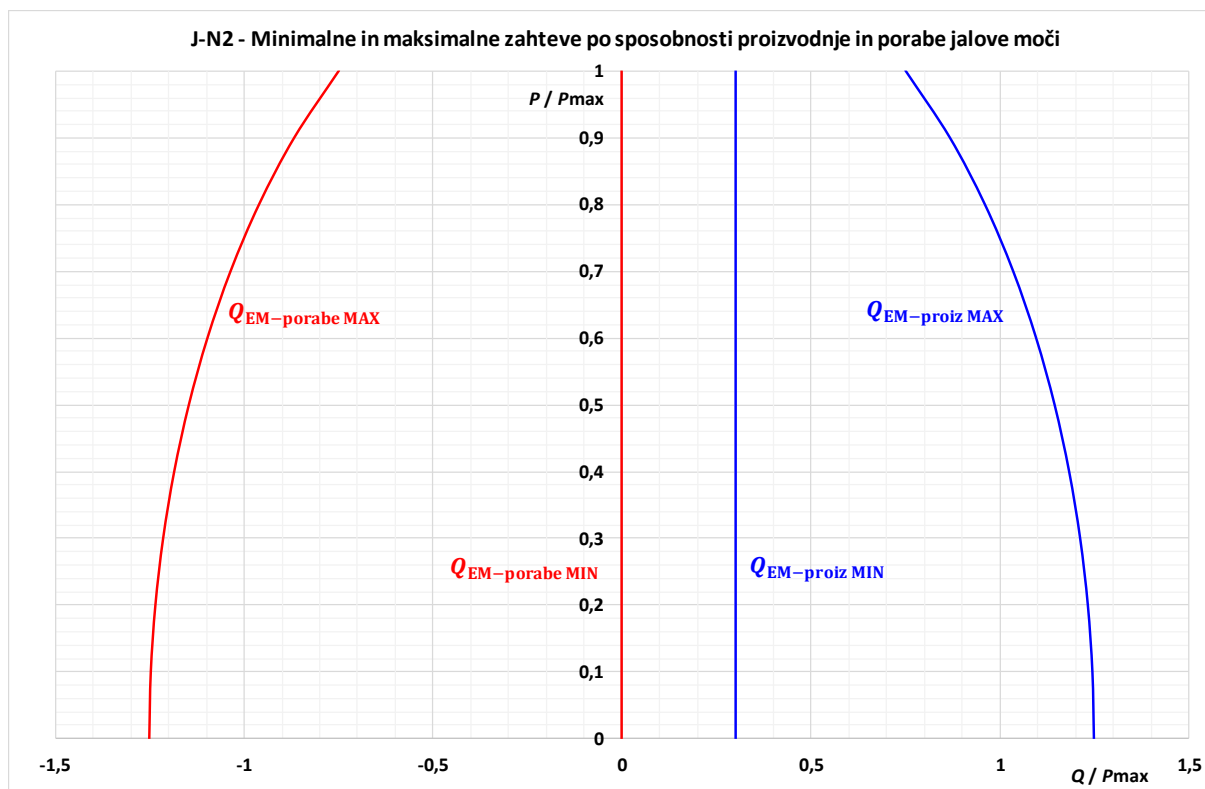
Ob nenadni spremembi napetosti omrežja mora proizvodna naprava po 5s dosegati:

$$Q_{EM} = (0,75 \cdot P_{MAX}) \cdot \left[ 0,2 + 4 \cdot \frac{(U_{CG} - U_D)}{U_N} \right] \cdot \frac{P_{EM}}{P_{MAX}} \pm (0,3 \cdot P_{MAX}) \quad (XII.3)$$

Ob nenadni spremembi napetosti omrežja mora proizvodna naprava po 15s dosegati stacionarno stanje:

$$Q_{EM} = (0,75 \cdot P_{MAX}) \cdot \left[ 0,2 + 4 \cdot \frac{(U_{CG} - U_D)}{U_N} \right] \cdot \frac{P_{EM}}{P_{MAX}} \pm (0,15 \cdot P_{MAX}) \quad (XII.4)$$

$Q_{EM}$	trenutna jalova moč PN oziroma EM, ki jo mora vzdrževati,
$P_{EM}$	trenutna delovna moč PN oziroma EM,
$P_{MAX}$	nazivna delovna moč PN oziroma EM,
$U_D$	trenutna dejanska medfazna napetost,
$U_{CG}$	dogovorjena medfazna napetost PN, pri nazivni frekvenci (običajno 400 V),
$U_N$	nazivna napetost ločilnega mesta
$\pm(0,15 \cdot P_{MAX})$	dovoljeno odstopanje od karakteristike v stacionarnem stanju (dovoljen pogrešek).



Slika XII.2: Grafični prikaz minimalnih in maksimalnih zahtev glede proizvodnje in porabe jalove moči J-N2.

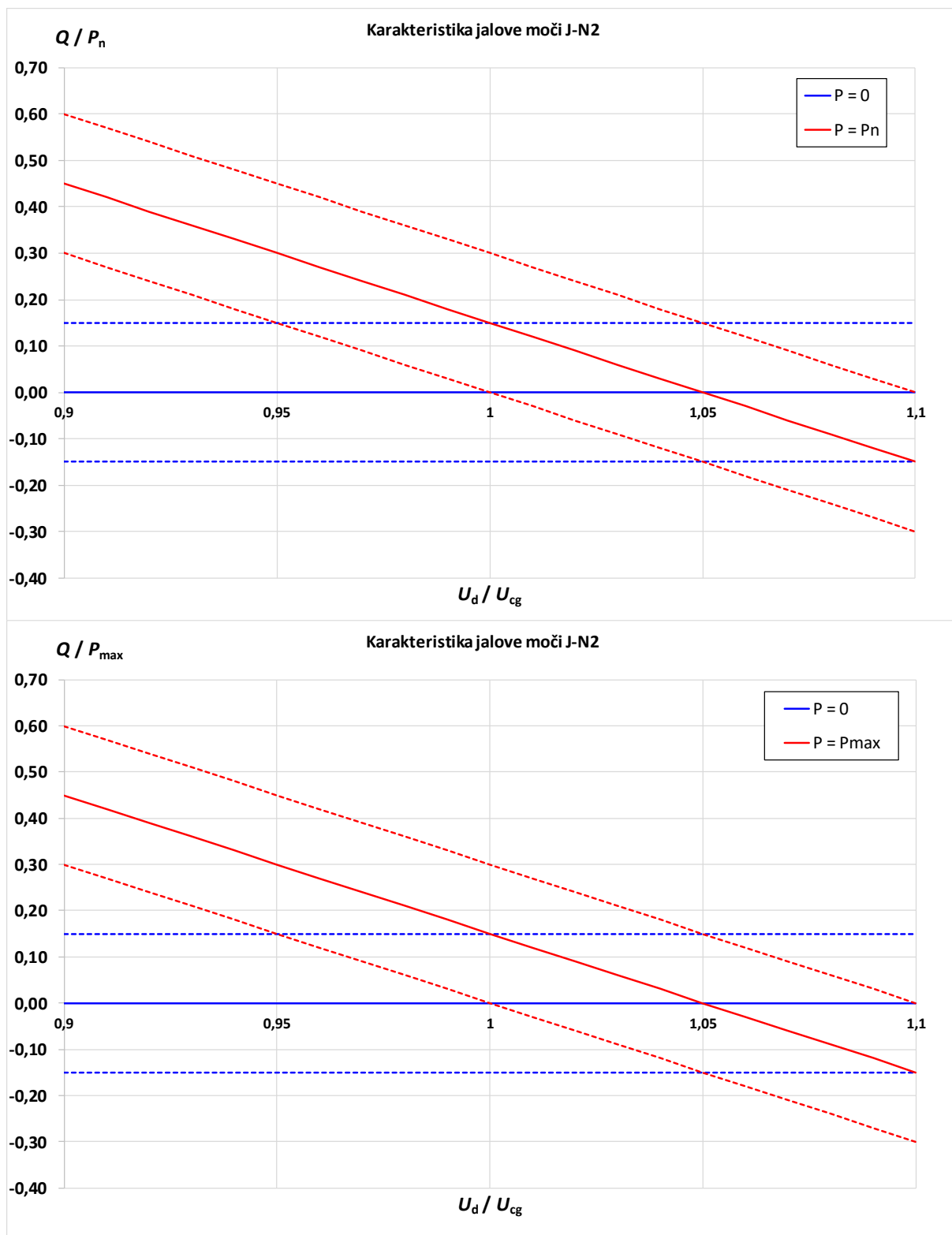
Delovni diagram, ki omejuje trajno obratovalno sposobnost proizvodne naprave se mora nahajati znotraj obeh rdečih črt (sposobnost porabe jalove moči) in znotraj obeh modrih črt (sposobnost proizvodnje jalove moči).

$Q_{EM}$  mora slediti zgornjima enačbama do meja, ki so predpisane s:

$$Q_{NEM-porabe} \leq Q_{EM} \leq Q_{NEM-proiz}$$

Vrednosti delovne in jalove moči ( $Q_{EM}$ ,  $P_{EM}$ ,  $P_{EM}, \dots$ ) se za potrebe karakteristik jalove moči izračunavajo iz dogovorjene napetosti ( $U_{CG}$ ) ne glede na dejansko stanje napetosti ( $U_D$ ). Vrednosti jalove moči ne veljajo med prehodnimi pojavi, ampak v stacionarnem stanju.

Ob havarijskih stanjih v omrežju (kratki stiki, degradirana napetost, odstopanja frekvence) je zaradi fizikalno tehničnih lastnosti nekaterih EM **dovoljeno in pričakovano**, da tok prehodno preseže nazivno vrednost ločilnega mesta. Spodnja slika prikazuje predpisano karakteristiko jalove moči J-N2.



Slika XII.3: Grafični prikaz predpisane karakteristiko jalove moči J-N2.

Modra polna črta prikazuje predpisano jalovo moč, ko je delovna moč na ločilnem mestu enaka  $P = 0$ . Modri črtkani črti prikazujeta skrajne meje dovoljenega odstopanja od predpisane karakteristike pri  $P = 0$ .

Rdeča polna črta prikazuje predpisano jalovo moč, ko je delovna moč na ločilnem mestu enaka  $P = P_{MAX}$ . Rdeči črtkani črti prikazujeta skrajne meje dovoljenega odstopanja od predpisane karakteristike pri  $P = P_{MAX}$ .

### XII.3. KARAKTERISTIKA JALOVE MOČI J-N3

#### Pretoki jalove moči

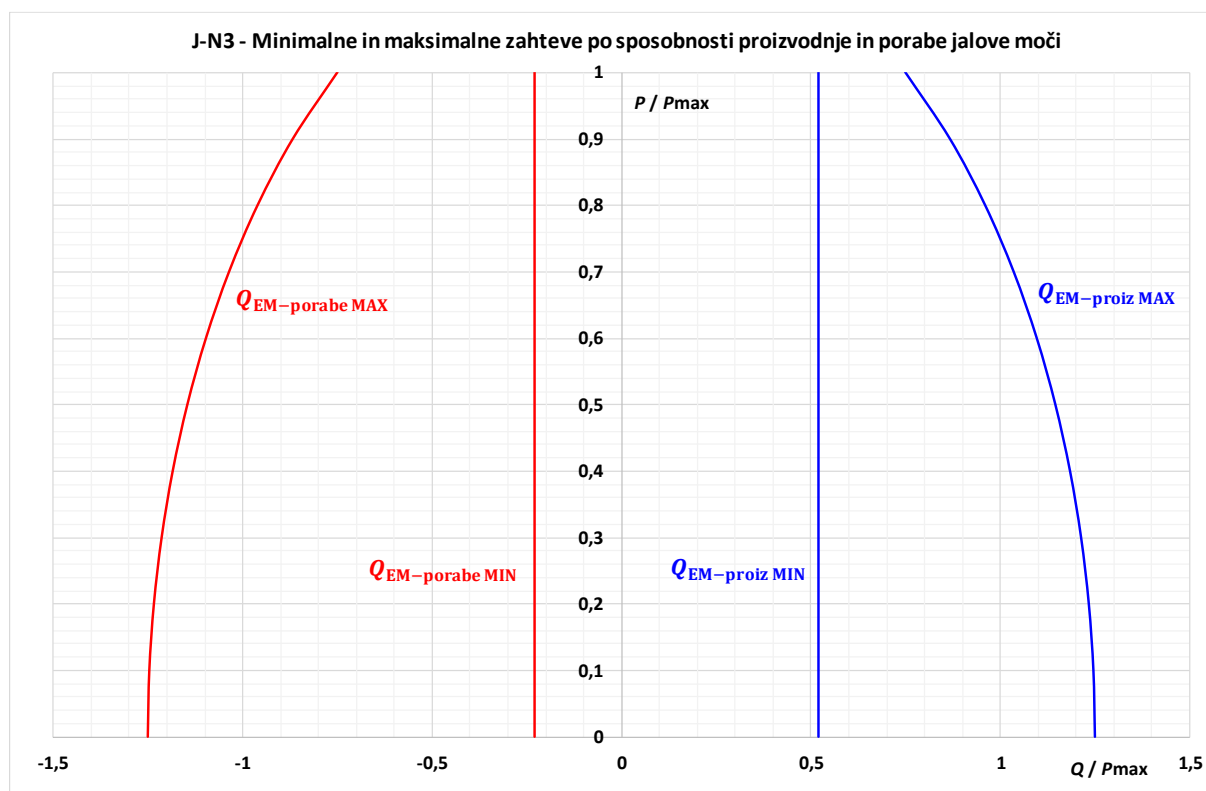
Pretoki jalove moči so definirani na ločilnem mestu oziroma na prvem stikalnem elementu s strani omrežja, ki opravlja vse ali del funkcij ločilnega mesta. Karakteristika velja za vse PN oziroma EM, ne glede na tip, brez izjem. PN, ki uporabljajo to karakteristiko, morajo biti izključno trifazni!

#### Obvezna sposobnost proizvodnje jalove moči:

$$\text{Pri delovni moči } [0,1 \cdot P_{MAX} \leq P_{EM} \leq P_{MAX}] \rightarrow \left[ 0,52 \cdot P_{MAX} \leq Q_{EM-proiz} \leq \sqrt{(1,25 \cdot P_{MAX})^2 - P_{EM}^2} \right] \quad (\text{XII.5})$$

#### Obvezna sposobnost porabe jalove moči:

$$\text{Pri delovni moči } [0,1 \cdot P_{MAX} \leq P_{EM} \leq P_{MAX}] \rightarrow \left[ -0,23 \cdot P_{MAX} \geq Q_{EM-porabe} \geq -\sqrt{(1,25 \cdot P_{MAX})^2 - P_{EM}^2} \right] \quad (\text{XII.6})$$



Slika XII.4: Grafični prikaz minimalnih in maksimalnih zahtev glede proizvodnje in porabe jalove moči J-N3.

Delovni diagram, ki omejuje trajno obratovalno sposobnost proizvodne naprave se mora nahajati znotraj obeh rdečih črt (sposobnost porabe jalove moči) in znotraj obeh modrih črt (sposobnost proizvodnje jalove moči)

Zahtevana je zvezna karakteristika jalove moči, ki jo opisujeta spodnji enačbi in ji mora proizvodna naprava slediti v okviru zahtev, ki so predpisane v okviru obvezne sposobnosti proizvodnje jalove moči.

Ob nenadni spremembi napetosti omrežja mora proizvodna naprava po 5 s dosegati:

$$Q_{EM} = (0,75 \cdot P_{MAX}) \cdot \left[ \frac{P_{EM}}{4 \cdot P_{MAX}} + \frac{(U_{CG} - U_D)}{0,1 \cdot U_N} \right] \pm (0,3 \cdot P_{MAX}) \quad (\text{XII.7})$$

Ob nenadni spremembi napetosti omrežja mora proizvodna naprava po 15 s dosegati stacionarno stanje:

$$Q_{EM} = (0,75 \cdot P_{MAX}) \cdot \left[ \frac{P_{EM}}{4 \cdot P_{MAX}} + \frac{(U_{CG} - U_D)}{0,1 \cdot U_N} \right] \pm (0,1 \cdot P_{MAX}) \quad (\text{XII.8})$$

$Q_{EM}$  trenutna jalova moč PN oziroma EM, ki jo mora vzdrževati,

$P_{EM}$  trenutna delovna moč PN oziroma EM,

$P_{MAX}$  nazivna delovna moč PN oziroma EM,

$U_D$  trenutna dejanska medfazna napetost,

$U_{CG}$  dogovorjena medfazna napetost PN, pri nazivni frekvenci (običajno 400 V),

$U_N$  nazivna napetost ločilnega mesta

$\pm(0,1 \cdot P_{MAX})$  dovoljeno odstopanje od karakteristike v stacionarnem stanju (dovoljen pogrešek).

$Q_{EM}$  mora slediti zgornjima enačbama do meja, ki so predpisane s:

$$Q_{EM-porabe} \leq Q_{EM} \leq Q_{EM-proiz}$$

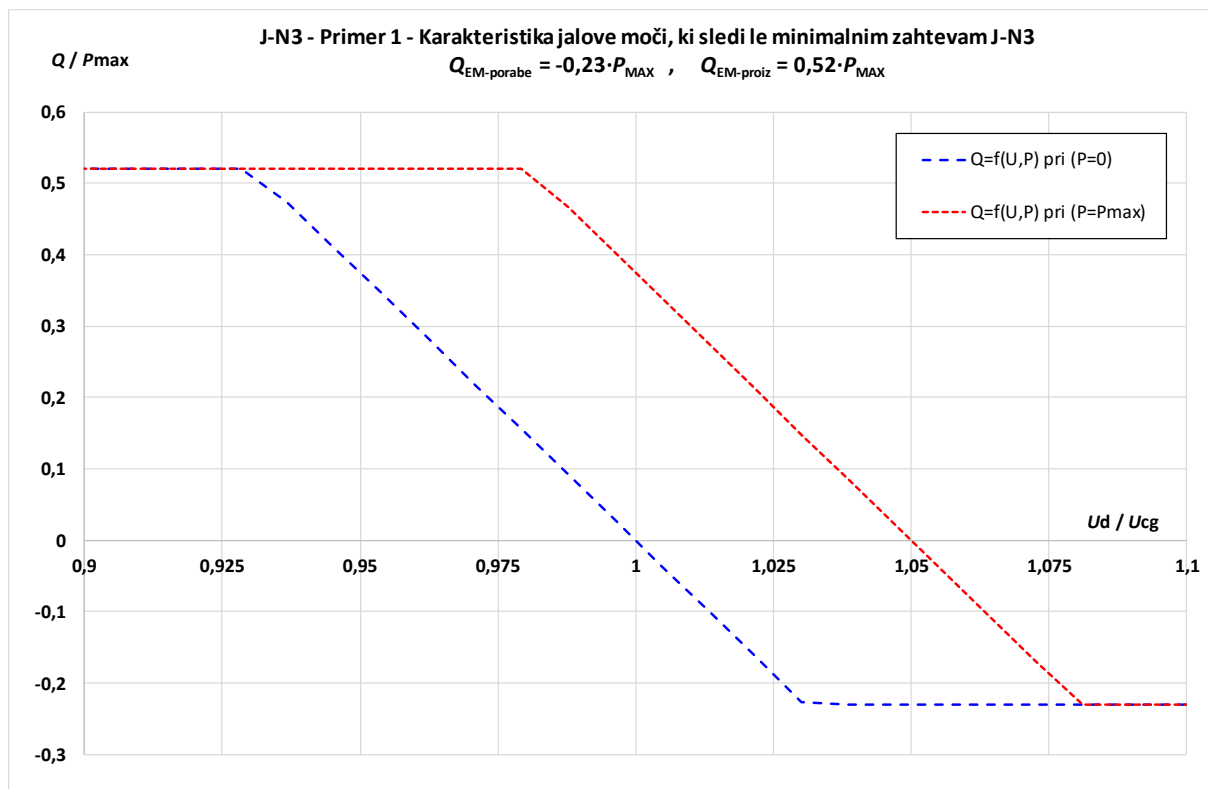
**Če je trenutna vrednost  $P_{PN} < 0,1 \cdot P_{MAX}$  veljajo pravila za jalovo moč za končnega odjemalca skladno z navodili SONDSEE.**

Vrednosti delovne in jalove moči ( $Q_{EM}$ ,  $P_{EM}$ ,  $P_{MAX}$ , ...) se za potrebe karakteristik jalove moči izračunavajo iz dogovorjene napetosti ( $U_{CG}$ ) ne glede na dejansko stanje napetosti ( $U_D$ ). Vrednosti jalove moči ne veljajo med prehodnimi pojavi, ampak v stacionarnem stanju.

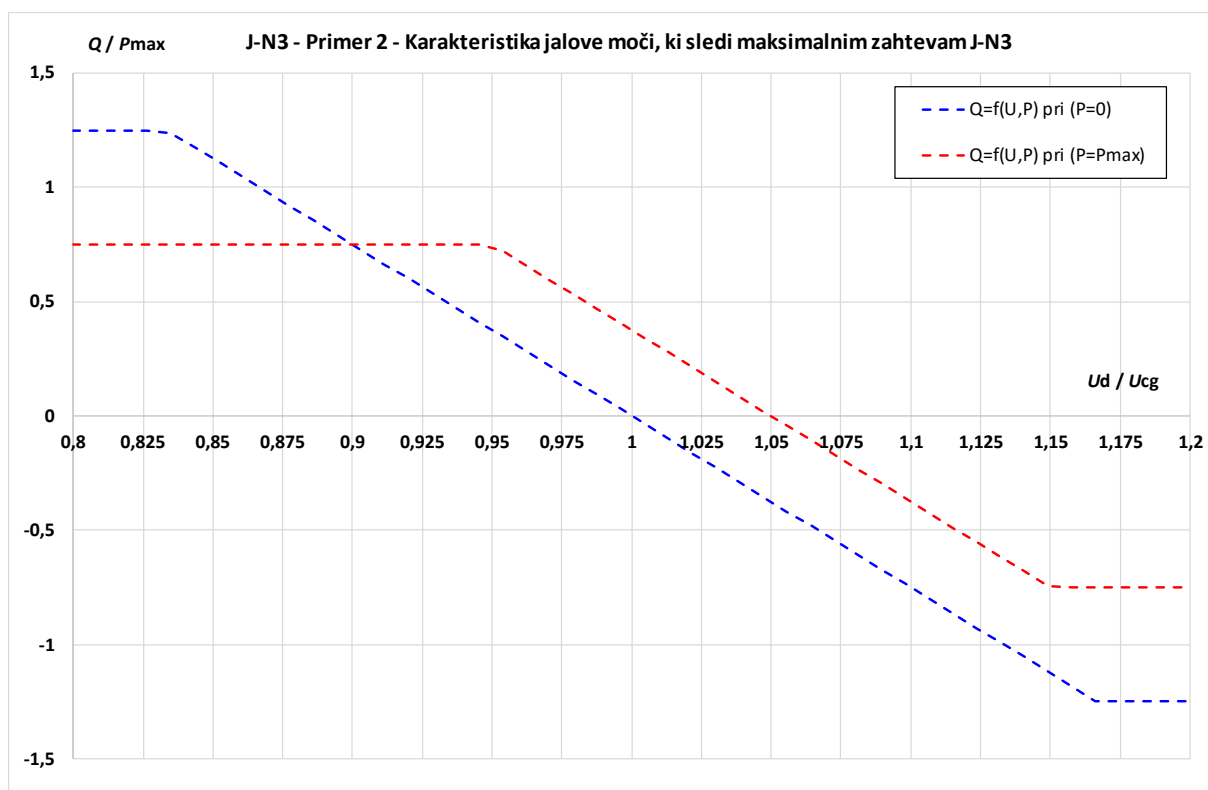
Ob havarijskih stanjih v omrežju (kratki stiki, degradirana napetost, odstopanja frekvence) je zaradi fizikalno tehničnih lastnosti nekaterih EM **dovoljeno in pričakovano**, da tok prehodno preseže nazivno vrednost ločilnega mesta.

Če je EM zaradi znižane napetosti omrežja v stanju preobremenitve več kot **2,5 s** je priporočeno omejevati jalovo moč pod največjo zmogljivost proizvodnje jalove moči ( ) ali omejevati navidezno moč pod  $(1,25 P_{MAX})$ . Priporoča se, da se omejevanje ne prične pred **2,5 s** ampak tik preden bi delovala tokovna zaščita proti preobremenitvi ločilnega mesta.

Na naslednjih dveh slikah prikazujemo karakteristike jalove moči PN oziroma EM, ki (Primer 1) zagotavlja minimalne zahteve glede jalove moči po karakteristiki J-N3 in (Primer 2) zagotavlja maksimalne zahteve glede jalove moči po karakteristiki J-N3.



Slika XII.5: Grafični prikaz karakteristike jalove moči PN oziroma EM, ki (Primer 1) zagotavlja minimalne zahteve glede jalove moči po karakteristiki J-N3.



Slika XII.6: Grafični prikaz karakteristike jalove moči PN oziroma EM, ki (Primer 2) zagotavlja maksimalne zahteve glede jalove moči po karakteristiki J-N3.

#### XII.4. KARAKTERISTIKA JALOVE MOČI J-S1

Te proizvodne naprave so običajno večjih moči, ni pa nujno. Vsaka proizvodna naprava, ki ima v lasti tudi transformator SN/NN ali SN/GN, na ta transformator pa niso priključeni drugi odjemalci, se šteje, da je vključena v SN omrežje.

##### Pretoki jalove moči

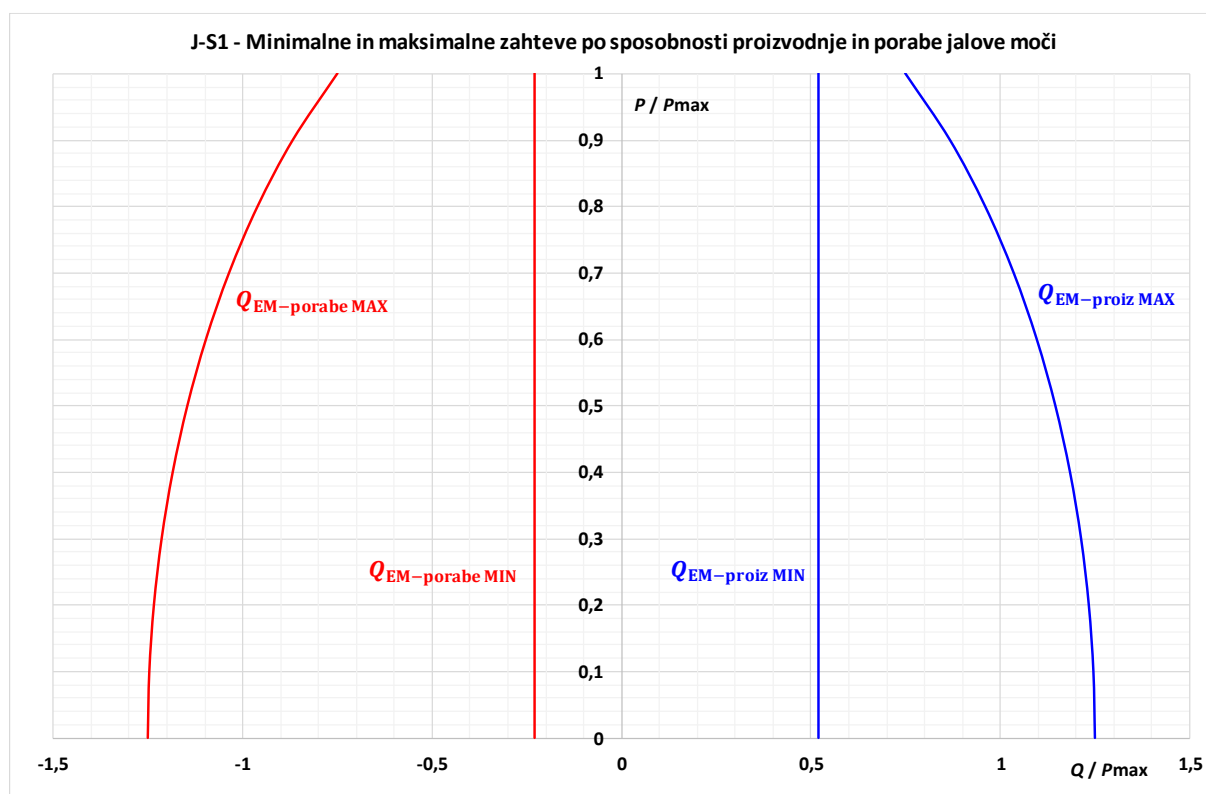
Pretoki jalove moči so definirani na ločilnem mestu oziroma v točki omrežja, kjer se za potrebe ločilnega mesta zajema meritve napetosti. Karakteristika velja za vse PN oziroma EM, ne glede na tip, brez izjem. PN, ki uporabljajo to karakteristiko, morajo biti izključno trifazni!

##### Obvezna sposobnost proizvodnje jalove moči:

$$\text{Pri delovni moči } [0,1 \cdot P_{NGMAX} \leq P_{EM} \leq P_{MAX}] \rightarrow [0,52 \cdot P_{MAX} \leq Q_{EM-proiz} \leq \sqrt{(1,25 \cdot P_{MAX})^2 - P_{EM}^2}] \quad (\text{XII.9})$$

##### Obvezna sposobnost porabe jalove moči:

$$\text{Pri delovni moči } [0,1 \cdot P_{MAX} \leq P_{EM} \leq P_{MAX}] \rightarrow [-0,23 \cdot P_{MAX} \geq Q_{EM-porabe} \geq -\sqrt{(1,25 \cdot P_{MAX})^2 - P_{EM}^2}] \quad (\text{XII.10})$$



Slika XII.7: Grafični prikaz minimalnih in maksimalnih zahtev glede proizvodnje in porabe jalove moči J-S1.

Delovni diagram, ki omejuje trajno obratovalno sposobnost proizvodne naprave se mora nahajati znotraj obeh rdečih črt (sposobnost porabe jalove moči) in znotraj obeh modrih črt (sposobnost proizvodnje jalove moči)

Zahtevana je zvezna karakteristika jalove moči, ki jo opisujeta spodnji enačbi in ji mora proizvodna naprava slediti v okviru zahtev, ki so predpisane v okviru obvezne sposobnosti proizvodnje jalove moči.

Ob nenadni spremembi napetosti omrežja mora proizvodna naprava po 5 s dosežati:

$$Q_{EM} = (0,75 \cdot P_{MAX}) \cdot \left[ \frac{P_{EM}}{4 \cdot P_{MAX}} + \frac{(U_{CG} - U_D)}{0,05 \cdot U_N} \right] \pm (0,3 \cdot P_{MAX}) \quad (\text{XII.11})$$

Ob nenadni spremembi napetosti omrežja mora proizvodna naprava po 15 s dosežati stacionarno stanje:

$$Q_{EM} = (0,75 \cdot P_{MAX}) \cdot \left[ \frac{P_{EM}}{4 \cdot P_{MAX}} + \frac{(U_{CG} - U_D)}{0,05 \cdot U_N} \right] \pm (0,1 \cdot P_{MAX}) \quad (\text{XII.12})$$

$Q_{EM}$  trenutna jalova moč PN oziroma EM, ki jo mora vzdrževati,

$P_{EM}$  trenutna delovna moč PN oziroma EM,

$P_{MAX}$  nazivna delovna moč PN oziroma EM,

$U_D$  trenutna dejanska medfazna napetost,

$U_{CG}$  dogovorjena medfazna napetost PN, pri nazivni frekvenci,

$U_N$  nazivna napetost ločilnega mesta

$\pm(0,1 \cdot P_{MAX})$  dovoljeno odstopanje od karakteristike v stacionarnem stanju (dovoljen pogrešek).

$Q_{EM}$  mora slediti zgornjima enačbama do meja, ki so predpisane s:

$$Q_{EM-porabe} \leq Q_{EM} \leq Q_{EM-proiz}$$

**Če je trenutna vrednost  $P_{PN} < 0,1 \cdot P_{MAX}$  veljajo pravila za jalovo moč za končnega odjemalca skladno z Navodili SONDSEE.**

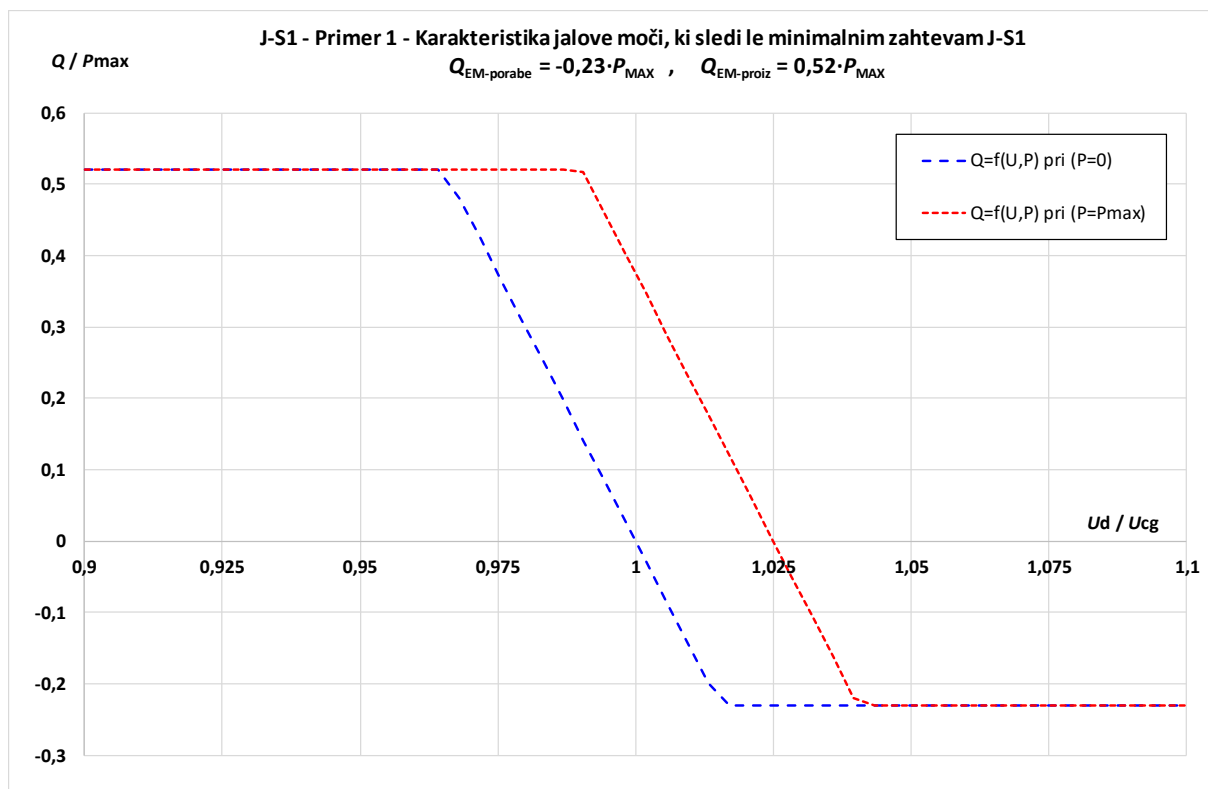
Vrednosti delovne in jalove moči ( $Q_{EM}$ ,  $P_{EM}$ ,  $P_{MAX}$ , ...) se za potrebe karakteristik jalove moči izračunavajo iz dogovorjene napetosti ( $U_{CG}$ ) ne glede na dejansko stanje napetosti ( $U_D$ ). Vrednosti jalove moči ne veljajo med prehodnimi pojavi, ampak v stacionarnem stanju

Ob havarijskih stanjih v omrežju (kratki stiki, degradirana napetost, odstopanja frekvence) je zaradi fizikalno tehničnih lastnosti nekaterih generatorjev **dovoljeno in pričakovano**, da tok prehodno preseže nazivno vrednost ločilnega mesta.

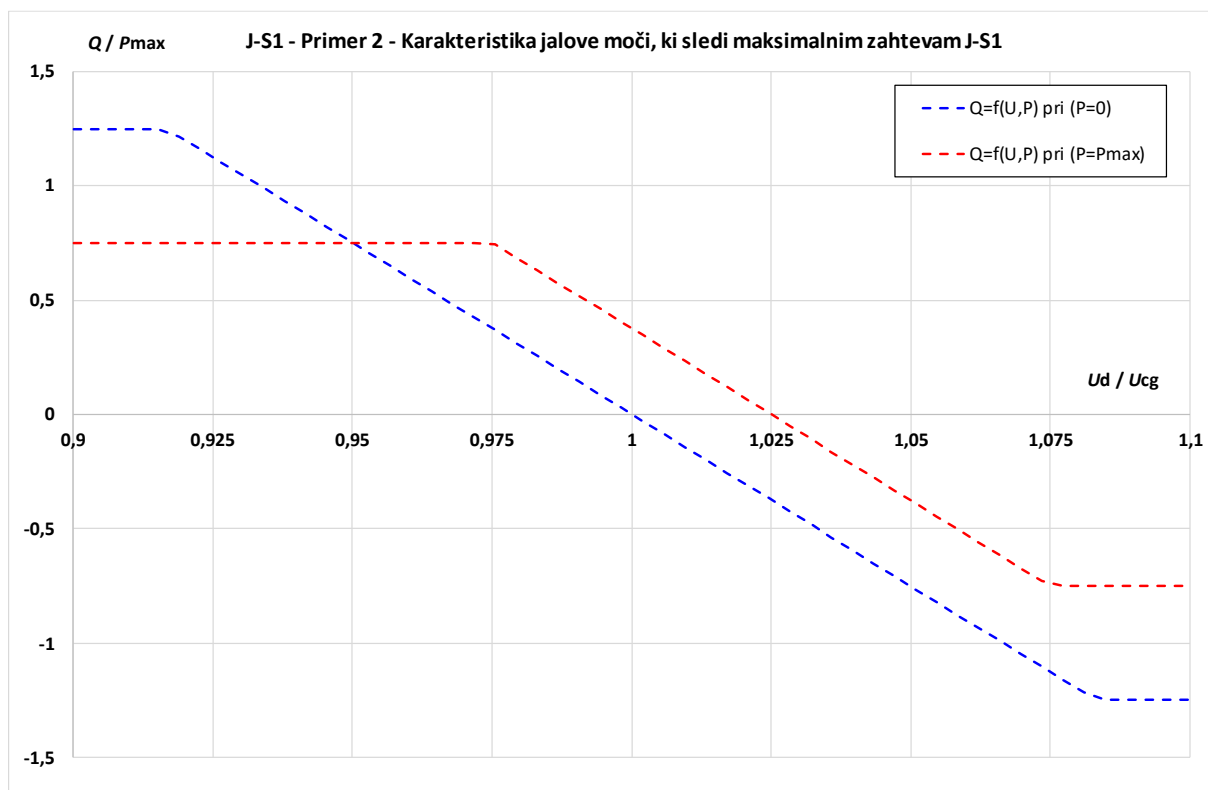
Če je EM zaradi znižane napetosti omrežja v stanju preobremenitve več kot **2,5 s** je priporočeno omejevati jalovo moč pod največjo zmogljivost proizvodnje jalove moči ( ) ali omejevati navidezno moč pod  $(1,25 P_{MAX})$ . Priporoča se, da se omejevanje ne prične pred **2,5 s** ampak tik preden bi delovala tokovna zaščita proti preobremenitvi ločilnega mesta.

Na naslednjih dveh slikah prikazujemo karakteristike jalove moči PN oziroma EM, ki (Primer 1) zagotavlja minimalne zahteve glede jalove moči po karakteristiki J-N3 in (Primer 2) zagotavlja maksimalne zahteve glede jalove moči po karakteristiki J-S3.





Slika XII.8: Grafični prikaz karakteristike jalove moči PN oziroma EM, ki (Primer 1) zagotavlja minimalne zahteve glede jalove moči po karakteristiki J-S1.



Slika XII.9: Grafični prikaz karakteristike jalove moči PN oziroma EM, ki (Primer 2) zagotavlja maksimalne zahteve glede jalove moči po karakteristiki J-S1.

## XII.5. KARAKTERISTIKA JALOVE MOČI J-S2

Te proizvodne naprave so običajno večjih moči, ni pa nujno. Vsaka proizvodna naprava, ki ima v lasti tudi transformator SN/NN ali SN/GN, na ta transformator pa niso priključeni drugi odjemalci, se šteje, da je vključena v SN omrežje. **Ta karakteristika velja za proizvodne naprave z ustrezno hitro daljinsko izmenjavo podatkov z DO za potrebe obratovanja in vodenja omrežja.**

### Pretoki jalove moči

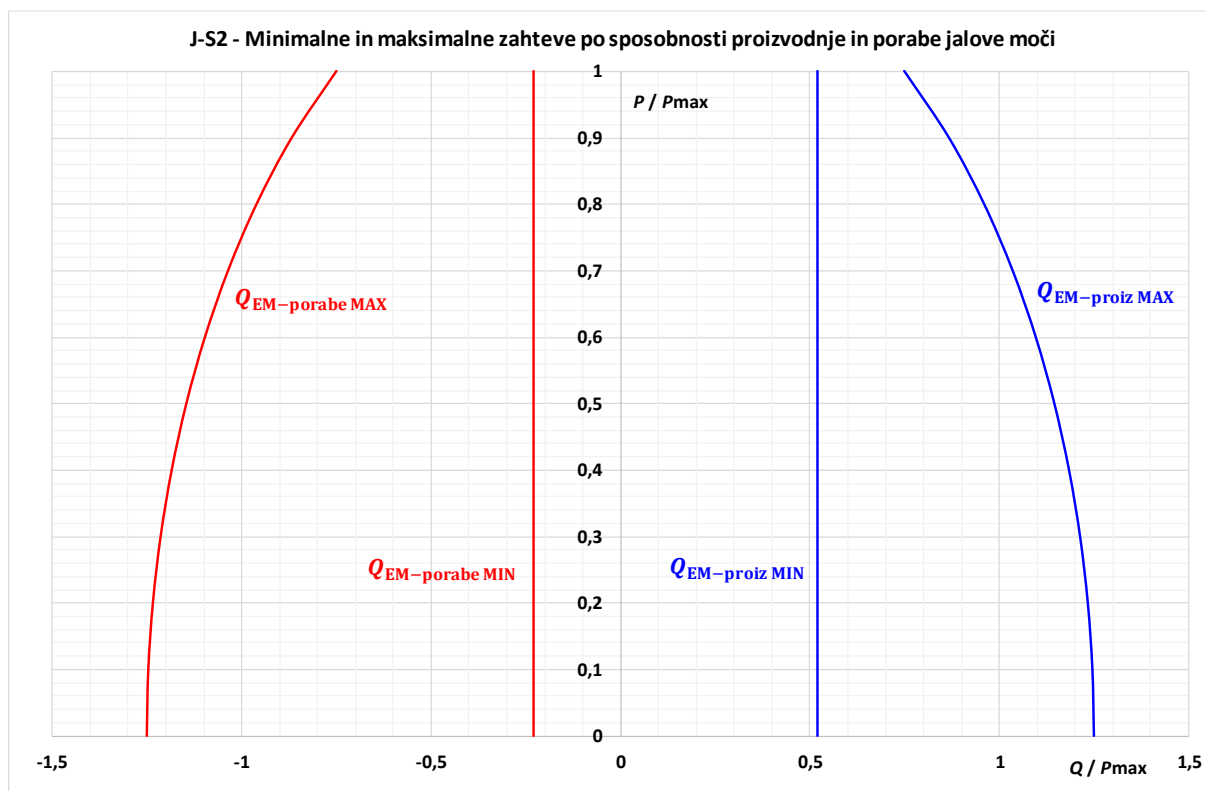
Pretoki jalove moči so definirani na ločilnem mestu oziroma na prvem stikalnem elementu s strani omrežja, ki opravlja vse ali del funkcij ločilnega mesta. Karakteristika velja za vse PN oziroma EM, ne glede na tip, brez izjem. PN, ki uporabljajo to karakteristiko, morajo biti izključno trifazne!

### Obvezna sposobnost proizvodnje jalove moči:

$$\text{Pri delovni moči } [0,05 \cdot P_{MAX} \leq P_{EM} \leq P_{MAX}] \rightarrow [0,52 \cdot P_{MAX} \leq Q_{EM-proiz} \leq \sqrt{(1,25 \cdot P_{MAX})^2 - P_{EM}^2}] \quad (\text{XII.13})$$

### Obvezna sposobnost porabe jalove moči:

$$\text{Pri delovni moči } [0,05 \cdot P_{MAX} \leq P_{EM} \leq P_{MAX}] \rightarrow [-0,23 \cdot P_{MAX} \geq Q_{EM-porabe} \geq -\sqrt{(1,25 \cdot P_{MAX})^2 - P_{EM}^2}] \quad (\text{XII.14})$$



Slika XII.10: Grafični prikaz minimalnih in maksimalnih zahtev glede proizvodnje in porabe jalove moči J-S2.

Delovni diagram, ki omejuje trajno obratovalno sposobnost proizvodne naprave se mora nahajati znotraj obeh rdečih črt (sposobnost porabe jalove moči) in znotraj obeh modrih črt (sposobnost proizvodnje jalove moči)

Zahtevana je zvezna karakteristika jalove moči, ki jo opisujeta spodnji enačbi in ji mora proizvodna naprava slediti v okviru zahtev, ki so predpisane v okviru obvezne sposobnosti proizvodnje jalove moči.

Ob nenadni spremembi napetosti omrežja mora proizvodna naprava po 5 s dosežati:

$$Q_{EM} = (0,75 \cdot P_{MAX}) \cdot \left[ \frac{P_{EM}}{4 \cdot P_{MAX}} + \frac{(U_{CG-PN} - U_D)}{0,05 \cdot U_N} \right] \pm (0,3 \cdot P_{MAX}) \quad (\text{XII.15})$$

Ob nenadni spremembi napetosti omrežja mora proizvodna naprava po 15 s dosegati stacionarno stanje:

$$Q_{EM} = (0,75 \cdot P_{MAX}) \cdot \left[ \frac{P_{EM}}{4 \cdot P_{MAX}} + \frac{(U_{CG-PN} - U_D)}{0,05 \cdot U_N} \right] \pm (0,1 \cdot P_{MAX}) \quad (\text{XII.16})$$

$U_{CG-PN} = U_{CG} \pm U_{DO}$ , ko je dejanska frekvenca višja od  $f_D \geq 47$  Hz.

$U_{CG-PN} = (U_{CG} \pm U_{DO}) \cdot \frac{f_D}{47 \text{ Hz}}$ , ko je dejanska frekvenca nižja od  $f_D < 47$  Hz.

$\pm U_{DO}$  je vrednost spremembe dogovorjene napetosti, ki jo preko daljinske komunikacije prejema proizvodna naprava od operaterja omrežja.

Vrednost popravka dogovorjene napetosti mora biti v mejah:

$$-0,05 \cdot U_{CG} \leq U_{DO} \leq +0,05 \cdot U_{CG}$$

Premik referenčne napetosti ( $U_{SODO}$ ) od ene do druge skrajne točke se mora zgoditi najhitreje v 15 s in najkasneje v 60 s.

$Q_{EM}$	trenutna jalova moč PN oziroma EM, ki jo mora vzdrževati,
$P_{EM}$	trenutna delovna moč PN oziroma EM,
$P_{MAX}$	nazivna delovna moč PN oziroma EM,
$U_D$	trenutna dejanska medfazna napetost,
$U_{CG}$	dogovorjena medfazna napetost PN, pri nazivni frekvenci,
$U_{CG-PN}$	popravljen dogovorjena medfazna napetost PN,
$U_N$	nazivna napetost ločilnega mesta
$\pm(0,1 \cdot P_{MAX})$	dovoljeno odstopanje od karakteristike (dovoljen pogrešek).

$Q_{EM}$  mora slediti zgornjima enačbama do meja, ki so predpisane s:

$$Q_{EM-porabe} \leq Q_{EM} \leq Q_{EM-proiz}$$

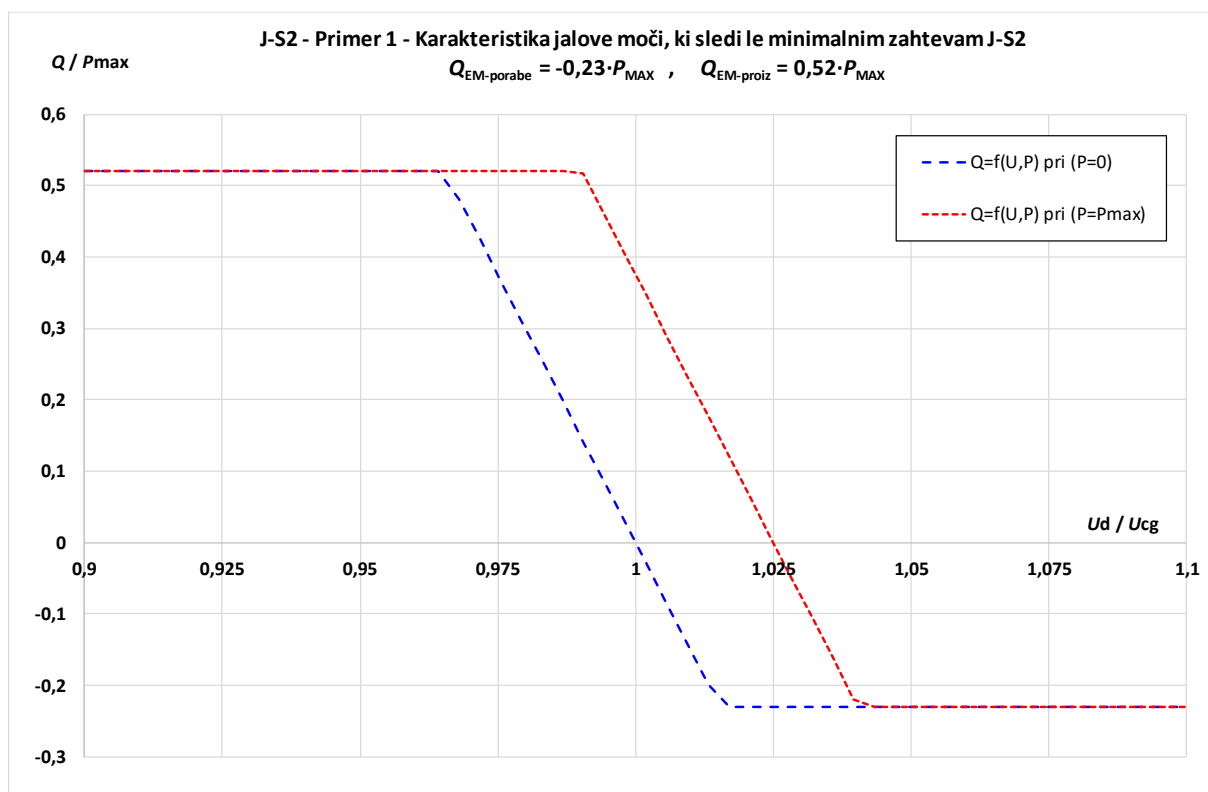
**Če je  $P_{PN} < 0,05 \cdot P_{MAX}$  veljajo pravila za jalovo moč za končnega odjemalca skladno z Navodili SONDSEE.**

Vrednosti delovne in jalove moči ( $Q_{EM}$ ,  $P_{EM}$ ,  $P_{NPN}$ , ...) se za potrebe karakteristik jalove moči izračunavajo iz dogovorjene napetosti ( $U_{CG}$ ) ne glede na dejansko stanje napetosti ( $U_D$ ). Vrednosti jalove moči ne veljajo med prehodnimi pojavi, ampak v stacionarnem stanju.

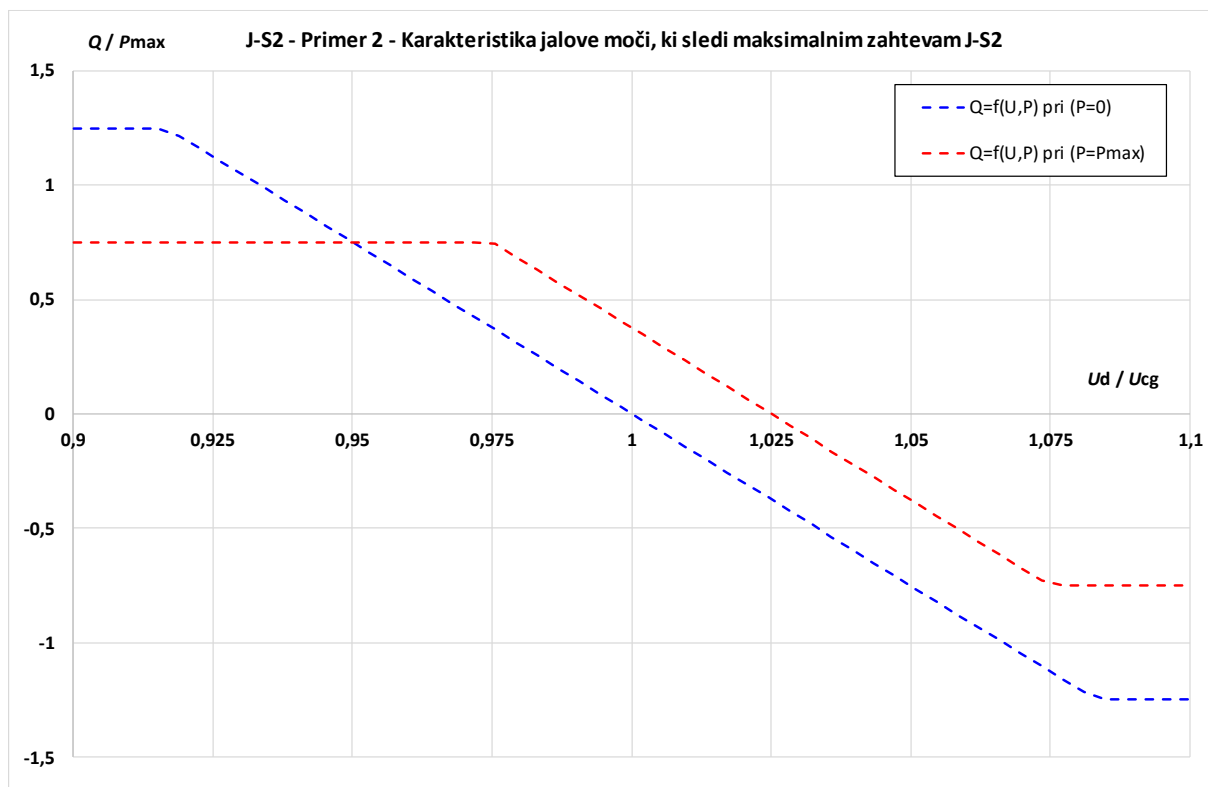
Ob havarijskih stanjih v omrežju (kratki stiki, degradirana napetost, odstopanja frekvence) je zaradi fizikalno tehničnih lastnosti nekaterih generatorjev **dovoljeno in pričakovano**, da tok prehodno preseže nazivno vrednost ločilnega mesta.

Če je PN zaradi znižane napetosti omrežja v stanju preobremenitve več kot **2,5 s** je priporočeno omejevati jalovo moč pod največjo zmogljivost proizvodnje jalove moči ( ) ali omejevati navidezno moč pod ( $1,25 P_{MAX}$ ). Priporoča se, da se omejevanje ne prične pred **2,5 s** ampak tik preden bi delovala tokovna zaščita proti preobremenitvi ločilnega mesta.

Na naslednjih dveh slikah prikazujemo karakteristike jalove moči PN oziroma EM, ki (Primer 1) zagotavlja minimalne zahteve glede jalove moči po karakteristiki J-S2 in (Primer 2) zagotavlja maksimalne zahteve glede jalove moči po karakteristiki J-S2.



Slika XII.11: Grafični prikaz karakteristike jalove moči PN oziroma EM, ki (Primer 1) zagotavlja minimalne zahteve glede jalove moči po karakteristiki J-S2.



Slika XII.12: Grafični prikaz karakteristike jalove moči PN oziroma EM, ki (Primer 2) zagotavlja maksimalne zahteve glede jalove moči po karakteristiki J-S2.

## XII.6. OMEJEVANJE DELOVNE MOČI NA RAČUN ZAGOTAVLJANJA POTREBNE JALOVE MOČI

Za postopek izračuna možnosti priključitve proizvodne naprave v distribucijsko omrežje poda investitor informacijo o tem, koliko delovne moči ( $P_{LM}$ ) želi pošiljati v omrežje. Na podlagi želene delovne moči in določene karakteristike jalove moči se nato izračuna potrebna jalova moč proizvodne naprave ( $Q_{LMMAX}$ ). Na podlagi tega se izračuna tudi skupna navidezna moč proizvodne naprave ( $S_{LMMAX}$ ), ki je podlaga za izračun tokovnih obremenitev omrežja.

V omrežje je dovoljeno priključiti razsmernike s skupnimi navideznimi močmi, ki so enake, kot je največja dovoljena moč na ločilnem mestu, kamor so priključeni ti razsmerniki. Vendar, pa je **prioriteta pri obratovanju proizvodne naprave zagotavljanje karakteristike jalove moči**. To pomeni, da bo v tistih obdobjih, ko bo mogoča delovna moč proizvodne naprave večja, kot pa je sposobnost razsmernika za zagotavljanje jalove moči pri določeni delovni moči, potrebno prekomerno delovno moč proizvodne naprave omejiti tako, da bo karakteristika jalove moči zagotovljena!

Pri tem je potrebno poudariti, da se karakteristika jalove moči proizvodne naprave zlahka preverja z meritvami in da je nespoštovanje karakteristike jalove moči **kršitev obveznih zahtev za obratovanje proizvodne naprave v distribucijskem omrežju**, kar lahko vodi v popolno blokado obratovanja proizvodne naprave s strani operaterja distribucijskega omrežja! Postopek preverjanja jalove moči proizvodne naprave je naveden v prilogi teh *Navodil*.

## XII.7. NATANČNEJŠE DOLOČITEV ZAHTEV GLEDE VKLOPA KOMPENZACIJSKIH NAPRAV ZA POTREBE PROIZVODNE NAPRAVE

Če se za zagotavljanje ustrezne karakteristike jalove moči uporabljajo kondenzatorske naprave, je vrstni red vklopov in izklopov naprav natančno določen.

Pri vklopu in sinhronizaciji proizvodne naprave je vrstni red naslednji:

1. Sinhronizacija generatorja v omrežje z izključenimi kompenzacijskimi napravami.
2. Vkllop kompenzacijskih naprav za regulacijo jalove moči proizvodne naprave.

Pri izklopu proizvodne naprave iz distribucijskega omrežja je vrstni red naslednji:

1. Izklop kompenzacijskih naprav za regulacijo jalove moči proizvodne naprave.
2. Izklop generatorja iz omrežja.

Pri izklopu se lahko točki 1 in 2 izvedeta tudi istočasno.

### XIII. OBRATOVANJE EM – SPLOŠNE ZAHTEVE ZA DELOVANJE SISTEMA ZA KOMUNIKACIJO MED PN IN DELEŽNIKI

#### XIII.1. FUNKCIONALNE ZAHTEVE

Zahteve za **tip A** so izmed vseh najbolj enostavne. To so PN moči od 800 W do 10 kW. Omogočati morajo konstantno delovno moč v okviru frekvenčnih zahtev, poleg tega pa tudi omogočati zmanjšanje delovne moči pri povišani frekvenci po vnaprej nastavljeni karakteristiki. Po izpadu napajanja se morajo biti sposobne samostojno priključiti nazaj v omrežje. Operater distribucijskega omrežja jim lahko daljinsko onemogoči obratovanje, ko se distribucijsko omrežje ne nahaja v normalnem obratovalnem stanju. EM mora biti opremljen z logičnim vmesnikom (vhod), da se zagotavljanje izhodne delovne moči preneha v petih sekundah po prejemu navodila na vhodu.

PN **tipa B** in več morajo omogočati tudi:

- za regulacijo izhodne delovne moči mora biti EM opremljen z vmesnikom (vhod) z namenom, da se po prejemu navodila na vhodu zmanjša izhodna delovna moč. Za EM tip B s priključno močjo manj kot 100 kW se omejevanje največje dovoljene delovne moči s strani operaterja distribucijskega omrežja izvede daljinsko, če se operater distribucijskega sistema v primeru nenormalnih obratovalnih stanj distribucijskega omrežja tako odloči;
- resinhronizacijo tudi po večjem dogodku v omrežju;
- implementacijo karakteristike FRT (Fault-Ride-Through); in
- relativno enostavno regulacijo jalove moči.

Zahteve za **tip C in D** v SN omrežju so že zelo kompleksne in po funkcionalnosti ne odstopajo veliko od zahtev za elektrarne, ki so priključene v 110 kV omrežje.

To so PN, na katere lahko operater prenosnega omrežja aktivno računa v primeru težav s sistemsko frekvenco. Poleg zahtev za tip B morajo omogočati tudi funkcionalnosti, ki na podlagi sistemske frekvence posegajo v delovno točko delovne moči, tako po vrednosti, kot tudi dinamiki spreminjanja in doseganja te točke. Glede regulacije delovne moči in regulacijskega območja mora biti regulacijski sistem EM tipa C in D zmožen prilagoditi želeno vrednost delovne moči v skladu z navodili, ki jih lastniku objekta za proizvodnjo električne energije posreduje distribucijski operater ali sistemski operater prenosnega omrežja.

Za ta razreda PN je treba podati tudi dinamični model za simulacije, ki omogoča analize dinamičnih stanj v omrežju. Zahtevan obseg regulacije jalove moči je večji kot pri tipu B. Predvideno je tudi dušenje sistemskih nihanj. Eden od EM znotraj PN mora biti sposoben zagona iz breznapetostnega stanja (t.i. "black start", če je tako dogovorjeno), obojnega obratovanja in mora imeti možnost ozemljitve nevtralne točke.

Za PN tipov C in D v SN omrežju, ki vsebujejo razsmerniške vrste EM, se zahteva izvedba t.i. "sintetične inercije", ki pri PN, ki vsebujejo vetrne EM, s pomočjo modifikacije regulacije elektrarne v času prehodnega pojava v omrežju (upada frekvence) črpa moč iz rotirajočih mas rotorja za ublažitev prehodnega pojava.

Operater prenosnega omrežja (sistemski operater) nad PN tipov C in D v SN omrežju opravlja monitoring glede upoštevanja pravil za spreminjanje delovne moči glede na sistemsko frekvenco. Če operater prenosnega omrežja ne more zagotoviti ustreznega obsega sekundarne in terciarne regulacije delovne moči od ponudnikov teh storitev, lahko preko AGEN zahteva to storitev od generatorjev tipov C in D v SN omrežju, seveda ob kompenzaciji stroškov ter upoštevanju dinamike teh virov in omejitev zaradi njihovega primarnega vira energije (predvsem aktualno pri obnovljivih virih primarne energije).

#### XIII.2. NABOR PODATKOV, KI SI JIH IZMENJUJEJO DELEŽNIKI IN PN

Glede na vrsto deležnika je določen tudi nabor podatkov, ki si jih izmenjuje PN z njim. **Določeni so samo tisti podatki, ki so neposredno vezani na obratovanje PN in nujno potrebni za izpolnjevanje zahtev obratovanja v distribucijskem omrežju in izpolnjevanja zahtev RfG.**

#### XIII.3. PODATKI, KI JIH PN POŠILJA DELEŽNIKOM

PN pošilja tiste vrste podatkov deležnikom, ki so za njih aktualni in relevantni. Podatki so označeni z »0.XXX«, kjer XXX predstavlja kodo podatka.

Razpredelnica XIII.1 prikazuje nabor podatkov za izmenjavo med PN in deležnikoma DO oziroma SO. Prikazani so podatki, ki jih PN pošilja.

**Razpredelnica XIII.1: Nabor podatkov za izmenjavo med PN in DO oziroma SO.**

Koda podatka	Ime podatka	Informacija ali status	Naslovnik		Velja za razred			
			DO	SO	A	B	C	D
0.001	Obratovanje omogočeno	Status: ON / OFF	X	X <sup>*</sup>	X	X	X	X
0.002	Napetost na PN, $U$	Info: (V, pu)	X <sup>**</sup>			X	X	X
0.003	Tok PN, $I$	Info: (A)	X <sup>**</sup>	X		X	X	X
0.004	Frekvenca na PN, $f$	Info: (Hz)	X	X				X
0.005	Delovna moč PN, $P$	Info: (W, kW, pu)	X <sup>**</sup>	X <sup>*</sup>		X	X	X
0.006	Jalova moč PN, $Q$	Info: (var, kvar)	X <sup>**</sup>			X	X	X
0.007	Faktor $\lg \varphi$	Info: ( )	X <sup>**</sup>			X	X	X
0.008	Nastavitev statike za jalovo moč <i>droop</i> $Q$	Info: (%)	X				X	X
0.009	Nastavitev statike za delovno moč <i>droop</i> $P$	Info: (%)	X	X			X	X
0.010	Status frekvenčni način OFON	Status: ON / OFF	X	X			X	X
0.011	Predvidena delovna moč EM, $P_{\text{vozni red}}$	Info: (W, kW, pu)	X	X			X	X
0.012	Nastavljen odziv $\Delta P/\Delta f$	Info: (kW/Hz)		X			X	X
0.013	Nastavitev mrtve cone za delovno moč	Info: (mHz)		X			X	X
0.014 <sup>***</sup>	Energija na voljo	Info: (kWh)		X		X	X	X

OPOMBA: X<sup>\*</sup> - velja samo za tip C in D

X<sup>\*\*</sup> - v primeru tipa B velja le za PN moči 100 kW in več

X<sup>\*\*\*</sup> - velja samo za HEE in PEV, če proizvajajo delovno moč in so vključeni v regulacijo delovne moči

**Operaterju distribucijskega omrežja (DO)** je PN dolžna posredovati podatke o stanju na ločilnem mestu (LM), svojem obratovanju in nastavitvah določenih parametrov.

**Sistemskemu operaterju (SO)** je PN dolžna posredovati samo podatke, ki so vezani na obratovanje EES kot celote in se tičejo nastavitve in stanja glede delovne moči PN.

#### XIII.4. PODATKI, KI JIH DELEŽNIKI POŠILJAJO PN

Deležniki pošiljajo PN tiste vrste podatkov oziroma ukazov, s katerimi je omogočen vpliv na obratovanje PN.

**Operater distribucijskega omrežja (DO)** lahko PN pošilja oziroma posreduje podatke in ukaze, ki se tičejo obratovanja PN v omrežju in omogočajo izključitev določene PN iz obratovanja oziroma omejitev delovne moči PN. Prav tako je omogočeno (za določene razrede) nastavljanje nekaterih parametrov, ki se tičejo

obratovanja jalove moči oziroma obvladovanja napetostnega profila v omrežju. Ti podatki so najvišje prioritete in jih lahko do PN pošilja le DO.

**Sistemskemu operaterju (SO)** je omogočeno posredovanje podatkov in ukazov, ki so vezani na obratovanje EES kot celote in se tičejo nastavitvev in stanja glede delovne moči PN. Podatki so po prioriteti drugi po vrsti in se izvedejo le, če jih ne prekliče distribucijski operater s svojimi podatki višje prioritete.

Razpredelnica XIII.2 prikazuje nabor podatkov za izmenjavo med deležniki in PN. Prikazani so podatki, ki jih deležniki pošiljajo proizvodni napravi.

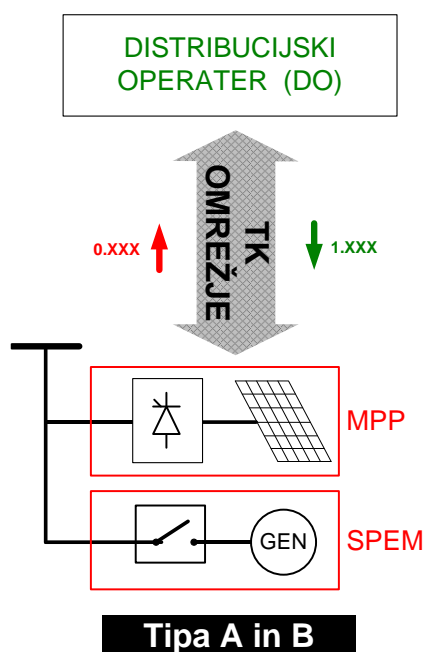
**Razpredelnica XIII.2: Nabor podatkov za izmenjavo med deležniki in PN.**

Koda podatka	Ime podatka	Ukaz, omejitev ali nastavev	Pošiljatelj		Velja za razred			
			DO	SO	A	B	C	D
1.001	Dovoljenje za obratovanje PN	Ukaz: ON / OFF	X	X**	X	X	X	X
1.002	Največja dovoljena delovna moč PN, $P$	Limit: (W, kW, pu)	X*			X	X	X
1.003	Delovna točka napetosti PN, $U_{CG}$	Set-point: (V, pu)	X				X	X
1.004	Delovna točka jalove moči PN, $Q$	Set-point: (var, kvar)	X				X	X
1.005	Nastavev statike za jalovo moč <i>droop</i> $Q$	Set-point: (%)	X				X	X
1.006	Frekvenčni način OFON	Ukaz: ON / OFF		X			X	X
1.007	Delovna točka delovne moči PN, $P$	Set-point: (W, kW, pu)		X			X	X

OPOMBA:

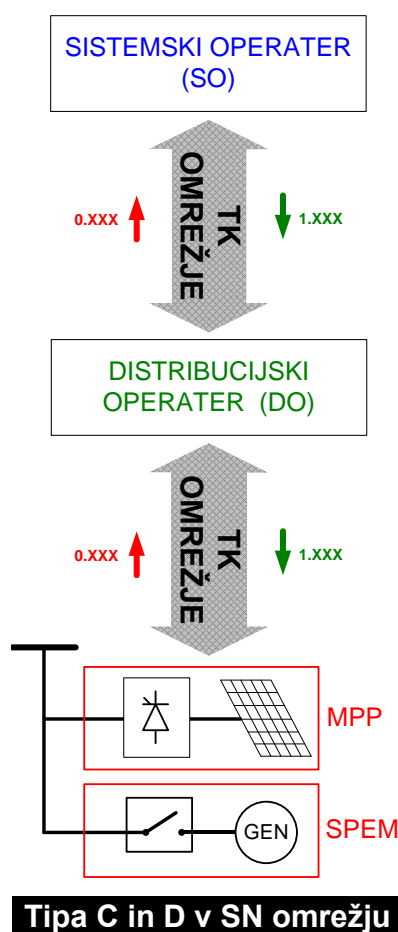
X\* - v primeru tipa B velja le za PN moči 100 kW in več

X\*\* - velja samo za tip C in D



Slika XIII.1: Funkcionalne povezave med PN in akterji omrežja za tip A in tip B.





Slika XIII.2: Funkcionalne povezave med PN in akterji omrežja za tip C in D v SN omrežju.

### XIII.5. IZMENJAVA INFORMACIJ

Elektroenergijski modul (EM) oziroma proizvodna naprava (PN) mora omogočati izmenjavo komande za izklop (tip A in tip B do 100 kW) ali izmenjavo obratovalnih podatkov (tipi B 100 kW in več ter tipa C in D: meritve, položajne signalizacije, komande) s sistemom zadevnega systemskega operaterja (systemskega operaterja distribucijskega omrežja - DO oziroma njegovega pooblaščenca, systemskega operaterja prenosnega omrežja - SO) v realnem času:

- **Tip A in tip B do 100 kW:** komanda za izklop se pošlje preko sistema Napredne merilne infrastrukture oziroma uporabi se obstoječa povezava, ki jo ima DO do elektronskega števca.
- **Tip B 100 kW in več:** osveževanje vsaj na 1 minuto, dovoljena zakasnitev največ 10 sekund, zanesljivost vsaj 99%. Hitrost prenosa informacij: do 64 kbit/s. Natančnost ure realnega časa na podlagi katere se določijo časovne značke meritev naj bo znotraj 10 ms. Za izmenjavo podatkov se uporabi MQTT/TLS protokol z vključeno TLS podporo ter skladno s shemami in načinom izmenjave podatkov definiranim s strani DO (priloga). Opcijsko se lahko v dogovoru z DO oziroma SO uporabijo tudi komunikacijski protokoli IEC 60870-5-104, IEC 60870-6 ali ustrezni protokoli iz družine standardov IEC 61850, ki temeljijo na IEC 61850-90-5. PN mora imeti povezljivost do storitve DO (MQTT posrednika) preko javnega omrežja ali preko zasebnega omrežja DO – v tem primeru mora imeti komunikacijski vmesnik PN na voljo Ethernet vrata (*port*) preko katerih se lahko priključi komunikacijska oprema za povezljivost v zasebno oziroma avtonomno omrežje zadevnega systemskega operaterja.
- **Tip C:** osveževanje vsaj na 2 sekundi, dovoljena zakasnitev največ 100 ms, zanesljivost vsaj 99,9%. Hitrost prenosa informacij: do 64 kbit/s. Natančnost ure realnega časa, na podlagi katere se določijo časovne značke meritev, naj bo znotraj 10 ms. Za izmenjavo podatkov se uporabi MQTT/TLS protokol z vključeno TLS podporo ter skladno s shemami in načinom izmenjave podatkov definiranim s strani DO (priloga) ali komunikacijski protokoli: IEC 60870-5-104, IEC

60870-6 ali ustrezni protokoli iz družine standardov IEC 61850, ki temeljijo na IEC 61850-90-5. Komunikacijski vmesnik PN mora imeti na voljo Ethernet vrata (*port*) preko katerih se lahko priključi komunikacijska oprema za povezljivost v zasebno oziroma avtonomno omrežje zadevnega sistemskega operaterja.

- **Tip D:** osveževanje na 20 ms, dovoljena zakasnitev največ 100 ms, zanesljivost vsaj 99,99%. Hitrost prenosa informacij: do 1 Mbit/s. Natančnost ure realnega časa na podlagi katere se določijo časovne značke obratovalnih podatkov naj bo znotraj 10 ms, razen za WAMS PMU podatke, kjer se zahteva časovna sinhronizacija < 10 ns. V primeru uporabe WAMS PMU merilnika za modul D, se le ta poveže s PDC koncentradorjem SO z uporabo protokola IEEE C37.118.2 ali IEC 61850-90-5. Za obratovalne podatke se uporabijo komunikacijski protokoli IEC 60870-5-104, IEC 60870-6 ali ustrezni protokoli iz družine standardov IEC 61850, ki temeljijo na IEC 61850-90-5. Komunikacijski vmesnik PN mora imeti na voljo Ethernet vrata (*port*) preko katerih se lahko priključi komunikacijska oprema za povezljivost v zasebno oziroma avtonomno omrežje zadevnega sistemskega operaterja.

OPOMBA:

MQTT protokol je definiran s standardom ISO/IEC 20922:2016. MQTT se varuje s TLS - uporabiti je treba zadnje stanje tehnike, torej aktualno različico protokola TLS. Komunikacijski vmesnik PN mora imeti PKI certifikat overitelja digitalnih potrdil (Certificate Authority), ter podpirati avtentikacijo / avtorizacijo z uporabniškim imenom in geslom, ki ga dodeli DO.

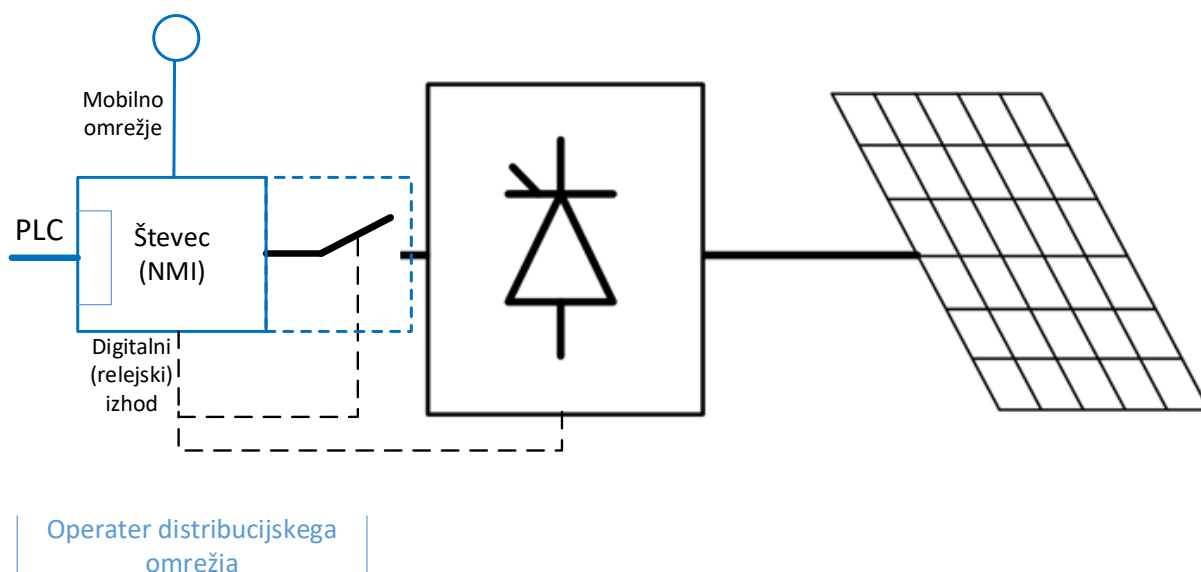
### XIII.5.1. Zahteve za opremo, da se lahko obratovanje objekta upravlja na daljavo

**Za tip A: Prenehanje zagotavljanja delovne moči na izhodu v času 5 sekund od prejete navodila na vходу.**

Vrsta in natančne specifikacije dodatne opreme, da se lahko obratovanje objekta upravlja na daljavo, se določi v *Soglasju za priključitev*.

Obvezne zahteve za PN tipa A in tipa B do 100 kW so naslednje:

- PN mora imeti na voljo digitalni vhod, ki omogoča prenehanje zagotavljanja delovne moči na izhodu v času 5 sekund od sklenitve releja, ki je na ta vhod priključen. Razklenitev releja s strani zadevnega operaterja omrežja pomeni pogoj, da lahko PN ponovno začne zagotavljati delovno moč na izhodu;
- rele za izklop zagotovi zadevni operater omrežja, predvidoma v okviru elektronskega števca, ali druge daljinsko krmiljene naprave.



Slika XIII.3: Princip daljinske komande za prenehanje/vzpostavitev zagotavljanja delovne moči na izhodu PN tipa A in tipa B do 100 kW.

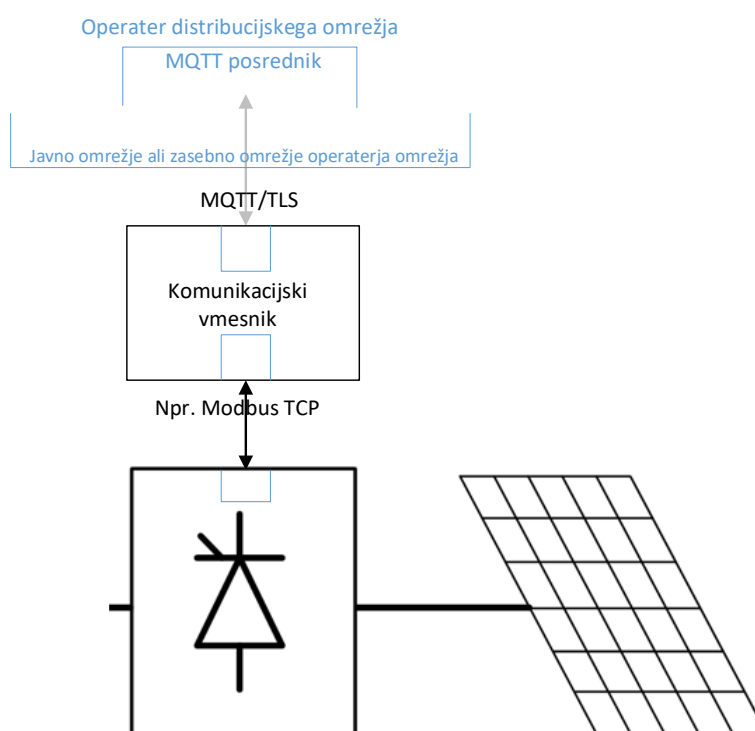
**Za tipe B moči 100 kW in več, C in D: Zajem meritev in regulacija z namenom zmanjšanja delovne moči na izhodu po prejetju navodila na vходу.**

Vrsta in natančne specifikacije dodatne opreme, da se omogoči upravljanje izhodne delovne moči na daljavo, se določi v *Soglasju za priključitev*.

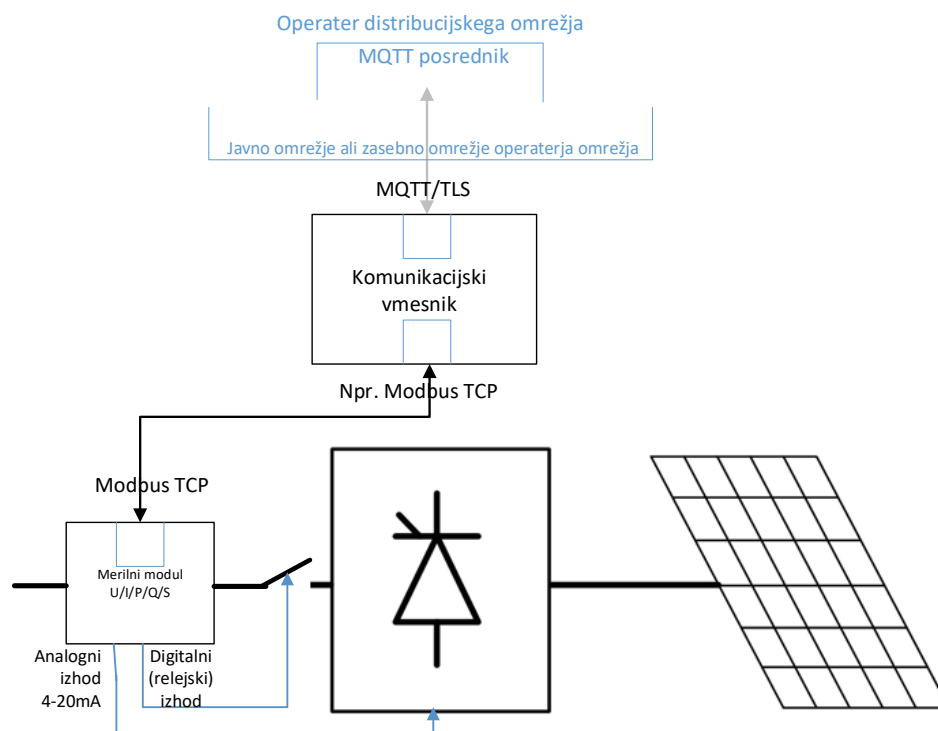
Obvezne zahteve za PN tip B moči 100 kW in več ter C in D so naslednje:

- PN mora izpolnjevati zahteve glede izmenjave podatkov kot so navedene v XIII.5,
- PN mora preko komunikacijskega vmesnika izmenjevati podatke, ki so navedeni v XIII.2 in XIII.3.

Izvedba zajema meritev in pošiljanja komand med komunikacijskim vmesnikom PN in EM znotraj PN s temi navodili ni predpisana in se lahko izvede na več načinov, bodisi preko ustreznega komunikacijskega protokola npr. neposredno z inverterjem (Slika XIII.4) bodisi z uporabo druge naprave ali krmilnika (Slika XIII.5). Določena je le izmenjava podatkov PN z nadrejenim sistemom zadevnega systemskega operaterja oziroma njegovo storitvijo (MQTT posrednikom).



Slika XIII.4: Princip integracije komunikacijskega vmesnika PN tipa B moči 100 kW in več.



Slika XIII.5: Princip integracije komunikacijskega vmesnika PN in izvedbe meritev in komand preko druge naprave oziroma krmilnika.

## XIV. OBRATOVANJE EM – OPIS DELOVANJA SISTEMOV POSLUŽEVANJA EM IN UČINEK UKREPOV PREJETIH NA DALJAVO

### XIV.1. ELEMENTI ZA POSLUŽEVANJE IN SIGNALIZACIJO

Elementi ločilnega mesta, ki omogočajo posluževanje distribucijskega operaterja, morajo biti dostopni tudi v primeru, če lastnik oziroma upravljavec proizvodne naprave ni dosegljiv.

Elementi za posluževanje in signalizacijo, ki jih mora imeti ločilno mesto, so:

- posluževalna naprava oziroma preklopka na ločilnem mestu (blokada vklopa stikala na ločilnem mestu),
- indikator napetosti s strani distribucijskega omrežja in
- indikator položaja stikala ločilnega mesta.

Dodatni elementi, ki jih lahko zahteva distribucijski operater v omrežju z deležem proizvodnih naprav, ki je višji od 20 % minimalne (pasovne) porabe RTP-ja:

- klasična daljinska komunikacija med DO in proizvodno napravo (izmenjava podatkov s časom prenosa podatkov med 15 s in 5 min).

Dodatni elementi za proizvodne naprave tipa C in D, ki jih DO zahteva in po strokovni presoji uporablja za vodenje sistema:

- Zanesljiva daljinska komunikacija med DO in EM z nadzorom delovanja komunikacije (ukazi in reference se iz DO -ja do proizvodne naprave prenese prej kot v 1 s).
- Nedelovanje komunikacije povzroči spremembo zaščitne sheme in karakteristike delovne moči, kot je opisano v prejšnjih poglavjih.

#### **XIV.1.1. Posluževalna naprava oziroma preklopka na ločilnem mestu (blokada vklopa stikala na ločilnem mestu)**

Posluževalna naprava (preklopka) mora imeti dva položaja.

- **Položaj 0** Blokada vklopa stikala na ločilnem mestu. Posluževalna naprava prestavljena v ta položaj povzroči takojšen izklop stikala in blokira stikalo v izklopljenem položaju.
- **Položaj 1** Avtomatsko delovanje stikala ločilnega mesta. Ta položaj omogoči krmiljenje proizvodne naprave manipulacije s stikalom na ločilnem mestu.

Ob delovanju nadtokovne zaščite, ki deluje na odklopnik ločilnega mesta (če je izvedeno tako), naj premik preklopke v položaj 0 in nato v položaj 1 deblokira posluževanje avtomatike proizvodne naprave z odklopnikom.

Posluževalna naprava mora biti obvezno opremljena s ključavnico, ki onemogoča nepooblaščen spreminjanje stanja.

#### **XIV.1.2. Indikator napetosti na strani distribucije**

Indikator je lahko voltmeter ali detektor s tlivkami. Pogoj je le dolga življenjska doba in zanesljivo delovanje.

#### **XIV.1.3. Indikator položaja ločilnega stikala**

Vgradnja tega indikatorja ni potrebna, če je položaj stikala viden iz mesta za posluževanje.

### **XIV.2. ELEMENTI ZA DOSTOP AVTOMATIKE PROIZVODNE NAPRAVE DO ODKLOPNIKA**

Če ločilno mesto ni že tovarniško izvedeno in vsebovano v postroju ter preizkušeno, se priporoča, da so elementi za dostop avtomatike proizvodne naprave do odklopnika ločilnega mesta izvedeni na sledeč način:

Vklop odklopnika na ločilnem mestu izvaja zgolj avtomatika proizvodne naprave. Ločilno mesto (LM) kot naprava nikoli ne izvaja vklopov odklopnika samostojno, ampak zgolj s signalom avtomatike proizvodne naprave.

**Priporočena signala, ki ju ločilno mesto posreduje avtomatiki proizvodne naprave, sta dva.**

- **RAZPOLOŽLJIVOST LOČILNEGA MESTA (RLM)**

Ta signal pomeni, da nobena od zaščit na ločilnem mestu ni aktivna (napetost omrežja je v predpisanih mejah), ni bila aktivirana nobena tokovna zaščita, preklopka LM je v položaju 1.

Signal naj bo analogen na napetostnem nivoju pomožne napetosti ločilnega mesta.

$$0,8 \cdot U_{\text{pomožne nap.}} \leq U_{\text{sig}} \leq 1,2 \cdot U_{\text{pomožne nap.}} \rightarrow \text{LOČILNO MESTO RAZPOLOŽLJIVO.}$$

$$0 \leq U_{\text{sig}} \leq 0,2 \cdot U_{\text{pomožne nap.}} \rightarrow \text{LOČILNO MESTO NERAZPOLOŽLJIVO.}$$

S pomočjo tega signala avtomatika proizvodne naprave ve, kdaj lahko gre v ponovni zagon.

Isti signal lahko avtomatika in zaščita proizvodne naprave uporabita za zaščitne funkcije proizvodne naprave.

- **STANJE ODKLOPNIKA LOČILNEGA MESTA (OLM)**

Signal naj bo analogen na napetostnem nivoju pomožne napetosti ločilnega mesta.

$0,8 \cdot U_{\text{pomožne nap}} \leq U_{\text{sig}} \leq 1,2 \cdot U_{\text{pomožne nap}} \rightarrow$  ODKLOPNIK LOČILNEGA MESTA VKLJUČEN.

$0 \leq U_{\text{sig}} \leq 0,2 \cdot U_{\text{pomožne nap}} \rightarrow$  ODKLOPNIK LOČILNEGA MESTA IZKLJUČEN.

S pomočjo tega signala avtomatika proizvodne naprave ve, v kakšnem položaju je odklopnik na ločilnem mestu.

**Avtomatika proizvodne naprave generira dva signala:**

- VKLOP ODKLOPNIKA LOČILNEGA MESTA (LMV)
- IZKLOP ODKLOPNIKA LOČILNEGA MESTA (LMI)

Oziroma en signal, če je kot odklopnik uporabljen kontaktor. Tudi ta dva signala sta generirana na napetostnem nivoju lastne porabe ločilnega mesta.

Signal avtomatike VKLOP ODKLOPNIKA LOČILNEGA MESTA (LMV) se nemudoma **blokira** znotraj ločilnega mesta, ko ločilno mesto generira signal LOČILNO MESTO NERAZPOLOŽLJIVO.

#### **XIV.2.1. Pomožna napetost ločilnega mesta**

Elementi ločilnega mesta se lahko napajajo iz lastnega vira ali pa iz vira proizvodne naprave. Edini pogoj je, da vsak izpad lastne porabe vodi v takojšen izklop odklopnika na ločilnem mestu.

Po vzpostavitvi napetosti lastne porabe mora biti ločilno mesto ponovno na razpolago avtomatiki proizvodne naprave, seveda pod pogojem, da zaščite ločilnega mesta niso aktivne.

#### **XIV.2.2. Merilna točka na ločilnem mestu**

Vsa ločilna mesta na napetostnem nivoju, ki je višji od NN, morajo biti opremljena s servisno vtičnico ter merilnimi sponkami za:

- |          |   |  |
|----------|---|--|
| $I_{LM}$ | - | tok na ločilnem mestu (isti, kot ga vidijo nadtokovne zaščite na LM),      |
| $U_{LM}$ | - | napetost na ločilnem mestu (ista, kot jo vidijo napetostne zaščite na LM), |
| SIGNALI  | - | vsi signali, ki vstopajo in izstopajo iz ločilnega mesta.                  |

Merilne sponke morajo biti izvedene tako, da priklop merilnikov ne moti obratovanja proizvodne naprave.

## XV. VZPOSTAVLJANJE SISTEMA

Pod vzpostavljanjem sistema je mišljeno stanje, ko sta napetost in frekvenca zaradi večjih dogodkov v omrežju (ki po navadi prizadenejo večja območja ENTSO-E omrežja ali pa so lahko tudi bolj lokalne narave), nestabilni oziroma nista dolgoročno znotraj meja, ki jih navajajo zaščitne sheme za tipe A, B, C in D (Z-Uf-A, Z-Uf-B in Z-Uf-C). V to skupino spada na primer nenamerno lokalno otočno obratovanje dela ENTSO-E omrežja ali celotnega oziroma dela slovenskega EES na VN ali SN oziroma NN nivoju. V to stanje obratovanja omrežja spada tudi obratovanje omrežja pri vzpostavljanju sistema iz breznapetostnega stanja. V teh primerih se PN izključi (izpade) iz omrežja zaradi delovanja napetostne in/ali frekvenčne zaščite na ločilnem mestu PN. Za ponovno vključitev PN v takšno (oslabljeno) omrežje so predpisani drugačni pogoji, kot za vključitev v »zdravo« omrežje.

### XV.1. POGOJI POD KATERIMI SE LAHKO EM PONOVO VKLJUČI NA OMREŽJE PO INCIDENČNEM (NENAMERNEM) IZKLOPU, KI JE POSLEDICA MOTNJE V OMREŽJU IN VGRADNJA SISTEMOV ZA AVTOMATSKI PONOVI VKLOP

PN tipa B se lahko po nenamernem izklopu zaradi motnje v omrežju ponovno vklopi na omrežje pod sledečimi pogoji:

1. Napetostno območje na točki priključitve na omrežje:  $0,9 \text{ p.u.} \leq U \leq 1,1 \text{ p.u.}$ , in je nastavljivo znotraj območja med  $0,85 \text{ p.u.} \leq U \leq 1,1 \text{ p.u.}$
2. Frekvenčno območje:  $49,9 \text{ Hz} \leq f \leq 50,1 \text{ Hz}$ , in je nastavljivo znotraj območja med  $47,5 \text{ Hz} \leq f \leq 51,0 \text{ Hz}$ .
3. Ukaz na vhodni vmesnik PN, za prenehanje zagotavljanja delovne moči na izhodu PN ni aktiven.
4. Čas opazovanja (čas, v katerem morajo biti neprekinjeno izpolnjeni vsi zgoraj zahtevani pogoji):  $T_{\text{opazovanja}} = 60 \text{ s}$ , in je nastavljiv znotraj območja med 0 s in 300 s.
5. Največja dovoljena hitrost spremembe želene delovne moči:  $\Delta P_{\text{žel}} \leq 10 \% P_{\text{max}} / \text{min}$  in je nastavljiva znotraj območja do vrednosti  $\Delta P_{\text{žel}} \leq 20 \% P_{\text{max}} / \text{min}$ .

Avtomatski ponovni vklop na omrežje za PN tipa C, po nenamernem izklopu zaradi motnje v omrežju, ni dovoljen, razen če zadevni sistemski operater v sodelovanju z zadevnim sistemskim operaterjem prenosnega omrežja ne določi drugače. Avtomatski vklop na omrežje je odvisen od posameznega dovoljenja, ki se ga določi v *Soglasju za priključitev*.

PN tipa D se ne smejo avtomatsko ponovno vklopiti na omrežje. Pogoji za vklop tipa D na omrežje so določeni v *Soglasju za priključitev*.

## XVI. POSTOPEK ZA PRIDOBITEV KONČNEGA OBVESTILA O ODOBREDITVI OBRATOVANJA

Namen postopka za pridobitev *Končnega obvestila o odobritvi obratovanja* je, da se potrdi skladnost PN oziroma EM z nacionalnimi pravili in z Uredbo RfG ter pomeni začetek obratovanja PN. DO z izdajo Končnega obvestila o odobritvi obratovanja ne sprejema odgovornosti za potrditev skladnosti PN oziroma EM z zahtevami RfG. To skladnost mora za ves čas obratovanja PN zagotavljati lastnik PN.

Za vsako PN je treba zagotoviti, da PN kot celota, ali vsi EM te PN izkazujejo skladnost z zahtevami SONDSEE. Lastnik objekta za proizvodnjo električne energije zagotovi, da sta DO ali pristojni državni organ obveščena o trajni razgradnji PN po koncu njegovega delovanja v skladu s slovensko zakonodajo. Takšno obvestilo lahko predložijo tudi tretje osebe, vključno z agregatorji.

### XVI.1. PN TIP A

Postopek za pridobitev obvestila o odobritvi zaradi priključitve vsakega novega PN tipa A obsega predložitev dokumenta o napravi (vloga za pridobitev obvestila o odobritvi zaradi priključitve – vloga za priključitev). Lastnik objekta za proizvodnjo električne energije zagotovi, da so zahtevane informacije vpisane na dokument o napravi. Dokument o napravi se predloži za vsak PN v objektu za proizvodnjo električne energije. Zahtevane informacije lahko v imenu lastnika objekta za proizvodnjo električne energije predložijo tretje osebe. Predloženi dokumenti morajo biti v slovenskem jeziku.

Dokument o PN mora vsebovati vsaj naslednje informacije:

- (a) lokacijo, na kateri se izvede priključitev;
- (b) datum priključitve;
- (c) največjo zmogljivost naprave v kW;
- (d) vrsto primarnega vira energije;
- (e) razvrstitev EM med nastajajoče tehnologije v skladu z uredbo RfG;
- (f) navedbo opremnih certifikatov vgrajene opreme, ki jih je pooblaščen izdajatelj certifikatov izdal za opremo, ki se nahaja na lokaciji vgradnje;
- (g) kar zadeva vgrajeno opremo, za katero opremini certifikat ni bil prejet, se zagotovijo informacije v skladu z navodili DO in
- (h) kontaktne podatki lastnika objekta za proizvodnjo električne energije in izvajalca del ter njuna podpisa.

DO ob prejetju popolnega in ustreznega dokumenta za PN lastniku objekta za proizvodnjo električne energije izda končno obvestilo o odobritvi obratovanja.

### XVI.2. PN TIP B IN C

V postopku za pridobitev obvestila o odobritvi zaradi priključitve za nove PN tipov B in C se lahko uporabijo opremini certifikati, ki jih izda pooblaščen izdajatelj certifikatov. Predloženi dokumenti morajo biti v slovenskem jeziku.

Lastnik objekta za proizvodnjo električne energije za namene pridobitve obvestila o odobritvi zaradi priključitve vsakega novega PN tipov B in C DO predloži dokument za PN, ki vključuje izjavo o skladnosti. Za vsak PN v objektu za proizvodnjo električne energije se predložijo ločeni samostojni dokumenti za PN.

V dokumentu o PN morajo biti vključeni naslednji dokumenti v slovenskem jeziku:

- (a) Soglasje za priključitev;
- (b) izjavo o skladnosti z izčrpnimi in neizčrpnimi zahtevami Uredbe RfG;
- (c) tehnične podatke o vseh EM znotraj PN, ki so pomembni za priključitev na omrežje, kot jih je določil DO;
- (d) opremne certifikate, ki jih je pooblaščen izdajatelj certifikatov izdal za posamičen EM, kadar so ti del dokazov o skladnosti;



- (e) simulacijske modele za PN tipa C;
- (f) poročila o preskusih skladnosti, iz katerih je razvidno statično in dinamično delovanje EM, in
- (g) študije, iz katerih je razvidno statično in dinamično delovanje v skladu s poglavji 5, 6 ali 7 naslova IV uredbe RfG.

DO ob prejetju popolnega in ustreznega dokumenta za EM lastniku objekta za proizvodnjo električne energije izda končno obvestilo o odobritvi obratovanja.

### **XVI.3. SIMULACIJSKI MODELI ZA TIP C**

Lastnik objekta za proizvodnjo električne energije, ki vsebuje PN tip C, zagotovi simulacijske modele, iz katerih je ustrezno razvidno obnašanje PN kot celote v simulaciji statičnega in dinamičnega stanja (komponenta 50 Hz) ali v simulacijah elektromagnetnega prehodnega pojava. Lastnik objekta za proizvodnjo električne energije zagotovi, da so zagotovljeni modeli verificirani glede na rezultate preskusov skladnosti, rezultate preverjanja pa sporoči DO in SO. Takšno preverjanje mora opraviti za to usposobljena inštitucija z ustreznim tehničnim znanjem in prakso na tem področju.

Modeli, ki jih zagotovi lastnik objekta za proizvodnjo električne energije, vključujejo naslednje podmodele, odvisno od obstoja posameznih sestavnih delov:

- generator in pogonski stroj,
- regulacijo hitrosti in moči,
- regulacijo napetosti, po potrebi vključno s funkcijo stabilizatorja elektromehanskih nihanj v elektroenergetskem sistemu in sistemom za regulacijo vzbujanja,
- modele zaščite PN v skladu z dogovorom med zadevnim sistemskim operaterjem in lastnikom objekta za proizvodnjo električne energije ter
- modele pretvornikov za module v proizvodnem polju.

Natančno obliko posredovanja modelov določi DO v sodelovanju s SO. Lastnik objekta za proizvodnjo električne energije DO na zahtevo zagotovi posnetke o delovanju PN iz meritev in testiranja v začasnega obratovanja PN. DO lahko takšno zahtevo predloži zaradi primerjanja odziva modelov in navedenih posnetkov;

### **XVI.4. PN TIP D**

V postopku za pridobitev obvestila o odobritvi zaradi priključitve za nove PN tipa D se lahko uporabijo opremini certifikati, ki jih izda pooblaščen izdajatelj certifikatov. Predloženi dokumenti morajo biti v slovenskem jeziku.

Postopek za pridobitev obvestila o odobritvi zaradi priključitve vsakega novega PN tipa D zajema:

- (a) obvestilo o odobritvi priklopa na napajanje iz omrežja;
- (b) obvestilo o odobritvi začasnega obratovanja in
- (c) končno obvestilo o odobritvi obratovanja.

Podroben postopek za tip D je z vsemi potrebnimi dokumenti in dokazili naveden v sistemskih obratovalnih navodilih za prenosno omrežje električne energije, ki ga izdaja SO. DO ob prejetju vseh popolnih in ustreznih dokumentov za posamezne EM-je oziroma PN lastniku objekta za proizvodnjo električne energije izda končno obvestilo o odobritvi obratovanja.

## **XVII. ZAGOTAVLJANJE IN SPREMLJANJE SKLADNOSTI PN**

### **XVII.1. SPREMLJANJE SKLADNOSTI**

Skladnost se spremlja s pomočjo certifikatov, ki jih podajo proizvajalci naprav oziroma jih pridobi lastnik naprave na podlagi ustreznih simulacij in meritev PN.

#### **XVII.1.1. Tip A**

Za PN tip A v NN se predvideva certifikat o skladnosti proizvajalca vsebovanih EM ali PN kot celote. Certifikat mora vsebovati najmanj naslednje:

- skladnost z vsemi zadevnimi uredbami za posamezen EM (ki so potrebne za pridobitev oznake CE),
- skladnost s pravili uredbe o RfG,
- skladnost s slovenskimi omrežnimi zahtevami (SONDSEE z vsemi prilogami).

Skladnost z vsemi tremi alinejami se zagotovi z ustreznimi opreznimi certifikati akreditiranega organa iz območja EU. Certifikati morajo biti v slovenskem jeziku. Če v certifikatu proizvajalca naprave skladnost s slovenskimi omrežnimi zahtevami (SONDSEE) ni izkazana, jo mora lastnik PN v obliki izjave zagotoviti od ustrezne strokovno usposobljene osebe. Izjava o skladnosti s slovenskimi omrežnimi pravili potrjuje, da je PN skladna z vsemi omrežnimi zahtevami, ki veljajo v Sloveniji za PN tip A.

#### **XVII.1.2. Tip B**

Za PN tip B se predvideva certifikat o skladnosti proizvajalca posameznega EM, prav tako pa certifikat o skladnosti celotne PN, ki se dokazuje s simulacijami in meritvami (testi). Certifikat mora vsebovati najmanj naslednje:

- skladnost z vsemi zadevnimi uredbami za posamezen EM; s tem proizvajalec izjavlja, da ta proizvod izpolnjuje bistvene zahteve za varnost, zdravje in varovanje okolja, ki jih določa evropska regulativa oz. večina tako-imenovanih direktiv za proizvode.
- skladnost s pravili uredbe o RfG,
- skladnost s slovenskimi omrežnimi zahtevami (SONDSEE z vsemi prilogami).

Skladnost z vsemi tremi alinejami se zagotovi z ustreznimi opreznimi certifikati akreditiranega organa iz območja EU. Certifikati morajo biti v slovenskem jeziku. Če v certifikatu proizvajalca naprave skladnost s slovenskimi omrežnimi zahtevami (SONDSEE) ni izkazana, jo mora lastnik PN v obliki izjave zagotoviti od ustrezne strokovno usposobljene osebe. Izjava o skladnosti s slovenskimi omrežnimi pravili potrjuje, da je PN tip B skladna z vsemi omrežnimi zahtevami, ki veljajo v Sloveniji (Razpredelnica XVII.1).

#### **XVII.1.3. Tip C**

Za PN tip C se predvideva certifikat o skladnosti proizvajalca posameznega EM, prav tako pa certifikat o skladnosti celotne PN, ki se dokazuje s simulacijami in meritvami (testi). Certifikat mora vsebovati najmanj naslednje:

- skladnost z vsemi zadevnimi uredbami, ki veljajo za posamezen EM,
- skladnost s pravili uredbe o RfG,
- simulacije in meritve (testi) obratovanja PN, kjer se dokazuje skladnost z vsemi zahtevami, tudi s slovenskimi omrežnimi zahtevami (SONDSEE z vsemi prilogami).

Izjava o skladnosti s slovenskimi omrežnimi pravili potrjuje, da je PN skladna z vsemi omrežnimi zahtevami, ki veljajo v Sloveniji za PN tip C.

#### **XVII.1.4. Tip D**

Za PN tip D je potrebno zagotoviti izjavo o skladnosti v skladu z določili sistemskih obratovalnih navodil za prenosno omrežje in hkrati navodil SONDSEE s prilogami, če določenih zahtev SONPO ne določa, so pa določene v SONDSEE.

## XVII.2. SIMULACIJE ZA ZAGOTAVLJANJE SKLADNOSTI

Simulacije delovanja posameznih EM v objektu za proizvodnjo električne energije in proizvodne naprave (PN) kot celote je namenjena dokazovanju, da so zahteve iz teh Navodil izpolnjene.

Simulacije se opravijo na vseh proizvodnih napravah tip C in D. S simulacijami se preveri delovanje posameznih sklopov PN in njihov vpliv na obratovanje PN na ločilnem mestu (LM). S simulacijami se vedno ugotavlja vpliv vseh EM določene PN na LM PN. **Natančen seznam vseh potrebnih simulacij za zagotavljanje skladnosti bo naveden v posebnem dokumentu tako, da bo usklajen med DO in SO.**

Na podlagi uspešno opravljenih simulacij DO za PN izda *Obvestilo o odobritvi začasnega obratovanja PN*. V času začasnega obratovanja pa se opravijo meritve (testi) na PN, s katerimi se dokazuje skladnost s slovenskimi omrežnimi pravili (SONDSEE z vsemi prilogi).

## XVII.3. PREIZKUSI ZA ZAGOTAVLJANJE SKLADNOSTI

Preizkusi (testi) z meritvami električnih veličin za delovanje posameznih EM v objektu za proizvodnjo električne energije in PN kot celote so namenjeni dokazovanju, da so zahteve iz teh Navodil izpolnjene.

Preizkusi se opravijo na vseh PN tip C in D ter na PN tip B, ki so priključene v SN omrežje. Meritve in preizkusi se v okrnjeni tipski obliki opravijo tudi za PN tip B. S preizkusi se preveri delovanje posameznih sklopov PN in njihov vpliv na obratovanje PN na ločilnem mestu (LM). S preizkusi se vedno ugotavlja vpliv vseh EM določene PN na LM PN.

Na podlagi uspešno opravljenih preizkusov, ki jim sledi ustrezna izjava o skladnosti, DO za PN izda *Končno obvestilo o odobritvi obratovanja PN*.

Ne glede na tip EM (SPEM ali MPP) je treba za razrede B, C in D opraviti meritve karakteristike jalove moči in preizkus delovanja zaščite na LM PN v skladu z zahtevanimi pogoji.

### XVII.3.1. Opravljanje meritev in izdelava poročila ter izjave za dokazovanje skladnosti

Vse meritve in preizkusi, ki so navedeni za ugotavljanje in zagotavljanje skladnosti, sme opraviti samo strokovno usposobljena oseba, ki sme opravljati meritve v elektroenergetskem omrežju. Organizacija, ki izda takšno merilno poročilo, ki je podlaga za izdaji izjave o skladnosti mora imeti najmanj pet (5) let izkušenj z meritvami na objektih podobne velikosti in namena, kot za objekte, za katere se izdaja ta izjava. Meritve morajo biti opravljene tako, da so vidni poteki napetosti in toka od začetka do konca posameznega prehodnega pojava brez prekinitev. Napetosti in toki morajo biti merjeni na tak način, da tudi pri hitrih prehodnih pojavih ne pride do popačenja veličin tako po amplitudi, kakor tudi po njihovem faznem kotu. Če se za meritve uporabljajo tokovne klešče, mora biti uporabljena referenčna razpredelnica za korekcijo morebitne merilne napake tokovnih klešč.

Po opravljenih meritvah se izdela poročilo o meritvah, iz katerega je na podlagi rezultatov (grafično in tabelarično) jasno razvidno, da PN ustreza vsem zahtevam. Povzetek ustreznosti vsem zahtevam izdelovalec poročila navede v posebnem poglavju poročila, kjer navede vse preverjene zahteve in njihovo ustreznost. En izvod merilnega poročila mora biti v papirni in tudi digitalni obliki, ki ne omogoča spreminjanja vsebine dokumenta posredovan DO-ju. Če se isto merilno poročilo uporabi kot pogoj za dokazovanje skladnosti za več naprav v NN omrežju (tipski preizkus), se merilno poročilo DO-ju posreduje samo prvič.

Poleg tega izdela izdelovalec poročila poseben dokument z izjavo v slovenskem jeziku, kjer navede ustreznost posameznega tipa (in za SN omrežje tudi serijsko številko naprave ter številko soglasja za priključitev) vsem zadevnim zahtevam. Ta izjava mora obvezno vsebovati referenčno številko poročila z meritvami, tako da je na zahtevo DO mogoč vpogled v rezultate meritev.

**Natančen seznam vseh potrebnih meritev in postopka opravljanje meritev za zagotavljanje skladnosti je v prilogah tega dokumenta.**

#### **XVII.4. POSTOPEK ZA PRIDOBITEV KONČNEGA OBVESTILA IN PREVERJANJE SKLADNOSTI ZA POSAMEZNE TIPE EM**

##### **XVII.4.1. ENOSTAVEN POSTOPEK, tip A, do 10 kW v NN omrežju**

Za tip A so dovolj ustrezni opremni certifikati, kot je navedeno v poglavju XVII.1.1. Posebno preverjanje ni potrebno.

##### **XVII.4.2. POENOSTAVLJEN POSTOPEK, tip B, priključeni v NN omrežje**

Za tip B v NN omrežju so potrebni ustrezni opremni certifikati oziroma ostala dokumentacija, kot je navedeno v poglavju XVII.1.2. Poleg tega je za poenostavljen postopek potrebno preveriti tudi ostale parametre PN, kot so navedeni v razpredelnici XVII.1. S tem preverjanjem se zagotovi skladnost z omrežnimi pravili.

##### **XVII.4.3. STANDARDEN POSTOPEK, tip B, priključeni v SN omrežje**

Za tip B v SN omrežju so potrebni ustrezni opremni certifikati oziroma ostala dokumentacija, kot je navedeno v poglavju XVII.1.3. Poleg tega je za standarden postopek potrebno preveriti tudi ostale parametre PN, kot so navedeni v razpredelnici XVII.1. S tem preverjanjem se zagotovi skladnost z omrežnimi pravili.

Rok za zagotovitev vseh potrebnih dokumentov, ki dokazujejo skladnost, je 2 meseca po priključitvi vseh EM preverjane PN to je v času začasnega obratovanja. Če lastnik PN v navedenem roku ne zagotovi vseh predpisanih dokumentov, ga DO izključi iz omrežja po predhodnem obvestilu.

##### **XVII.4.4. RAZŠIRJEN POSTOPEK, tip C, priključeni v SN omrežje**

Za tip C je potrebna individualna obravnava posamezne PN. Zagotavljanje skladnosti z omrežnimi pravili se dokazuje s pomočjo simulacij na modelih in meritev PN med začasnim obratovanjem. S tem preverjanjem se zagotovi skladnost z omrežnimi pravili in skladnost z določili uredbe RfG.

Lastnik PN mora DO predložiti:

- Shematski prikaz vseh pomembnih delov PN vključno z vsemi posameznimi EM, ki sestavljajo PN in pomembnimi pogoni in napravami v sklopu PN.
- Tehnične podatke PN in posameznih komponent, vključno z regulatorji za delovno in jalovo moč PN.
- Podlage za izračun nastavitve zaščite PN in ostalih za omrežje pomembnih obratovalnih parametrov PN.
- Izjave o skladnosti in tovarniški testi posameznih vgrajenih naprav v PN.
- Za vsakega izmed posameznih parametrov iz razpredelnice XVII.1; razen za parametra IX.1.3 OFON-N) in X.1 do X.2 (FRT karakteristika); mora biti na podlagi preizkusov in meritev ugotovljena popolna skladnost za vsako PN posebej. Poleg tega pa morajo biti za vsako PN posebej opravljeni še preizkusi in meritve, ki so navedeni v razpredelnici XVII.2 ter tudi za njih ugotovljena popolna skladnost. Preizkuse in meritve, na podlagi katerih se izdela ustrezno tehnično poročilo ter zbirna izjava o skladnosti, lahko opravijo samo ustrezno strokovno usposobljene osebe, ki na podlagi ustreznega poznavanja EM, merilnih postopkov in tehnične ter ostale zakonodaje in že opravljenih podobnih storitev s tega področja dokažejo ustrezno usposobljenost in opremo za izvedbo ter analizo potrebnih meritev.

Rok za zagotovitev vseh potrebnih dokumentov, ki dokazujejo skladnost, je:

- 6 mesecev po priključitvi prvega EM preverjane PN, če je sestavljena iz več posameznih EM ali
- 5 mesecev po priključitvi vseh EM preverjane PN.

Če lastnik PN v navedenih rokih ne zagotovi vseh predpisanih dokumentov, ga DO izključi iz omrežja po predhodnem obvestilu.

##### **XVII.4.5. POPOLN POSTOPEK, tip D v VN ali SN omrežju**

Za tip D se vsi potrebni postopki izvedejo skladno z zahtevami iz obratovalnih navodil za prenosno omrežje električne energije (SONPO).

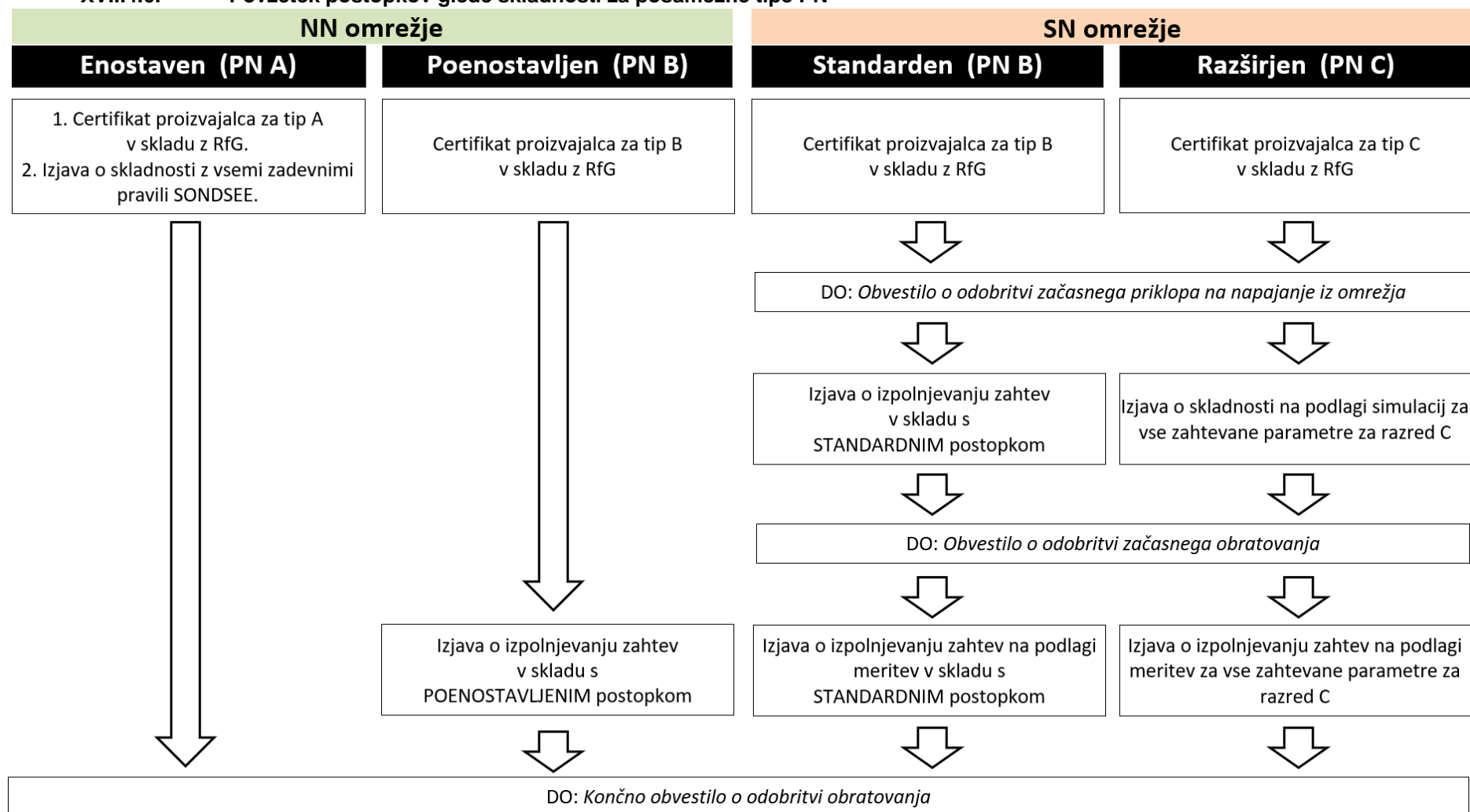
**Razpredelnica XVII.1 - Parametri za preverjanje skladnosti za standarden in poenostavljen postopek za PN tip B.**

Točka iz teh Navodil	Parameter	STANDARDEN POSTOPEK (tip B v SN omrežju)	POENOSTAVLJEN POSTOPEK (tip B v NN omrežju)
VI.2.1	Spremembe napetosti pri stikalnih manevrih	Skladnost s slovenskimi omrežnimi pravili se preveri na podlagi izdane izjave o skladnosti in merilnih protokolov proizvajalca. Vrednosti morajo ustrezati mejam podanih v posameznih točkah	Z izjavo o skladnosti proizvajalca se dokaže skladnost z ustreznimi SIST EN standardi za posamezne motnje. V primeru kopičenja naprav (vzporedno obratovanje enakih EM) morajo vrednosti ustrezati mejam podanih v posameznih točkah
VI.2.2	Jakost flikerja		
VI.2.3	Harmonska napetost		
VI.2.5	Komutacijske zarezke	Skladnost s slovenskimi omrežnimi pravili se preveri na podlagi izdane izjave o skladnosti in merilnih protokolov proizvajalca. Vrednosti morajo ustrezati mejam podanih v posameznih točkah	Z izjavo o skladnosti proizvajalca se dokaže skladnost z ustreznimi SIST EN standardi za posamezne motnje. V primeru kopičenja naprav (vzporedno obratovanje enakih EM) morajo skupne vrednosti ustrezati mejam podanih v posameznih točkah
VI.2.4	Enosmerni tok		
VI.2.6 in VI.2.7	Neravnotežje napetosti ali toka		
VIII.1.1	Kratkostična zaščita LM	Poročilo o delovanju zaščite na podlagi meritev	Poročilo strokovno usposobljene osebe o nastavitvi zaščite
VIII.1.2	Zaščita pred preobremenitvijo LM	Poročilo o delovanju zaščite na podlagi meritev	Poročilo strokovno usposobljene osebe o nastavitvi zaščite
VIII.1.3	Zaščita pred povratno delovno močjo v distribucijsko omrežje (za P-način obratovanja)	Poročilo o delovanju zaščite na podlagi meritev	Poročilo strokovno usposobljene osebe o nastavitvi zaščite
VIII.1.4	Zemeljskostična zaščita LM	Če je zaščita potrebna poročilo o delovanju zaščite na podlagi meritev	Zaščita ni potrebna za PN in se zato ne preverja
VIII.1.7 in VIII.1.8	Napetostno frekvenčne zaščite LM	Za predpisano vrsto zaščite poročilo o delovanju zaščite na podlagi meritev	Za predpisano vrsto zaščite poročilo strokovno usposobljene osebe o nastavitvi zaščite
IX.1.1	Frekvenčna stabilnost	Na podlagi opremnega certifikata naprave za tip B	Na podlagi opremnega certifikata naprave za tip B
IX.1.3	Karakteristika delovne moči D-1 (OFON-N za module tip B)	Na podlagi meritev za vsako PN posebej	Na podlagi opremnega certifikata naprave za tip B
X.1 – X.2	FRT karakteristika	Na podlagi opremnega certifikata naprave za tip B	Na podlagi opremnega certifikata naprave za tip B
XI.1	Zagotavljanje jalove moči (profil U-Q/ $P_{max}$ )	Na podlagi meritev za vsako PN posebej	Na podlagi meritev, lahko tipsko za vsak tip PN skupaj
XII.1 – XII.5	Karakteristika jalove moči	Za predpisano karakteristiko jalove moči poročilo o karakteristiki jalove moči na podlagi meritev (glej XIX)	Za predpisano karakteristiko jalove moči poročilo o karakteristiki jalove moči na podlagi meritev, lahko tipsko (glej XIX)

**Razpredelnica XVII.2 – Potrebni dodatni preizkusi za PN tip C.**

Parameter	RAZŠIRJEN POSTOPEK (tip C v SN omrežju)
Sprememba referenčne napetosti lokalno	Na podlagi meritev za vsako PN posebej
Daljinska spremembe reference napetosti s strani DO	
Hitrost odziva na nenadno spremembo napetosti omrežja	
Hitrost spremembe reference delovne moči	
Odziv daljinskega vodenja delovne moči s strani SO	
Odziv na nenadno spremembo frekvence znotraj $\pm 200$ m Hz (FON)	
Odziv na nenadno spremembo frekvence v frekvenčnem območju med 49,5 Hz in 49,8 Hz (OFON-P)	
Odziv na nenadno spremembo frekvence v frekvenčnem območju med 50,2 Hz in 50,5 Hz (OFON-N)	
Sinhronizacija oziroma vklop na omrežje	
Vse značilnosti napetosti in toka, ki so navedene od VI.2.1 do VI.2.7	

**XVII.4.6. Povzetek postopkov glede skladnosti za posamezne tipe PN**



## **XVIII. VZDRŽEVANJE PROIZVODNE NAPRAVE**

Vse naprave v proizvodni napravi je potrebno redno vzdrževati in po potrebi obnavljati tako, da je v vsakem trenutku zagotovljeno varno obratovanje. Poleg naprav proizvodne naprave je proizvajalec dolžan skrbeti tudi za vzdrževanje transformatorske postaje, SN vodov in NN vodov, ki so njegova last.

### **XVIII.1. VZDRŽEVANJE IN PREGLEDI ZAŠČITNIH NAPRAV LOČILNEGA MESTA**

Stikalno in zaščitno opremo ločilnega mesta mora lastnik opreme redno vzdrževati in preverjati pravilnost njenega delovanja, skladno z veljavnimi tehničnimi predpisi, navodili za vzdrževanje in zahtevami *Pravilnika o elektromagnetni združljivosti*.

DO ima pravico izvesti preizkus delovanja ločilnega mesta vsako leto z enomesečno predhodno napovedjo. Preizkusi ne smejo trajati dlje kot 8 ur.

### **XVIII.2. VZDRŽEVANJE PROIZVAJALČEVE ENERGETSKE OPREME**

Proizvajalec mora zagotoviti redno periodično vzdrževanje stikal, relejne zaščite, transformatorja, generatorja, akumulatorskih baterij ter ostale opreme, tako, da lahko v vsakem trenutku zagotovi varno obratovanje in zahteve distribucije.

Proizvajalec, ki mora za svoje postroje imeti navodila za obratovanje v skladu z navodili SONDSEE, mora vnaprej obveščati DO o načrtovanih planskih izklopih proizvodne naprave.

### **XVIII.3. VZDRŽEVANJE DISTRIBUCIJSKE OPREME IN VODOV**

Na SN distribucijskih omrežjih se za ozemljitev in kratkostično vezavo na ločilnem mestu predlaga uporaba ozemljilnih stikal oziroma, kjer bi to bilo iz določenih razlogov nujno potrebno, vgradnjo teh stikal DO predpiše v *Soglasju za priključitev*.

DO ima pravico vstopa v prostore postrojev proizvodne naprave zaradi:

- pregleda svojih zaščitnih naprav in pregleda oziroma preizkušanja naprav, ki jih distribucija namesti za svoje potrebe;
- vzdrževanja ali popravila opreme in naprav v lasti distribucije;
- izklopa celotne proizvodne naprave brez opozorila, če po mnenju DO obstaja nevarnost in je takšen takojšen poseg nujen, da se zaščiti ljudi in živali, distribucijsko omrežje in oprema ter oprema in lastnina tretjih oseb pred škodo, ki bi jo lahko povzročila proizvodna naprava;
- izklopa proizvodne naprave od omrežja, če se zahteva breznepetostno stanje omrežja zaradi del na omrežju ali napravah distribucijskega omrežja;
- ponovnega vklopa proizvodne naprave na omrežje po končanju del.



## **XIX. PRILOGA A – POGOJI GLEDE MERITEV VELIČIN ZA PREVERJANJE IZPOLNJEVANJA DOLOČIL V NAVODILIH SONDSEE, DOLOČENIH V PRILOGAH**

Merilna točka je ločilno mesto oziroma prvi element ločilnega mesta gledano s strani omrežja DO proti proizvodni napravi (če funkcije ločilnega mesta niso skoncentrirane). Če meritve niso opravljene na ločilnem mestu je potrebno grafično opredeliti mesto meritve. V vsakem primeru morajo biti v meritvi zajeti vplivi vseh EM, ki so priključeni na isto ločilno mesto.

### **XIX.1. POVPREČENJE VELIČIN**

Vsa ločilna mesta na napetostnem nivoju, ki je višji od NN, morajo biti opremljena s servisno vtičnico ter merilnimi sponkami.

Vse predpisane veličine se meri v povprečjih, ki upoštevajo trenutno frekvenco.

$$T_{POV} = M \cdot \frac{1}{f_{EM}}$$

M-število period trenutne frekvence, ( $50 \leq M \leq 3000$ ).

$$VEL_{POV}(t_n) = \frac{\int_{t_n}^{t_n+T_{POV}} VEL(t) dt}{T_{POV}}$$

### **XIX.2. MERJENE ELEKTRIČNE VELIČINE**

Vsa ločilna mesta na napetostnem nivoju, ki je višji od NN, morajo biti opremljena s servisno vtičnico ter merilnimi sponkami za:

#### **XIX.2.1. Napetost**

- Enofazen priklop proizvodne naprave:

$U_{EM} = U_{RMS L-N}$ , meri se fazno napetost tiste faze, kamor je priključena proizvodna naprava.

- Dvofazen priklop proizvodne naprave:

$U_{EM} = \frac{U_{RMS L1-N} + U_{RMS L2-N}}{2}$ , meri se fazni napetosti tistih dveh faz, kamor je priključena proizvodna naprava.

- Trifazen priklop proizvodne naprave:

$U_{EM} = \frac{U_{RMS L1-L2} + U_{RMS L2-L3} + U_{RMS L3-L1}}{3}$ , meri se vse tri medfazne napetosti.

Dovoljen merilni pogrešek je:  $m_{U-EM} = \pm 0,5 \%$ .

#### **XIX.2.2. Delovna moč**

- Enofazen priklop proizvodne naprave:

$P_{EM} = P_{L1}$ , meri delovno moč tiste faze, kamor je priključena proizvodna naprava.

- Dvofazen priklop proizvodne naprave:

$P_{EM} = P_{L1} + P_{L2}$ , meri se delovno moč tistih dveh faz, kamor je priključena proizvodna naprava.

- Trifazen priklop proizvodne naprave:

$P_{EM} = P_{L1} + P_{L2} + P_{L3}$ , meri se delovno moč vseh treh faz.

Dovoljen merilni pogrešek je:  $m_{P-EM} = \pm 2 \%$ .

### **XIX.2.3. Jalova moč**

- Enofazen priklop proizvodne naprave:

$Q_{EM} = Q_{L1}$ , meri jalovo moč tiste faze, kamor je priključena proizvodna naprava.

- Dvofazen priklop proizvodne naprave:

$Q_{EM} = Q_{L1} + Q_{L2}$ , meri se jalovo moč tistih dveh faz, kamor je priključena proizvodna naprava.

- Trifazen priklop proizvodne naprave:

$Q_{EM} = Q_{L1} + Q_{L2} + Q_{L3}$ , meri se jalovo moč vseh treh faz.

Dovoljen merilni pogrešek je:  $m_{Q-EM} = \pm 2 \%$ .

### **XIX.2.4. Frekvenca**

Meritev frekvence se izvaja poljubno, iz ene, dveh ali treh faznih meritev.

- Enofazna meritev:  $f_{EM} = f_{RMS\ L1}$ .
- Dvofazna meritev:  $f_{EM} = \frac{f_{L1} + f_{L2}}{2}$ .
- Trifazna meritev:  $f_{EM} = \frac{f_{L1} + f_{L2} + f_{L3}}{3}$ .

Dovoljen merilni pogrešek je:  $m_{f-EM} = \pm 0,1 \%$  oziroma  $M_{f-RV} = \pm 10 \text{ mHz}$ .

## XX. PRILOGA B – TESTIRANJE SPOSOBNOSTI PROIZVODNJE IN PORABE JALOVE MOČI

S testom se dokazuje, da je modul sposoben predpisane minimalne dopustne in ne presega maksimalne dopustne proizvodnje jalove moči.

### Potrebni merilni podatki:

$$P_{EM}, U_{EM}, Q_{MER}$$

Povprečenje podatkov ( $50 \leq M \leq 3000$ ), deklarirano v merilnem rezultatu

### Pogoji za izvedbo meritev:

- $49,8\text{Hz} \leq f_{EM} \leq 50,2\text{Hz}$ ,
- Modul priključen na omrežje,
- Omrežje v normalnem obratovalnem stanju.

### Potek testiranja:

Delovno moč vira se nastavi na  $\left(0,6 \leq \frac{P_{EM}}{P_{MAX}} \leq 1\right)$ . V kolikor primarni vir ne omogoča omenjenih zahtev, proizvajalec poda utemeljeno tehnično razlag. V takšnih primerih se test izjemoma lahko odvija pri delovnih močeh  $\left(0,1 \leq \frac{P_{EM}}{P_{MAX}} \leq 1\right)$ .

### XX.1. MERITEV SPOSOBNOSTI PROIZVODNJE JALOVE MOČI

Posluževalec modula na poljuben način zagotovi, da modul proizvaja maksimalno jalovo moč.

Poljuben način=(spremeni parametre regulacije, spremeni referenco napetosti,.....). V nobenem primeru sprememba nastavitve ne sme vplivati na dejanske maksimalne vrednosti, ki so zahtevane.

### Merilni rezultat:

Ko se jalova moč stabilizira skladno z inženirsko oceno, se izvede meritev že naštetih veličin.

Merilne veličine se predstavi v združeni tabeli:

### Presoja:

- Med meritvijo mora biti napetost  $0,9 \leq \frac{U_{EM}}{U_{CG}} \leq 1,1$ ,
- Delovna moč mora biti znotraj  $0,6 \leq \frac{P_{EM}}{P_{MAX}} \leq 1$ , razen v opisani izjemi,
- Frekvenca mora biti znotraj  $49,8\text{Hz} \leq f_{EM} \leq 50,2\text{Hz}$ ,
- Izmerjena jalova moč mora ustrezati predpisani meji iz SONDSEE (**Obvezna sposobnost proizvodnje jalove moči**).

Merilne rezultate se predstavi v sledeči obliki:

$$P_{MAX} = \text{_____} kW$$

Predpisana karakteristika jalove moči: \_\_\_\_\_

Meritve:

$P_{EM}/kW$	$Q_{MER}/kvar$	$Q_{EM-min}/kvar$	$Q_{EM-max}/kvar$	USTREZA DA/NE

Zadostuje ena meritev, vendar je priporočljivo, da se izvede več meritev pri različnih stanjih  $P_{EM}$

$P_{EM}$ -izmerjena delovna moč,

$Q_{MER}$ -izmerjena jalova moč,

$Q_{EM-min}$  – minimalna zahteva po proizvodnji jalove moči v delovni točki,

$Q_{EM-max}$  – maksimalna zahteva po proizvodnji jalove moči v delovni točki

**XX.2. MERITEV SPOSOBNOSTI PORABE JALOVE MOČI**

Posluževalec modula na poljuben način zagotovi, da modul proizvaja maksimalno jalovo moč.

Poljuben način=(spremeni parametre regulacije, spremeni referenco napetosti,.....). V nobenem primeru sprememba nastavitve ne sme vplivati na dejanske maksimalne vrednosti, ki so zahtevane.

**Merilni rezultat:**

Ko se jalova moč stabilizira skladno z inženirsko oceno, se izvede meritev že naštetih veličin.

Merilne veličine se predstavi v združeni tabeli:

Presoja:

- Med meritvijo mora biti napetost  $0,9 \leq \frac{U_{EM}}{U_{CG}} \leq 1,1$ ,
- Delovna moč mora biti znotraj  $0,6 \leq \frac{P_{EM}}{P_{MAX}} \leq 1$ , razen v opisani izjemi,
- Frekvenca mora biti znotraj  $49,8\text{Hz} \leq f_{EM} \leq 50,2\text{Hz}$ ,
- Izmerjena jalova moč mora ustrezati predpisani meji iz SONDOSEE (**Obvezna sposobnost porabe jalove moči**).

Merilne rezultate se predstavi v sledeči obliki:

$P_{MAX} = \text{_____} \text{ kW}$

Predpisana karakteristika jalove moči: \_\_\_\_\_

Meritve:

$P_{EM} / \text{kW}$	$Q_{MER} / \text{kvar}$	$Q_{EM-min} / \text{kvar}$	$Q_{EM-max} / \text{kvar}$	USTREZA DA/NE

Zadostuje ena meritev, vendar je priporočljivo, da se izvede več meritev pri različnih stanjih  $P_{EM}$

$P_{EM}$ -izmerjena delovna moč,

$Q_{MER}$ -izmerjena jalova moč,

$Q_{EM-min}$  – minimalna zahteva po porabi jalove moči v delovni točki,

$Q_{EM-max}$  – maksimalna zahteva po porabi jalove moči v delovni točki

### XX.3. TESTIRANJE KARAKTERISTIKE JALOVE MOČI

S testom se dokazuje, da modul obratuje skladno s predpisano jalovo karakteristiko v odvisnosti od napetosti  $U_{EM}$  in trenutne delovne moči  $P_{EM}$ .

#### Potrebni merilni podatki:

$Q_{EM}, P_{EM}, U_{EM}, Q_{MER}$

Povprečenje podatkov ( $50 \leq M \leq 3000$ ), deklarirano v merilnem rezultatu. Povprečenje merilnega vzorca se izbere skladno z odzivnostjo modula in ostalimi motnjami (nihanje delovne moči, nihanje napetosti omrežja).

#### Potrebni dodatni:

$U_{CG}$  oziroma  $U_{REF}$

$U_{REF}$ -referenca napetosti, ki je vhodna veličina regulacije jalove moči

#### Pogoji za izvedbo meritev:

- $49,8\text{Hz} \leq f_{EM} \leq 50,2\text{Hz}$ ,
- Modul priključen na omrežje,
- Omrežje v normalnem obratovalnem stanju.

#### Točke testiranja modula:

Karakteristiko se testira pri sledečih obratovalnih pogojih

$\left(0,1 \leq \frac{P_{EM}}{P_{MAX}} \leq 0,2\right)$	$0,025 \leq \frac{(U_{REF} - U_{EM})}{U_N} \leq 0,05$
$\left(0,1 \leq \frac{P_{EM}}{P_{MAX}} \leq 0,2\right)$	$-0,01 \leq \frac{(U_{REF} - U_{EM})}{U_N} \leq +0,01$
$\left(0,1 \leq \frac{P_{EM}}{P_{MAX}} \leq 0,2\right)$	$-0,025 \leq \frac{(U_{REF} - U_{EM})}{U_N} \leq -0,05$
$\left(0,6 \leq \frac{P_{EM}}{P_{MAX}} \leq 1\right)$	$0,025 \leq \frac{(U_{REF} - U_{EM})}{U_N} \leq 0,05$
$\left(0,6 \leq \frac{P_{EM}}{P_{MAX}} \leq 1\right)$	$-0,01 \leq \frac{(U_{REF} - U_{EM})}{U_N} \leq +0,01$
$\left(0,6 \leq \frac{P_{EM}}{P_{MAX}} \leq 1\right)$	$-0,025 \leq \frac{(U_{REF} - U_{EM})}{U_N} \leq -0,05$

V kolikor primarni vir modula, ali sama tehnologija ne omogoča nastavljanja  $P_{EM}$  ali nastavljanja  $U_{REF}$ , se meritve lahko izvede v obliki dolgotrajnih meritev, da se izpolni pogoje, ko se razmere izpolnijo same od sebe (naključno). V teh primerih se predpostavi, da je  $U_{REF} = U_{CG}$

Merilne rezultate se predstavi v sledeči obliki:

$$P_{MAX} = \text{_____} kW$$

$$U_{CG} = \text{_____} V$$

Predpisana karakteristika jalove moči: \_\_\_\_\_

Meritve:

$P_{EM} / kW$	$U_{REF} / kV$	$U_{EM} / kV$	$Q_{MER} / kvar$	$Q_{EM} / kvar$	$Q_{MER} - Q_{EM}$	USTREZA DA/NE

**Zadostuje šest meritev, ki ustrezajo kriterijem, vendar je priporočljivo, da se izvede več meritev.**

$P_{EM}$ -izmerjena delovna moč med potrjevanjem karakteristike,

$U_{REF}$ -referenca napetosti med potrjevanjem karakteristike,

$U_{EM}$ -izmerjena napetost med potrjevanjem karakteristike,

$Q_{MER}$ -izmerjena jalova moč med potrjevanjem karakteristike,

$Q_{EM}$ -zahtevana jalova moč skladna s predpisano karakteristiko,

$Q_{MER} - Q_{EM}$ -razlika med izmerjeno in zahtevano jalovo močjo,

USTREZA DA/NE-presoja ali je razlika med zahtevano in izmerjeno jalovo močjo skladna s karakteristiko oziroma dopustnim pogreškom karakteristike v stacionarnem stanju.

**V kolikor ima modul izvedeno daljinsko spreminjanje  $U_{REF}$ , se omenjeno komunikacijo potrdi tako, da se test izvede z daljinskim spreminjanjem  $U_{REF}$ .**

#### XX.4. TESTIRANJE STABILNOSTI IN ODZIVNOSTI JALOVE MOČI

S testom se dokazuje, da modul s stališča jalove moči obratuje stabilno in dovolj dinamično.

##### Potrebni merilni ali odčitani podatki:

$Q_{EM}, P_{EM}, U_{EM}, Q_{MER}, U_{REF}$

Povprečenje podatkov ( $M \leq 50$ ), deklarirano v merilnem rezultatu.

##### Potrebni dodatni podatki:

$U_{CG}$  oziroma  $U_{REF}$

$U_{REF}$ -referenca napetosti, ki je vhodna veličina regulacije jalove moči

##### Pogoji za izvedbo meritev:

- $49,8\text{Hz} \leq f_{EM} \leq 50,2\text{Hz}$ ,
- Modul priključen na omrežje,
- Omrežje v normalnem obratovalnem stanju.

##### Testira se na sledeč način:

Merilec ali posluževalec na elektrarni pripravi modul za skočno spremembo  $U_{REF}$ . Skočna sprememba mora biti zadostna, da ustreza:

$$\text{Pred izvedbo testa: } -0,05 \leq \frac{U_{REF} - U_{EM}}{U_N} \leq 0$$

$$\text{Izvedba testa: } 0,025 \leq \frac{U_{REF} - U_{EM}}{U_N} \leq 0,05$$

V kolikor primarni vir modula, ali sama tehnologija ne omogoča nastavljanja  $U_{REF}$ , se meritve lahko izvede v obliki dolgotrajnih meritev, da se izpolni pogoje, ko se razmere izpolnijo same od sebe (naključno). V teh primerih se predpostavi, da je  $U_{REF} = U_{CG}$

Rezultat meritev je graf sledeče oblike:

**X os-časovna os, ki zajema potek vsaj 5 s pred izvedbo testa in še vsaj 30 s po izvedbi testa.**

**Y os:**

- **Potek**  $U_{EM}$ ,
- **Potek**  $U_{REF}$ -ni potrebna v kolikor  $U_{REF}$  ni nastavljiva,
- **Potek**  $Q_{MER}$ -izmerjen odziv jalove moči
- **Potek**  $Q_{EM}$ -teoretičen trenutni odziv izračunan iz  $(U_{REF}, U_{EM}, P_{EM})$ +predpisane mejne vrednosti, ki se spreminjajo skočno, čim je predpisana nova meja.



## XXI. PRILOGA C – TESTIRANJE KARAKTERISTIKE DELOVNE MOČI

### XXI.1. TESTIRANJE KARAKTERISTIKE DELOVNE MOČI V ODVISNOSTI OD FREKVENCE

S testom se dokazuje, da modul s stališča delovne moči obratuje skladno s predpisano karakteristiko.

#### Potrebni merilni ali odčitani podatki:

$P_{EM}, f_{EM}$

Povprečenje podatkov ( $M \leq 50$ ), deklarirano v merilnem rezultatu.

#### Potrebni dodatni podatki:

$f_{EM-SIM}$ -navidezna vsiljena dejanska frekvenca

$P_{EM-REF}$ -referenčna moč, ki jo upošteva avtomatika modula (vsota vseh vhodov)

#### Pogoji za izvedbo meritev:

- $49,8\text{Hz} \leq f_{EM} \leq 50,2\text{Hz}$ , -dejanska frekvenca mora biti znotraj teh meja
- Modul priključen na omrežje,
- Omrežje v normalnem obratovalnem stanju.

#### Testira se na sledeč način:

Delovna moč pred testiranjem mora biti stabilna in med  $\left(0,3 \leq \frac{P_{EM}}{P_{MAX}} \leq 0,6\right)$ . V kolikor je primarni vir nezanesljiv oziroma stohastičen, se želena delovno moč nastavi dovolj nizko, da stanje primarnega vira ne vpliva na odziv oziroma ga ne omejuje.

Meritev frekvence, ki služi regulaciji delovne moči, se za potrebe testiranja nadomesti z vsiljeno navidezno frekvenco  $f_{EM-SIM}$ .

Testira se sledeče odzive na spremembo frekvence:

pred	trajanje	test	trajanje	povratek	trajanje
$f_{EM-SIM} / \text{Hz}$	$t / \text{s}$	$f_{EM-SIM} / \text{Hz}$	$t / \text{s}$	$f_{EM-SIM} / \text{Hz}$	$t / \text{s}$
50	30	50,2	30	50	30
50	30	49,8	30	50	30
50	30	50,4	30	50	30
50	30	49,6	30	50	30
50	30	50,6	30	50	30
50	30	49,2	30	50	30

Trajanje je opredeljeno v stabilnem delu, ko predpisani maksimalni časi stabilizacije potečejo.

Rezultat meritev so grafi sledeče oblike:

**X os-časovna os**, ki zajema potek vsaj 30s pred izvedbo testa, še vsaj 30s po stabilizaciji odziva in 30s po povratku na izhodiščno točko po stabilizaciji.

**Y os:**

- **Potek**  $P_{EM}$ ,
- **Potek**  $f_{EM-SIM}$ ,
- **Potek**  $P_{EM-RAČ}$ -izračunana iz predpisane karakteristike s pomočjo  $P_{EM-REF}$ ,  $f_{EM-SIM}$  z upoštevanjem predpisanih maksimalnih odzivnih časov

Meje odstopanja odziva  $P_{EM}$  se preverja ko je  $P_{EM-RAČ}$  stabilen (horizontalen-moč modula bi morala doseči svojo delovno točko)

## XXI.2. TESTIRANJE SPOSOBNOSTI OTOČNEGA OBRATOVANJA

S testom se dokazuje, da je modul sposoben obratovati v pogojih otočnega obratovanja. To lastnost se preverja le za module, ki imajo to lastnost pogodbeno urejeno.

**Potrebni merilni ali odčitani podatki:**

$$P_{EM}, f_{EM}, Q_{EM}, U_{EM}$$

Povprečenje podatkov ( $M \leq 50$ ), deklarirano v merilnem rezultatu.

**Testira se na sledeč način:**

Delovna moč pred testiranjem mora biti stabilna in med  $\left(0,75 \leq \frac{P_{EM}}{P_{MAX}} \leq 1\right)$ ,

Jalova moč pred testom mora ustrezati  $\left(0,2 \leq \frac{Q_{EM}}{P_{MAX}} \leq 0,6\right)$ ,

**Izvedba testa:**

Sistemske operater poskrbi za nenaden odklop omrežja, na takšen način, da na elektrarno ni priključen noben porabnik. V kolikor to ni mogoče zagotovite, se odklop lahko izvede znotraj elektrarne v kolikor bodo pogoji popolnoma enaki (ni stikalne informacije do avtomatike modula).

**Robni pogoji za presojo uspešnosti:**

- Maksimalni in minimalni parametri frekvence in napetosti ne smejo povzročiti delovanja zaščite ločilnega mesta, ali katere druge zaščite.
- Po stabilizaciji napetosti mora modul obratovati stabilno z napetostjo, ki je predpisana v karakteristiki jalove moči. V kolikor  $U_{EM-REF}$  ni znana se jo izračuna iz parametrov pred testom. Čas stabilizacije mora ustrezati vsaj predpisanim odzivnim časom skladno s karakteristiko.
- Po stabilizaciji frekvence mora modul obratovati stabilno in s frekvenco, ki ustreza karakteristiki delovne moči. V kolikor  $P_{EM-REF}$  ni znana se jo izračuna iz parametrov pred testom. Čas stabilizacije frekvence mora ustrezati vsaj odzivnim časom predpisanim s karakteristiko delovne moči.

Rezultat meritev so grafi sledeče oblike:

**X os-časovna os, ki zajema potek vsaj 30s pred izvedbo testa, še vsaj 30s po stabilizaciji odziva in 30s po povratku na izhodiščno točko po stabilizaciji.**

**Y os:**

- **Potek**  $P_{EM}$ ,
- **Potek**  $f_{EM-SIM}$ ,
- **Potek**  $P_{EM-RAČ}$ -izračunana iz predpisane karakteristike s pomočjo  $P_{EM-REF}$ ,  $f_{EM-SIM}$  z upoštevanjem predpisanih maksimalnih odzivnih časov

Meje odstopanja odziva  $P_{EM}$  se preverja ko je  $P_{EM-RAČ}$  stabilen (horizontalen-moč modula bi morala doseči svojo delovno točko)