

**NAVODILA**  
**ZA PRIKLJUČEVANJE IN OBRATOVANJE ELEKTRARN**  
**INŠTALIRANE ELEKTRIČNE MOČI DO 10 MW**

Maribor, avgust 2010

# I. SPLOŠNE DOLOČBE

Ta navodila podajajo tehnične pogoje in karakteristike, ki jih je treba upoštevati pri priključevanju in obratovanju proizvajalcev električne energije z elektrarnami nazivne moči do 10 MW, ki so vključeni v distribucijski elektroenergetski sistem (DEES) Slovenije.

Navodila so skupaj z drugimi veljavnimi tehničnimi predpisi, pravilniki in standardi (na primer SIST EN 50438) namenjena kot vodilo pri pripravi tehnične dokumentacije, izdaji ustreznih soglasij in izvedbi del pri priključevanju in obratovanju razpršenih virov (RV) električne energije.

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

V teh navodilih uporabljeni izrazi imajo naslednji pomen:

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

**Elektrarna:** je energetski objekt za proizvodnjo električne energije z enim ali več generatorji, ne glede na vrsto primarne energije in način pretvorbe. V nadaljevanju bo uporabljan tudi izraz RV (razpršeni vir).

**Generator:** je rotirajoči ali statični energetski pretvornik primarne energije v električno energijo.

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

**Priključno mesto:** je točka, v kateri so naprave proizvajalca priključene na distribucijsko elektroenergetsko omrežje in velja za to navodilo.

**Ločilno mesto:** služi za povezavo ali ločitev med distribucijskim omrežjem, ki ga upravlja SODO, in napravami proizvajalca ter velja za to navodilo.

## II. KLASIFIKACIJA ELEKTRARN

Elektrarne so glede na moč, vrsto generatorja, način obratovanja in napetostne nivoje razvrščene v skupine po kriterijih, ki so podani v nadaljevanju.

### II.1. KLASIFIKACIJA GLEDE NA INSTALIRANO MOČ ELEKTRARNE IN MESTO VKLJUČITVE V OMREŽJE

Delitev na skupine po moči na ločilnem mestu in napetostnem nivoju vključitve, ne glede na število vgrajenih generatorjev:

1. Do vključno 16 A na fazo, vključene v NN (400/230 V) omrežje. Kot navidezna moč elektrarne se vedno upošteva  $\cos(\varphi) = 0,8$  glede na inštalirano delovno moč.
2. Do vključno 250 kW, vključene v NN (400/230 V) omrežje. Kot navidezna moč elektrarne se vedno upošteva  $\cos(\varphi) = 0,8$  glede na inštalirano delovno moč.
3. Nad 250 kW vključene v NN (400/230 V) omrežje. Kot navidezna moč elektrarne se vedno upošteva  $\cos(\varphi) = 0,8$  glede na inštalirano delovno moč.
4. Vse elektrarne vključene v SN napetostni nivo.

#### II.1.1. Označevanje tipa glede na priklop in moč generatorjev

Na **prvem mestu** je delovna moč v kW, zaokrožena na eno decimalno.

Na **drugem mestu** je napetostni nivo.

**N** = NN (400/230 V).

**S** = SN (10 kV, 20 kV, 35 kV,.....).

Na **tretjem mestu** je število faz priklopa.

**1** = enofazen priklop.

**2** = dvofazen priklop.

**3** = trifazen priklop.

Primer: Elektrarna moči 4,36 kW, vključena v NN napetostni nivo, z enofaznim priklopom:  
**4.4N1** .

### II.2. KLASIFIKACIJA GLEDE NA SMER PRETOKA ENERGIJE

#### II.2.1. Klasičen proizvodni priklop

V to skupino sodijo vsi priklopi, katerih lastni odjem na priključnem mestu ne presega 20 % inštalirane delovne moči vseh generatorjev.

#### II.2.2. Porabniško - proizvodni priklop

V to skupino sodijo vsi priklopi, katerih lastni odjem na priključnem mestu presega 20 % inštalirane delovne moči vseh generatorjev.

#### II.2.3. Porabniški priklop

V to skupino sodijo odjemalci, ki sicer imajo vgrajene tudi generatorje, vendar le z namenom pokrivanja dela ali celote svoje porabe energije. Pogojeno je, da pretok energije v omrežje ne presega 10 % priključne moči.

#### II.2.4. Označevanje glede na smer pretoka energije:

**E** = klasičen proizvodni priklop;

**M** = porabniško - proizvodni priklop;

**P** = porabniški priklop.

### **II.3. KLASIFIKACIJA GLEDE NA NAČIN OBRATOVANJA IN VODENJA S STRANI SODO TER TIP KOMPENZACIJE**

#### **II.3.1. Klasični razpršeni vir (RV)**

SODO nima neposrednega vpliva na obratovanje elektrarne, razen splošnih pogojev glede proizvodnje jalove energije, ki so podani v soglasju o priključitvi.

#### **II.3.2. Sistemski RV tip A**

V to skupino sodijo elektrarne, ki s svojimi posebnimi obratovalnimi lastnostmi služijo SODO. Elektrarna ima s SODO sklenjeno pogodbo o sistemskih storitvah (proizvodnja jalove moči), ki presegajo splošne pogoje za proizvodnjo jalove energije, podane v soglasju o priključitvi.

#### **II.3.3. Sistemski RV tip B**

V to skupino sodijo elektrarne, ki s svojimi posebnimi obratovalnimi lastnostmi služijo SODO. Elektrarna ima s SODO sklenjeno pogodbo o sistemskih storitvah (proizvodnja jalove moči in otočno obratovanje ob potrebi), ki presegajo splošne pogoje za proizvodnjo jalove energije, podane v soglasju o priključitvi.

#### **II.3.4. Označevanje glede na obratovanje**

**0** = elektrarna nima pogodbe o sistemskih storitvah.

**A** = sistemska elektrarna tip A.

**B** = sistemska elektrarna tip B.

#### **II.3.5. Označevanje glede na tip kompenzacije**

**0** = elektrarna nima vgrajenih posebnih kompenzacijskih naprav.

**R** = elektrarna ima vgrajene kompenzacijske naprave, ki ne povzročajo ferorezonančnih pojavov.

**F** = elektrarna ima vgrajene kompenzacijske naprave, ki lahko povzročijo ferorezonančne pojave.

### **II.4. ZDRUŽENO OZNAČEVANJE KLASIFIKACIJE ELEKTRARN**

Vse našteje lastnosti elektrarne se združi v enotno označitev. Lastnosti so našteje po vrsti.



imer: Moč elektrarne 2,5 MW, trifazni priklop na srednjenapetostni nivo, mešan odjem in proizvodnja na priključnem mestu, sklenjena pogodba o proizvodnji jalove energije. Ni kompenzacijskih naprav:

**2500.0S3MA0**

inštalirana moč elektrarne (kW)      tip glede na kompenzacijske naprave  
napetostni nivo      tip glede na obratovanje  
število faz priklopa      tip glede na smer pretoka energije

### III. OSNOVNI NAČINI VKLJUČEVANJA V DISTRIBUCIJSKO OMREŽJE

V nadaljevanju so prikazani osnovni načini vključevanja elektrarn v distribucijsko elektroenergetsko omrežje. Sheme veljajo smiselno za elektrarne z enim ali več generatorji. Priključevanje generatorjev v interno omrežje elektrarne s transformacijo je stvar dogovora med investitorjem in projektantom. Lastna raba 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.

#### III.1. VKLJUČITEV ELEKTRARNE V NIZKONAPETOSTNO DISTRIBUCIJSKO OMREŽJE

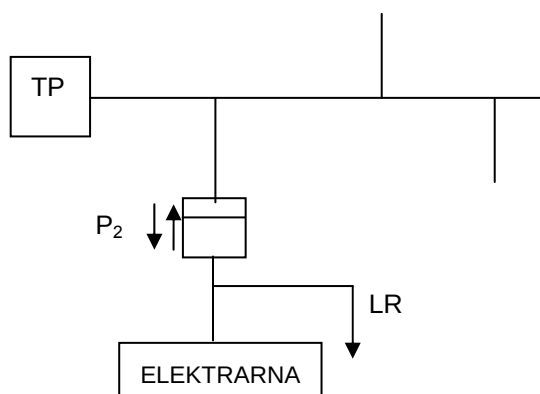
##### III.1.1. Tipska shema P1:

Elektrarna je priključena direktno na NN omrežje.

Sestavna dela priključka elektrarne sta priključni vod od obstoječega NN omrežja do priključno merilne omarice in sama omarica (shema P1.1 in shema P1.2). V shemi P1.3 sta sestavna dela priključka elektrarne priključni vod od obstoječega ali novega internega omrežja do merilne omarice in sama omarica.

Priključek se izvede skladno s 3. točko Tipizacije omrežnih priključkov končnih odjemalcev.

Osnovna shema P1.1 je naslednja:

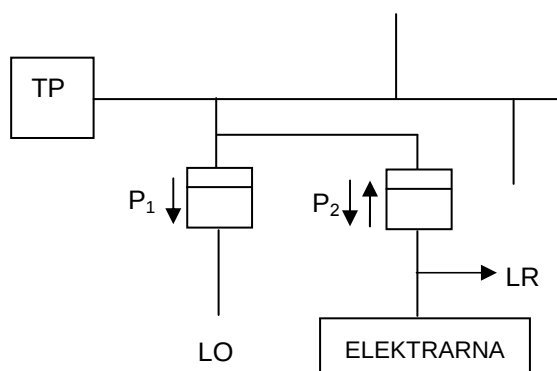


Legenda:

- $P_1$  – števec porabljene energije končnega odjemalca
- $P_2$  – števec neto proizvedene e.e. in LR proizvodne naprave
- $P_3$  – števec odvzete/oddane e.e. iz/v omrežje
- $P_4$  – poseben števec LR proizvodne naprave
- LR – lastna raba
- LO – lastni odjem
- $P_g$  – delovna moč elektrarne pri  $\cos\varphi = 0,8$
- $S_g$  – navidezna inštalirana moč elektrarne
- $P_{odj}$  – naročena delovna moč odjema

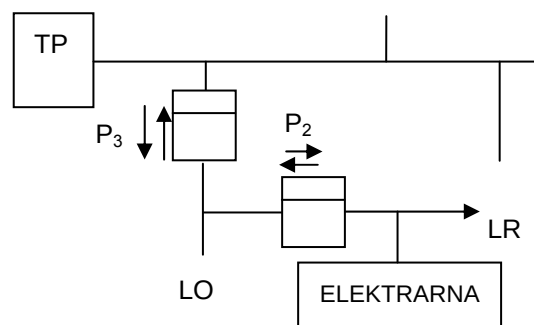
V kolikor se poleg elektrarne pojavlja tudi lastni odjem (obstoječ ali nov), se elektrarna priključi po eni izmed spodnjih shem:

Shema P1.2



Shema P1.3

Pogoji: Odjemalec in  $S_g \leq 0,8 \cdot S_{odj}$



Shema P1.3 se lahko uporabi v primeru, ko obstoječe omrežje za prevzemno predajnim mestom odjemalca omogoča priklop elektrarne, priključitev pred prevzemno predajno mesto pa bi pomenila

nesorazmerne stroške za izgradnjo distribucijskega omrežja, pri čemer mora biti izpolnjen pogoj moči ( $S_g \leq 0,8 \cdot S_{odj}$ ).

V kolikor moč lastne rabe  $S_{LR}$  elektrarne ne dosega 20 % moči elektrarne  $S_g$ , je potrebno v vejo označeno z LR (lastna raba) montirati števec električne energije  $P_4$  skladno s shemami iz Tipizacije merilnih mest. Navedeno ne velja v primeru, dokler se za merjenje proizvedene električne energije lahko uporabljajo direktne meritve (brez merilnih transformatorjev).

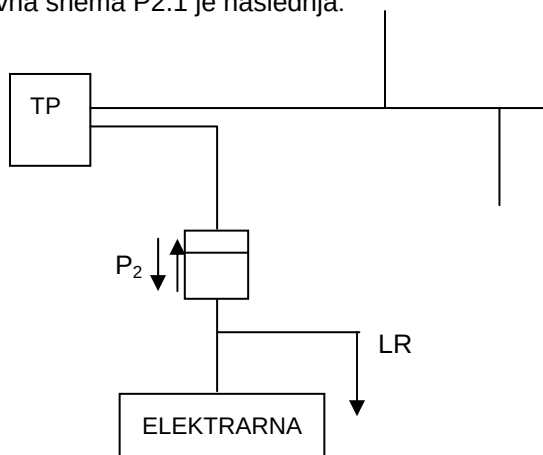
### III.1.2. Tipska shema P2:

Priključitev elektrarne je izvedena s samostojnim vodom na izvod nizkonapetostnega razdelilca v TP SN/0,4 kV.

Sestavna dela priključka proizvajalca sta priključni vod od TP do priključno merilne omarice in sama omarica (shema P2.1 in shema P2.2). V shemi P2.3 sta sestavna dela priključka elektrarne priključni vod od obstoječega ali novega internega omrežja do merilne omarice in sama omarica.

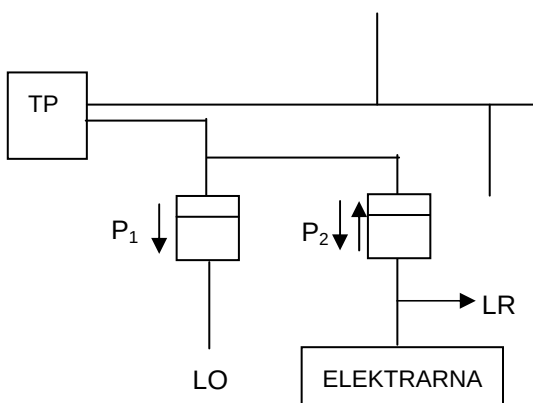
Priključek se izvede skladno s 3. točko Tipizacije omrežnih priključkov končnih odjemalcev.

Osnovna shema P2.1 je naslednja:



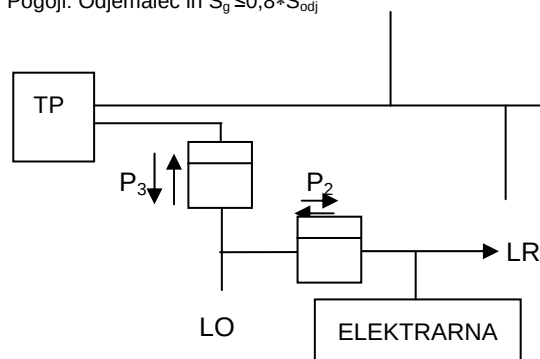
V kolikor se poleg elektrarne pojavlja tudi lastni odjem (obstoječ ali nov), se elektrarna priključi po eni izmed spodnjih shem:

Shema P2.2



Shema P2.3

Pogoji: Odjemalec in  $S_g \leq 0,8 \cdot S_{odj}$



Shema P2.3 se lahko uporabi v primeru, ko obstoječe omrežje za prevzemno predajnim mestom odjemalca omogoča priklop elektrarne, priključitev pred prevzemno predajno mesto pa bi pomenila nesorazmerne stroške za izgradnjo distribucijskega omrežja, pri čemer mora biti izpolnjen pogoj moči ( $S_g \leq 0,8 \cdot S_{odj}$ ).

V kolikor moč lastne rabe  $S_{LR}$  elektrarne ne dosega 20 % moči elektrarne  $S_g$ , je potrebno v vejo označeno z LR (lastna raba) montirati števec električne energije  $P_4$  skladno s shemami iz Tipizacije merilnih mest. Navedeno ne velja v primeru, dokler se za merjenje proizvedene električne energije lahko uporabljajo direktne meritve (brez merilnih transformatorjev).

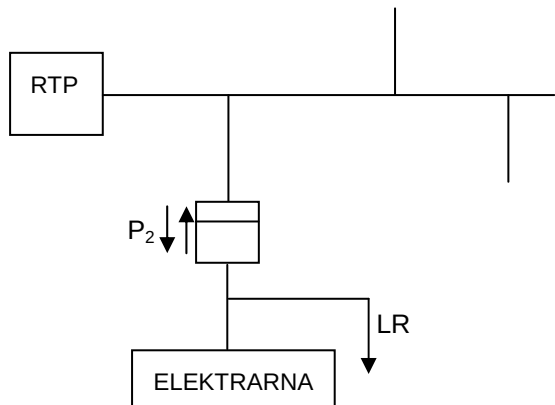
### III.2. VKLJUČITEV ELEKTRARNE V SREDNJENAPETOSTNO DISTRIBUCIJSKO OMREŽJE

#### III.2.1. Tipiska shema P3:

Elektrarna je priključena v SN vod, na katerega so priključene tudi druge transformatorske postaje. Priključek elektrarne je priključni vod od obstoječega SN voda do elektrarne (shema P3.1 in shema P3.2). V shemi P3.3 sta sestavna dela priključka elektrarne priključni vod od obstoječega ali novega internega omrežja do elektrarne.

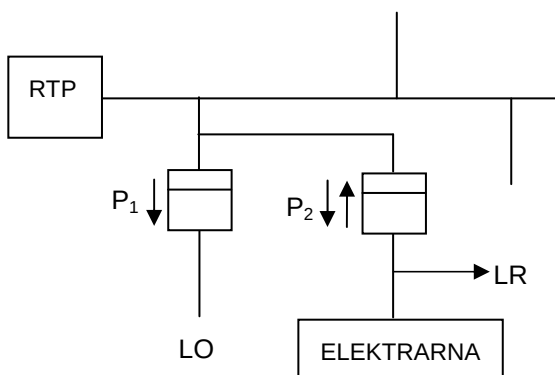
Priključek se izvede skladno s 4. točko Tipizacije omrežnih priključkov končnih odjemalcev.

Osnovna shema P3.1 je naslednja:



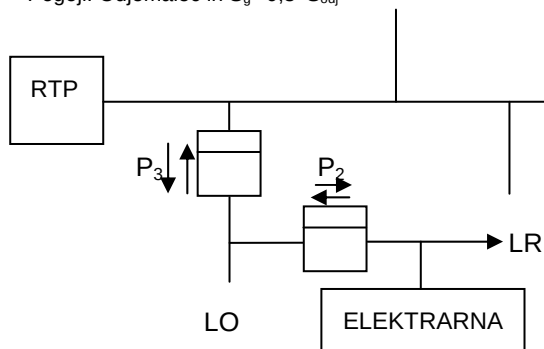
V kolikor se poleg elektrarne pojavlja tudi lastni odjem (obstoječ ali nov), se elektrarna priključi po eni izmed spodnjih shem:

Shema P3.2



Shema P3.3

Pogoji: Odjemalec in  $S_g \leq 0,8 \cdot S_{odj}$



Shema P3.3 se lahko uporabi v primeru, ko obstoječe omrežje za prevzemno predajnim mestom odjemalca omogoča priklop elektrarne, priključitev pred prevzemno predajno mesto pa bi pomenila nesorazmerne stroške za izgradnjo distribucijskega omrežja, pri čemer mora biti izpolnjen pogoj moči ( $S_g \leq 0,8 \cdot S_{odj}$ ).

V kolikor moč lastne rabe  $S_{LR}$  elektrarne ne dosega 20 % moči elektrarne  $S_g$ , je potrebno v vejo označeno z LR (lastna raba) montirati števec električne energije  $P_4$  skladno s shemami iz Tipizacije merilnih mest.

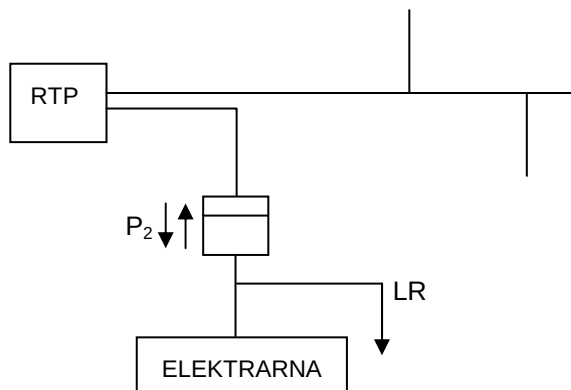
### III.2.2. Tipska shema P4:

Elektrarna je priključena s samostojnim SN vodom v SN celico RTP.

Priključek elektrarne je priključni vod od RTP do elektrarne (shema P4.1 in shema P4.2). V shemi P4.3 sta sestavna dela priključka elektrarne priključni vod od obstoječega ali novega internega omrežja do elektrarne.

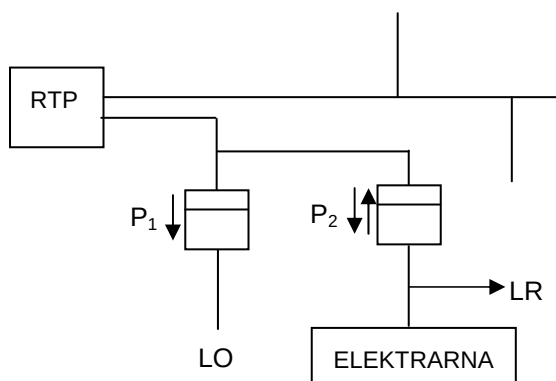
Priključek se izvede skladno s 4. točko Tipizacije omrežnih priključkov končnih odjemalcev.

Osnovna shema P4.1 je naslednja:



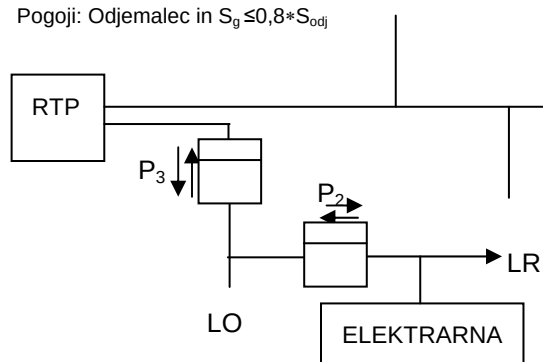
V kolikor se poleg elektrarne pojavlja tudi lastni odjem (obstoječ ali nov), se elektrarna priključi po eni izmed spodnjih shem:

Shema P4.2



Shema P4.3

Pogoji: Odjemalec in  $S_g \leq 0,8 \cdot S_{odj}$



Shema P4.3 se lahko uporabi v primeru, ko obstoječe omrežje za prevzemno predajnim mestom odjemalca omogoča priklop elektrarne, priključitev pred prevzemno predajno mesto pa bi pomenila nesorazmerne stroške za izgradnjo distribucijskega omrežja, pri čemer mora biti izpolnjen pogoj moči ( $S_g \leq 0,8 \cdot S_{odj}$ ).

V kolikor moč lastne rabe  $S_{LR}$  elektrarne ne dosega 20 % moči elektrarne  $S_g$ , je potrebno v vejo označeno z LR (lastna raba) montirati števec električne energije  $P_4$  skladno s shemami iz Tipizacije merilnih mest.

### III.3. NAČIN PRIPRAVE PODATKOV O PORABI IN PROIZVODNJI ELEKTRIČNE ENERGIJE

Način priprave podatkov o porabi in proizvodnji električne energije za potrebe obračuna električne energije in drugih dajatev je podan v Razpredelnici 3.1, za potrebe obračuna omrežnine pa v Razpredelnici 3.2.

**Razpredelnica 3.1: Način priprave podatkov o porabi in proizvodnji električne energije – za potrebe obračuna električne energije in drugih dajatev**

| Količin<br>e | Scheme<br>PX.1                                   | Scheme<br>PX.2                                   | Scheme<br>PX.3                                                                         |
|--------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| $W_{NPEO}$   | $W_{P2-}$                                        | $W_{P2-}$                                        | $W_{P3-}$                                                                              |
| $W_{NPE}$    | $W_{P2-}$                                        | $W_{P2-}$                                        | $W_{P2-}$                                                                              |
| $W_{LR}$     | $W_{P2+},$<br>$(W_{P2+} + W_{P4+})$              | $W_{P2+},$<br>$(W_{P2+} + W_{P4+})$              | $W_{P2+},$<br>$(W_{P2+} + W_{P4+})$                                                    |
| $P_{LR}$     | $P_{P2+},$<br>$(P_{P2+} \text{ ali } P_{P4+})^*$ | $P_{P2+},$<br>$(P_{P2+} \text{ ali } P_{P4+})^*$ | $P_{P2+},$<br>$(P_{P2+} \text{ ali } P_{P4+})^*$                                       |
| $Q_{LR}$     | $Q_{P2+}$<br>$(Q_{P2+} + Q_{P4+})$               | $Q_{P2+}$<br>$(Q_{P2+} + Q_{P4+})$               | $Q_{P2+}$<br>$(Q_{P2+} + Q_{P4+})$                                                     |
| $W_{KO}$     | -                                                | $W_{P1+}$                                        | $(W_{P3+} + W_{P2-}) - (W_{P3-} + W_{P2+}) = (W_{P3+} + W_{NPE}) - (W_{P3-} + W_{LR})$ |
| $P_{KO}$     | -                                                | $P_{P1+}$                                        | $P_{P3+}$                                                                              |
| $Q_{KO}$     | -                                                | $Q_{P1+}$                                        | $Q_{P3+} - Q_{P2+}$                                                                    |

**Razpredelnica 3.2: Način priprave podatkov o porabi in proizvodnji električne energije - za potrebe obračuna omrežnine**

| Količin<br>e | Scheme<br>PX.1                                   | Scheme<br>PX.2                                   | Scheme<br>PX.3 |
|--------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------|
| $W_{NPEO}$   | -                                                | -                                                | -              |
| $W_{NPE}$    | -                                                | -                                                | -              |
| $W_{LR}$     | $W_{P2+},$<br>$(W_{P2+} + W_{P4+})$              | $W_{P2+},$<br>$(W_{P2+} + W_{P4+})$              | -              |
| $P_{LR}$     | $P_{P2+},$<br>$(P_{P2+} \text{ ali } P_{P4+})^*$ | $P_{P2+},$<br>$(P_{P2+} \text{ ali } P_{P4+})^*$ | -              |
| $Q_{LR}$     | $Q_{P2+}$<br>$(Q_{P2+} + Q_{P4+})$               | $Q_{P2+}$<br>$(Q_{P2+} + Q_{P4+})$               | -              |
| $W_{KO}$     | -                                                | $W_{P1+}$                                        | $W_{P3+}$      |
| $P_{KO}$     | -                                                | $P_{P1+}$                                        | $P_{P3+}$      |
| $Q_{KO}$     | -                                                | $Q_{P1+}$                                        | $Q_{P3+}$      |

Okrajšave in simboli v zgornji razpredelnici imajo naslednji pomen:

|              |                                                                               |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| $NPE$        | neto proizvedena energija                                                     |
| $P_{KO}$     | obračunska moč končnega odjemalca                                             |
| $P_{LR}$     | obračunska moč lastne rabe proizvajalca                                       |
| $P_{Px+}(t)$ | izmerjene in registrirane povprečne četrt urne moči na števcu Px- prejem e.e. |
| $P_{Px-}(t)$ | izmerjene in registrirane povprečne četrt urne moči na števcu Px- oddaja e.e. |
| $W_{Px+}$    | Izmerjena električna energija na števcu Px - prejem električne energije       |
| $W_{Px-}$    | Izmerjena električna energija na števcu Px - oddaja električne energije       |
| $W_{NPEO}$   | neto proizvedena električna energija, ki je oddana v javno omrežje            |

|           |                                                         |
|-----------|---------------------------------------------------------|
| $W_{LR}$  | Lastna raba proizvodne naprave                          |
| $W_{NPE}$ | neto proizvedena električna energija proizvodne naprave |
| $W_{KO}$  | porabljena električna energija končnega odjemalca       |
| $Q_{LR}$  | jalova energija lastne rabe proizvodne naprave          |
| $Q_{KO}$  | jalova energija končnega odjemalca                      |
| $Q_{Px+}$ | izmerjena jalova energija na števcu Px - prejem e.e.    |
| *         | upošteva se števec, na katerem je višja vrednost        |

### III.4. PRIKAZ OSNOVNIH NAČINOV VKLJUČEVANJA V DISTRIBUCIJSKO OMREŽJE

Prikaz osnovnih načinov vključevanja v distribucijsko elektroenergetsko omrežje glede na moč elektrarne in vrsto vključitve (enofazno, dvofazno in trifazno) je podana v Razpredelnici 3.3.

Glede na razmere v distribucijskem omrežju in dovoljene motnje, ki jih elektrarna lahko povzroča v distribucijskem omrežju, lahko SODO določi tudi drug način vključitve, kot je predviden v Razpredelnici 3.3., pri čemer mora biti ta način vključitve v skladu z izračunanimi parametri omrežja in želenim načinom izvedbe notranjega priključka pri investitorju.

**Razpredelnica 3.3: Možne vključitve elektrarne v omrežje EES glede na nazivno moč elektrarne**

| nazivna moč elektrarne | vrsta vključitve |          |          | napetostni nivo vključitve |             | zahtevan razred elektrarne glede proizvodnje jalove energije |
|------------------------|------------------|----------|----------|----------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------|
|                        | enofazno         | dvofazno | trifazno | NN (P1, P2)                | SN (P3, P4) |                                                              |
| do 3,7 kW              | X                | X        | X        | X                          |             | A ali C                                                      |
| do 7,4 kW              |                  | X        | X        | X                          |             | A ali C                                                      |
| do 10,0 kW             |                  |          | X        | X                          |             | A ali C                                                      |
| do 250 kW              |                  |          | X        | X                          | X           | B, C ali D                                                   |
| do 1.000 kW            |                  |          | X        | X                          | X           | C ali D                                                      |
| do 10.000 kW           |                  |          | X        |                            | X           | D                                                            |

Načeloma se elektrarne v omrežje vključujejo trifazno s simetrično razporeditvijo proizvedene moči po fazah. V kolikor je nazivna moč elektrarne manjša ali enaka 7,4 kW, se sme elektrarna vključiti v omrežje dvofazno ali trifazno. V kolikor je nazivna moč elektrarne manjša ali enaka 3,7 kW, se sme elektrarna vključiti v omrežje enofazno, dvofazno ali trifazno.

V nizkonapetostno (NN) distribucijsko omrežje se smejo vključiti elektrarne nazivnih moči do 1.000 kW pod pogojem, da kratkostične in ostale razmere v NN omrežju to dopuščajo. V kolikor razmere v omrežju vključitve v NN omrežje ne dopuščajo (čeprav je nazivna moč elektrarne manjša ali enaka 1.000 kW), je treba takšno elektrarno vključiti v sredjenapetostno (SN) omrežje. V tem primeru mora elektrarna zadoščati pogojem za proizvodnjo jalove energije (razred D) in vsem ostalim navedenim pogojem v teh Navodilih, kot je predpisano za elektrarne, ki se vključujejo v SN omrežje. Posamezni razredi elektrarn (A, B, C in D) so podrobno opisani v poglavju VII.

## IV. LOČILNO MESTO

Ločilno mesto je skupek naprav, ki s svojim delovanjem ščiti omrežje pred škodljivimi vplivi elektrarne in ščiti elektrarno pred škodljivimi vplivi iz omrežja. Vpliv je definiran kot vpliv na naprave v smislu:

- skrajševanja življenjske dobe,
- uničenja,
- 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 se je potrebno poslužiti dodatnih varnostnih ukrepov (ozemljevanje elementov, ki so običajno pod napetostjo, ločitev z ločilniki in podobnimi napravami, ki so namenjene zanesljivi ločitvi). Ločilno mesto je naprava, katere namen je, da zanesljivo loči elektrarno 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.

Ce je odklopnik na ločilnem mestu hkrati generatorski odklopnik, velja to še v naslednjih primerih:

- preobremenitve generatorja, in
- okvare na generatorju.

Izklop se mora izvršiti z namenom, da se zaščiti ostale uporabnike distribucijskega omrežja pred vplivi elektrarne in zaščiti elektrarno pred škodljivimi vplivi iz omrežja. Med ločilnim mestom in generatorji je za varnost, zaščito in parametre napetosti odgovoren lastnik elektrarne.

Ločilno mesto mora obvezno zadoščati naslednjim zahtevam:

- **Nahajati se mora med priključnim mestom in virom** (generatorjem ali skupino generatorjev). O natančnem položaju ločilnega mesta se odloča investitor pod pogojem, da je zadoščeno prvemu pogoju te alineje.
- **Meritev parametrov omrežja: napetost ( $U$ ), frekvenca napetosti ( $f$ ) in tok ( $I$ ) se obvezno izvaja med ločilnim mestom in priključnim mestom.**
- **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 ločilnega mesta, s katero manipulira le in samo SODO**.
- 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.

Praktične informacije glede ločilnega mesta:

**Število ločilnih mest je lahko manjše kot pa število priključenih generatorjev. Eno ločilno mesto lahko pokriva večje število generatorjev oziroma virov, v kolikor je izpolnjen pogoj, da se nahaja med priključnim mestom in vsemi generatorji.** Namen ločilnega mesta ni, da ščiti naprave med generatorjem in ločilnim mestom. Za to zaščito je zadolžen investitor RV.



**Proizvodna moč ločilnega mesta je vsota vseh nazivnih delovnih moči vseh generatorjev oziroma virov, ki jih pokriva določeno ločilno mesto.** Proizvodna moč ločilnega mesta je podlaga za določitev pogojev razpršenemu viru glede jalove moči ter ostalih pogojev.

**Vsako ločilno mesto se smatra kot en razpršeni vir!**

Dejanska moč ločilnega mesta je lahko večja od proizvodne moči ločilnega mesta. To je primer takrat, ko uporabnik omrežja 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 mora investitor pridobiti svoje soglasje za priključitev!** V kolikor želi investitor priključiti na omrežje več (po navadi manjših) RV 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 štiti z enim samim ločilnim mestom, vendar je v tem primeru **proizvodna moč ločilnega mesta enaka vsoti delovnih moči vseh generatorjev.** Iz proizvodne moči ločilnega mesta pa nato izhajajo vsi ostali pogoji za obratovanje RV.

**Že vgrajene naprave za ločitev od omrežja, ki jih običajno dobavljajo proizvajalci razpršenih virov, so lahko definirane kot ločilno mesto, v kolikor zadoščajo vsem kriterijem teh navodil. Kriterije teh navodil lahko tudi presegajo.**

#### IV.1. ODKLOPNIK

Odklopnik mora izpolnjevati naslednje zahteve:

##### IV.1.1. Tehnične zahteve

V kolikor odklopnik služi dvojnemu namenu (ločilno mesto in hkrati sinhronizacijsko mesto), mora ustrezati dodatnim zahtevam, ki jih predpiše proizvajalec generatorja 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 proizvodni priklop E:

$$S_N = \frac{P_{IG}}{0,8} \quad P_{IG} = \text{skupna instalirana delovna moč vseh generatorjev.} \quad (4.1)$$

Za proizvodno - porabniški priklop M:

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

$$\frac{P_{IG}}{0,8} > S_P \rightarrow S_N = \frac{P_{IG}}{0,8} \quad (4.2)$$

$$\frac{P_{IG}}{0,8} \leq S_P \rightarrow S_N = S_P. \quad (4.3)$$

Za porabniški priklop P:

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

$$S_N = S_P \quad (4.4)$$

Za vse vrste priklopov velja:

$t_{NO}$  = izklopilni čas odklopnika,

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

**Primer 1:** Odklopnik je sposoben izklopiti kratkostično moč omrežja:

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

$S_{NOIZ}$  = izklopilna moč odklopnika

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

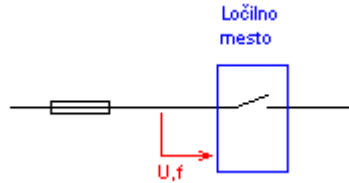
**Primer 2:** Odklopnik ni sposoben izklopiti kratkostične moči omrežja:

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

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

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

V primeru 2 se obvezno zahteva vgradnja varovalk na ločilnem mestu, ki ob pregoretju prekinejo tudi merilne tokokroge za potrebe zaščit ločilnega mesta.



#### IV.1.2. Blokada vklopa odklopnika

Preklopka mora biti dvo položajna. Več o preklopki tudi v točki IV.5.1.

**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

Ta položaj omogoči krmiljenju elektrarne manipulacije z odklopnikom na ločilnem mestu.

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

Preklopka mora biti obvezno opremljena s ključavnično blokado, ki onemogoča nepooblaščen spreminjanje stanja.

#### IV.1.3. Tehnične zahteve do varovalk

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

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

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

### IV.2. ELEKTRIČNA ZAŠČITA LOČILNEGA MESTA

#### IV.2.1. Napetostno frekvenčne zaščite

SODO mora pri nastavitvah zaščit ločilnega mesta upoštevati ostale zaščite omrežja in zaščite elektrarne. Nastavitev zaščit mora biti selektivna. Spremembe nastavitve zaščitnih naprav na ločilnem mestu lahko določa samo pooblaščen oseba SODO-ta.

Pred pričetkom obratovanja dostavi investitor SODO-tu izjavo, s katero zagotavlja, da so nastavitve zaščit ločilnega mesta takšne, kot je to predvideno v tem pravilniku oziroma takšne, kot to zahteva SODO, če odstopajo od nastavitve v tem pravilniku

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

Za razpršene vire do 16 A na fazo so nastavitve zaščit ločilnega mesta opisane v standardu SIST EN 50438. Za vse ostale vire so nastavitve zaščit ločilnega mesta navedene v Razpredelnici 4.1..

Ločilno mesto mora biti opremljeno z naslednjimi napetostno frekvenčnimi zaščitami, ki vse delujejo na izklop odklopnika na ločilnem mestu.

Prva in druga stopnja **prenapetostne** zaščite morata zagotavljati, da ne bi prihajalo do poškodb naprav, ki so vključene 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.

Z nastavitvijo zakasnitve 1,5 s in 15 % upadom napetosti se doseže, da lahko oddaljen KS najprej odklopi nadtokovna 1 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 priključnim in ločilnim mestom. Ločilno mesto mora biti izvedeno tako, da ne dovoljuje manipulacij avtomatike elektrarne z odklopnikom ločilnega mesta, v kolikor je prišlo do izpada zaradi delovanja katere od zaščit. Delovanje napetostno-frekvenčnih zaščit ločilnega mesta je znak za nenormalno stanje v omrežju.

Manipulacija avtomatike elektrarne je omogočena šele, ko so parametri napetosti na distribucijski strani ločilnega mesta znotraj mej zaščite ločilnega mestu dovolj časa (nobena od zaščit ločilnega mesta ni aktivna).

Ta zakasnilni čas ( $t_{LMZ}$ ) je:

**3 min za rotirajoče generatorje, in**

**20 s za elektronske pretvorniške vire.**

**Razpredelnica 4.1 -** Nastavitve napetostno frekvenčnih zaščit ločilnega mesta RV-ja nad 16 A na fazo (razredi B, C in D)

| 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>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1,5                                 | $U_n + 11 \%$               |
| Podnapetostna zaščita (stopnja 1) <sup>b</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1,5                                 | $U_n - 15 \%$               |
| Podnapetostna zaščita (stopnja 2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0,2                                 | $U_n - 15 \% \dots - 30 \%$ |
| Nadfrekvenčna <sup>c</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0,2                                 | 51 Hz                       |
| Podfrekvenčna <sup>c</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0,2                                 | 47 Hz                       |
| Izpad omrežja <sup>d</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | d                                   | d                           |
| <p>a Prvo stopnjo prenapetostne zaščite se lahko opusti, če je druga stopnja prenapetostne zaščite nastavljena na <b><math>U_n + 11 \%</math></b>.</p> <p>b Prvo stopnjo podnapetostne zaščite se lahko opusti, če je druga stopnja podnapetostne zaščite nastavljena na <b><math>U_n - 15 \%</math></b>.</p> <p>c Podfrekvenčna 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) lahko zahteva SODO. V praksi je to dokaj zahtevna zaščita. Za njeno pravilno nastavitve potrebujemo natančne podatke omrežja, v katero je generator vključen. Težavo povzročajo vse spremembe v omrežju, ki spreminjajo pogoje za delovanje te zaščite (trenutna poraba, morebitno prenapajanje,...). Posledično slabo izračunana meja delovanja zaščite povzroči izpadanje generatorja po nepotrebnem ali pa nedelovanje zaščite ob izpadu omrežja. Zaradi tega ta zaščita načelno ni potrebna, razen če jo SODO v posameznih primerih posebej ne zahteva.</p> |                                     |                             |

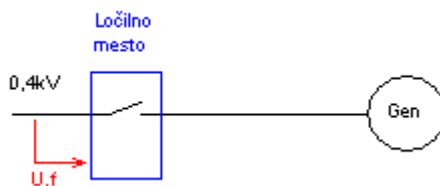
Merilni tokokrogi napetostno frekvenčnih električnih zaščit ločilnega mesta morajo biti obvezno opremljeni z varovalkami na primarni in sekundarni strani.

Dovoljene tolerance zaščit:

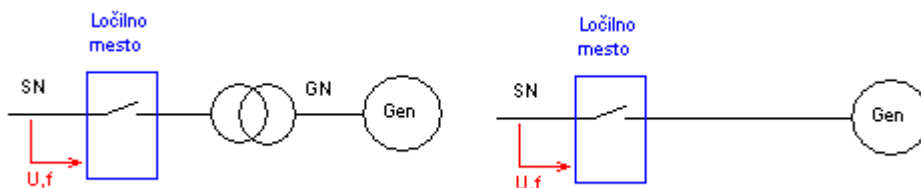
**Napetost**  $\pm 1 \%$ .  
**Frekvenca**  $\pm 0,5 \%$  od nastavitve.  
**Čas izpada**  $\pm 10 \%$  od nastavitve.

#### IV.2.2. Način meritve veličin za potrebe zaščit

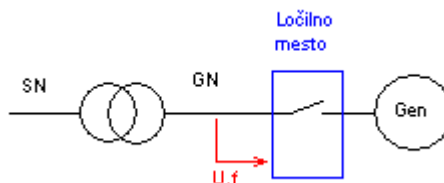
- a) Ločilno mesto v NN (400 V/230 V) distribucijskem omrežju. Zaščite merijo vse tri **fazne** napetosti (izjema so enofazni RV-ji, kjer lahko zaščita meri le fazo, na katero je priključen generator).



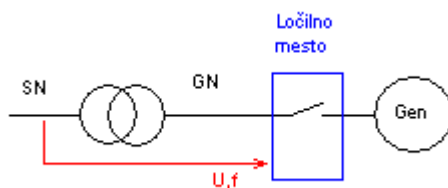
- b) Ločilno mesto v SN distribucijskem omrežju. Zaščite merijo vse tri **medfazne** napetosti preko napetostnih merilnih transformatorjev. (v to skupino sodijo ločilna mesta, ki se nahajajo neposredno na SN distribucijskem izvodu)



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



- d) Ločilno mesto na generatorski napetosti, meritev napetosti na SN napetostnem nivoju. Zaščite merijo vse tri **medfazne** napetosti.



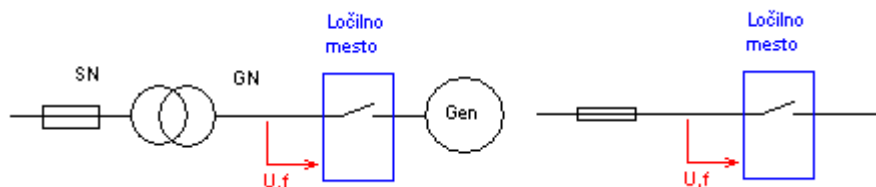
### IV.3. NADTOKOVNE ZAŠČITE

Priporočamo, da so nadtokovne zaščite izvedene tako, da izključijo tokokrog, če je prišlo do kratkega stika v elektrarni. Kratki stiki v distribucijskem omrežju pa naj bodo izven dosega teh zaščit ( $I_{KS}$  iz elektrarne v omrežje mora biti nižji kot nastavitve zaščit oziroma varovalk).

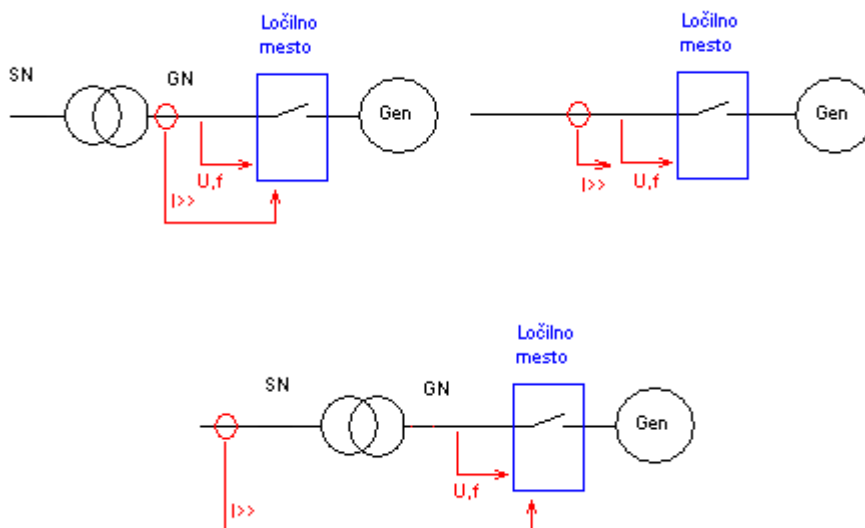
**Vsako delovanje nadtokovnih zaščit vodi v trajen izklop.** Deblokado lahko izvede le SODO po odpravi okvare v elektrarni.

Nadtokovne 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 elektrarne.

#### a) Izvedbe z varovalkami



#### b) Izvedbe z nadtokovnimi releji



V tem delu je opisano le delovanje zaščit, ki delujejo na odklopnik ločilnega mesta. To ne pomeni, da drugje v omrežju RV nadtokovne zaščite niso potrebne, ampak morajo biti izvedene v skladu s standardi, predpisi in navodili za izgradnjo NN in SN omrežji in opreme.

### Priporočljiva nastavitve izvedbe z nadtokovnimi releji

$I_{LMKS}$  = nastavev nadtokovne zaščite ločilnega mesta

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

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

$$0,8 \cdot \frac{S_{KSO}}{U_N \cdot \sqrt{3}} > I_{LMKS} \geq 2 \cdot \frac{S_{KSE}}{U_N \cdot \sqrt{3}} \quad (4.5)$$

V kolikor je kratkostični prispevek iz omrežja premajhen, prispevek iz elektrarne pa prevelik, se za doseg selektivnosti zahteva vgradnjo kratkostične smerne zaščite, ki zaznava le havarije znotraj razpršenega vira.

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

$t_{LMKS}$  = BREZ ZAKASNITVE

$I_{LMP}$  = nastavev zaščite proti preobremenitvi ločilnega mesta

$S_N$  = nazivna moč ločilnega mesta

$$I_{LMP} = 125 \cdot \frac{S_N}{U_N \cdot \sqrt{3}} (1 \pm 0,05) \quad (4.6)$$

$t_{LMP}$  = zakasnilni čas zaščite proti preobremenitvi ločilnega mesta

$t_{LMP}$  = 2 s do 5 s

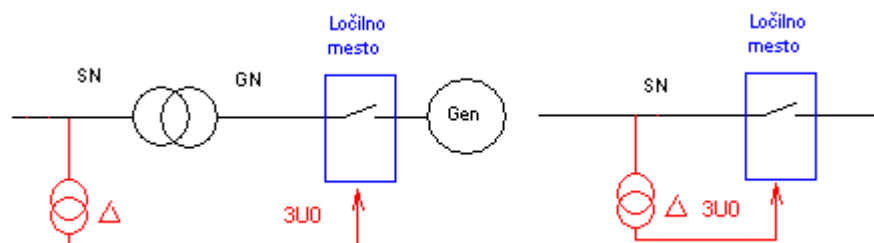
Nastavitve so lahko tudi drugačne za potrebe selektivnosti, vendar zaščita ne sme izgubiti osnovne funkcije.

### IV.4. ZEMELJSKOSTIČNE ZAŠČITE

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

Elektrarne, ki imajo priključno mesto na SN napetostnem nivoju, pa 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).



| Parameter                                                                                                                                                                                                                   | Največji dovoljen čas delovanja (s) | Nastavitev                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| Zemeljskostična zaščita                                                                                                                                                                                                     | $t_{zs\ RV} = t_{zs\ rtp} + 5\ s$   | $3U_0 = 0,25 \cdot U_{SN}$ |
| $t_{zs\ rtp}$ Čas, v katerem zemljostična 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 ločilnega mesta. Ko zemeljski stik ni več detektiran, parametri omrežne napetosti pa so v mejah (ni aktivna nobena od napetostno-frekvenčnih zaščit), gre lahko elektrarna v ponovni zagon v času ( $t_{LMZ}$ ):

**3 min za rotirajoče generatorje, in**  
**20 s za elektronske pretvorniške vire.**

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 RV. Zemeljskostična zaščita v RTP mora biti vedno hitrejša od zemeljskostične zaščite v RV.

#### IV.5. POSLUŽEVANJE IN SIGNALIZACIJA

**Elementi ločilnega mesta, ki omogočajo posluževanje SODO, morajo biti dostopni tudi v primeru, če lastnik oziroma upravljavec elektrarne ni dosegljiv.**

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

- preklopka (blokada vklopa odklopnika na ločilnem mestu),
- indikator napetosti na strani distribucije, in
- indikator položaja odklopnika ločilnega mesta.

##### IV.5.1. Preklopka (blokada vklopa ločilnega odklopnika)

Preklopka mora biti dvo-položajna.

**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.

Ta položaj omogoči krmiljenju elektrarne manipulacije z odklopnikom na ločilnem mestu.

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

Preklopka mora biti obvezno opremljena s ključavnično blokado, ki onemogoča nepooblaščenno spreminjanje stanja.

##### IV.5.2. Indikator napetosti na strani distribucije

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



#### IV.5.3. Indikator položaja ločilnega stikala

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

#### IV.6. ELEMENTI ZA DOSTOP AVTOMATIKE ELEKTRARNE DO ODKLOPNIKA

V kolikor ločilno mesto ni že tovarniško izvedeno in vsebovano v postroju ter preizkušeno, se priporoča, da so elementi za dostop avtomatike elektrarne do odklopnika ločilnega mesta izvedeni na sledeč način:

Vklop odklopnika na ločilnem mestu izvaja zgolj avtomatika elektrarne. Ločilno mesto (LM) kot naprava nikoli ne izvaja vklopov odklopnika samostojno, ampak zgolj s signalom avtomatike elektrarne.

**Signala, ki ju LOČILNO MESTO POSREDUJE AVTOMATIKI ELEKTRARNE, sta dva.**

- LOČILNO MESTO RAZPOLOŽLJIVO (LMR)

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 elektrarne ve, kdaj lahko gre v ponovni zagon.

Isti signal lahko avtomatika in zaščita elektrarne uporabi za zaščitne funkcije elektrarne.

- ODKLOPNIK LOČILNEGA MESTA VKLJUČEN (LMO)

Signal naj bo analogen na napetostnem nivoju pomožne napetosti ločilnega mesta.

$$0,8 \cdot U_{\text{pomožne nap.}} \leq U_{\text{sig}} \leq 1,2 \cdot U_{\text{pomožne nap.}} \rightarrow \text{ODKLOPNIK LOČILNEGA MESTA VKLJUČEN.}$$

$$0 \leq U_{\text{sig}} \leq 0,2 \cdot U_{\text{pomožne nap.}} \rightarrow \text{ODKLOPNIK LOČILNEGA MESTA IZKLJUČEN.}$$

S pomočjo tega signala avtomatika elektrarne ve, v kakšnem položaju je odklopnik na ločilnem mestu.

**AVTOMATIKA ELEKTRARNE GENERIRA dva signala:**

- VKLOP ODKLOPNIKA LOČILNEGA MESTA (LMV)
- IZKLOP ODKLOPNIKA LOČILNEGA MESTA (LMI)

Oziroma en signal, v kolikor 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.

##### IV.6.1. Pomožna napetost ločilnega mesta

Elementi ločilnega mesta se lahko napajajo iz lastnega vira ali pa iz vira elektrarne. 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 elektrarne, seveda pod pogojem, da zaščite ločilnega mesta niso aktivne.

##### IV.6.2. 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),

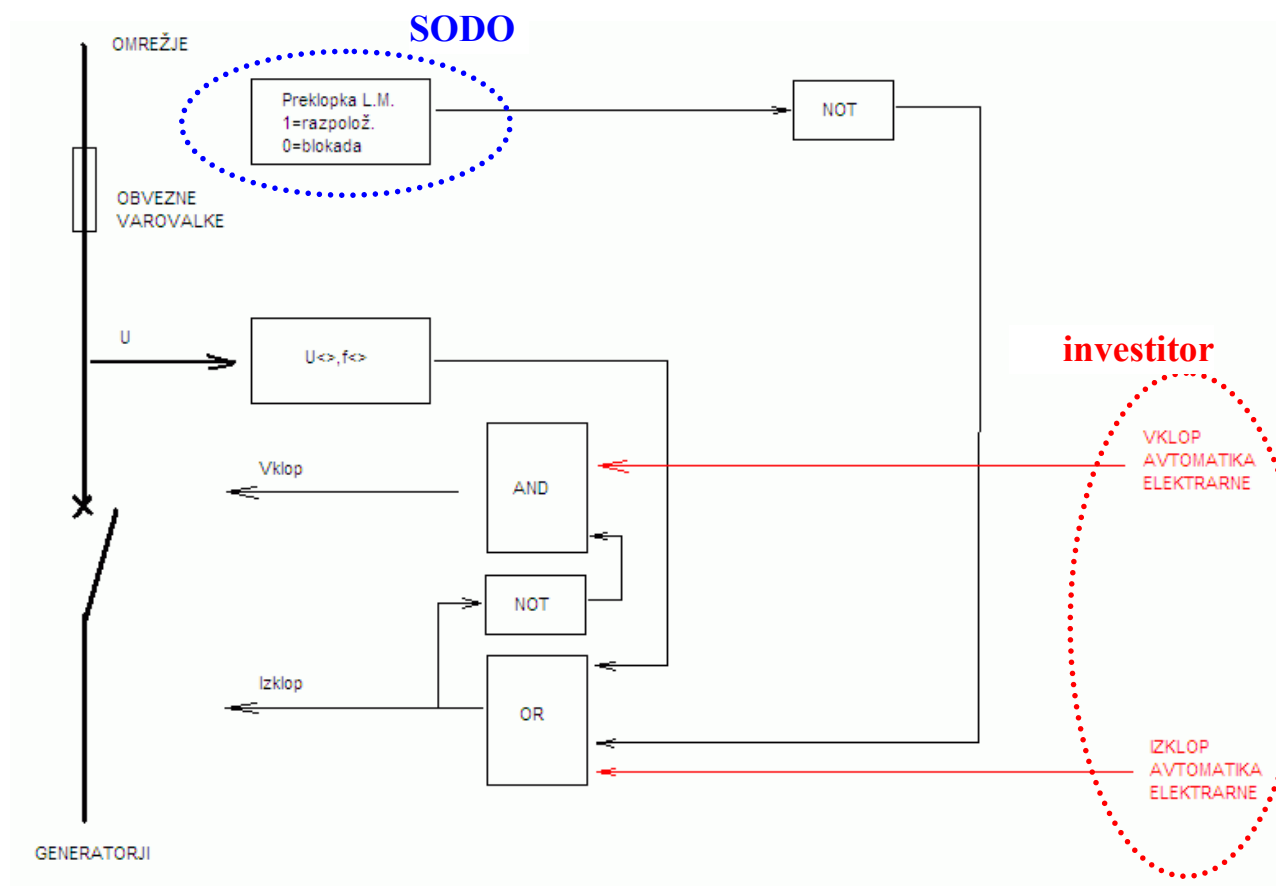
$U_{LM}$  = napetost na ločilnem mestu (isti, kot ga vidijo napetostne zaščite na LM),

SIGNALI = vsi signali, ki vstopajo in izstopajo iz ločilnega mesta.

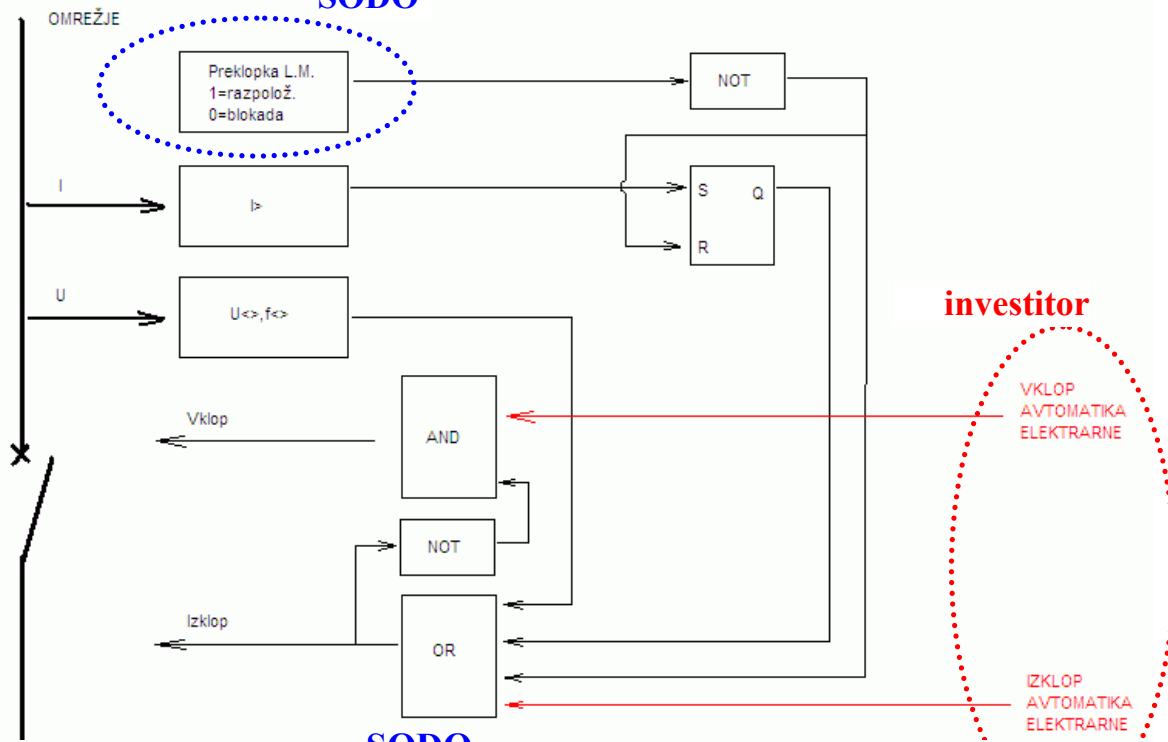
Merilne sponke morajo biti izvedene tako, da priklop merilnikov ne moti obratovanja razpršenega vira.

#### IV.7. PRAKTIČNA IZVEDBA LOČILNEGA MESTA

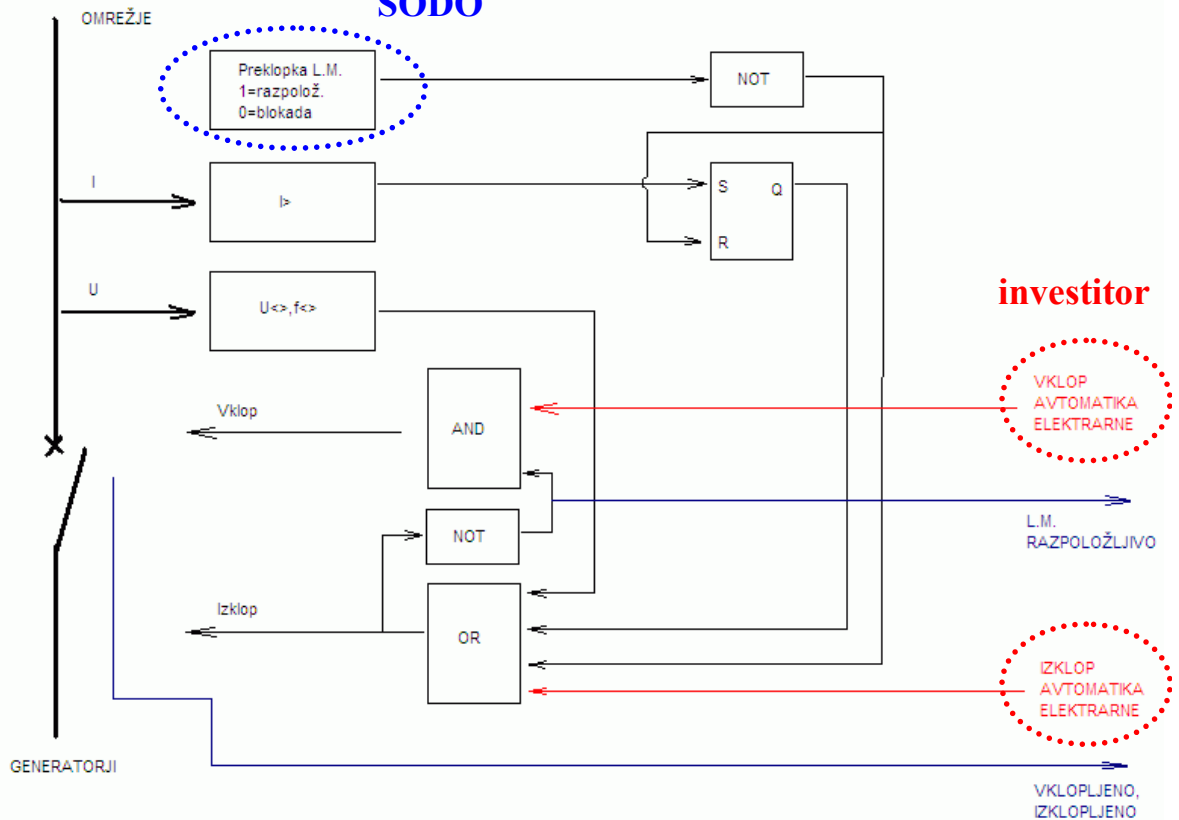
Podajamo tri enostavne primere izvedbe ločilnega mesta (slike 4.1 do 4.3). Primeri so zgolj v informacijo, kako so lahko v posameznih primerih izvedena ločilna mesta.



## SODO



## SODO



## V. PRIKLJUČNO MESTO

SODO poda v soglasju za priključitev naslednje parametre omrežja na priključnem mestu:

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.

# VI. KAKOVOST ELEKTRIČNE ENERGIJE

## VI.1. PRESOJANJE DOVOLJENIH MOTENJ V OMREŽJE

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

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

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

Še posebej to velja za naprave, ki se priključujejo v **javno NN razdelilno omrežje in katerih nazivni tok ne presega 16 A na fazo**. 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<sup>1</sup> 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 tehničnim poročilom **SIST-TP IEC/TR2 61000-3-4** ter tehnično specifikacijo **SIST-TS IEC/TS 61000-3-5**, ki obravnavata vključevanju opreme v NN omrežja, katere nazivni tok presega 16 A na fazo.

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

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

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

**Pred natančnejšim načrtovanjem vključitve vseh vrst naprav za proizvodnjo električne energije v SN ali NN omrežje, je nujen posvet pri SODO, v katerega se bo naprava vključila.**

Oddajne meje za 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.

---

<sup>1</sup> prevod naslova ni uraden, ker naslov še uradno ni preveden v slovenščino.

Postopek priključevanja RV-jev 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 vključitve v omrežje.

Za posamezne naprave, ki se **priključujejo v NN omrežje in ne presegajo nazivnega toka 16 A na fazo**, 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 generator 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 priklopa naprave in jo mora posebej odobriti SODO v skladu s standardi, ki so navedeni zgoraj. SODO 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.

Vsekakor je pomembno, da je naprava prav tako sama sposobna obratovati v omrežju, kjer je kakovost napetost v skladu s predpisanim standardom kakovosti.

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

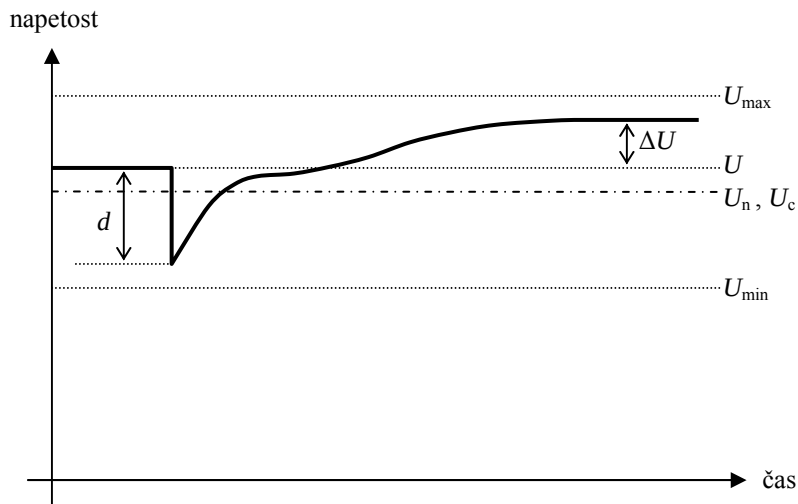
Po vključitvi RV v omrežje mora biti le-to še vedno sposobno napajati vse odjemalce in njihove porabnike tako, da bodo lahko dolgoročno delovali nazivno. SODO lahko na osnovi izmerjenih motečih vplivov, ki izvirajo s strani naprav v omrežju, zahteva prekinitve paralelnega obratovanja teh naprav do odprave 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 trenutku stikalnega manevra.

Primer na sliki 6.1 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 6.1** - 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  $d_{\text{dov}}$ , ki so navedene v razpredelnicah 6.1 in 6.2.

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

**Razpredelnica 6.1:** Dovoljene vrednosti relativnih sprememb napetosti ob stikalnih manevrih ob frekvenci ponavljanja, ki je manjša od ene ponovitve na 10 minut.

| $r < 0,1 \text{ min}^{-1}$     | $d_{\text{dov}}$ |
|--------------------------------|------------------|
| 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 6.2:** 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  $P_{\text{st}} = 0,8$ ):

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

### **Izračun relativne spremembe napetosti**

Relativno spremembo napetosti lahko izračunamo s pomočjo formule 6.1:

$$d = \frac{\Delta S_n}{S_{\text{KS}}} \cdot \cos(\psi - \varphi), \quad (6.1)$$

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
- $\phi$  - fazni kot spremembe moči naprave.

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

Za posamezne vrste generatorjev veljajo naslednje ugotovitve iz prakse:

- **Generatorji, 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.
- **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 elektrarne** proizvajalci podajajo relativne spremembe napetosti, ki jih povzročajo vetrne elektrarne pri stikalnih manevrih.

Za polje vetrnih elektrarn, 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 elektrarniškem postroju z več asinhronskimi generatorji v smislu zmanjševanja vpliva elektrarne 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  $d_{dov}$ , ne sme preseči!**

#### VI.2.2. Jakost flikerja

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

$$P_{It\ dov} = 0,46 .$$

Obravnava jakosti flikerja pri generatorjih je v normalnih primerih potrebna **samo za vetrne elektrarne**, kjer faktor prispevka naprave k flikerju (predvsem pri vetrnih elektrarnah z asinhronskim generatorjem) dosega vrednosti 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 formuli 6.3:

$$P_{It} \leq c \cdot \frac{S_{n\ gen}}{S_{KS}} , \quad (6.3)$$

kjer so:

- $P_{It}$  - jakost dolgotrajnega flikerja,
- $S_{n\ gen}$  - nazivna moč naprave,
- $S_{KS}$  - 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:

$$P_{lt} = \sqrt{\sum_{i=1}^n P_{lti}^2}, \quad (6.4)$$

kjer sta:

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

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

$$P_{lt} = \sqrt{n} \cdot P_{lti}, \quad (6.5)$$

kjer so:

$P_{lt}$  - jakost dolgotrajnega flikerja,  
 $n$  - število enakih generatorjev, in  
 $i$  - indeks posameznega generatorja.

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

- c) Za omrežje z **VEČJIM ŠTEVILOM GENERATORJEV**, ki so relevantni za povzročanje flikerja in so priključeni na **različnih mestih** v omrežju,  
Naj  $P_{ltjk}$  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:

$$\text{kratkostična moč } S_{KSj} < S_{KS k}, \text{ potem je } P_{ltjk} = P_{ltjj} \cdot \frac{S_{KSj}}{S_{KS k}}. \quad (6.6)$$

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

$$\text{kratkostična moč } S_{KSj} \geq S_{KS k}, \text{ potem je } P_{ltjk} = P_{ltjj}. \quad (6.7)$$

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

$$P_{ltk} = \sqrt{\sum_{j=1}^n P_{ltjk}^2}. \quad (6.8)$$

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

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

Za vetrne elektrarne proizvajalci podajajo dve vrsti vpliva elektrarn 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 elektrarne zaradi obeh vrst virov flikerja. Za polje vetrnih elektrarn mora biti na priključnem mestu polja vetrnih elektrarn  $P_{lt}$  manjši od  $P_{lt\,dov}$ .

### VI.2.3. Harmonska napetost

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

#### VI.2.3.1. Naprave z nazivnim tokom do 16 A na fazo 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. Generatorji z razsmernikom ali frekvenčnim pretvornikom

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

Emisijske vrednosti posameznih harmonikov toka, morajo biti za generatorje manjše od:

$$\frac{I_v}{I_n} \leq \frac{p_v}{2000} \cdot \sqrt{\frac{S_{KS}}{S_{n\,gen}}}, \quad (6.9)$$

kjer so:

|              |                                                                                                                    |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $v$          | - red harmonika,                                                                                                   |
| $I_u$        | - harmonski tok,                                                                                                   |
| $I_n$        | - nazivni tok naprave, ki se izračuna iz nazivne moči naprave,                                                     |
| $S_{n\,gen}$ | - nazivna moč naprave,                                                                                             |
| $S_{KS}$     | - kratkostična moč omrežja v točki priklopa naprave in                                                             |
| $p_u$        | - proporcionalni faktor, ki je odvisen od reda harmonika in je za posamezne harmonike naveden v razpredelnici 6.3. |

**Razpredelnica 6.3:** 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 tokovni faktor popačenja  $THDi_n$  mora biti manjši od:

$$THDi_n = \frac{\sqrt{\sum_{v=2}^{50} I_v^2}}{I_n} \leq \frac{20}{2000} \cdot \sqrt{\frac{S_{KS}}{S_{n\,gen}}}, \quad (6.10)$$

kjer so:

|          |                                                        |
|----------|--------------------------------------------------------|
| $THDi_n$ | - celostni harmonski tokovni faktor popačenja naprave, |
| $I_u$    | - harmonski tok,                                       |

|                    |                                                                |
|--------------------|----------------------------------------------------------------|
| $I_n$              | - nazivni tok naprave, ki se izračuna iz nazivne moči naprave, |
| $\nu$              | - red harmonika,                                               |
| $S_{n\text{ gen}}$ | - nazivna 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:

$$THDi_n = THDi \cdot \frac{I_1}{I_n}, \quad (6.11)$$

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                                                                    |
| $I_n$    | - nazivni tok naprave, ki se izračuna iz nazivne moči naprave.                                  |

#### VI.2.4. Enosmerni tok

Razpršeni vir v NN omrežje ne sme injicirati enosmernega toka večjega od 0,5 % nazivnega toka razpršenega vira ali večjega od 1000 mA. Upošteva se tista meja, ki je dosežena prej.

#### VI.2.5. Komutacijske zarez

Obravnava generatorja glede komutacijskih zarez je v praksi potrebna ponavadi 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.

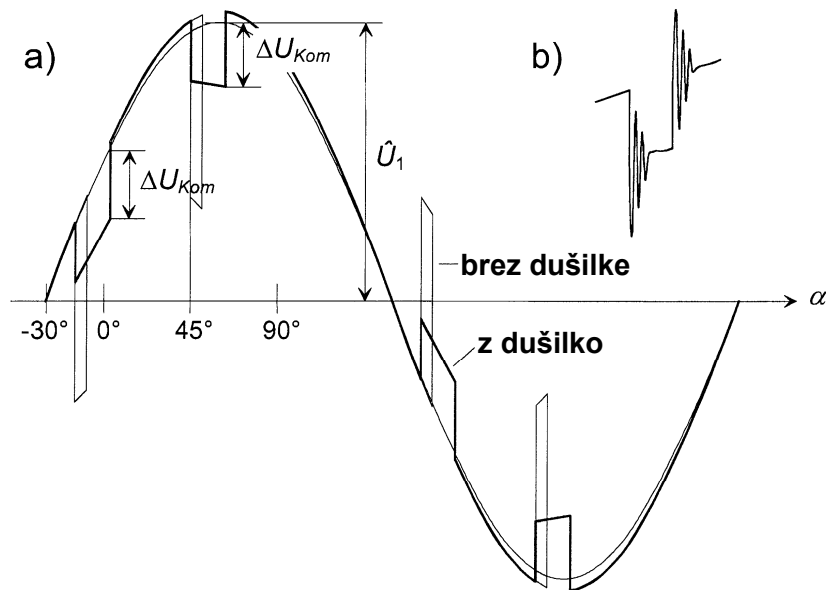
Na sliki 6.2 je prikazana napetost med faznim in ničelnim vodnikom na priključnem mestu šest-pulznega razsmernika z in brez dušilke pri kotu proženja  $\alpha = 45^\circ$

Komutacijske zarez izračunamo po formuli (6.12):

$$d_{\text{kom}} = \frac{\Delta U_{\text{kom}}}{\hat{U}_1}, \quad (6.12)$$

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 6.2** - 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)

Zaradi nazornosti prikaza so na sliki 6.2 prikazane samo 4 in ne vseh 6 komutacijskih zareze.

Za generatorje so dovoljene vrednosti  $d_{kom}$  komutacijskih zareze, ki so navedene v razpredelnici 6.4.

**Razpredelnica 6.4:** Dovoljene vrednosti komutacijskih zareze.

|                                | $d_{kom}$ |
|--------------------------------|-----------|
| nizkonapetostno (NN) omrežje   | 0,05      |
| srednjenapetostno (SN) omrežje | 0,025     |

#### VI.2.6. Neravnotežje napetosti

V nizkonapetostnih (NN) omrežjih je treba enofazne generatorje vključevati v omrežje tako, da fazno neravnotežje v obratovanju ne presega 4,6 kW.

Moč enofaznega generatorja ne sme presegati 4,6 kW. Če je na ločilnem mestu vključenih v omrežje več enofaznih generatorjev hkrati, morajo biti čim bolj enakomerno razporejeni po fazah. V nobenem primeru ne sme fazno neravnotežje v obratovanju presegati 4,6 kW (razlika v moči med posameznimi fazami).

To je relevantno predvsem pri vključevanju fotovoltaičnih sistemov, ki uporabljajo enofazne razsmernike za povezavo z omrežjem.

Skupna moč **neodvisnih enofaznih generatorjev** na ločilnem mestu, ki so po fazah razporejeni tako, da v obratovanju pri njihovi nazivni moči nesimetrija na ločilnem mestu ne presega 4,6 kW, ne sme presegati 30 kW.

V primeru, da so ti **enofazni generatorji povezani v skupino** in je moč enakomerno porazdeljena med vse enofazne razsmernike, je potrebno z regulacijo generatorjev zagotoviti, da v obratovanju

nesimetrija ne presega 4,6 kW. Tak primer so v kaskado vezani enosmerni razsmerniki pri fotovoltaičnih elektrarnah, ki so enakomerno razporejeni po fazah. V tem primeru mora obstajati skupna regulacija vseh vključenih razsmernikov, ki zagotovi, da v obratovanju v nobenem primeru ni presežena dovoljena meja nesimetrije 4,6 kW. Če takšna regulacija obstoja, potem za tak sistem omejitev moči na 30 kW ni potrebna.

### VI.3. VKLJUČITEV V NN OMREŽJE

#### VI.3.1. Preverjanje ali so meritve potrebne

Osredotoči se na TP SN/NN, na katerega bo priključen razpršeni vir. Preverjanje ali so meritve potrebne, se izvede tako, da se izračuna kratkostično moč na 2/3 dolžine najdaljšega voda zgolj iz prispevka 110 kV omrežja. Ostale vire se obvezno zanemari.

Kot merilo vzamemo, da elektrarna, oziroma skupina elektrarn ne sme povečati napetost omrežja za več kot 0,5 %.

$$S_{RV} = \frac{S_{KS110} \cdot 0,5\%}{100}$$

$S_{RV}$  = navidezna dopustna moč, ki ne spremeni napetost za več kot 0,5 %

Navidezna moč elektrarne je vedno določena kot  $S_{EL} = 125 \cdot P_{EL}$ .

$\sum S_{EL}$  = vsota vseh moči elektrarn, ki so na določen TP že priključene

$$S_{ELnova} \leq S_{RV} - \sum S_{EL}$$

V kolikor je  $S_{ELnova}$  prevelika glede na izračun je potrebno izvesti kontrolne meritve. Priporočamo, da se meritve izvede v vsakem primeru in tudi, če še ni prosilcev za priklop elektrarn.

#### VI.3.2. Meritve napetostnih razmer

Meritve napetostnih razmer se izvajajo v skladu z zahtevami standardov predpisanih v SPDOEE.

Meritve se vedno izvajajo v dveh točkah omrežja. Vendar obstaja razlika ali je bodoča elektrarna prvi razpršeni vir na določenem TP-ju ali pa na tem TP-ju že obratujejo drugi razpršeni viri.

##### VI.3.2.1. Bodoča elektrarna BO PRVI RAZPRŠENI VIR na TP-ju.

V temu primeru se napetost meri v TP-ju in na koncu voda, na katerega bo elektrarna priključena.

Meritve se vedno izvajajo na koncu voda ne glede na to kje na vodu bo elektrarna priključena v omrežje.

Iz meritev dobimo podatek o največji izmerjeni napetosti v enem tednu. Vzamemo največjo napetost ne glede na kateri merilno točko in ne glede na kateri fazi je bila izmerjena.

Vedno mora veljati pogoj  $U_{MAXmer} < U_{MAXdov}$ , da je mogoče vključiti elektrarno v omrežje.

**Sledi izračun navidezne moči elektrarne, ki bi jo bilo še mogoče vključiti v omrežje.**

$S_{KS110}$  = kratkostična moč na točki priklopa elektrarne (upošteva se samo prispevek iz 110 kV omrežja)

$U_{MAXdov}$  = najvišja dovoljena napetost v NN omrežju

$U_{MAXmer}$  = najvišja izmerjena vrednost napetosti

$U_N$  = nazivna fazna napetost omrežja

$$S_{EL} = \frac{S_{KS110} \cdot (U_{MAXdov} - U_{MAXmer})}{U_N}$$

V kolikor je  $S_{ELnova} > S_{EL}$  oziroma  $125 \cdot P_{ELnova} > S_{EL}$  priklop elektrarne ni mogoč.

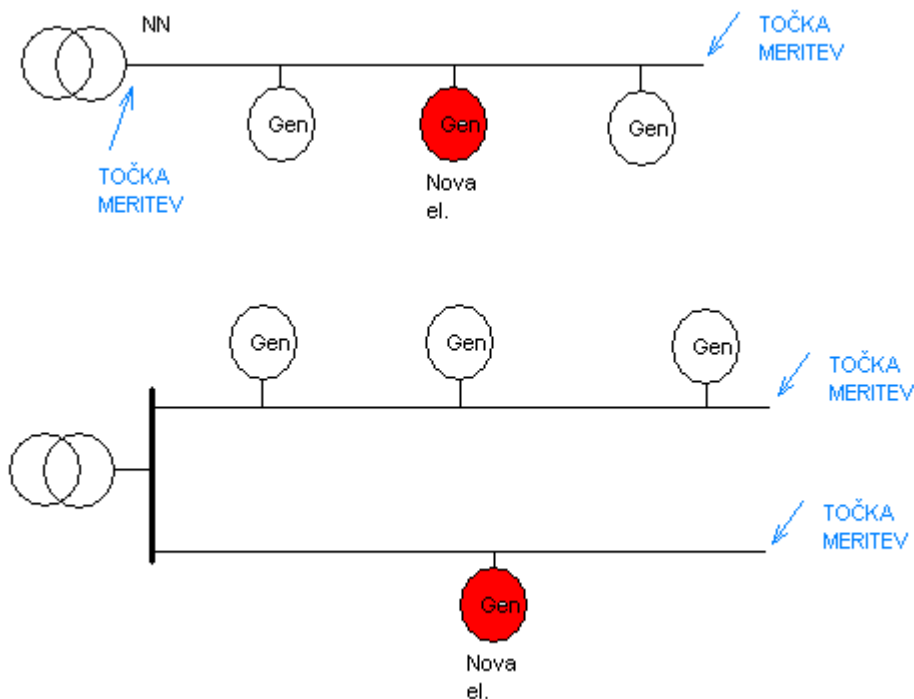
#### **Možne rešitve:**

1. Omeji se moč elektrarne.
2. Poveča se kratkostična moč omrežja.
3. V kolikor je najnižja izmerjena napetost omrežja višja od dopustne minimalne se lahko gre v prestavitev odcepov na transformatorju v TP-ju.

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

#### **VI.3.2.2. Bodoča elektrarna NE BO PRVI RAZPRŠENI VIR na TP-ju.**

V temu primeru se napetost meri na koncu voda, na katerega bo elektrarna priključena in na koncu odcepa (voda) na katerem so priključeni razpršeni viri z največjo močjo oziroma z največjo močjo glede na kratkostično moč omrežja. V kolikor gre za isti odcep, se eno meritev prenese v TP.



Tudi v temu primeru nas najbolj zanima največja izmerjena napetost v enem tednu. Vendar je pomembno kje je bila ta napetost izmerjena.

#### **a. Najvišja napetost je izmerjena na izvodu TP-ja na katerega bo priključena elektrarna.**

$S_{KS110}$  = kratkostična moč v točki priklopa elektrarne (upoštevata se samo prispevek iz 110 kV omrežja)

$U_{MAXdov}$  = najvišja dovoljena napetost v NN omrežju

$U_{MAXmer}$  = najvišja izmerjena vrednost napetosti

$U_N$  = nazivna fazna napetost omrežja

$$S_{EL} = \frac{S_{KS110} \cdot (U_{MAXdov} - U_{MAXmer})}{U_N}$$

V kolikor je  $S_{ELnova} > S_{EL}$  oziroma  $1,25 \cdot P_{ELnova} > S_{EL}$  priklop elektrarne ni mogoč.

**b. Najvišja napetost ni izmerjena na izvodu TP-ja na katerega bo priključena elektrarna, ampak na drugem izvodu.**

$S_{KS110}$  = kratkostična moč na točki priklopa elektrarne (upoštevajo se samo prispevek iz 110 kV omrežja)

$S_{KS110TP}$  = kratkostična moč v TP-ju oziroma v točki kjer se oba voda združita (upoštevajo se samo prispevek iz 110kV omrežja)

$U_{MAXdov}$  = najvišja dovoljena napetost v NN omrežju

$U_{MAXmerEL}$  = najvišja izmerjena vrednost napetosti na izvodu na katerem bo elektrarna

$U_{MAXmerDV}$  = najvišja izmerjena vrednost napetosti

$U_N$  = nazivna fazna napetost omrežja

$$S_{EEL} = \frac{S_{KS110} \cdot (U_{MAXdov} - U_{MAXmerEL})}{U_N}$$

$$S_{ELDV} = \frac{S_{KS110TP} \cdot (U_{MAXdov} - U_{MAXmerDV})}{U_N}$$

Vzame se tisto moč, ki je manjša.

$$(S_{EL} = S_{EEL}) < S_{ELDV}$$

$$(S_{EL} = S_{ELDV}) < S_{EEL}$$

V kolikor je  $S_{ELnova} > S_{EL}$  oziroma  $1,25 \cdot P_{ELnova} > S_{EL}$  priklop elektrarne ni mogoč.

**Možne rešitve:**

1. Omeji se moč elektrarne.
2. Poveča se kratkostična moč omrežja.
3. V kolikor je najnižja izmerjena napetost omrežja višja od minimalne se lahko gre v prestavitev odcepov na transformatorju v TP-ju.

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

## VI.4. VKLJUČITEV V SN OMREŽJE

### VI.4.1. Preverjanje ali so meritve potrebne

Osredotoči se na RTP 110kV/SN, na katerega bo priključen razpršeni vir. Preverjanje ali so meritve potrebne, se izvede tako, da se izračuna kratkostično moč v točki priklopa in kratkostično moč v RTP-ju. Obe moči se izračuna zgolj iz prispevka 110 kV omrežja. Preverimo, ali se na omrežju RTP-ja (SN in NN) že nahaja kak razpršeni vir. V kolikor je skupna navidezna moč vseh virov večja od 5 % nazivne moči transformatorja v RTP, priporočamo, da se gre v izvedbo meritev.

$S_{KS110RTP}$  = kratkostična moč na SN napetostnem nivoju na zbiralkah v RTP-ju.

$S_{KS110ME}$  = kratkostična moč na SN napetostnem nivoju v točki prikopa elektrarne.

Upoštevamo, da je navidezna kratkostična moč precej višja zaradi vpliva regulacijskega transformatorja v RTP-ju.

$$S_{KS110nav} = \frac{S_{KS110RTP} \cdot S_{KS110ME}}{S_{KS110RTP} - S_{KS110ME}}$$

Upoštevamo, da sme elektrarna spremeniti napetost za največ 0,5 %. To izračunamo na sledeči način.

$$S_{RV} = \frac{S_{KS110nav} \cdot 0,5\%}{100}$$

$S_{RV}$  = navidezna dopustna moč, ki ne spremeni napetost za več kot 0,5 %

Navidezna moč elektrarne je vedno določena kot  $S_{EL} = 1,25 \cdot P_{EL}$

$$S_{ELnova} \leq S_{RV}$$

V kolikor je  $S_{ELnova}$  prevelika glede na izračun je potrebno izvesti kontrolne meritve.

### VI.4.2. Meritve napetostnih razmer

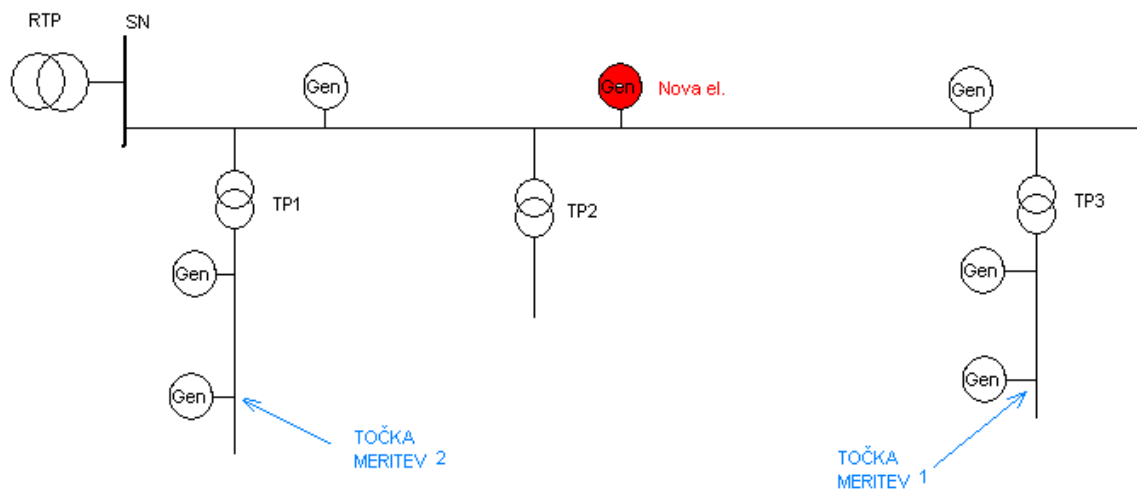
V tem primeru se meritve izvajajo na NN nivoju. Meritve na SN nivoju bi bile preveč tehnološko zapletene (napetostni merilni transformatorji), prav tako pa nebi dale podatka, kakšne so in bodo napetostne razmere na NN porabniškem napetostnem nivoju. Izjema so le porabniki, ki so priključeni direktno na SN napetostni nivo.

Meritve izvajamo vedno v dveh točkah.

**Prva merilna točka** je najbolj oddaljen TP, ki se nahaja v bližini zadnje elektrarne na vodu. V kolikor se na omrežju TP-ja že nahaja razpršeni viri, se meritve izvaja v točki kjer se nahaja najbolj oddaljen razpršeni vir. V nasprotnem primeru se meritve izvaja v TP-ju.

**Druga merilna točka** je TP, ki je najbližji RTP-ju. Tudi v tem primeru se meritve izvaja v TP-ju, oziroma v primeru če se na njegovem omrežju nahajajo razpršeni viri v točki najbolj oddaljenega razpršenega vira.





V nekompatibilnih SN omrežjih, na katerih se že nahajajo razpršeni viri, lahko pričakujemo, da bomo izmerili največjo napetost v točki 1.

Iz meritve dobimo dva podatka o največji izmerjeni napetosti

$U_{MAXtoc1}$  = najvišja izmerjena napetost v prvi točki ( NN fazna napetost )

$U_{MAXtoc2}$  = najvišja izmerjena napetost v drugi točki ( NN fazna napetost )

$U_{MAXdov}$  = najvišja dovoljena vrednost napetosti

#### Izvedemo kontrolni izračun za prvo točko

$S_{KS110RTP}$  = kratkostična moč na SN napetostnem nivoju na zbiralkah v RTP-ju.

$S_{KS110ME}$  = kratkostična moč na SN napetostnem nivoju v točki prikopa elektrarne.

$$S_{KS110nav1} = \frac{S_{KS110RTP} \cdot S_{KS110ME}}{S_{KS110RTP} - S_{KS110ME}}$$

Sledi izračun največje dovoljene moči razpršenega vira

$$S_{RV1} = \frac{S_{KS110nav} \cdot (U_{MAXdov} - U_{MAXtoc1})}{U_{N230V}}$$

**Izvedemo kontrolni izračun za drugo točko**

$S_{KS110RTP}$  = kratkostična moč na SN napetostnem nivoju na zbiralkah v RTP-ju.

$S_{KS110TP}$  = kratkostična moč na SN napetostnem nivoju v točki najbližjega TP-ja.

$$S_{KS110nav2} = \frac{S_{KS110RTP} \cdot S_{KS110TP}}{S_{KS110RTP} - S_{KS110TP}}$$

Sledi izračun največje dovoljene moči razpršenega vira

$$S_{RV2} = \frac{S_{KS110nav} \cdot (U_{MAXdov} - U_{MAXtoc2})}{U_{N230V}}$$

**Obe izračunani moči morata biti višji od navidezne moči bodoče elektrarne.**

$$125 \cdot P_{EL} < S_{RV1} \text{ in } 125 \cdot P_{EL} < S_{RV2}$$

**VI.5. METODE, KI NE POTREBUJEJO MERITEV**

Soglasje za vključitev je možno izdati tudi brez meritev. Pogoj je, da je celotno področje RTP-ja dobro modelirano tako na SN kot NN nivoju. Model mora imeti tudi verodostojno predstavljene porabnike.

Pogoji za modelno preverjanje vključevanja razpršenih virov v SN in NN omrežje:

- Točno modelirano omrežje celotnega RTP-ja (dovolj je statičen model),
- Točno modelirani porabniki in njihova časovna in pozicijska funkcija,
- Modeli že obstoječih razpršenih virov.

Postopek preverjanja vključljivosti razpršenih virov:

1. V omrežje se doda bodoči razpršeni vir.
2. Vsi viri vključno z bodočim ne obratujejo, poraba je največja pričakovana.
3. Porabe ni oziroma je minimalna pasovna, vsi razpršeni viri obratujejo z največjo delovno močjo pri  $\cos(\varphi) = 0,8$ .

**V nobenem primeru mejne vrednosti napetosti v posameznem obratovalnem stanju, ki se preučuje, ne smejo biti presežene.**

## VII. KARAKTERISTIKA JALOVE MOČI

Jalova moč je predpisana s:

$$\cos(\varphi) = \frac{Q_{LM}}{S_{LM}} = \text{jalova moč/navidezna moč.}$$

Za elektrarne je boljša naslednja definicija, ker so tako opredeljene tudi smeri pretokov:

$$\operatorname{tg}(\varphi) = \frac{Q_{LM}}{P_{LM}} = \text{jalova moč/delovna moč.}$$

**$P > 0 \rightarrow$  delovna moč teče v omrežje**

( $P > 0$  in  $\operatorname{tg}(\varphi) =$  pozitiven)  $\rightarrow$  jalova moč teče iz elektrarne v omrežje.

( $P > 0$  in  $\operatorname{tg}(\varphi) =$  negativen)  $\rightarrow$  jalova moč teče iz omrežja v elektrarno.

Delovna, jalova in navidezna moč so vedno definirane na **ločilnem mestu**.

$Q_{LM}$  = trenutna jalova moč na ločilnem mestu

$P_{LM}$  = trenutna delovna moč na ločilnem mestu

**V nadaljevanju podajamo tipične zahteve za karakteristiko proizvodnje jalove energije. Navedene karakteristike jalove moči SE NE OBRAVNAVAJO KOT SISTEMSKA STORITEV, temveč kot POTREBEN POGOJ ZA OBRATOVANJE RAZPRŠENEGA VIRA v distribucijskem omrežju.**

### VII.1. NAPRAVE ZA KOMPENZACIJO JALOVE ENERGIJE

Karakteristike jalove moči v poglavjih VII.2, VII.3, VII.4 so predpisane splošno. SODO lahko v posameznih posebnih primerih predpiše tudi drugačne karakteristike.

#### VII.1.1. Generatorji so zmožni proizvajati jalovo energijo

V kolikor so generatorji fizikalno-tehnično zmožni proizvajati jalovo moč, se priporoča, da se jih v ta namen tudi uporabi. Dodatne kompenzacijske naprave elektrarno podražijo, vnašajo v sistem nepotrebne dodatne elemente ter spreminjajo celotno karakteristiko elektrarne.

#### VII.1.2. Generatorji niso zmožni proizvajati jalove energije

V primerih, ko generator ali skupina generatorjev ni zmožna delno ali v celoti proizvajati jalove energije, je potrebno dograditi naprave za kompenzacijo jalove energije. Delili jih bomo v dve osnovni skupini.

Za vse vrste kompenzacijskih naprav se priporoča:

- vsak izpad ločilnega mesta vodi v takojšen izpad kompenzacijske naprave, in
- kompenzacijske naprave se vključuje šele 15 s do 30 s po zagonu generatorja.

##### a) (TIP R) kompenzacijska naprava ne povzroča feroresonančnih pojavov

V to skupino sodijo aktivne kompenzacijske naprave (razsmerniške), sinhroni mehanski kompenzatorji in drugi. Za vgraditev takšnih naprav ni potrebno preverjanje lastnosti omrežja za pojave feroresonanc.

##### b) (TIP F) kompenzacijska naprava lahko povzroča feroresonančne pojave

V to skupino spadajo kompenzacijske naprave, ki imajo vgrajene pasivne elemente kot so kondenzatorji ali kombinacija kondenzatorjev in dušilk. Za vgradnjo le-teh je potrebno pridobiti posebno dovoljenje SODO.

## VII.2. RAZPRŠENI VIRI Z NAZIVNIM TOKOM DO 16 A FAZNO VKLJUČENI V NN OMREŽJE (RAZRED A)

Velja za klasifikacije: **0.0N1** do **3.7N1**,  
**0.0N2** do **7.4N2**, in  
**0.0N3** do **10.0N3**

Večina mikro-generacij ima vgrajene asinhrono ali pretvorniške generatorje. Tehnološko so ti postroji zelo preprosti, vendar morajo kljub temu obratovati v skladu z nekaterimi zahtevami.

### **Pretoki jalove moči**

Ne glede na tip generatorja veljajo naslednji parametri, ki jih mora vzdrževati RV razreda A.

$tg(\varphi) = \frac{Q}{P}$ ,    napetost, jalova in delovna moč so definirane na ločilnem mestu v 15 s časovnem intervalu.

**Razpredelnica 7.1:**    Karakteristika jalove moči razpršenih virov *razreda A* (do 16 A na fazo vključeni v NN omrežje).

| <i>U</i>                  | <i>Q</i>                                  |
|---------------------------|-------------------------------------------|
| narašča do $U_n + 5\%$    | $Q = 0,3 \cdot P \pm 0,15 \cdot P_{IG}$   |
| naraste preko $U_n + 5\%$ | $Q = -0,15 \cdot P \pm 0,15 \cdot P_{IG}$ |
| pada proti $U_n$          | $Q = -0,15 \cdot P \pm 0,15 \cdot P_{IG}$ |
| pade pod $U_n$            | $Q = 0,3 \cdot P \pm 0,15 \cdot P_{IG}$   |

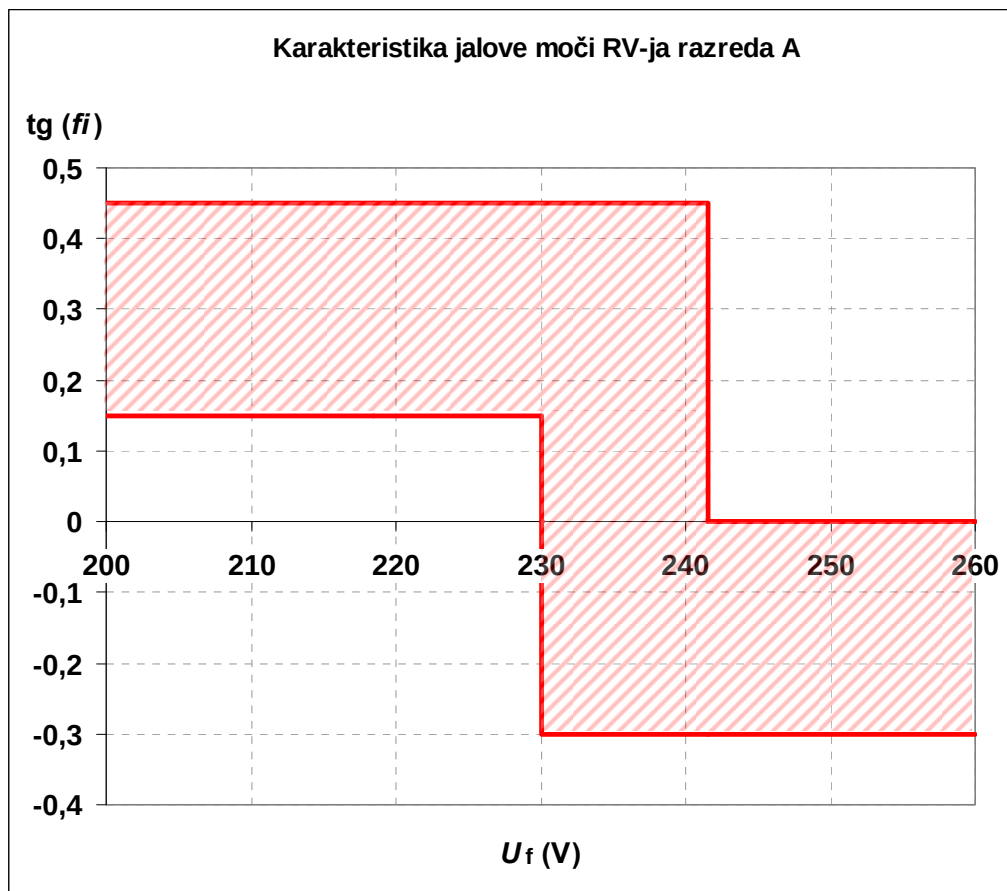
Pri tem so:

$U_N$     - nazivna medfazna napetost omrežja (400 V)

$P$     - trenutna delovna moč razpršenega vira, in

$P_{IG}$     - instalirana delovna moč razpršenega vira na istem ločilnem mestu

Karakteristika jalove moči velja ne glede na tip generatorja. Izjema so elektrarne, ki imajo vgrajene tudi sinhrono ali pretvorniške generatorje. Zaželeno je, da te elektrarne obratujejo po karakteristiki, ki je opisana v poglavju **VII.4 (razred C)**.



**Slika 7.1:** Karakteristika jalove moči razpršenih virov *razreda A* (do 16 A na fazo vključeni v NN omrežje).

S histerezno karakteristiko dosežemo, da pri visoki porabi v omrežju RV pomaga pri napetostnih razmerah, medtem, ko pri nizki porabi in posledično povišani napetosti izključi del kompenzacije in na ta način prepreči pojav feroresonanc v omrežju.

Kljub vsemu mora lastnik RV-ja dobiti soglasje od SODO za vgradnjo pasivnih kompenzacijskih elementov (kondenzatorjev). V kolikor omrežje ne dopušča vgradnje pasivnih kompenzacijskih elementov, se SODO in lastnik RV-ja sporazumeta o ceni jalove energije, ki jo bo postroj porabil.

### **VII.3. RAZPRŠENI VIRI MOČI DO 250 KW VKLJUČENI V NN OMREŽJE (RAZRED B)**

Velja za klasifikacije: **0.0N3 do 250.0N3**

RV-ji tega razreda imajo v večini primerov vgrajene asinhrono generatorje. Avtomatika je običajno preprosta.

#### ***Pretoki jalove moči***

Pretoki jalove moči so definirani na ločilnem mestu. Ti postroji smejo biti izključno trifazni.

Karakteristika jalove moči velja ne glede na tip generatorja. Izjema so elektrarne, ki imajo vgrajene tudi sinhrono ali pretvorniške generatorje. Zaželeno je, da te elektrarne obratujejo po karakteristiki, ki je opisana v poglavju **VII.4 (razred C)**.

Ne glede na tip generatorja veljajo naslednji parametri, ki jih mora vzdrževati RV.

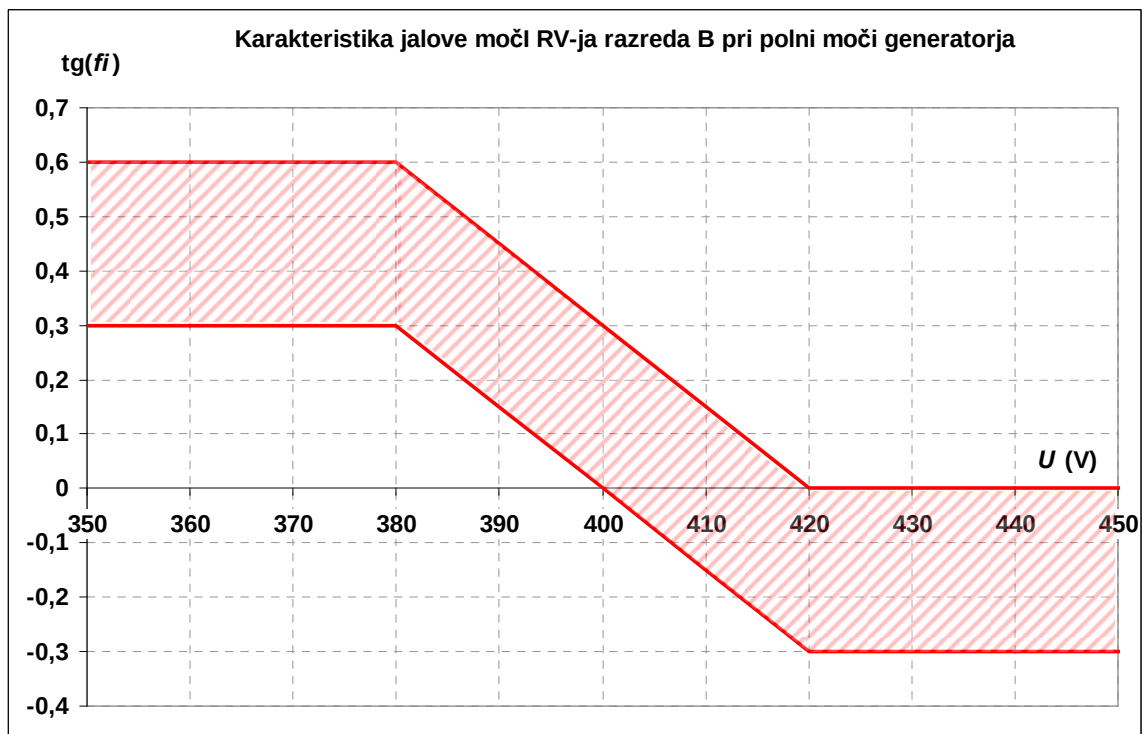
Napetost, jalova in delovna moč ter  $\operatorname{tg}(\varphi) = \frac{Q}{P}$ , so definirane na ločilnem mestu v 15 s časovnem intervalu.

**Razpredelnica 7.2:** Karakteristika jalove moči razpršenih virov *razreda B* (do 250 kW vključeni v NN omrežje).

| $U$                               | $Q$                                                                                     |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| $U < U_N - 5\%$                   | $Q = 0,45 \cdot P \pm 0,15 \cdot P_{IG}$                                                |
| $U_N - 5\% \leq U \leq U_N + 5\%$ | $Q = \left( 0,15 - 6 \cdot \frac{(U - U_N)}{U_N} \right) \cdot P \pm 0,15 \cdot P_{IG}$ |
| $U_N + 5\% < U$                   | $Q = -0,15 \cdot P \pm 0,15 \cdot P_{IG}$                                               |

Pri tem so:

- $U_N$  - nazivna medfazna napetost omrežja (400 V)
- $P$  - trenutna delovna moč razpršenega vira, in
- $P_{IG}$  - instalirana delovna moč razpršenega vira na istem ločilnem mestu



**Slika 7.2:** Karakteristika jalove moči razpršenih virov *razreda B* (do 250 kW vključeni v NN omrežje).

Dokaj širok pas odstopanja je določen zato, da se izognemo velikim in kompleksnim kompenzacijskim napravam.

Kljub vsemu, mora lastnik RV-ja dobiti soglasje od SODO za vgradnjo pasivnih kompenzacijskih elementov (kondenzatorjev). V kolikor omrežje ne dopušča vgradnjo pasivnih kompenzacijskih elementov, se SODO in lastnik RV-ja sporazumeta o ceni jalove energije, ki jo bo postroj porabil.

#### VII.4. RAZPRŠENI VIRI MOČI NAD 250 KW VKLJUČENI V NN OMREŽJE (RAZRED C)

Velja za klasifikacije: **0.0N3** do **1000.0N3**

V tem primeru gre običajno že za kompleksnejše elektrarne oziroma industrijske obrate. Vpliv teh generacij na omrežje je že znaten. Posledično so ostrejšje tudi obratovalne zahteve.

##### ***Pretoki jalove moči***

Pretoki jalove moči so definirani na ločilnem mestu. Ti postroji smejo biti izključno trifazni.

Karakteristika jalove moči velja ne glede na tip generatorja, brez izjem.

Postroj (generatorji in kompenzacije skupaj) mora biti sposoben proizvajati jalovo energijo do  $\cos(\varphi) = 0,8$  pri nazivni delovni moči.

Zahtevana je zvezna karakteristika jalove moči, ki jo opisuje enačba 7.1.

$$Q_{GEN} = (S_{NG} \cdot 0,6) \cdot \left[ \frac{P_{TG}}{2 \cdot S_{NG} \cdot \cos(\varphi_N)} + \frac{(U_{CG} - U_D)}{0,1 \cdot U_{CG}} \right] \pm [S_{NG} \cdot 0,06] \quad (7.1),$$

kjer so:

- $Q_{GEN}$  trenutna jalova moč RV-ja,
- $P_{TG}$  trenutna delovna moč RV-ja,
- $U_D$  dejanska napetost,
- $S_{NG}$  nazivna navidezna moč RV-ja (vseh generatorjev priključenih na izbrano ločilno mesto),  
 $\cos(\varphi_N) \leq 0,8$  obvezno,
- $U_{CG}$  dogovorjena napetost RV-ja.

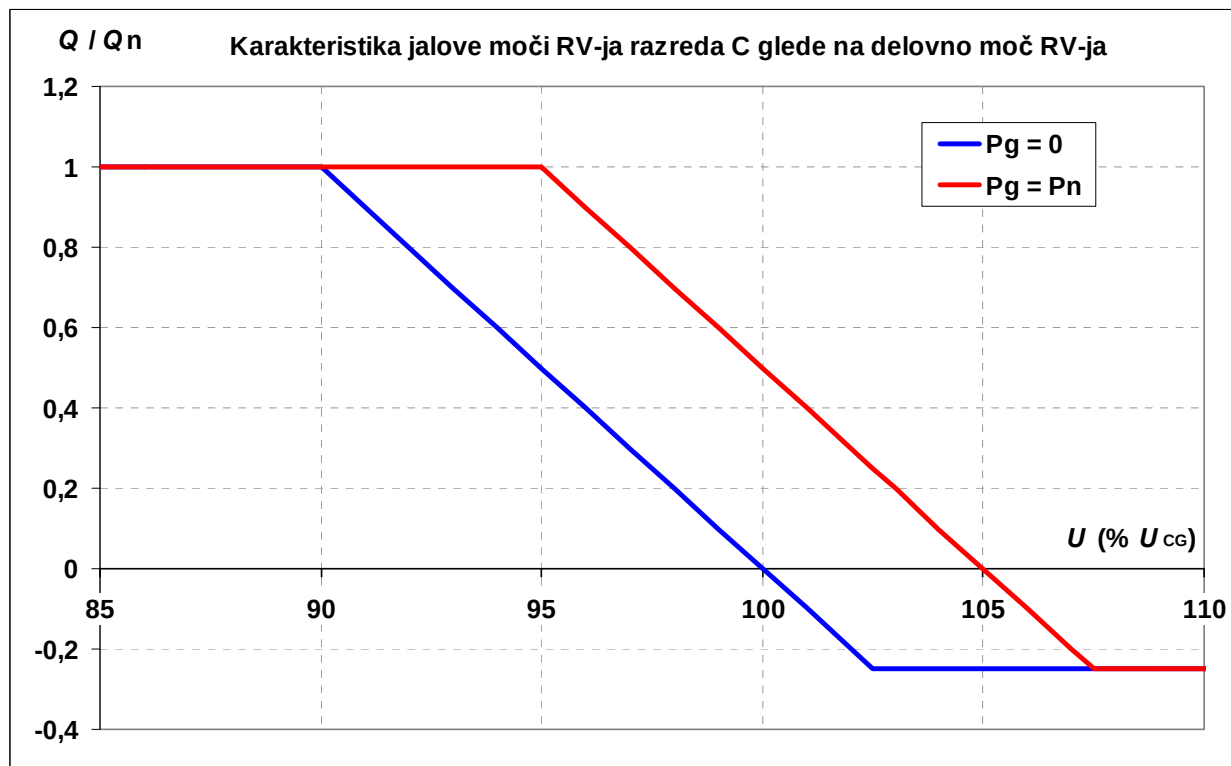
Minimalne zahteve do RV-ja glede jalove moči:

Sposobnost **proizvodnje** jalove moči vsaj:

$$Q_{PROIZ} = 0,6 \cdot S_{NG}$$

Sposobnost **porabe** jalove moči vsaj:

$$Q_{POR} = -0,15 \cdot S_{NG}$$



**Slika 7.3:** Karakteristika jalove moči razpršenih virov *razreda C* (nad 250 kW vključeni v NN omrežje).

V kolikor se napetost omrežja zniža toliko, da posledično generator preseže svoje tokovne meje, je dovoljeno omejevati jalovo moč na naslednji način:

$S$  – trenutna navidezna moč generatorja,  $S_{NG}$  – nazivna navidezna moč generatorja.

$1,2 \cdot S_{NG} \geq S > S_{NG}$  po 10 s se sme omejiti jalovo moč toliko, da generator obratuje s  $S = S_{NG}$ .

$1,2 \cdot S_{NG} < S$  jalovo moč se lahko omeji takoj in toliko, da generator obratuje s  $S = 1,2 \cdot S_{NG}$ .

SODO in lastnik elektrarne se morata dogovoriti, katera je tista dogovorjena napetost ( $U_{CG}$ ), pri kateri je pretok jalove moči  $Q = 0$  ob pretoku delovne moči  $P = 0$ . V NN omrežju je običajno  $U_{CG} = 400$  V.

## VII.5. RAZPRŠENI VIRI MOČI DO 10 MW VKLJUČENI V SN OMREŽJE (RAZRED D)

Velja za klasifikacije: **0.0S3** do **10000.0S3**

Te elektrarne so običajno večjih moči, ni pa nujno. Vsaka elektrarna, 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, ki pa ni nujno, da je na SN napetostnem nivoju. Ti postroji smejo biti izključno trifazni. Karakteristika jalove moči velja ne glede na tip generatorja, brez izjem.

Postroj (generatorji in kompenzacije skupaj) mora biti sposoben proizvajati jalovo energijo do  $\cos(\varphi) = 0,8$  pri nazivni delovni moči.

Zahtevana je zvezna karakteristika jalove moči, ki jo opisuje enačba 7.2.

$$Q_{GEN} = (S_{NG} \cdot 0,6) \cdot \left[ \frac{P_{TG}}{2 \cdot S_{NG} \cdot \cos(\varphi_N)} + \frac{(U_{CG} - U_D)}{u_{STAT} \cdot U_{CG}} \right] \pm [S_{NG} \cdot 0,06] \quad (7.2),$$



kjer so:

|            |                                                                                                                               |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $Q_{GEN}$  | trenutna jalova moč RV-ja,                                                                                                    |
| $P_{TG}$   | trenutna delovna moč RV-ja,                                                                                                   |
| $U_D$      | dejanska napetost,                                                                                                            |
| $S_{NG}$   | nazivna navidezna moč RV-ja (vseh generatorjev priključenih na izbrano ločilno mesto),<br>$\cos(\varphi_N) \leq 0,8$ obvezno, |
| $U_{CG}$   | dogovorjena napetost RV-ja.                                                                                                   |
| $u_{STAT}$ | statična karakteristika jalove moči RV-ja.                                                                                    |

Minimalne zahteve do RV-ja glede jalove moči:

Sposobnost proizvodnje jalove moči vsaj

$$Q_{PROIZ} = 0,6 \cdot S_{NG}$$

Sposobnost porabe jalove moči vsaj

$$Q_{POR} = -0,15 \cdot Q_{PROIZ}$$

SODO mora lastniku podati dva podatka:

1. Nivo dogovorjene napetosti generatorja  $U_{CG}$  in
2. Statično karakteristiko jalove moči  $u_{STAT}$ .

Dogovorjeno napetost se določi glede na točko priklopa elektrarne (pozicija omrežja) in glede na napetostne razmere v tem omrežju. Upoštevati je treba tudi meje, ki jih določajo standardi.

Ne glede na dobljene rezultate mora biti  $u_{STAT}$  v določenih mejah iz naslednjih razlogov:

$u_{STAT} \leq 0,1$  statika nastavljena blizu te meje je zelo položna karakteristika, ki komaj še zaobjame skrajne meje standarda SIST EN 50160.

$u_{STAT} \geq 0,03$  statika nastavljena blizu te meje bo privedla do preostrih skokov jalove moči pri vsaki manipulaciji regulacijskega stikala na transformatorju v RTP-ju.

V kolikor se napetost omrežja zniža toliko, da posledično generator preseže svoje tokovne meje je dovoljeno omejevati jalovo moč na naslednji način:

$S$  = trenutna navidezna moč generatorja,

$S_{NG}$  = nazivna navidezna moč generatorja.

$1,2 \cdot S_{NG} \geq S > S_{NG}$  po 10 s se sme omejiti jalovo moč toliko, da generator obratuje s  $S = S_{NG}$ .

$1,2 \cdot S_{NG} < S$  jalovo moč se lahko omeji takoj in toliko, da generator obratuje s  $S = 1,2 \cdot S_{NG}$ .

### VII.5.1. Nekompavndirano delovanje transformatorja v RTP

V primeru nekompavndiranega obratovanja transformatorja v RTP-ju se privzame, da je napetost na zbiralkah RTP-ja konstantna. Posledično je v pogojih neobremenjenega omrežja takšna tudi napetost celotnega omrežja ( $U_{MAX}$ ).

$U_{MAX}$  – najvišja pričakovana napetost v točki priklopa v pogojih brez obremenitve in brez upoštevanja kapacitivnosti omrežja ter ostalih elektrarn (napetost zbiralk v RTP-ju).

V pogojih polno porabniško obremenjenega omrežja prihaja do padcev napetosti v omrežju. Posledično se niža napetost v točki priklopa elektrarne. V izračunu minimalne napetosti ne upoštevamo ostalih elektrarn v tem omrežju, saj je njihovo obratovanje izven nadzora distribucijskega podjetja.

$U_{MIN}$  – najnižja pričakovana napetost v točki priklopa elektrarne z upoštevanjem polne obremenitve omrežja in brez upoštevanja že obstoječih elektrarn.

Dogovorjeno napetost generatorja  $U_{CG}$  in statično karakteristiko regulatorja  $u_{STAT}$  izračunamo iz  $U_{MAX}$  in  $U_{MIN}$  z enačbama 7.3:

$$U_{CG} = \frac{U_{MAX} + U_{MIN}}{2} \quad u_{STAT} = \frac{U_{MAX} - U_{MIN}}{U_{CG}} = 2 \cdot \frac{U_{MAX} - U_{MIN}}{U_{MAX} + U_{MIN}} \quad (7.3).$$

### VII.5.2. Kompavndirano delovanje transformatorja v RTP

To omrežje je nekoliko kompleksnejše, saj regulacijski transformator s svojim delovanjem kompenzira padce napetosti v omrežju. Posledično lahko ob polni porabniški obremenitvi v bližini RTP-ja pričakujemo najvišje napetosti, med tem ko je z bližanjem centrom porabe napetost vse bolj konstantna.

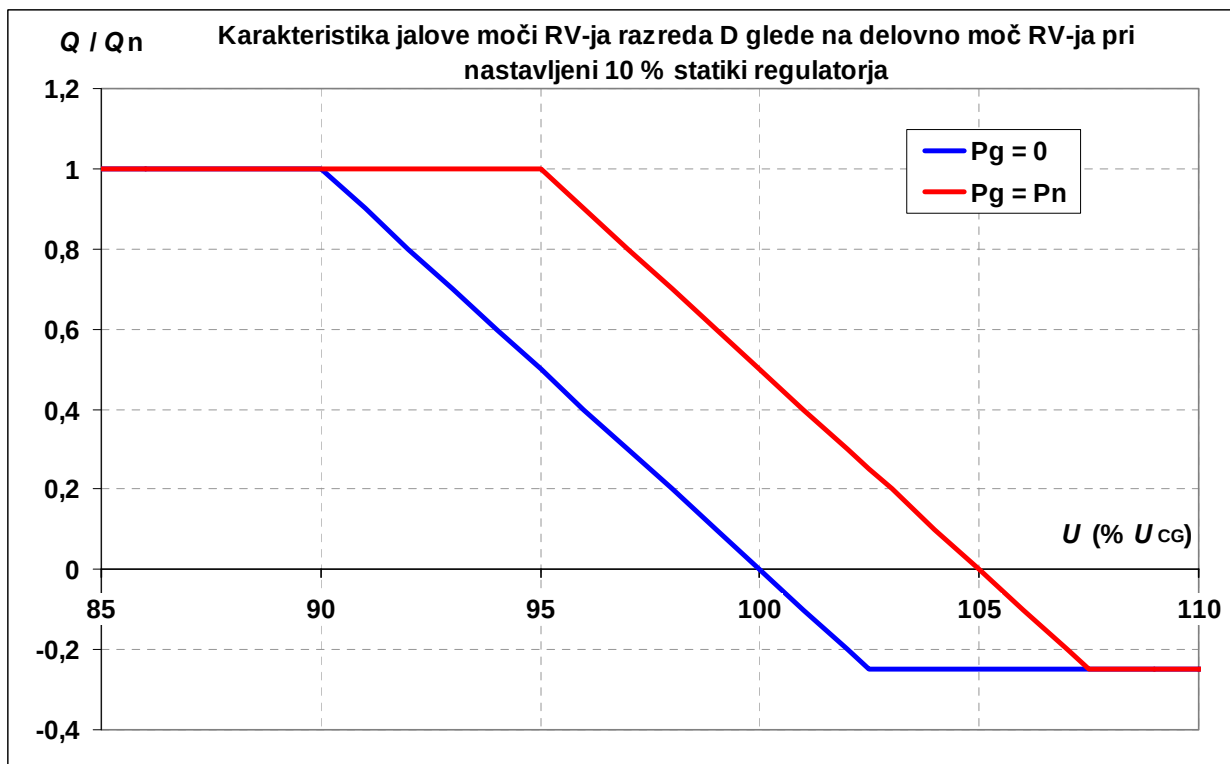
$U_{MAX}$  – najvišja pričakovana napetost v točki priklopa elektrarne, ko je omrežje polno obremenjeno brez upoštevanja ostalih elektrarn.

Najnižja pričakovana napetost nastopa takrat, ko je omrežje neobremenjeno. Privzame se, da je to napetost, ko je transformator v RTP-ju neobremenjen.

$U_{MIN}$  – najnižja pričakovana napetost v omrežju, ko je le to neobremenjeno brez upoštevanja ostalih elektrarn in kapacitivnosti omrežja.

Dogovorjeno napetost generatorja  $U_{CG}$  in statično karakteristiko regulatorja  $u_{STAT}$  izračunamo iz  $U_{MAX}$  in  $U_{MIN}$  z enačbama 7.4:

$$U_{CG} = \frac{U_{MAX} + U_{MIN}}{2} \quad u_{STAT} = \frac{U_{MAX} - U_{MIN}}{U_{CG}} = 2 \cdot \frac{U_{MAX} - U_{MIN}}{U_{MAX} + U_{MIN}} \quad (7.4).$$



**Slika 7.4:** Karakteristika jalove moči razpršenih virov razreda D (do 10 MW vključeni v SN omrežje) pri nastavljeni 10 % statiki regulatorja jalove moči ( $u_{STAT} = 0,1$ ).

## VIII. KARAKTERISTIKA DELOVNE MOČI

V pogojih paralelnega obratovanja z omrežjem ni primerno, da se generatorji odzivajo na spremembe frekvence, saj to lahko vodi v neželeno otočno obratovanje posamičnih delov sistema. Frekvenčno odvisna karakteristika moči generatorja pa je potrebna, če je zahtevano otočno obratovanje za napajanje porabnikov znotraj elektrarne. Iz tega sledi nekaj zahtev, ki jih morajo izpolnjevati regulatorji delovne moči.

### VIII.1. ODKLOPNIK NA LOČILNEM MESTU JE HKRATI GENERATORSKO STIKALO

Generator sme obratovati s frekvenčno odvisno karakteristiko le v fazi sinhronizacije. Čim se odklopnik ločilnega mesta vključi, se mora nemudoma izključiti regulator frekvence  $P = F(f)$ . Regulator frekvence naj se izključi iz regulacijske zanke takoj, ko ločilno mesto posreduje signal (ODKLOPNIK LM VKLJUČEN).

Regulator frekvence se lahko ponovno vključi v regulacijsko zanko, ko ločilno mesto posreduje signal (ODKLOPNIK LM IZKLJUČEN).

### VIII.2. ODKLOPNIK NA LOČILNEM MESTU NI GENERATORSKO STIKALO

To so elektrarne, ki imajo poleg odklopnika na ločilnem mestu vgrajene tudi generatorske odklopnike na posamičnem generatorju. Katera točka (ločilno mesto ali generatorski odklopnik) je sinhronizacijska, ni pomembno.

Regulator frekvence **naj se izključi iz regulacijske zanke takoj**, ko sta prisotna dva (oba hkrati!) signala:

- ODKLOPNIK LM VKLJUČEN in
- GENERATORSKI ODKLOPNIK VKLJUČEN.

Regulator frekvence se **lahko ponovno vključi v regulacijsko zanko**, ko ločilno mesto posreduje najmanj enega izmed obeh signalov:

- ODKLOPNIK LM IZKLJUČEN ali
- GENERATORSKI ODKLOPNIK IZKLJUČEN.

## IX. OBRATOVANJE

Za paralelno in kombinirano otočno-paralelno obratovanje vsake elektrarne morajo biti sestavljena podrobna obratovalna navodila

Obratovalna navodila za elektrarno 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 elektrarne voditi obratovalno dokumentacijo.

Vgradnja ločilnega mesta je obvezna. Ločilno mesto se vgradi med generatorji in priključnim mestom in ki ga SODO na predlog investitorja oziroma projektanta predpiše v Soglasju za priključitev.

### IX.1. OBRATOVANJE ELEKTRARN Z OBIČAJNIMI ZAHTEVAMI

V to skupino sodijo klasične elektrarne (tip E), brez sklenjenih pogodb o sistemskih storitvah (tip 0):

**0.0N1E0X-3.7N1E0X**

**0.0N3E0X-X.XN3E0X**

**0.0S3E0X-X.XS3E0X**

*Opomba: X= poljuben znak*

Te elektrarne nimajo posebnih obratovalnih zahtev. Obratovati morajo v skladu s splošnimi določbami, ki jih predpisujejo prejšnja poglavja, in SODO.

### IX.2. OBRATOVANJE PORABNIŠKO-PROIZVODNEGA TIPA (TIP M)

V to skupino sodijo vsi priklopi, katerih lastni odjem na priključnem mestu presega 20 % instalirane delovne moči vseh generatorjev.

**0.0N1M0X-3.7N1M0X**

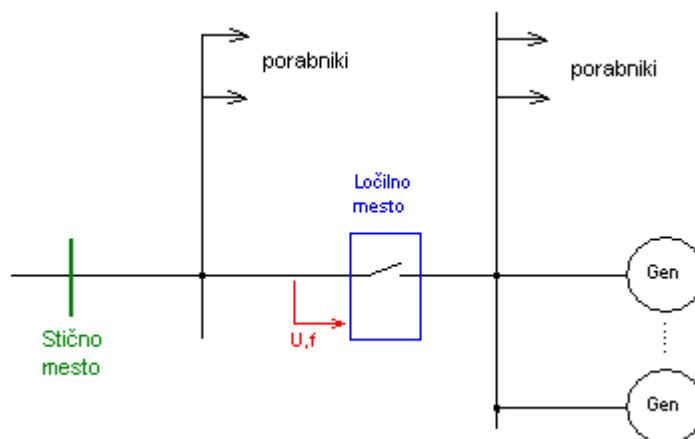
**0.0N3M0X-X.XN3M0X**

**0.0S3MXX-X.XS3MXX**

Karakteristike jalove moči so pogojene na ločilnem mestu glede na skupno instalirano moč generatorjev in napetostni nivo ločilnega mesta (poglavje VII).

Ta vrsta priklopa se obravnava kot mešani priklop. Včasih teče energija iz omrežja proti priključnemu mestu, včasih pa iz priključnega mesta v omrežje. Kadar teče energija iz omrežja proti priključnemu mestu, veljajo za odjemalca splošni porabniški pogoji. Kadar teče energija iz priključnega mesta v omrežje, veljajo za odjemalca vsa določila iz teh Navodil: karakteristika jalove moči, dovoljene motnje, itn.. Merilno mesto mora biti opremljeno z dvosmernimi merilniki energije, ki ločeno beležijo porabo in proizvodnjo energije.

Za pridobitev soglasja je obvezna izvedba vseh meritev in kontrol ter preverjanje največje dovoljene moči vira (generatorjev).



Kadar so generatorji namenjeni tudi otočnemu obratovanju ob izpadu omrežja, oziroma je zahtevano, da so porabniki med ločilnim mestom in generatorji napajani s čim manj prekinitvami tudi, ko generatorji ne obratujejo, je izjemoma dovoljeno drugačno delovanje ločilnega mesta. V tem primeru se priporoča, da je zakasnilni čas ločilnega mesta ( $t_{LMZ}$ ) nastavljen na 0 s. Zaščit ločilnega mesta se v nobenem primeru ne sme blokirati.

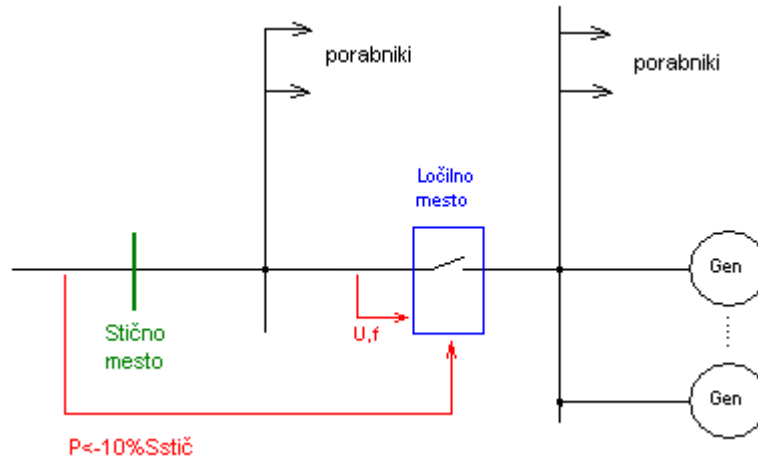
### IX.3. PORABNIŠKI PRIKLOP (TIP P)

V to skupino sodijo porabniki, ki sicer imajo vgrajene tudi generatorje, vendar le z namenom pokrivanja dela ali celote svoje porabe energije. Pogojeno je, da pretok energije v omrežje ne presega 10 % nazivne moči priključnega mesta.

**0.0N1P0X-3.7N1P0X**

**0.0N3P0X-X.XN3P0X**

**0.0S3PXX-X.XS3PXX**



Na ločilno mesto se mora vgraditi zaščita povratne moči, ki zaznava smer pretoka energije. Če se energija pretaka v omrežje in je višja od 10 % nazivne moči stičnega mesta, zaščita po 5 s trajno izključi odklopnik na ločilnem mestu. Ločilno mesto lahko deblokira le SODO.

Kadar so generatorji namenjeni tudi otočnemu obratovanju ob izpadu omrežja, oziroma je zahtevano, da so porabniki med ločilnim mestom in generatorji napajani s čim manj prekinitvami tudi, ko generatorji ne obratujejo, je izjemoma dovoljeno drugačno delovanje ločilnega mesta. V tem primeru se priporoča, da je zakasnilni čas ločilnega mesta ( $t_{LMZ}$ ) nastavljen na 0 s. Zaščit ločilnega mesta se v nobenem primeru ne sme blokirati.

Ta vrsta priklopa se obravnava kot porabnik električne energije in zanj veljajo splošni pogoji za porabnike električne energije:  $\cos(\varphi)$ , dovoljene motnje, itn., glede na napetostni nivo stičnega mesta. Oddajanje električne energije v omrežje ni dovoljeno! Merilna mesta električne energije na stičnem mestu naj bodo opremljena s števci, ki ne beležijo in ne odštevajo energije, ko energija teče v omrežje.

Za pridobitev soglasja (tip P) ni potrebno opraviti meritev napetostnih razmer s stališča največje dovoljene instalirane moči vira (generatorjev), saj generatorji le zmanjšujejo porabo odjemalca.

### IX.4. SISTEMSKA MALA ELEKTRARNA TIP A

V to skupino sodijo elektrarne, ki s svojimi posebnimi obratovalnimi lastnostmi služijo SODO in imajo z njim sklenjeno pogodbo o sistemskih storitvah:

**1000.0S3XA0 - X.XS3XA0 .**

Te lastnosti so:

- elektrarna je vključena v SN nivo,
- moč elektrarne je višja od 1 MW,

- elektrarna obratuje 95 % leta, remonts so napovedani in odobreni s strani SODO,
- elektrarna je daljinsko komunikacijsko povezana z RTP 110 kV/SN, v katerega omrežje je vključena.

Karakteristika jalove energije je naslednja:

$$Q_{GEN} = (S_{NG} \cdot 0,6) \cdot \left[ \frac{P_{TG}}{2 \cdot S_{NG} \cdot \cos(\varphi_N)} + \frac{(U_{CG} - U_D)}{u_{STAT} \cdot U_{CG}} + k_{RTP} \right] \pm [S_{NG} \cdot 0,06] \quad (9.1)$$

$k_{RTP}$  = daljinska informacija iz RTP-ja po željeni jalovi energiji.

#### IX.5. SISTEMSKA MALA ELEKTRARNA TIP B

V to skupino sodijo elektrarne, ki s svojimi posebnimi obratovalnimi lastnostmi služijo SODO in imajo z njim sklenjeno pogodbo o sistemskih storitvah.

**1000.0S3XB0 - X.XS3XB0 .**

Te lastnosti so:

- elektrarna je vključena v SN nivo;
- moč elektrarne je višja od 1 MW;
- elektrarna obratuje 95 % leta, remonts so napovedani in odobreni s strani SODO;
- elektrarna je daljinsko komunikacijsko povezana z RTP 110 kV/SN, v katerega omrežje je vključena,
- elektrarna je sposobna temnega zagona in otočnega obratovanja,
- ločilno mesto je možno daljinsko ali lokalno prestaviti v režim »otočno obratovanje«, ki blokira delovanje frekvenčnih in napetostnih zaščit na ločilnem mestu,
- agregati morajo biti opremljeni z vsemi zaščitami, ki jih primerno ščitijo in hkrati omogočajo otočno obratovanje.

Karakteristika jalove energije je naslednja:

$$Q_{GEN} = (S_{NG} \cdot 0,6) \cdot \left[ \frac{P_{TG}}{2 \cdot S_{NG} \cdot \cos(\varphi_N)} + \frac{(U_{CG} - U_D)}{u_{STAT} \cdot U_{CG}} + k_{RTP} \right] \pm [S_{NG} \cdot 0,06] \quad (9.2)$$

$k_{RTP}$  = daljinska informacija iz RTP-ja po željeni jalovi energiji.

## **X. VZDRŽEVANJE**

Vse naprave v elektrarni je potrebno redno vzdrževati in po potrebi obnavljati tako, da je v vsakem trenutku zagotovljeno varno obratovanje. Poleg naprav elektrarne je proizvajalec dolžan skrbeti tudi za vzdrževanje transformatorske postaje, SN vodov in NN vodov, ki so njegova last.

### **X.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.

SODO ima možnost izvesti preizkus delovanja ločilnega mesta vsako leto z enomesečno predhodno napovedjo. Preizkusi ne smejo trajati dlje kot 8 ur.

### **X.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, kateri mora za svoje postroje imeti navodila za obratovanje iz 13. člena SONDO, mora vnaprej obveščati SODO o načrtovanih planskih izklopih elektrarne - vira.

### **X.3.VZDRŽEVANJE DISTRIBUCIJSKE OPREME IN VODOV**

Na SN distribucijskih omrežjih se za ozemljevanje in kratkostično povezavo na ločilnem mestu predlaga uporaba ozemljilnih nožev, oziroma, kjer bi to bilo iz določenih razlogov nujno potrebno, vgradnja teh nožev SODO predpiše v Soglasju za priključitev.

SODO ima pravico vstopa v prostore postrojev vira zaradi:

- pregleda proizvodnih postrojev, zaščitnih naprav in pregleda oziroma preizkušanja naprav, ki jih distribucija namesti za svoje potrebe,
- vzdrževanja ali popravila opreme in naprav v lasti distribucije,
- izklopa celotnega proizvodnega vira brez opozorila, če po mnenju SODO obstaja nevarnost in je takšen takojšen poseg nujen, da se zaščiti osebje, distribucijsko omrežje in oprema, oprema in lastnina tretjih oseb pred škodo, ki bi jo lahko povzročil proizvodni vir,
- izklopa proizvodnega vira od omrežja, če se zahteva breznapetostno stanje omrežja zaradi del na omrežju ali napravah distribucijskega omrežja,
- ponovnega vklopa proizvodnega vira na omrežje po končanju del.