

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

družb
Elektro Celje d.d., Celje
Elektro Gorenjska d.d., Kranj
Elektro Ljubljana d.d., Ljubljana
Elektro Maribor d.d., Maribor
Elektro Primorska d.d., Nova Gorica

Ljubljana, oktober 2007

VSEBINA

	stran
1 SPLOŠNE DOLOČBE.....	4
2 KLASIFIKACIJA ELEKTRARN	5
2.1 Klasifikacija glede na instalirano moč elektrarne in mesto vključitve v omrežje	5
2.2 Klasifikacija glede na smer pretoka energije.....	6
2.3 Klasifikacija glede na način obratovanja in vodenja s strani SODO-ta ter tip kompenzacije.....	7
2.4 Združeno označevanje klasifikacije elektrarn	7
3 LOČILNO MESTO.....	8
3.1 Odklopnik.....	10
3.2 Električna zaščita ločilnega mesta.....	11
3.3 Nadtokovne zaščite	14
3.4 Zemljskostične zaščite	15
3.5 Posluževanje in signalizacija.....	16
3.6 Elementi za dostop avtomatike elektrarne do odklopnika	17
3.7 Praktična izvedba ločilnega mesta.....	19
4 STIČNO MESTO	21
5 PREVZEMNO-PREDAJNO MESTO.....	22
6 KAKOVOST ELEKTRIČNE ENERGIJE.....	23
6.1 Meje za oddajne motnje naprav v omrežje.....	23
6.2 Presojanje dovoljenih motenj v omrežje	23
6.3 Meje dovoljenih motenj naprav v omrežje	26
6.4 Vključitev v NN omrežje	33
6.5 Vključitev v SN omrežje	37
6.6 Metode, ki ne potrebujejo meritev	39
7 KARAKTERISTIKA JALOVE MOČI	40
7.1 Naprave za kompenzacijo jalove energije	41
7.2 Razpršeni viri z nazivnim tokom do 16 A fazno vključeni v NN omrežje (<i>razred A</i>).....	42
7.3 Razpršeni viri moči do 250 kW vključeni v NN omrežje (<i>razred B</i>)	44
7.4 Razpršeni viri moči nad 250 kW vključeni v NN omrežje (<i>razred C</i>)	46
7.5 Razpršeni viri moči do 10 MW vključeni v SN omrežje (<i>razred D</i>).....	48
8 KARAKTERISTIKA DELOVNE MOČI.....	52
8.1 Odklopnik na ločilnem mestu je hkrati generatorsko stikalo.....	52

8.2	Odklopnik na ločilnem mestu ni generatorsko stikalo.....	52
9	PRIKLJUČITEV ELEKTRARNE V DISTRIBUCIJSKO ELEKTROENERGETSKO OMREŽJE	53
9.1	Vloga za projektne pogoje	53
9.2	Soglasje za priključitev elektrarne.....	55
9.3	Priklop elektrarne na distribucijsko elektroenergetsko omrežje	56
9.4	Navodila za obratovanje.....	57
9.5	Pogodba o dostopu do distribucijskega omrežja	57
9.6	Nastavitev in ureditev zaščit na ločilnem mestu.....	58
9.7	Uporabno dovoljenje.....	59
10	OBRATOVANJE	60
10.1	Obratovanje elektrarn z običajnimi zahtevami.....	60
10.2	Obratovanje porabniško-proizvodnega tipa (<i>tip M</i>)	60
10.3	Porabniški priklop (<i>tip P</i>).....	61
10.4	Sistemska mala elektrarna <i>tip A</i>	62
10.5	Sistemska mala elektrarna <i>tip B</i>	63
11	VZDRŽEVANJE	64
11.1	Vzdrževanje in pregledi zaščitnih naprav ločilnega mesta	64
11.2	Vzdrževanje proizvajalčeve energetske opreme.....	64
11.3	Vzdrževanje distribucijske opreme in vodov	64
12	VARSTVO PRI DELU.....	66
12.1	Blokada vklopa ločilnega odklopnika	67
13	PREHODNE IN KONČNE DOLOČBE	68

NAVODILA

ZA PRIKLJUČEVANJE IN OBRATOVANJE ELEKTRARN INŠTALIRANE ELEKTRIČNE MOČI DO 10 MW

1 SPLOŠNE DOLOČBE

- 1) 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 paralelno z omrežjem distribucijskega elektroenergetskega sistema (DEES) Slovenije.
- 2) Navodila so skupno z drugimi veljavnimi tehničnimi predpisi, pravilniki in standardi namenjena kot vodilo pri pripravi tehnične dokumentacije, izdaji ustreznih soglasij in izvedbi del pri priključevanju in obratovanju razpršenih virov (RV) električne energije.
- 3) 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.
- 4) 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 energetska 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 energetska 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 niskonapetostna omrežja.

Stično mesto je točka v kateri so naprave proizvajalca priključene na distribucijsko elektroenergetsko omrežje.

Ločilno mesto služi za povezavo ali ločitev med distribucijskim omrežjem, ki ga upravlja upravljavec distribucijskega omrežja (SODO) in napravami proizvajalca.

Prezemno-predajno mesto je opremljeno z ustreznimi merilnimi napravami tako, da zagotavlja potrebne podatke za obračun električne energije in nadzor realizacije voznih redov.

Upravljavec distribucijskega omrežja je sistemski upravljavec distribucijskega omrežja (SODO).

2 KLASIFIKACIJA ELEKTRARN

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

2.1 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 fazno, 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 instalirano 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 instalirano delovno moč.
- 4) Vse elektrarne vključene v SN napetostni nivo.

2.1.1 Označevanje tipa glede na priklop in moč generatorjev

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

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**.

2.2 Klasifikacija glede na smer pretoka energije

2.2.1 Klasičen proizvodni priklop

V to skupino sodijo vsi priklopi, katerih lastna poraba na stičnem mestu ne presega 20 % inštalirane delovne moči vseh generatorjev.

2.2.2 Porabniško - proizvodni priklop

V to skupino sodijo vsi priklopi, katerih lastna poraba na stičnem mestu presega 20 % inštalirane delovne moči vseh generatorjev.

2.2.3 Porabniški priklop

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 % priključne moči.

2.2.4 Označevanje glede na smer pretoka energije:

E = klasičen proizvodni priklop.

M = porabniško - proizvodni priklop.

P = porabniški priklop.

2.3 Klasifikacija glede na način obratovanja in vodenja s strani SODO-ta ter tip kompenzacije

2.3.1 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.

2.3.2 Sistemski RV tip A

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

2.3.3 Sistemski RV tip B

V to skupino sodijo elektrarne, ki s svojimi posebnimi obratovalnimi lastnostmi služijo SODO-tu. Elektrarna ima z upravljavcem omrežja 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.

2.3.4 Označevanje glede na obratovanje

- 0** = elektrarna nima pogodbe o sistemskih storitvah.
- A** = sistemska elektrarna tip A.
- B** = sistemska elektrarna tip B.

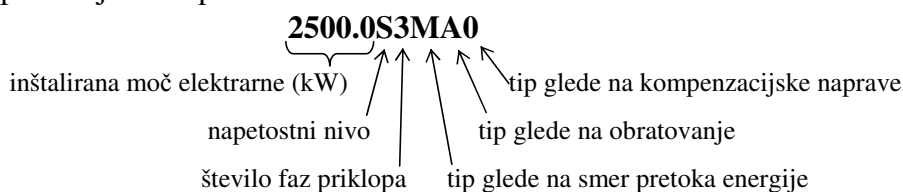
2.3.5 Označevanje glede na tip kompenzacije

- 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.

2.4 Združeno označevanje klasifikacije elektrarn

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

Primer: Moč elektrarne 2,5 MW, trofazni priklop v sredjenapetostni nivo, mešan odjem in proizvodnja na stičnem mestu, sklenjena pogodba o proizvodnji jalove energije. Ni kompenzacijskih naprav:



3 LOČILNO MESTO

Ločilno mesto je naprava, 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,
- prenizke in previsoke napetosti v omrežju ter
- vzdrževanje in popravila na distribucijskem omrežju v kombinaciji z dodatnimi ukrepi za varno delo.

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

Če je odklopnik na ločilnem mestu hkrati generatorski odklopnik, 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 stičnim 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 stičnim 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.

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 stičnim 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, so lahko definirane kot ločilno mesto v kolikor zadoščajo vsem kriterijem tega pravilnika. Kriterije tega pravilnika lahko tudi presegajo.

3.1 Odklopnik

Odklopnik mora izpolnjevati naslednje zahteve.

3.1.1 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:

$$S_N = \frac{P_{IG}}{0,8} \quad P_{IG} = \text{skupna instalirana delovna moč vseh generatorjev.} \quad (3.1)$$

Za proizvodno - porabniški priklop M:

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

$$\frac{P_{IG}}{0,8} > S_P \rightarrow S_N = \frac{P_{IG}}{0,8} \quad (3.2)$$

$$\frac{P_{IG}}{0,8} \leq S_P \rightarrow S_N = S_P. \quad (3.3)$$

Za porabniški priklop P:

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

$$S_N = S_P \quad (3.4)$$

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**

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

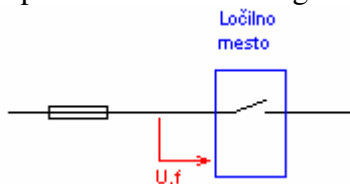
Primer 2: Odklopnik ni sposoben izklopiti kratkostične moči omrežja:

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 pregoretnju prekinajo tudi merilne tokokroge za potrebe zaščit ločilnega mesta.



3.1.2 Tehnične zahteve do varovalk

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

S_{NVIZ} = izklopilna moč varovalk

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

3.2 Električna zaščita ločilnega mesta

3.2.1 Napetostno frekvenčne zaščite

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

Prva in druga stopnja **nadnapetostne** 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 stičnim 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 znotraj mej zaščite na ločilnem mestu dovolj časa (nobena od zaščit ločilnega mesta ni aktivna).

Ta zakasnilni čas je (t_{LMZ}):

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

Razpredelnica 3.1 - Nastavitve napetostno frekvenčnih zaščit ločilnega mesta RV-ja

Parameter	Največji dovoljen čas delovanja (s)	Nastavitve
Prenapetostna zaščita (stopnja 2)	0,2	$U_n + 11 \% \dots + 15 \%$
Prenapetostna zaščita (stopnja 1) ^a	1,5	$U_n + 11 \%$
Podnapetostna zaščita (stopnja 1) ^b	1,5	$U_n - 15 \%$
Podnapetostna zaščita (stopnja 2)	0,2	$U_n - 15 \% \dots - 30 \%$
Nadfrekvenčna ^c	0,2	51 Hz
Podfrekvenčna ^c	0,2	47 Hz
Izpad omrežja ^d	d	d

a Prvo stopnjo prenapetostne zaščite se lahko opusti, če je druga stopnja prenapetostne zaščite nastavljena na $U_n + 11 \%$.

b Prvo stopnjo podnapetostne zaščite se lahko opusti, če je druga stopnja podnapetostne zaščite nastavljena na $U_n - 15 \%$.

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

d Zaščito pred izpadom omrežja (kot so na primer skok kolesnega kota, df/dt , 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.

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.

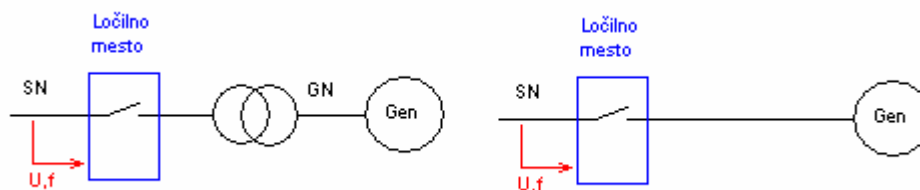
Čas izpada $\pm 10 \%$ od nastavitve.

3.2.2 Način meritve veličin za potrebe zaščit

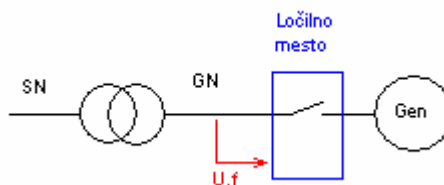
- a) Ločilno mesto v NN (400 V / 230 V) distribucijskem omrežju. Zaščite merijo vse tri **fazne** napetosti (izjema so enofazni RV-ji, kjer lahko zaščita meri le fazo na katero je priključen generator).



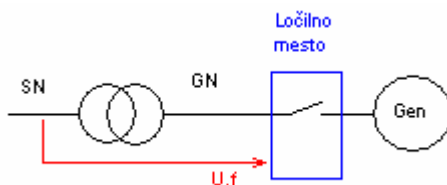
- b) Ločilno mesto v SN distribucijskem omrežju. Zaščite merijo vse tri **medfazne** napetosti preko napetostnih merilnih transformatorjev. (v to skupino sodijo ločilna mesta, ki se nahajajo neposredno na SN distribucijskem izvodu)



- 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.



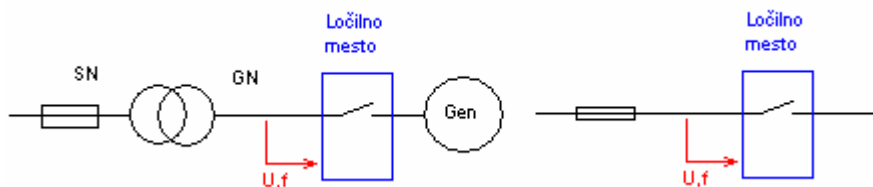
3.3 Nadtokovne zaščite

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).

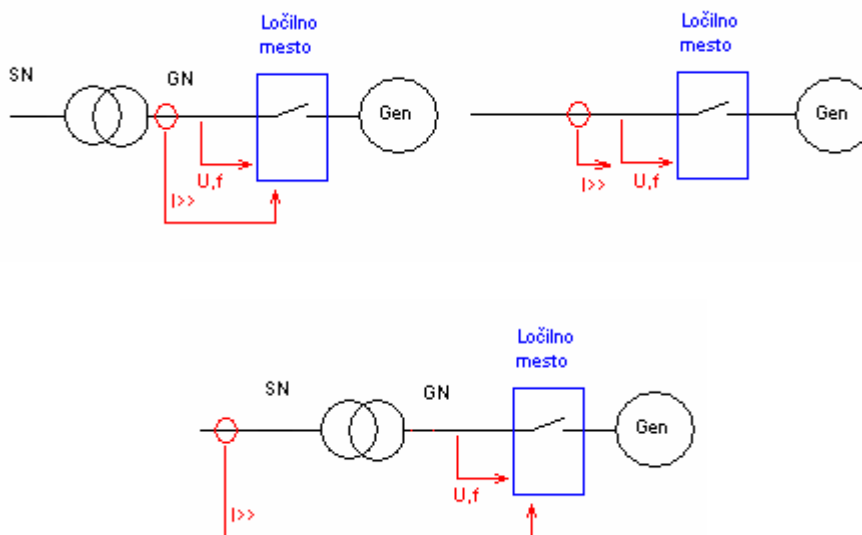
Vsako delovanje nadtokovnih zaščit vodi v trajen izklop. Deblokado lahko izvede le SODO po odpravi okvare v elektrarni.

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 z standardi, predpisi in navodili za izgradnjo NN in SN omrežji in opreme.

Priporočljiva nastavitve izvedbe z nadtokovnimi releji **I_{LMKS} = nastavitev 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

$$0,8 \cdot \frac{S_{KSO}}{U_N \cdot \sqrt{3}} > I_{LMKS} \geq 2 \cdot \frac{S_{KSE}}{U_N \cdot \sqrt{3}} \quad (3.5)$$

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} = nastavitev zaščite proti preobremenitvi ločilnega mesta** S_N = nazivna moč ločilnega mesta

$$I_{LMP} = 1,2 \cdot \frac{S_N}{U_N \cdot \sqrt{3}} (1 \pm 0,05) \quad (3.6)$$

 t_{LMP} = zakasnilni čas zaščite proti preobremenitvi ločilnega mesta **t_{LMP} = 2 s do 5 s**

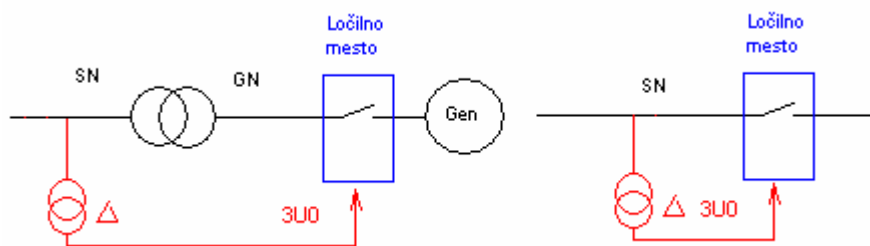
Nastavitve so lahko tudi drugačne za potrebe selektivnosti, vendar zaščita ne sme izgubiti osnovne funkcije.

3.4 Zemeljskostične zaščite

Zemeljskostične zaščite se pri elektrarnah, ki imajo stično in ločilno mesto na NN distribucijskem napetostnem nivoju ne zahteva. To ni potrebno, saj enopolen kratek stik 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 stično 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	$t_{zs RV} = t_{zs rtp} + 5s$	$3U_0 = 0,25 \cdot U_{SN}$
$t_{zs rtp}$ Čas v katerem zemeljskostična zaščita v RTP zazna zemeljski stik in izklopi okvarjen izvod. Ta čas je pri RTP-jih z resonančno ozemljeno nevtralno točko transformatorja 110kV/20kV lahko tudi nekaj 10 sekund.		

Zemeljskostična zaščita mora delovati na odklopnik 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.

3.5 Posluževanje in signalizacija

Elementi, ki omogočajo posluževanje SODO-tu 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.

3.5.1 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.

3.5.2 Indikator napetosti na strani distribucije

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

3.5.3 Indikator položaja ločilnega stikala

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

3.6 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.

3.6.1 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.

3.6.2 Merilna točka na ločilnem mestu

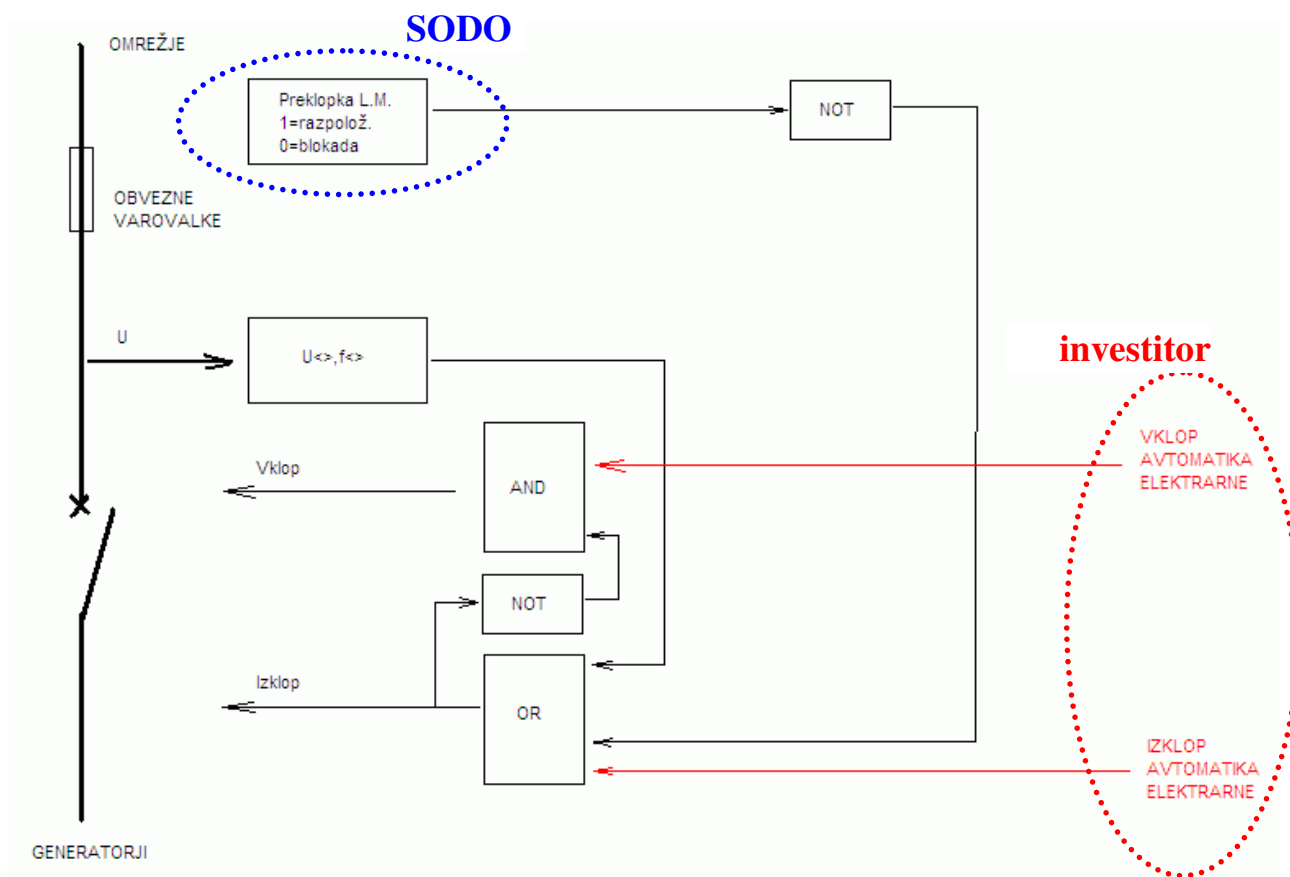
Vsa ločilna mesta na napetostnem nivoju, ki je višji od NN morajo biti opremljena s servisno vtičnico ter merilnimi sponkami za:

- 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.

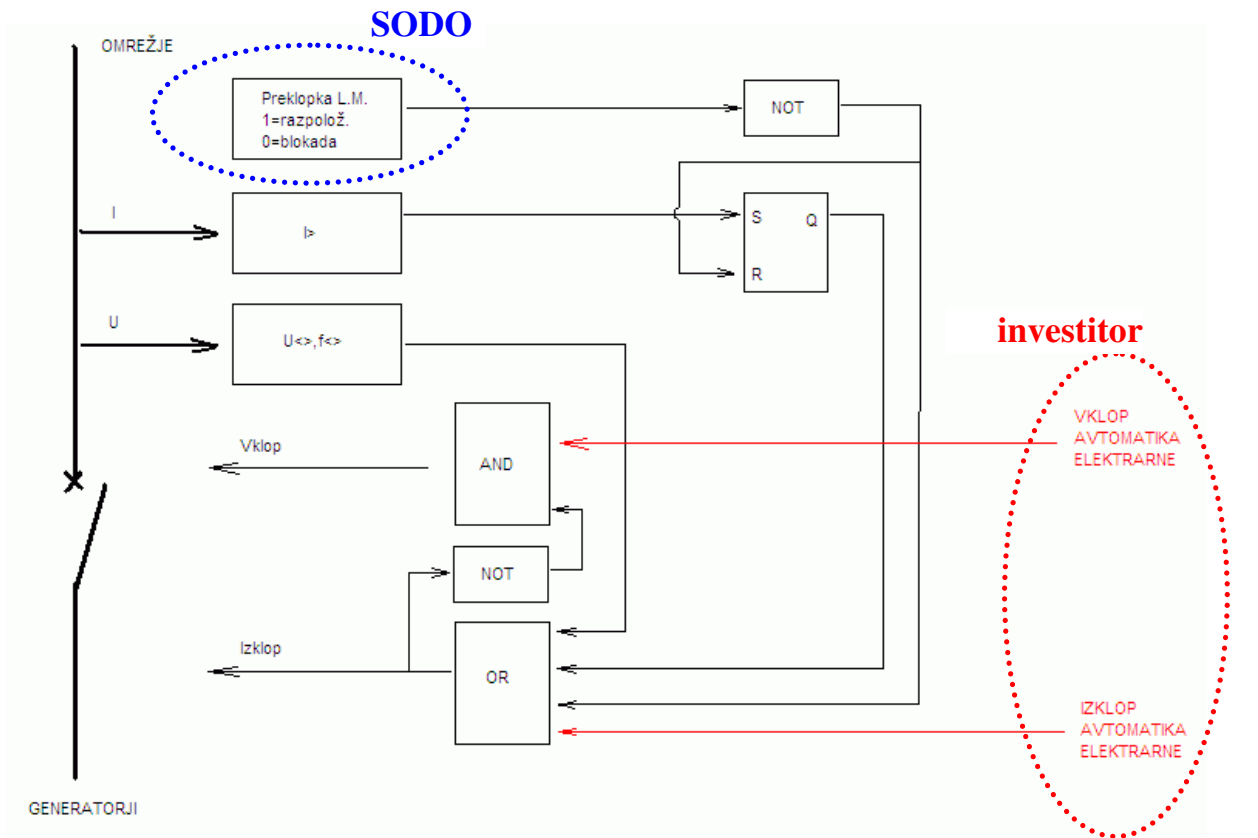
Merilne sponke morajo biti izvedene tako, da priklop merilnikov ne moti obratovanja razpršenega vira.

3.7 Praktična izvedba ločilnega mesta

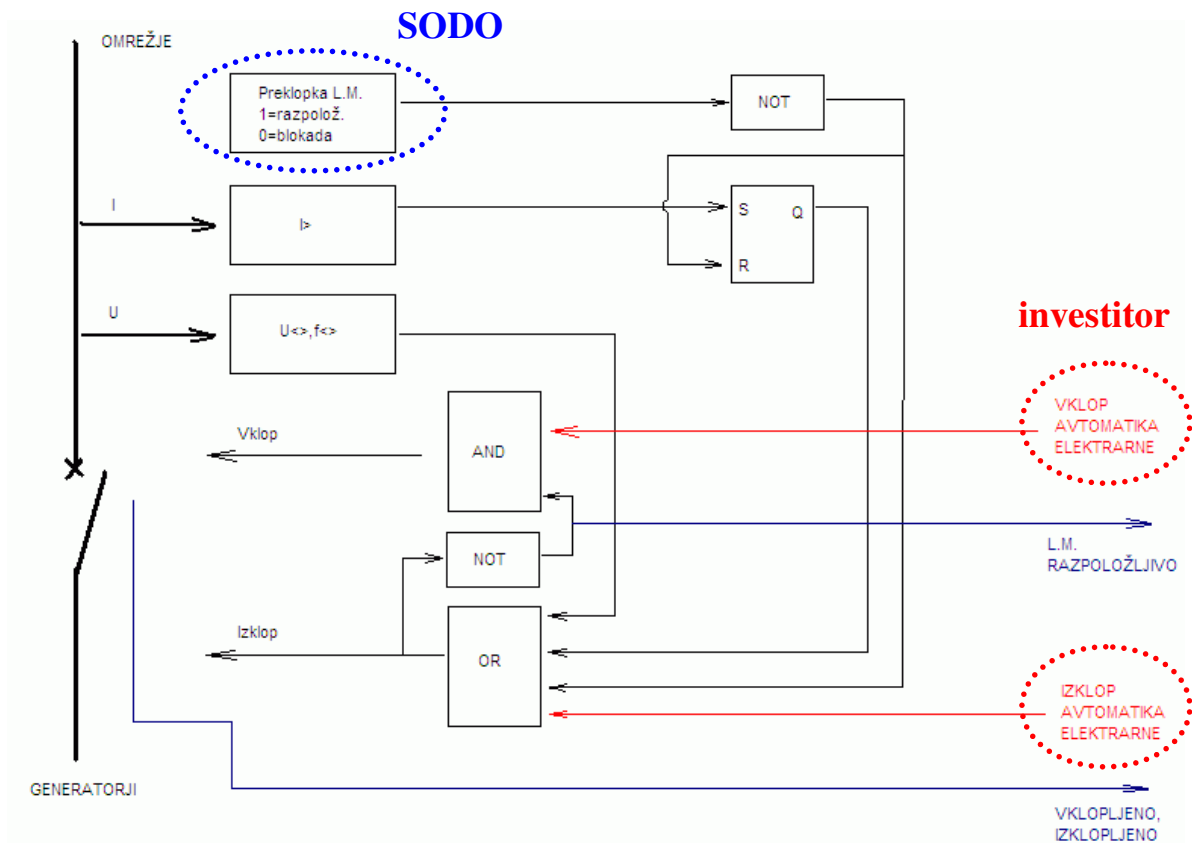
Podajamo tri enostavne primere izvedbe ločilnega mesta (slike 3.1 do 3.3). Primeri so zgolj v informacijo, kako so lahko v posameznih primerih izvedena ločilna mesta.



Slika 3.1. Primer v postroju vsebovanega ločilnega mesta, ki ima nadtokovno zaščito izvedeno z varovalkami.



Slika 3.2. Primer v postroju vsebovanega ločilnega mesta, ki ima nadtokovno zaščito izvedeno z releji.



Slika 3.3. Primer izvedbe ločilnega mesta, ki ima nadtokovno zaščito izvedeno z releji in signale, ki generatorjem omogočajo vpogled v stanje ločilnega mesta za lažji avtomatski daljinski vklop.

4 STIČNO MESTO

SODO poda v soglasju za priključitev naslednje parametre omrežja na stičnem 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.

5 PREVZEMNO-PREDAJNO MESTO

Lokacijo in opremljenost merilnega mesta določi SODO v skladu z veljavnimi *Sistemskimi obratovalnimi navodili distribucijskega omrežja za električno energijo, Splošnimi pogoji za dobavo in odjem električne energije* in *Pravilnikom o merjenju električne energije*.

Merilne naprave na prevzemno-predajnih mestih pri proizvajalcih električne energije morajo zagotavljati:

- merjenje in registracijo 15-minutnih povprečnih vrednosti prejete in oddane delovne energije, jalove energije in moči;
- lokalni prikaz obračunskih vrednosti in
- daljinski prenos podatkov.

Merilne naprave na prevzemno-predajnih mestih pri proizvajalcih morajo biti tehnološko usklajene z merilnim sistemom pristojnega upravljalca distribucijskega elektroenergetskega omrežja (SODO-ta).

Pri elektrarnah z instalirano močjo do 10 kW se lahko po dogovoru s SODO-tom oprema merilnega mesta poenostavi.

Izvedba priključka vseh elektrarn mora omogočati tudi namestitev ločenih merilnih mest posebej za meritev proizvedene energije v elektrarni in posebej za meritev prevzete energije iz lastne elektrarne.

Merilne naprave na prevzemno-predajnih mestih morajo biti plombirane in nameščene v posebni omarici.

Omarica mora biti nameščena na takem mestu, da je vedno dostopna upravljalcu distribucijskega omrežja (SODO-tu).

6 KAKOVOST ELEKTRIČNE ENERGIJE

Kakovost napetosti v javnih razdelilnih omrežjih določa standard SIST EN 50160. Standard določa najslabšo kakovost napetosti, ki mora biti zagotovljena na predajnih mestih javnih razdelilnih omrežjih na srednjenapetostnem (SN) in nizkonapetostnem (NN) nivoju. V standardu določene ravni (meje) posameznih motenj so nastale iz dovoljenih ravni motenj za posamezna okolja, ki so objavljene v standardih družine SIST EN 61000-2-X. V kolikor so naprave, ki se priključujejo v elektroenergetsko omrežje, grajene tako, da lahko normalno obratujejo z napetostjo takšne kakovosti, kot jo definira SIST EN 50160, potem lahko v takšnem omrežju nazivno in nemoteno obratujejo.

6.1 Meje za oddajne motnje naprav v omrežje

Dovoljene ravni motenj, ki jih lahko posamezne naprave oddajajo v omrežje, so določene v standardih družine IEC 61000-3-X. Določene ravni se opirajo na nivoje načrtovanih motenj v omrežju, ki si jih lahko za posamezna okolja določajo distribucijska podjetja sama. Kot pomoč postavitvi ravni načrtovanih motenj, so okvirne vrednosti le-teh tudi navedene v standardih družine IEC 61000-3-X.

Oddajne motnje, ki so navedene v teh standardih, veljajo za priklop posamezne naprave v omrežje. Pri kopičenju naprav z enakimi obratovalnimi karakteristikami ali pri priklopu naprav, ki ne ustrezajo emisijskim mejam, ki so postavljene v standardih, je pred priklopom teh naprav nujen posvet pri upravljalcu distribucijskega omrežja (SODO-tu)!

6.2 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 je v pristojnosti upravljalca tega omrežja (SODO-ta) ne glede na to, na kateri napetostni nivo se naprava vključuje.** Seveda pa mora biti presoja o dopustnosti vplivov naprave na omrežje utemeljena z internimi pravilniki oziroma predpisi upravljalca omrežja (SODO-ta), ki se opirajo na stanje tehnike (veljavni standardi) Ta pravila so lahko različna za različne vrste naprav (porabniške naprave, proizvodne naprave) vendar enaka za vse naprave znotraj takšne skupine.

6.2.1 Niskonapetostno 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 fazno**. Za to področje sta osnovna standarda:

- **SIST EN 61000-3-2:** *Mejne vrednosti za oddajanje harmonskih tokov (vhodni tok opreme do vključno 16 A na fazo) in*
- **SIST EN 61000-3-3:** *Omejitev vrednosti kolebanja napetosti in flikerja v niskonapetostnih 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 fazno**, se lahko uporabita standarda:

- **SIST EN 61000-3-11:** *Omejitev vrednosti kolebanja napetosti in flikerja v niskonapetostnih napajalnih sistemih za opremo z naznačenim tokom do 75 A, ki je priključena pod določenimi pogoji¹ in*
- **SIST EN 61000-3-12:** *Mejne vrednosti – Mejne vrednosti za harmonske tokove, ki jih povzroča oprema, priključena na niskonapetostne napajalne sisteme z naznačenim tokom, večjim od 16 A in ≤ 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 fazno. Sta vmesna stopnja med standardoma za opremo do 16 A fazno in tehničnima poročiloma **SIST-TP IEC/TR2 61000-3-4** in **SIST-TP IEC/TR2 61000-3-5**, ki obravnavata vključevanju opreme v NN omrežja, katere nazivni tok presega 16 A fazno.

6.2.2 Srednjenapetostno omrežje (SN)

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

6.2.3 Splošno o vključevanju v omrežje

Pred natančnejšim načrtovanjem vključitve vseh vrst naprav za proizvodjanje električne energije v SN ali NN omrežje, je nujen posvet pri upravljalcu distribucijskega omrežja (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 standardu SIST EN 50160. 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.

¹ 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 fazno**, njihov proizvajalec z izjavo o skladnosti in CE oznako na napravi jamči, da je naprava narejena v skladu z vsemi zadevnimi direktivami, ki se opirajo na stanje tehnike. V veliki večini primerov odražajo stanje tehnike harmonizirani standardi. To pomeni, da se mora izjava o skladnosti za 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 distribucijsko podjetje, v skladu s standardi, ki so navedeni zgoraj. Distribucijsko podjetje 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 SIST EN 50160.

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 distribucijskega podjetja pa 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.

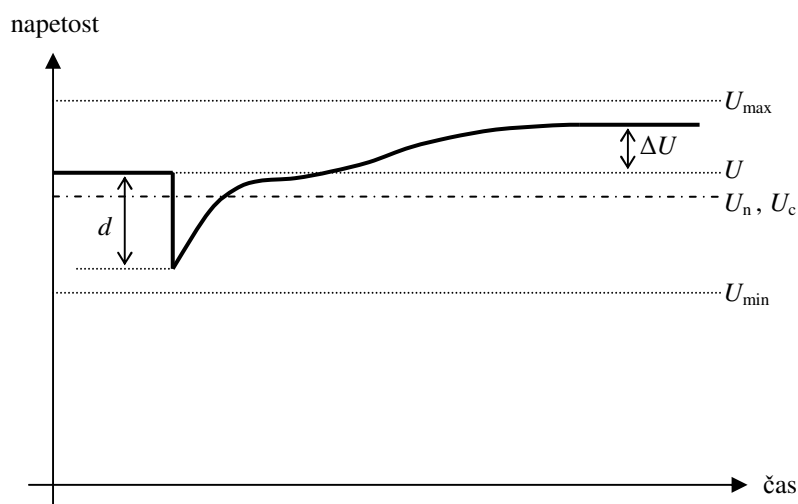
Po vključitvi RV v omrežje mora biti le-to še vedno sposobno napajati vse odjemalce in njihove porabnike tako, da bodo lahko dolgoročno delovali nazivno. SODO lahko na osnovi izmerjenih motečih vplivov, ki izvirajo s strani naprav v omrežju, zahteva prekinitev paralelnega obratovanja teh naprav do odprave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

6.3 Meje dovoljenih motenj naprav v omrežje

6.3.1 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 ΔU 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 stičnem mestu generatorja z ostalim omrežjem sme biti relativna sprememba napetosti d ob stikalnih manevrih na generatorju manjša ali enaka dovoljenim vrednostim d_{dov} , ki so navedene v razpredelnicah 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 $P_{st} = 0,8$):

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_{dov}
niskonapetostno (NN) omrežje	3 %
sredjenapetostno (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 $P_{st} = 0,8$):

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

Izračun relativne spremembe napetosti

Relativno spremembo napetosti lahko izračunamo s pomočjo formule 6.1:

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

kjer so:

- d - relativna sprememba napetosti,
- ΔS_n - sprememba moči naprave,
- S_{KS} - kratkostična moč omrežja v točki priklopa naprave,
- ψ - fazni kot impedance omrežja in
- φ - fazni kot spremembe moči naprave.

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

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 stičnem 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!

6.3.2 Jakost flikerja

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

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

Obračuna 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:

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

kjer so:

- P_{lt} - 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 stičnem 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 sto:

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

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

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

Naj P_{ltjk} označuje jakost flikerja, ki ga na stičnem mestu k povzročajo generatorji, ki so vključeni na stičnem mestu j v omrežju.

Postopek izračuna za enostavna radialna omrežja:

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

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

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

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

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

3. Rezultirajoča jakost flikerja na stičnem 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 stičnem mestu polja vetrnih elektrarn P_{It} manjši od $P_{It\,dov}$.

6.3.3 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.

6.3.3.1 Naprave z nazivnim tokom do 16 A fazno v NN omrežju

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

6.3.3.2 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**.

6.3.3.3 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_v - 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_v - 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_v - harmonski tok,
- I_n - nazivni tok naprave, ki se izračuna iz nazivne moči naprave,
- v - red harmonika,
- $S_{n\ gen}$ - 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.

6.3.4 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.

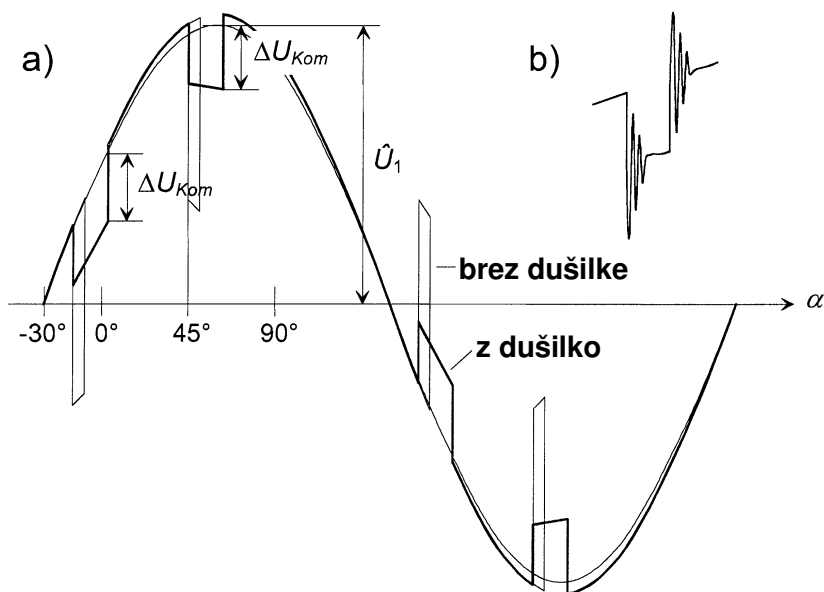
Na sliki 6.2 je prikazana napetost med faznim in ničelnim vodnikom na stičnem mestu šest-pulznega razsmernika z in brez dušilke pri kotu proženja $\alpha = 45^\circ$

Komutacijske zarez izračunamo po formuli (6.12):

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

kjer so:

- d_{kom} - relativna globina komutacijske zarez,
- ΔU_{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 stičnem 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 zarez.

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

Razpredelnica 6.4: Dovoljene vrednosti komutacijskih zarez.

	d_{kom}
nizkonapetostno (NN) omrežje	0,05
sredjenapetostno (SN) omrežje	0,025

6.3.5 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.

6.4 Vključitev v NN omrežje

6.4.1 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 $S_{EL} = 1,25 \cdot P_{EL}$

$\sum S_{EL}$ = 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 male elektrarne.

6.4.2 Meritve napetostnih razmer

Meritve napetostnih razmer se izvajajo v skladu z zahtevami standarda SIST EN 50160. To pomeni, da bo merilo napetost v 10-minutnem povprečju 1 teden.

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.

6.4.2.1 Bodoča elektrarna BO PRVI RAZPRŠENI VIR na TP-ju.

V temu primeru se napetost meri v TPju 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 $1,25 \cdot P_{ELnova} = S_{EL}$ priklop elektrarne ni mogoč.

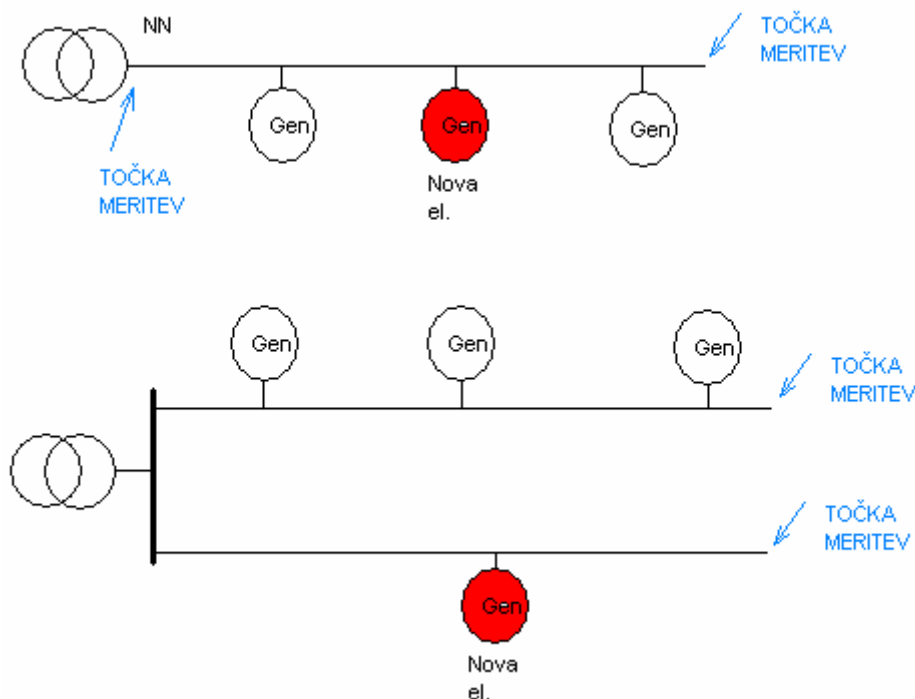
Možne rešitve:

1. Omeji se moč elektrarne.
2. Poveča se kratkostična moč omrežja.
3. V kolikor je najnižja izmerjena napetost omrežja višja od 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.

6.4.2.2 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.

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

$S_{KS110TP}$ = kratkostična moč v TP-ju oziroma v točki kjer se oba voda združita (upošteva 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

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

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

Vzame se tisto moč, ki je manjša.

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

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

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 prestavitve odcepov na transformatorju v TP-ju.

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

6.5 Vključitev v SN omrežje

6.5.1 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 na 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.

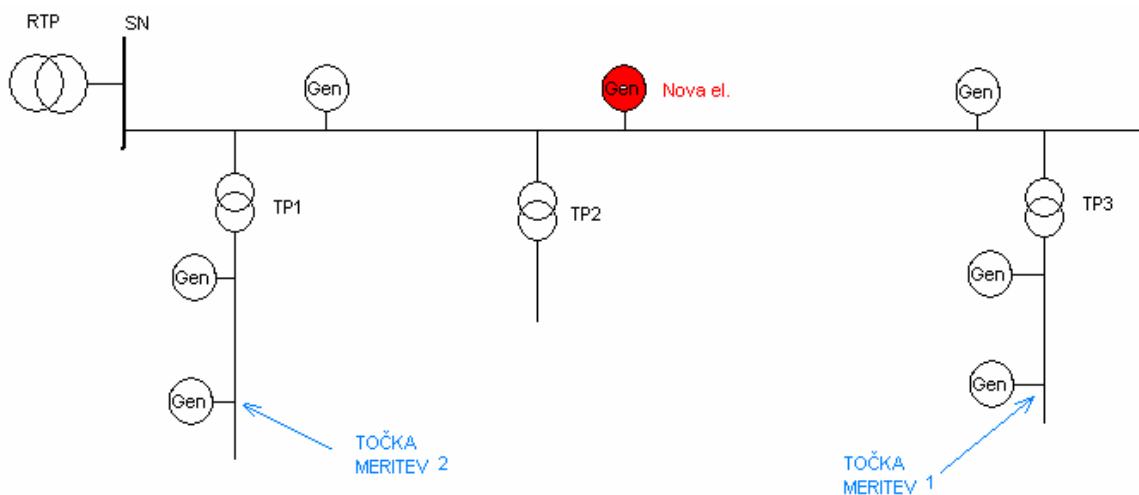
6.5.2 Meritve napetostnih razmer

V temu 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 temu 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 fazne 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

$$S_{RV2} = \frac{S_{KS110nav} \cdot (U_{MAXdov} - U_{MAXtoc1})}{U_{N230V}}$$

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

$$1,25 \cdot P_{EL} < S_{RV1} \text{ in } 1,25 \cdot P_{EL} < S_{RV2}$$

6.6 Metode, ki ne potrebujejo meritev

Soglasje za vključitev je možno izdati tudi brez meritev. Pogoj je, da je celotno področje RTPja dobro modelirana tako na SN, kot NN nivoju. Model mora imeti tudi verodostojno predstavljene poravnike.

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 obstoječin 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 ne smejo biti presežene.

7 KARAKTERISTIKA JALOVE MOČI

Jalova moč je predpisana s:

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

Ali za elektrarne boljše, ker so tako opredeljene tudi smeri pretokov s:

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

$P > 0 \rightarrow$ 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. V kolikor tehnične zahteve ne dopuščajo takšnega obratovanja, ali pa so kakšni drugi zadržki glede takšnega obratovanja, lahko upravljavec omrežja (SODO) določi drugačno karakteristiko proizvodnje jalove energije!

Navedene karakteristike jalove moči SE NE OBRAVNAVAJO KOT SISTEMSKA STORITEV, temveč kot POTREBEN POGOJ ZA OBRATOVANJE GENERATORJA v distribucijskem omrežju.

7.1 Naprave za kompenzacijo jalove energije

Karakteristike jalove moči v poglavjih 7.2, 7.3, 7.4 so predpisane splošno. Upravljavce distribucijskega podjetja (SODO) lahko predpiše drugačne karakteristike.

7.1.1 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.

7.1.2 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 ferorezonančnih 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 ferorezonanc.

b) (TIP F) kompenzacijska naprava lahko povzroča ferorezonančne pojave

V to skupino spadajo kompenzacijske naprave, ki imajo vgrajene pasivne elemente kot so kondenzatorji. Za vgradnjo le-teh je potrebno pridobiti posebno dovoljenje upravljavca distribucijskega omrežja (SODO-ta).

7.2 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 mikro-generacijski postroj.

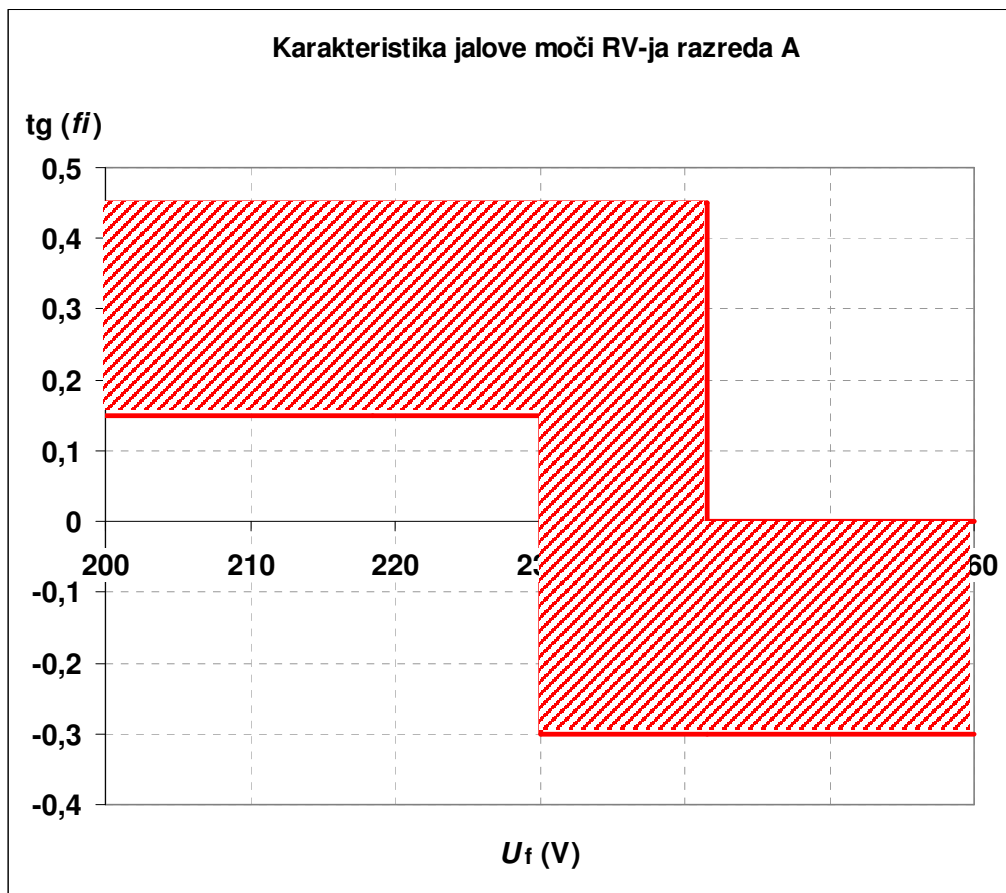
$tg(\varphi) = \frac{Q}{P}$, napetost, jalova in delovna moč so definirane na ločilnem mestu v 15 s časovnem intervalu.

Ko je trenutna moč generatorja $P \leq 20\% P_{IG}$ instalirane moči velja naslednja enačba za karakteristiko jalove moči: $tg(\varphi) = \frac{Q}{0,2 \cdot P_{IG}}$ (7.1).

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

U	$\cos(\varphi)$	$tg(\varphi)$
narašča do $U_f + 5\%$	0,99 .. 0,90 cap	0,15 .. 0,45
naraste preko $U_f + 5\%$	1,00 .. 0,95 ind	0,00.. -0,30
pada proti U_f	1,00 .. 0,95 ind	0,00.. -0,30
pade pod U_f	0,99 .. 0,90 cap	0,15 .. 0,45

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 7.4 (*razred C*).



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

S histerezno karakteristiko dosežemo, da pri velikih porabah v omrežju RV pomaga pri napetostnih razmerah, med tem, ko pri nizkih porabah 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 upravljalca distribucijskega omrežja (SODO-ta) za vgradnjo pasivnih kompenzacijskih elementov (kondenzatorjev). V kolikor omrežje ne dopušča vgradnjo pasivnih kompenzacijskih elementov se upravljalca distribucijskega omrežja (SODO) in lastnik RV-ja sporazumeta o ceni jalove energije, ki jo bo postroj porabil.

7.3 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 asinhronne 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 sinhronne ali pretvorniške generatorje. Zaželeno je, da te elektrarne obratujejo po karakteristiki, ki je opisana v poglavju **7.4 (*razred C*)**.

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

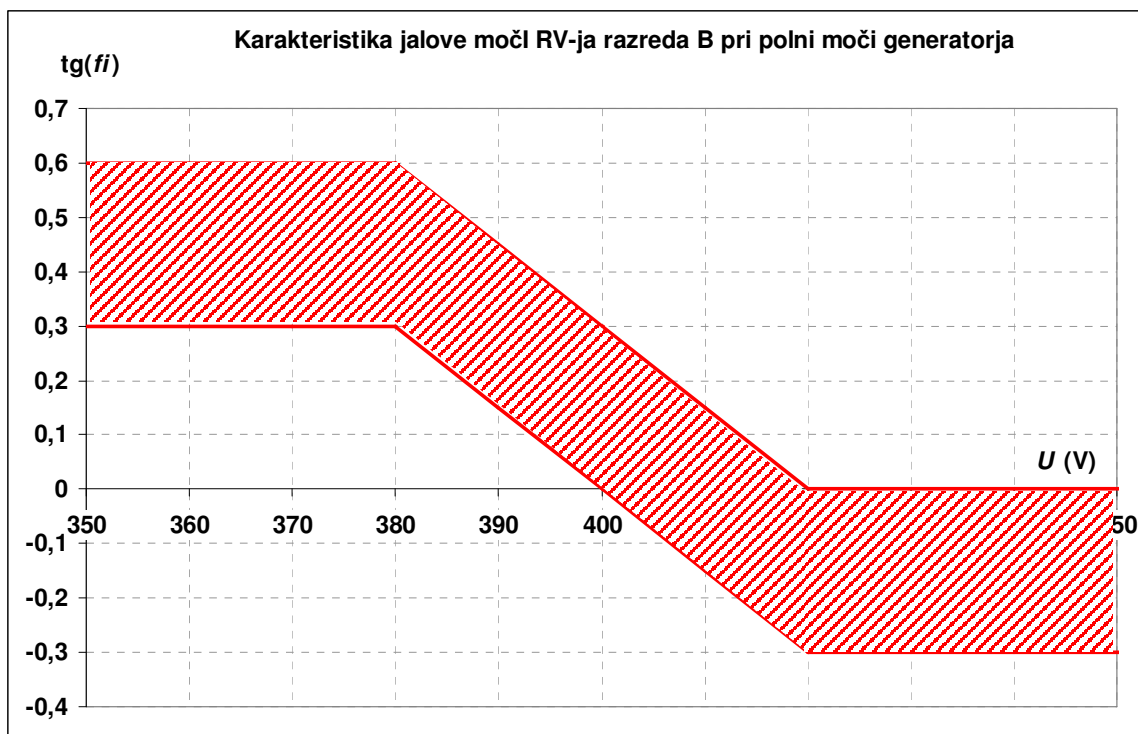
Napetost, jalova in delovna moč ter $\operatorname{tg}(\varphi) = \frac{Q}{P}$, so definirane na ločilnem mestu v 15 s časovnem intervalu.

P_{IG} = instalirana moč generatorjev

P = trenutna moč generatorjev

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

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



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 upravljalca distribucijskega omrežja (SODO-ta) za vgradnjo pasivnih kompenzacijskih elementov (kondenzatorjev). V kolikor omrežje ne dopušča vgradnjo pasivnih kompenzacijskih elementov se upravljalec distribucijskega omrežja (SODO) in lastnik RV-ja sporazumeta o ceni jalove energije, ki jo bo postroj porabil.

7.4 Razpršeni viri moči nad 250 kW vključeni v NN omrežje (razred C)

Velja za klasifikacije: **0.0N3** do **1600.0N3**

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 moči.

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

$$Q_{GEN} = \frac{S_{NG} \cdot \sqrt{1 - (\cos(\varphi_N))^2}}{2} \left[\frac{P_{TG}}{S_{NG} \cdot \cos(\varphi_N)} + \frac{(U_{CG} - U_D)}{0,05 \cdot U_{CG}} \right] \pm \left[0,1 \cdot S_{NG} \cdot \sqrt{1 - (\cos(\varphi_N))^2} \right] \quad (7.2),$$

kjer so:

Q_{GEN} ... trenutna jalova moč,

P_{TG} ... trenutna delovna moč generatorjev,

U_D ... dejanska napetost,

S_{NG} ... nazivna navidezna moč generatorjev,

$\cos(\varphi_N) \leq 0,8$ obvezno,

U_{CG} ... dogovorjena napetost generatorja.

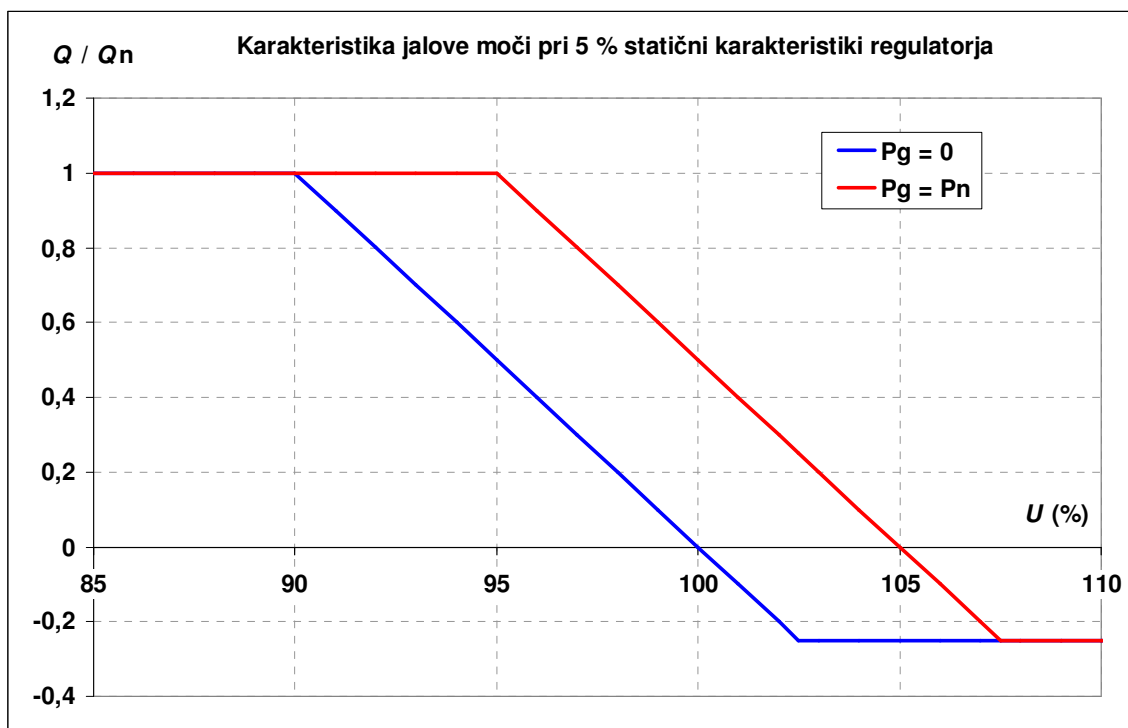
Minimalne zahteve do RV-ja glede jalovi moči:

Sposobnost **proizvodnje** jalove moči vsaj:

$$Q_{PROIZ} = S_{NG} \cdot 0,8$$

Sposobnost **porabe** jalove moči vsaj:

$$Q_{POR} = -S_{NG} \cdot 0,98 \Leftrightarrow Q_{POR} = -0,25 \cdot Q_{PROIZ}$$



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 5 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 $S = S_{NG}$.

Upravljalavec distribucijskega omrežja (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 napetostnem nivoju je običajno $U_{CG} = 400$ V.

7.5 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 moči.

Zahtevana je zvezna karakteristika jalove moči, ki jo opisuje enačba 7.3.

$$Q_{GEN} = \frac{S_{NG} \cdot \sqrt{1 - (\cos(\varphi_N))^2}}{2} \left[\frac{P_{TG}}{S_{NG} \cdot \cos(\varphi_N)} + \frac{(U_{CG} - U_D)}{u_{STAT} \cdot U_{CG}} \right] \pm \left[0,1 \cdot S_{NG} \cdot \sqrt{1 - (\cos(\varphi_N))^2} \right] \quad (7.3),$$

kjer so:

Q_{GEN} ... trenutna jalova moč,

P_{TG} ... trenutna delovna moč generatorjev,

U_D ... dejanska napetost,

S_{NG} ... nazivna navidezna moč generatorjev,

$\cos(\varphi_N) \leq 0,8$ obvezno,

U_{CG} ... dogovorjena napetost generatorja,

u_{STAT} ... statična karakteristika jalove moči.

Minimalne zahteve do RV-ja glede jalovi moči

Sposobnost proizvodnje jalove moči vsaj

$$Q_{PROIZ} = S_{NG} \cdot 0,8$$

Sposobnost porabe jalove moči vsaj

$$Q_{POR} = -S_{NG} \cdot 0,98 \Leftrightarrow Q_{POR} = -0,25 \cdot Q_{PROIZ}$$

Upravljalac distribucijskega omrežja (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.

7.5.1 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 7.4:

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

7.5.2 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 7.5:

$$U_{CG} = \frac{U_{MAX} + U_{MIN}}{2} \quad u_{STAT} = \frac{U_{MAX} - U_{MIN}}{2 \cdot U_{CG}} = \frac{U_{MAX} - U_{MIN}}{U_{MAX} + U_{MIN}} \quad (7.5).$$

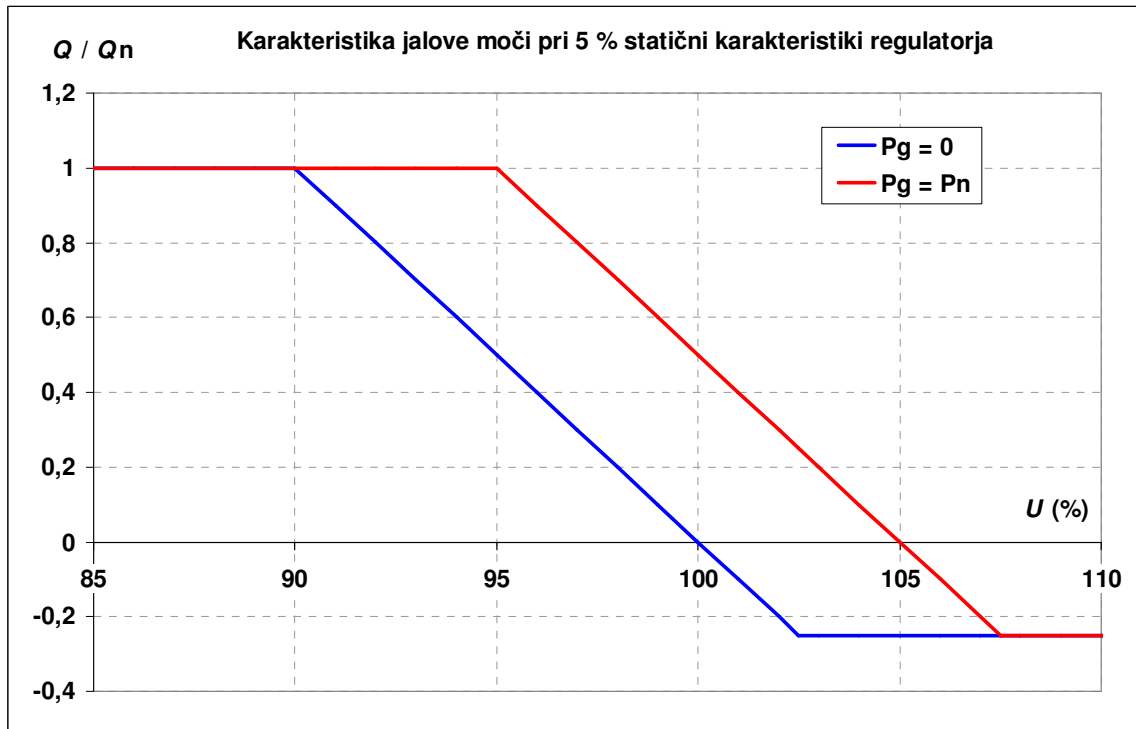
V kolikor se napetost omrežja zniža toliko, da posledično generator preseže svoje tokovne meje je dovoljeno omejevati jalovo moč na naslednji način:

S = trenutna navidezna moč generatorja,

S_{NG} = nazivna navidezna moč generatorja.

$1,2 \cdot S_{NG} \geq S > S_{NG}$, po 5 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 $S = S_{NG}$.



Slika 7.4: Karakteristika jalove moči razpršenih virov *razreda D* (do 10 MW vključeni v SN omrežje) pri nastavljeni 5 % statiki regulatorja jalove moči ($u_{STAT} = 0,05$).

8 KARAKTERISTIKA DELOVNE MOČI

V pogojih paralelnega obratovanja z omrežjem ni primerno, da se generatorji odzivajo na spremembe frekvenca, saj to lahko vodi v neželjeno 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.

8.1 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 frekvenca $P=F(f)$.

Regulator frekvenca naj se izključi iz regulacijske zanke takoj, ko ločilno mesto posreduje signal (ODKLOPNIK LM VKLJUČEN).

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

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

- ODKLOPNIK LM VKLJUČEN in
- GENERATORSKI ODKLOPNIK VKLJUČEN.

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

- ODKLOPNIK LM IZKLJUČEN ali
- GENERATORSKI ODKLOPNIK IZKLJUČEN.

9 PRIKLJUČITEV ELEKTRARNE V DISTRIBUCIJSKO ELEKTROENERGETSKO OMREŽJE

9.1 Vloga za projektne pogoje

Postopek priključitve elektrarne v distribucijsko elektroenergetsko omrežje je povzet po trenutno veljavni zakonodaji in se lahko ob spremembi oziroma revidiranju zakonov in predpisov, ki to področje pokrivajo, ustrezno spremeni.

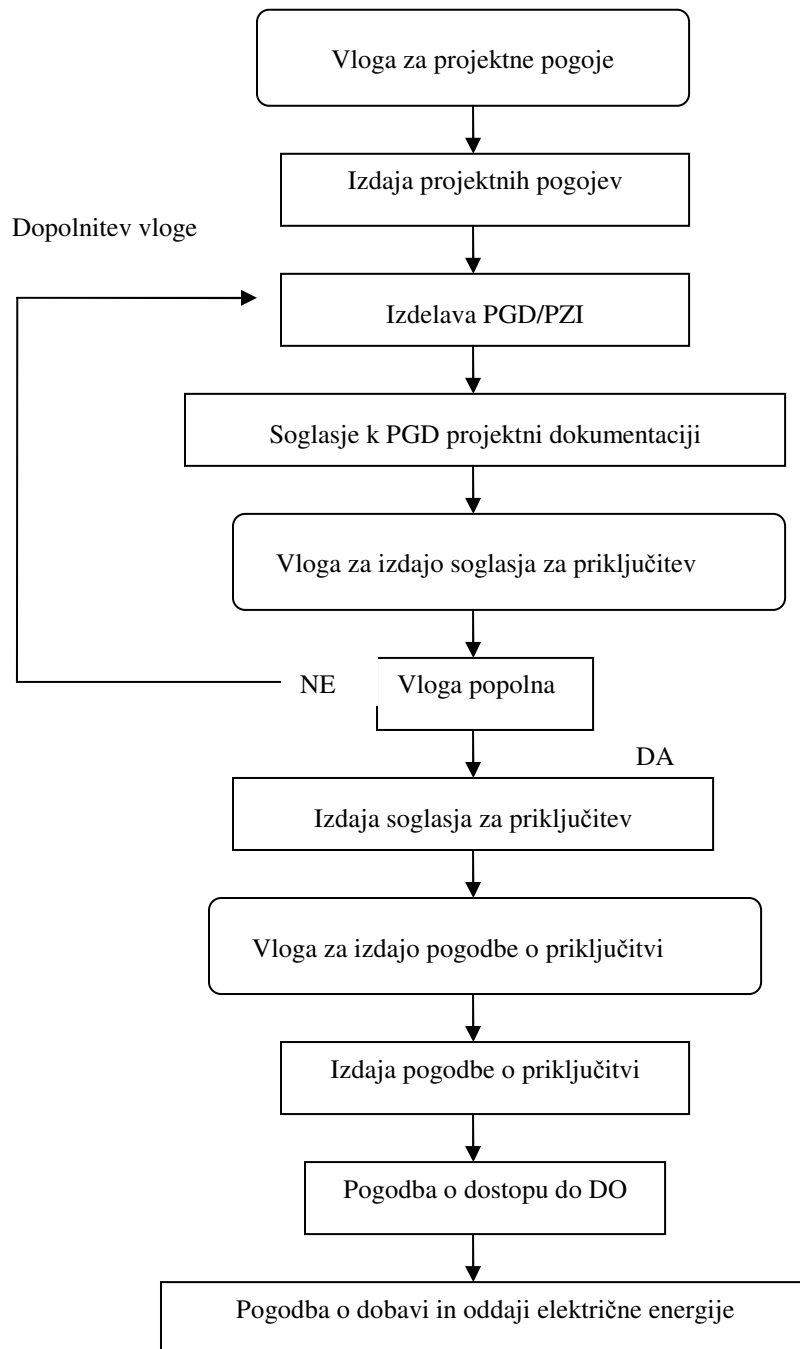
Vloga za projektne pogoje oziroma pogoje za projektiranje (izdelava PGD/PZI) se naslovi na pristojno distribucijsko podjetje (ZGO – 1, Ur.list št. 110/02, 50. člen - pridobivanje projektnih pogojev in soglasij).

Pristojni soglasodajalec mora določiti projektne pogoje najpozneje v 15 dneh po prejemu poziva, če se projektira enostavni ali manj zahtevni objekt oziroma v 30 dneh po prejemu poziva, če se projektira zahtevni objekt, razen če za posamezno vrsto objekta poseben zakon ne določa drugačnega roka. V projektnih pogojih, ki ne smejo biti v nasprotju s pogoji iz izvedbenega prostorskega akta, mora soglasodajalec navesti določbe zakona oziroma predpisa, izdanega na podlagi zakona, v katerih ima podlago, da daje projektne pogoje in soglasja.

Če soglasodajalec v roku iz prejšnjega odstavka ne določi projektnih pogojev ali če v teh pogojih ne navede podlage v predpisu za izdajo projektnih pogojev in soglasij, se šteje, da pogojev za nameravano gradnjo nima ter da je s tem dano tudi njegovo soglasje. Če pa v predpisanem roku soglasodajalec, ki je določil projektne pogoje, ne izda ali ne odreče soglasja, se šteje, da je njegovo soglasje dano.

Izdajo takšnega soglasja oziroma akta lahko pristojni soglasodajalec odreče samo v primeru, če projektna rešitev ni v skladu z njegovimi projektnimi pogoji. Pristojni soglasodajalec lahko odreče izdajo soglasja z odločbo, zoper katero je dovoljena pritožba na tisto ministrstvo, v katerega delovno področje sodi izvajanje predpisa, v katerem ima takšen soglasodajalec podlago, da daje projektne pogoje in soglasja.

Referent za soglasja v službi za energetska načrtovanje v sodelovanju s službo za zaščito in obratovne meritve, dispečersko službo ter službo za merjenje električne energije pripravi projektne pogoje. V projektnih pogojih je podan način priključitve na distribucijsko omrežje, merilne in zaščitne naprave, način obratovanja, ...



Slika 9.1 – Potek priključevanja elektrarne v omrežje

Pri izdelavi PGD/PZI mora investitor/projektant upoštevati vse projektne pogoje:

- meritve prevzete in oddane električne energije,
- nazivna napetost, frekvenca,
- maksimalna proizvodna moč,
- točka priklopa,
- izklop v primeru izpada napetosti na omrežju ter sinhronizacija na omrežje skladno z navodili upravljavca/operatorja omrežja (SODO-ta) (pogoj za paralelno obratovanje z distribucijskim omrežjem).

Upoštevati je treba vse veljavne standarde in tehnične predpise, ukrepe varstva pri delu, itd.

9.2 Soglasje za priključitev elektrarne

Za vsako elektrarno, ki bo obratovala paralelno, ali kombinirano otočno-paralelno z distribucijskim elektroenergetskim omrežjem, mora proizvajalec pridobiti soglasje za priključitev elektrarne.

Soglasje za priključitev elektrarne izda v upravnem postopku pristojna organizacija SODO-ta na osnovi Vloge za izdajo soglasja za priključitev.

Vlogi za izdajo soglasja za priključitev elektrarne, ki vsebuje osnovne tehnične podatke elektrarne:

- priključna moč,
- lokacija,
- leto priključitve...

morajo biti priložene tudi naslednje priloge:

- katastrski načrt z vrisanimi objekti elektrarne (posredovan skupaj z idejno zasnovo),
- lokacijska informacija,
- PGD/PZI (v sklopu tega: enopolna shema elektrarne, načrt povezav zaščit in elementov ločilnega mesta).

Sestavni del vloge za izdajo soglasja za priključitev elektrarne je tudi vloga za izdajo soglasja za priključitev lastne porabe in ostalega odjema, če ta kategorija odjema obstaja v okviru elektrarne in je napajanje z električno energijo potrebno ko elektrarna ne obratuje.

Referent za izdajo soglasja pregleda popolnost vloge, skladnost projekta s projektnimi pogoji, skladnost projekta z organizacijskim predpisom o pregledu projektne dokumentacije zunanjšega izvora, skladnost projekta z elektroenergetskimi ter s tehničnimi pogoji.

Preveri se ali normalno stanje distribucijskega omrežja ustreza glede parametrov (kratkostični tok, omrežna impedanca, zanesljivost itd) načrtovani obremenitvi in načinu obratovanja na prevzemno-predajnih mestih, možnosti priključitve postroja proizvajalca brez ogrožanja

zanesljivosti napajanja in nedopustnih povratnih vplivov s stališča določil o kakovosti električne energije na njegovo omrežje.

V primeru nepopolne vloge, je le to treba dopolniti.

Soglasje za priključitev se v primeru popolne vloge izda v 60 oz. 30-ih dneh na osnovi veljavne zakonodaje (trenutno: Uredba o splošnih pogojih za dobavo in odjem električne energije (Ur.list RS št. 117/2002) ter Zakon o splošnem upravnem postopku (Ur.list RS št. 80/99, 70/00)).

Skupaj s soglasjem se vlagatelju pošlje vloga za izdajo pogodbe o priključitvi na distribucijsko omrežje.

V soglasju, ki ga izda upravljalec distribucijskega elektroenergetskega omrežja (SODO) se navedejo vsi tehnični pogoji, potrebni za izdelavo priključka ter ostali splošni pogoji:

- nazivna napetost na odjemnem mestu,
- vrsta priključka in začetno mesto priključka,
- oprema, ki jo je treba obnoviti ali zgraditi za izvedbo priključka,
- čas breznapetostnega stanja pri delovanju APV,
- podatki o parametrih omrežja, na katerega se bo uporabnik priključil (maks. priključna moč in zemeljskostični tok),
- izvedba zaščitnih ukrepov SODO,
- nazivni tok varovalnih naprav priključka,
- mesto izvedbe prevzemno-predajnih meritev električne energije ter obseg merilnih, zaščitnih in kontrolnih naprav,
- osnovni in dodatni zaščitni ukrepi pred nevarno napetostjo dotika ter
- drugi tehnični in splošni pogoji.

Določila soglasja za priključitev so za proizvajalca obvezna. Spremembe parametrov stičnega, ločilnega in prevzemno-predajnega mesta, ali spremembe dogovorjenega načina obratovanja so dovoljene samo s predhodno pisмено odobritvijo SODO-ta.

9.3 Priklp elektrarne na distribucijsko elektroenergetsko omrežje

Po pridobitvi soglasja za priključitev, pred priključitvijo sledi še pregled priključka. Izdelani priključek mora izpolnjevati pogoje iz soglasja za priključitev. Če priključek izpolnjuje tehnične in druge pogoje določene v Sistemskih obratovalnih navodilih distribucijskega omrežja za električno energijo (SONDO-E), upravljavec distribucijskega omrežja (SODO) in uporabnik distribucijskega omrežja skleneta pogodbo o priključitvi na distribucijsko omrežje. (22. člen Uredbe o splošnih dobavnih pogojih za dobavo in odjem električne energije).

Upravljavec distribucijskega elektroenergetskega omrežja (SODO) po potrebi izvede morebitne preizkuse ter izda poročilo o skladnosti izvedbe priključka s pogoji določenimi v Soglasju za priključitev, veljavnimi standardi in predpisi ter internimi organizacijskimi predpisi in navodili upravljavca distribucijskega omrežja (SODO-ta).

Če priključek ne izpolnjuje tehničnih pogojev za priključitev, ali če gre za odstopanja od pogojev določenih v Soglasju za priključitev, SODO to utemelji in naloži proizvajalcu izvedbo dodatnih ali prilagoditvenih ukrepov.

Po pridobitvi soglasja oziroma sklenitvi pogodbe o priključitvi, je potrebno skleniti pogodbo o dobavi in odjemu električne energije. Predhodno je potrebno pridobiti licenco, energetska dovoljenje in urediti pravni status za kvalificiranega proizvajalca električne energije (kvalificirani proizvajalci so proizvajalci električne energije iz OVE in kogeneracijskih sistemov).

Po trenutno veljavni zakonodaji (ZGO 1-UPB1) se po opravljenem tehničnem pregledu lahko odredi poskusno obratovanje. Čas poskusnega obratovanja je namenjen izvajanju funkcionalnih preizkusov in izvedbi prvih meritev obratovalnega za objekte, kjer je to potrebno.

Vendar pa je praksa nekoliko drugačna in se ponavadi funkcionalni preizkusi izvedejo pred tehničnim pregledom, seveda, če so za to izpolnjeni določeni pogoji.

Potrebno je pridobiti vse izjave (izvajalci, nadzor,...) po ZGO-1-UPB1, opraviti meritve na el. inštalacijah, opraviti predhodne nastavitve zaščit, obratovalce seznaniti z obratovalnimi navodili ter po možnosti opraviti inšpekcijski pregled (elektroenergetska inšpekcija), nato pa se postroj ali naprava lahko stavi pod napetost, v smislu izvajanja funkcionalnih preizkusov do tehničnega pregleda.

9.4 Navodila za obratovanje

Sestavni del pogodbe o priključitvi elektrarne so tudi obratovalna navodila (projektant ali SODO), ki morajo vsebovati:

- splošne podatke o proizvajalcu,
- podrobne podatke o vseh napravah,
- ime in funkcija pooblaščenih oseb,
- pravice in dolžnosti obeh partnerjev,
- potek potrebnih stikalnih manipulacij,
- določitev načina dostopa SODO-ja do naprav in
- varnostna določila.

Obratovalna navodila morajo biti izdelana za tiste elektroenergetske postroje, ki jih morajo upravljati delavci za katere je obvezno usposabljanje in preizkus znanja skladno s pravilnikom o strokovni izobrazbi, delovnih izkušnjah ter obveznem usposabljanju in načinu preizkusa znanja delavcev, ki opravljajo dela in naloge upravljanja energetskih naprav.

9.5 Pogodba o dostopu do distribucijskega omrežja

Proizvajalec mora skleniti s SODO-tom Pogodbo o dostopu do distribucijskega omrežja, ki je predpogoj za odkup električne energije v vmesnem preizkusnem obratovalnem obdobju, ko je elektrarna priključena vzporedno z distribucijskim omrežjem ni pa še sklenjena pogodba o odkupu ter niso še opravljene nekatere izmed preizkusnih meritev, ki jih je potrebno izvesti pod napetostjo. S Pogodbo o dostopu slednji pridobi za določen čas zagotovljen dostop do distribucijskega omrežja za določeno količino energije ob določenem času in v določeni smeri ter

Pred sklenitvijo Pogodbe o dostopu je potrebno pri SODO-tu vložiti Zahtevo za dostop do distribucijskega omrežja, ki vsebuje vse potrebne podatke za sklenitev Pogodbe o dostopu :

- ime in sedež proizvajalca,
- ime, sedež in šifra posrednika, če ta ni identična s šifro proizvajalca (prodajalec) le njegov zastopnik,
- ime pogodbenega plačnika za storitev dostopa,
- licenco za upravljanje energetske dejavnosti v skladu z določili Energetskega zakona,
- čas začetka dobave električne energije,
- čas konca dobave električne energije,
- naslov prevzemno-prodajnega mesta,
- bloke 15 minutnih srednjih vrednosti moči za vsa prevzemno-predajna mesta za delovnike, sobote in nedelje (vozni red) ali ustrezni nadomestni obremenitveni diagram.

Vse te podatke uporabnik posreduje v predpisani obliki, ki se imenuje Zahteva za dostop do distribucijskega omrežja.

Proizvajalec brez možnosti registriranja poteka porabe oziroma proizvodnje v 15 minutnih razmakih, v prehodnem obdobju predloži k pogodbi o dostopu do distribucijskega omrežja svoj nadomestni diagram.

Odstopanja od napovedanih vozni redov se bodo urejala skladno z določili Sistemskih obratovalnih navodilih distribucijskega omrežja za električno energijo (SONDO-E).

9.6 Nastavitev in ureditev zaščit na ločilnem mestu

Umerjanje, nastavitev in preskuse delovanja zaščitnih naprav ločilnega mesta lahko izvede, ali pooblaščen osebje upravljalca distribucijskega omrežja (SODO-ta), ali za ta dela pooblaščen fizična ali pravna oseba ob prisotnosti predstavnika SODO-ta skladno z določili ustreznih veljavnih pravilnikov.

Zapisnik o opravljenih preskusih je sestavni del tehnične dokumentacije objekta in mora biti dostavljen proizvajalcu in SODO-tu.

Upravljalca distribucijskega omrežja mora pri nastavitvah zaščit ločilnega mesta upoštevati ostale zaščite omrežja in zaščite elektrarne. Nastavitev zaščit mora biti selektivna. Upravljalca distribucijskega omrežja (SODO) ima možnost izvesti preizkus delovanja ločilnega mesta vsako leto z enomesečno predhodno napovedjo. Preizkusi ne smejo trajati dlje kot 8 ur.

Spremembe nastavitve zaščitnih naprav na ločilnem mestu lahko določa samo pooblaščen osebje upravljalca distribucijskega omrežja (SODO-ta).

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

9.7 Uporabno dovoljenje

Za proizvodne objekte, za katere je bilo potrebno pridobiti gradbeno dovoljenje, uporabno dovoljenje, po uspešno opravljenem tehničnem pregledu izda tisti pristojni upravni organ, ki je za gradnjo izdal tudi gradbeno dovoljenje.

10 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.

10.1 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 upravljavec distribucijskega omrežja (SODO).

10.2 Obratovanje porabniško-proizvodnega tipa (*tip M*)

V to skupino sodijo vsi priklopi, katerih lastna poraba na stičnem mestu presega 20 % instalirane delovne moči vseh generatorjev.

0.0N1M0X-3.7N1M0X

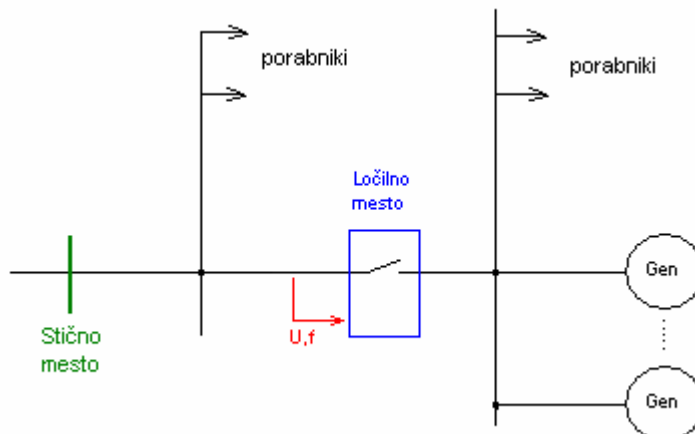
0.0N3M0X-X.XN3M0X

0.0S3MXX-X.XS3MXX

Vgradnja ločilnega mesta je obvezna. Edini pogoj pri vgradnji je, da se ločilno mesto nahaja nekje vmes med generatorji in stičnim mestom. O natančnem položaju ločilnega mesta se odloča investitor oziroma projektant.

Med ločilnim mestom in generatorjem upravljavec distribucijskega omrežja (SODO) ne garantira parametrov napetosti in za njih ne odgovarja.

Karakteristike jalove moči so pogojene na ločilnem mestu, glede na skupno instalirano moč generatorjev in napetostni nivo ločilnega mesta (poglavje 7). Ko in če se na ločilnem mestu energija pretaka iz omrežja veljajo splošni porabniški pogoji.



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.

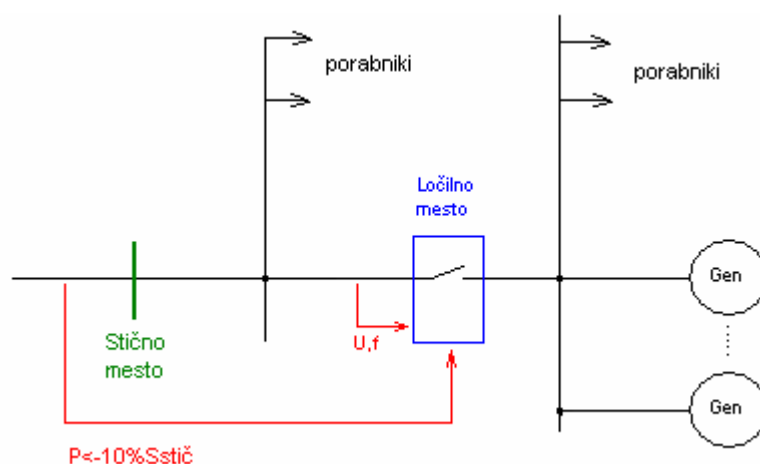
10.3 Porabniški priklop (*tip P*)

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 stičnega mesta.

0.0N1P0X-3.7N1P0X

0.0N3P0X-X.XN3P0X

0.0S3PXX-X.XS3PXX



Vgradnja ločilnega mesta je obvezna. Edini pogoj pri vgradnji je, da se ločilno mesto nahaja nekje vmes med generatorji in stičnim mestom. O točnem položaju ločilnega mesta se odloča investitor oziroma projektant.

Med ločilnim mestom in generatorjem, SODO ne garantira parametrov napetosti in za njih ne odgovarja.

Na stično 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.

S stališča SODO-ta se takšen priklop upošteva kot čisti porabniški in zanj veljajo porabniška pravila.

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.

10.4 Sistemska mala elektrarna tip A

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

1250.0S3XA0 - X.XS3XA0 .

Te lastnosti so:

- elektrarna je vključena v SN nivo,
- moč elektrarne je višja od 1 MW,
- elektrarna obratuje 95 % leta, remontni so napovedani in odobreni s strani upravljavca distribucijskega omrežja (SODO-ta),
- elektrarna je daljinsko komunikacijsko povezana z RTP 110 kV / SN v katerega omrežje je vključena.

Karakteristika jalove energije je naslednja:

$$Q_{GEN} = \frac{S_{NG} \cdot \sqrt{1 - (\cos(\varphi_N))^2}}{2} \left[\frac{P_{TG}}{S_{NG} \cdot \cos(\varphi_N)} + \frac{(U_N - U_D)}{(u_{STAT}) \cdot U_N} + k_{RTP} \right] \quad (10.1)$$

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

10.5 Sistemska mala elektrarna tip B

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

1250.0S3XB0 - 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 upravljavca distribucijskega omrežja (SODO-ta);
- 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:

$$Q_{GEN} = \frac{S_{NG} \cdot \sqrt{1 - (\cos(\varphi_N))^2}}{2} \left[\frac{P_{TG}}{S_{NG} \cdot \cos(\varphi_N)} + \frac{(U_N - U_D)}{(u_{STAT}) \cdot U_N} + k_{RTP} \right] \quad (10.2)$$

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

11 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.

11.1 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 in navodili za vzdrževanje.

Umerjanje zaščit in funkcionalni preskus izvede pooblaščen osebje upravljavca distribucijskega omrežja (SODO-ta) skladno z veljavnimi tehničnimi predpisi.

Proizvajalec lahko zaupa umerjanja in preskušanja naprav ločilnega mesta pooblaščenim fizičnim ali pravnim osebam.

Navedene preskuse je potrebno opraviti tudi, če elektrarna iz tehničnih ali drugih razlogov več kot 6 mesecev ni obratovala, oziroma vsakokrat, ko morebitne spremembe osnovnih parametrov ali načina obratovanja vplivajo na funkcionalnost ločilnega mesta.

11.2 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 mora vnaprej obveščati upravljalca distribucijskega omrežja (SODO-ta) o načrtovanih planskih izklopih elektrarne - vira.

11.3 Vzdrževanje distribucijske opreme in vodov

Pred začetkom dela na distribucijskem vodu (normalno potekajo dela v breznapetostnem stanju) je potrebno na vzdrževanem odseku voda, od omrežja ločiti vse vire, ki so na ta odsek normalno priključeni.

Ozemljitev in kratkostična povezava se izvede na delovnem mestu in to na vseh vodih, ki so v normalnem obratovanju pod napetostjo. S posegom se ščiti delavce pred udarom električnega toka, ki bi lahko bil posledica nenamernega priklopa naprav, zaradi pojava statične elektrike ali zaradi atmosferskih in induciranih napetosti.

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, se vgradnja teh nožev zahteva.

Distribucijsko podjetje (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 distribucije 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.

12 VARSTVO PRI DELU

Vsaka elektrarna mora biti projektirana, zgrajena in opremljena skladno z določili veljavnih standardov in tehničnih predpisov.

V celoti morajo biti upoštevani ukrepi varstva pri delu, kar z ustreznimi izjavami potrdijo izdelovalci tehnične dokumentacije in vsi izvajalci del.

Ukrepi za zaščito pred posrednim dotikom v elektrarni morajo biti izvedeni na osnovi podatkov o distribucijskem elektroenergetskem omrežju, kamor se elektrarna vključuje.

Upravljalca distribucijskega omrežja (SODO) mora za elektrarne priključene na nizkonapetostno omrežje v elektroenergetskem soglasju podati:

- nadomestno impedanco kratkostične zanke NN voda,
- zaščitni sistem za zaščito pred posrednim dotikom.

Osebe, ki poslužuje postroje in naprave v elektrarni, mora biti ustrezno strokovno usposobljeno in seznanjeno z ukrepi varstva pri delu. Periodično preverjanje znanja iz varstva pri delu se izvaja v skladu z veljavno zakonodajo.

Pri delu na elektroenergetskih objektih, elektroenergetskih postrojih, električnih napravah in opremi se upošteva *Pravilnik o varstvu pri delu pred nevarnostjo električnega toka PVET*, (Ur.l. RS št. 29/92):

Dela se delijo v tri kategorije:

- **Delo v breznepetostnem stanju**

Pred začetkom dela v breznepetostnem stanju se mora mesto dela zavarovati z uporabo 5 varnostnih pravil:

- izklopiti in vidno ločiti naprave z vseh strani,
- preprečiti ponovno vklopitev,
- preveriti breznepetostno stanje,
- ozemljiti in kratkostično povezati izklopljene naprave,
- ograditi mesto dela od delov, ki so ostali pod napetostjo.

- **Delo v bližini naprav, ki so pod napetostjo**

Pogosto so razmere na delovnih mestih takšne, da ni mogoče zagotoviti popolnega breznepetostnega stanja v tolikšni meri od mest dela, da delavci nikakor ne bi imeli možnosti posegati v bližino delov pod napetostjo. Torej se dela izvajajo v bližini delov pod napetostjo. Takrat moramo izvesti zaklanjanje delov pod napetostjo z uporabo dovolj trdnih in zanesljivo postavljenih izolacijskih pregrad. Pri tem moramo upoštevati minimalne ter izjemoma povečane razdalje razdalje, ki so predpisane v PVET.

- **Delo pod napetostjo**

Če niso izvedeni posebni in ustrezni varnostni ukrepi, so dela pod napetostjo zelo nevarna za delavce, naprave in opremo. Zato je delo na elektroenergetskih objektih, elektroenergetskih postrojih, električnih napravah in opremi pod napetostjo dovoljeno samo v posebnih primerih, kar mora biti opredeljeno in utemeljeno ter podrobno obdelano v internih predpisih.

12.1 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 nepooblaščen spreminjanje stanja.

13 PREHODNE IN KONČNE DOLOČBE

(po končanem revizijskem postopku vpisati kateri organ in kdaj je ta Navodila sprejel, datum veljavnosti Navodil oziroma prenehanje veljavnosti sedanjih navodil in rok, v katerem je zgrajene objekte potrebno vskladiti z zahtevami Navodil za priključevanje in obratovanje elektrarn inštalirane moči do 10 MVA).