



TEHNIČKA PREPORUKA ZA PRIKLJUČENJE DISTRIBUIRANIH IZVORA U CRNOJ GORI

Prilog studije

**Studija o priključivanju i radu distribuiranih izvora energije
u elektroenergetskom sistemu Crne Gore**



ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR

Ljubljana, septembar 2012

Osnova za tehničku preporuku za priključenje distribuiranih izvora je *Tehnička preporuka br. 16: OSNOVNI TEHNIČKI ZAHTEVI ZA PRIKLJUČENJE MALIH ELEKTRANA NA DISTRIBUTIVNI SISTEM*, koju ODS u Crnoj Gori već upotrebljava za priključivanje ME na DS Crne Gore.

Po pregledu nove TP (godina 2011) smatramo, da ova TP sadrži mnogo važnih i dobrih rješenja, pa bi potom toga bilo dobro, da se TP zadrži, samo ju treba u nekim tačkama malo promijeniti ili dopuniti. Na mjestima, gdje bi trebalo TP korigirati, napravljena je korekcija i komentirano, zašto je to napravljeno.

Preporuka je usaglašena s važećim tehničkim propisima, priznatim svjetskim standardima iz ove oblasti i tehničkim preporukama, uz uvažavanje razvoja i primjene savremenih tehničkih rješenja za ovu vrstu elektroenergetskih objekata. Ako se poštuju limiti dati u Preporuci a koji se temelje na aktuelnom stanju tehnike (stanje tehnike propisuju važeći IEC i EN standardi s područja smetnji po vodiču), može se očekivati da će kvalitet napona u distributivnoj mreži zadovoljavati kriterijume koje postavlja u Crnoj Gori važeći standard MEST EN 50160.

U Preporuci su jasno definisani limiti za dozvoljene smetnje po vodiču koje smije da proizvodi DI. Ove limite ODS stavlja u saglasnost za priključenje DI. Zadatak projektanta DI jeste projektovanje DI tako da su uslovi iz saglasnosti obezbijeđeni. Pri tome se projektant može koristiti formulama iz Preporuke, pomoću kojih se može izračunati uticaj DI na mrežu i zadovoljavanje kriterija koje postavlja ODS.

Ovaj dokument je rezultat studije broj 2121 *Elektroinstituta Milan Vidmar, Ljubljana: Studija o priključivanju i radu distribuiranih izvora energije u elektroenergetskom sistemu Crne Gore*, septembar 2012, za ugovaraća *The United Nations Development Programme (UNDP) UNDP Podgorica*.

SADRŽAJ

1. Opseg važenja i namena.....	7
2. Termini i definicije	8
3. Osnovni tehnički podaci o distributivnoj mreži (DS)	11
4. Osnovni tehnički podaci o maloj elektrani (ME)	12
5. Osnovni tehnički zahtevi za priključenje male elektrane na distributivni sistem.....	13
6. Osnovni tehnički zahtevi za izvođenje priključka ME	21
7. Tehnički zahtevi za merno mesto	24
8. Zaštita generatora i priključnog voda male elektrane.....	28
9. Kompenzacija reaktivne snage u ME	33
10. Nadzor i komunikacija sa ME.....	35
11. Procedure i dokumentacija za priključenje malih elektrana na distributivnu mrežu	36
12. Prvo priključenje ME na mrežu ED	39
13. Pogon.....	40
14. Šeme priključenja ME na mrežu ED.....	41
15. Primjer proračuna smetnji po vodiču	47
15.1. Priključenje male hidroelektrane na 10 kV mrežu.....	47
15.2. Priključenje polja vjetroelektrana na 35 kV mrežu.....	50
15.3. Priključenje fotonaponske elektrane na 0,4 kV mrežu	53

1. Opseg važenja i namena

1.1 Ova preporuka se odnosi na osnovne tehničke zahteve za priključenje malih elektrana snage do 10 MW na DS nazivnog napona 0,4 kV (1 kV, NN mreža), 10 kV, 20 kV ili 35 kV.

Ova preporuka se primenjuje pri izgradnji (projektovanje i gradnja) ME ili rekonstrukciji postojeće ME, u delu koji se odnosi na ispunjenje uslova za priključenje i izvođenje priključka na DS.

Nije predmet razmatranja ove preporuke:

- izgradnja same ME;
- upravljanje ME (ručno i/ili automatsko);
- ME sa isključivo izolovanim radom.

1.2 Ova preporuka je usaglašena sa važećim tehničkim propisima, priznatim svetskim standardima iz ove oblasti i tehničkim preporukama, uz uvažavanje razvoja i primene savremenih tehničkih rešenja za ovu vrstu elektroenergetskih objekata.

1.3 Ova preporuka ima cilj da:

- utvrdi osnovne kriterijume za ocenu mogućnosti priključenja ME, s obzirom na karakteristike DS i vrstu, snagu i način rada ME;
- utvrdi standardne načine priključenja;
- odredi način i mesto merenja električne energije i snage;
- izvrši izbor vrste i karakteristika zaštitnih uređaja i rasklopnih aparata;
- utvrdi način kompenzacije reaktivne snage u ME;
- utvrdi postupak i redosled aktivnosti od prijavljivanja do priključenja ME na DS, sa neophodnom dokumentacijom i obrascima;
- utvrdi način i uslove za puštanje u rad ME i paralelan rad sa DS;
- utvrdi način vođenja pogona ME.

2. Termini i definicije

- 2.1 U ovoj preporuci se koriste termini i definicije prema Zakonu o energetici, Uredbi o uslovima isporuke električne energije, standardima SRPS N.A0.441:1986 i IEC 62271-200 kao i prema tehničkim preporukama.
- 2.2 Pojmovi koji se koriste u preporuci imaju sledeće značenje:
- 2.2.1 **Viši harmonik:** sinusna oscilacija čija je frekvencija višestruka celobrojna vrednost osnovne frekvencije.
 - 2.2.2 **Generator:** rotirajući ili statički pretvarač primarne energije (voda, vetar, gas, sunce, biomasa itd.) u električnu energiju.
 - 2.2.3 **Delovanje male elektrane na DS:** delovanje koje izaziva priključenje ME na postrojenja i korisnike distributivnog sistema (promene napona, pojava flikera, pojava viših harmonika, povećanje struje kratkog spoja itd.).
 - 2.2.4 **Distributer:** energetski subjekat koji obavlja delatnost distribucije električne energije
 - 2.2.5 **Distributivni sistem:** čini distributivna mreža niskog napona (do 1 kV), mreža srednjeg napona (35, 20 i 10 kV) i deo mreže visokog napona (110 kV), kao i drugi energetski objekti ili njihovi elementi, telekomunikacioni sistem, informacioni sistem i druga infrastruktura neophodna za funkcionisanje distributivnog sistema.
 - 2.2.6 **Distributivna mreža:** obuhvata celokupnu mrežu na kojoj pravo korišćenja ima Distributer, kao i elemente elektroenergetskih objekata ili mreže visokog i srednjeg napona koji su u vlasništvu, odnosno na kojima pravo korišćenja imaju korisnici DS, odnosno preko kojih se fizički vrši distribucija električne energije u uobičajenom uklopnom stanju.
 - 2.2.7 **Elektrana:** elektroenergetski objekat za proizvodnju električne energije.
 - 2.2.8 **Elektroenergetski objekti korisnika:** vodovi, transformatorske stanice, razvodna postrojenja, instalacije, zaštitni i merni uređaji i drugi uređaji koji su u vlasništvu, odnosno na kojima pravo korišćenja imaju korisnici čiji su objekti priključeni na DS;
 - 2.2.9 **Energetski subjekt:** pravno lice, odnosno preduzetnik, koje je upisano u registar za obavljanje jedne ili više energetskih delatnosti koje se odnose na električnu energiju;
 - 2.2.10 **Zakon:** zakon kojim se uređuje oblast energetike;
 - 2.2.11 **Isključenje:** radnja koju preduzima Distributer radi odvajanja postrojenja i instalacija korisnika od distributivne mreže;
 - 2.2.12 **Ostrvski rad ME:** Nezavistan rad ME sa delom distributivnog sistema separatno od ostatka distributivnog sistema.
 - 2.2.13 **Izolovani rad ME:** Rad ME koja nije povezana sa distributivnim sistemom.
 - 2.2.14 **Kvar:** događaj koji nastaje na opremi i dovodi do prestanka normalnog izvršavanja funkcije opreme i ispada te opreme iz pogona;
 - 2.2.15 **Korisnik distributivnog sistema:** fizičko ili pravno lice (proizvođač ili kupac) čiji je objekat priključen na DS, odnosno trgovac ili snabdevač električnom energijom kao energetski subjekt koji ima pravo pristupa DS radi prodaje električne energije kupcu ili kupovine električne energije od proizvođača;

- 2.2.16 **Kupac električne energije:** pravno ili fizičko lice koje kupuje električnu energiju za sopstvene potrebe i čiji je objekat priključen na DS;
- 2.2.17 **Mala elektrana (ME, mel)** isto kao **distribuirani izvor (DI):** postrojenje za proizvodnju električne energije ili za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije, sa jednom ili više proizvodnih jedinica ukupne instalisane snage do 10 MW.
- 2.2.18 **Merno mesto:** mesto na kome se meri preuzeta odnosno predata električna energija i snaga;
- 2.2.19 **Mesto priključenja na distributivnu mrežu:** tačka u mreži u kojoj se priključuje objekat korisnika, koja se bira u zavisnosti od vrste korisnika (proizvodnja ili potrošnja), namene i obima potrošnje, vrste objekta koji se priključuje, vrste mreže na koju se objekat priključuje (nadzemna ili podzemna) i naponskog nivoa mreže na koju se objekat priključuje;
- 2.2.20 **Mesto primopredaje električne energije:** mesto na kome se električna energija isporučuje iz, odnosno preuzima u DS;
- 2.2.21 **Naznačene karakteristike:** numeričke vrednosti veličina (snaga, napon, struja, faktor snage, itd.) koje definišu rad generatora, energetskog transformatora ili voda u uslovima koji su utvrđeni u standardima i služe za ispitivanje i garanciju proizvođača opreme.
- 2.2.22 **Normalan pogon:** pogon pri kome nijedan element DS nije ispao iz pogona zbog kvara niti je preopterećen.
- 2.2.23 **Odobrenje za priključenje:** upravni akt koji, u skladu sa zakonom i drugim propisima, donosi Distributer i kojim se odobrava priključenje objekta kupca ili proizvođača na DS.
- 2.2.24 **Poremećeni pogon:** pogon pri kome nije zadovoljen bilo koji od uslova normalnog pogona;
- 2.2.25 **Prekid:** prekid isporuke (ili preuzimanja) električne energije korisniku distributivnog sistema (napon na mestu isporuke niži od 5 % nazivnog napona distributivne mreže $U < 0,05 U_n$)
- 2.2.26 **Prekidač:** rasklopni aparat koji uključuje, provodi i prekida struju u normalnim uslovima i pri kratkom spoju.
- 2.2.27 **Priključni vod ME:** električni vod kojim se vrši povezivanje **rasklopnog postrojenja ME sa mestom priključenja ME na DS**
- 2.2.28 **Proizvođač:** energetski subjekt, odnosno pravno lice ili preduzetnik čiji je objekat za proizvodnju električne energije priključen na DS;
- 2.2.29 **Rasklopni aparat:** aparat namenjen za uključivanje ili prekidanje struje.
- 2.2.30 **Rasklopna aparatura:** kombinacija jednog ili više rasklopnih aparata sa pripadajućom mernom, zaštitnom, signalnom i upravljačkom opremom, uključujući i međusobne veze i noseću konstrukciju.
- 2.2.31 **Rasklopno postrojenje u ME:** mesto u kome se vrši povezivanje ME sa mestom priključenja ME na DS
- 2.2.32 **Rastavljač:** mehanički rasklopni aparat, koji služi da vidno odvoji deo postrojenja koji nije pod naponom od dela postrojenja koji je pod naponom.
- 2.2.33 **Spojni prekidač:** prekidač koji je sastavni deo energetske opreme smeštene u rasklopnom postrojenju ME a namenjen je za električno odvajanje i spajanje ME sa DS
- 2.2.34 **Flikeri:** treperenje svetlosti sijalica i fluorescentnih cevi usled povremenih periodičnih osetnijih padova napona.
- 2.2.35 **Faktor harmonske distorzije (THD):** koeficijent harmoničkog izobličenja talasnog oblika složenoperiodične veličine

2.2.36 **Preklopnik u rasklopnom postrojenju ME:** signalni preklopnik koji je isključivo pod nadzorom ODS i sa kojim ODS može isključiti ME iz DS. Osiguranje preklopnika (pod ključem isključivo ODS) analogno je osiguranju glavnih osigurača postrojenja korisnika DS.

Preklopnik u rasklopnom postrojenju ME – Preklopnik je novi element u rasklopnom postrojenju ME do kojeg ima pristup samo ODS. Sa stavljanjem preklopnika na poziciju „0“ ili „OFF“, uslovi za rad ME na DS nijesu više zadovoljeni i rasklopno postrojenje mora odmah da odvoji ME od DS. Sa stavljanjem preklopnika na poziciju „1“ ili „ON“, ODS dozvoljava da može investitor ili automatika ME ponovo sinhronizovati ME sa mrežom DS, ako su zadovoljeni i ostali kriterijumi zaštite (strujna, naponska, frekvencijska). Ako dođe do rada strujne zaštite kod ME, rasklopno postrojenje može biti napravljeno tako da redosljedom preklapanja preklopnika „1“ → „0“ → „1“, ODS kvitira (resetuje) strujnu zaštitu i time omogući da investitor ili automatika ME ponovo sinhronizuje ME sa mrežom DS ako su zadovoljeni i ostali kriterijumi zaštite (naponska, frekvencijska)

2.3 Skraćenice koje se koriste u Preporukama imaju sledeće značenje:

- ODS - Operator distributivnog sistema.
- ET - Energetski transformator.
- DS - Distributivni sistem.
- ME - Mala elektrana.

3. Osnovni tehnički podaci o distributivnoj mreži (DS)

- 3.1 Nazivni naponi U_n distributivne mreže, na koju može da se priključi ME, su: $U_n = 0,4 \text{ kV}$ (1 kV), 10 kV, 20 kV i 35 kV.
- 3.2 Distributivne mreže 10 kV, 20 kV i 35 kV su radijalno napajane iz prenosnog sistema i uvođenjem ME one više nisu radijalno napajane.
- 3.3 Uzemljenja neutralnih tačaka distributivnih mreža 0,4 kV, 10 kV, 20 kV i 35 kV izvode se prema TP-6: "*Uzemljenje neutralnih tačaka u elektrodistributivnim mrežama 110, 35, 20, 10 i 0,4 kV*":
- Neutralna tačka mreže 0,4 kV (1 kV) je direktno uzemljena.
 - Neutralna tačka mreže 10 kV i 20 kV je izolovana ili uzemljena preko niskoomske impedanse.
 - Neutralna tačka mreže 35 kV je uzemljena preko niskoomske impedanse.
- 3.4 U distributivnim mrežama tipizirane su sledeće vrednosti maksimalnih dozvoljenih struja (snaga) trofaznih kratkih spojeva i struja zemljospoja:
- mreža 0,4 kV: 26 kA (18 MVA) u kablovskoj mreži i 16 kA (11 MVA) u nadzemnoj mreži;
 - mreža 10 kV: 14,5 kA (250 MVA);
 - mreža 20 kV: 14,5 kA (500 MVA);
 - mreža 35 kV: 12 kA (750 MVA).

Nadležna PD ED će dati stvarne vrednosti struja (snaga) trofaznog kratkog spoja na mestu priključenja na DS pre priključenja ME. Ove vrednosti su merodavne za ocenu delovanja ME na DS i ispunjenja uslova (kriterijuma) za priključenje.

- 3.5 U distributivnim mrežama tipizirana vrednost struje jednofaznog zemljospoja u uzemljenim mrežama 10 kV, 20 kV i 35 kV je 300 A.
- U mreži 20 kV i 35 kV struja jednofaznog zemljospoja može da bude i veća od 300 A, najviše do 1000 A, pod uslovima datim u TP-6: "*Uzemljenje neutralnih tačaka u elektrodistributivnim mrežama 110, 35, 20, 10 i 0,4 kV*".
- 3.6 Vreme beznaponske pauze kod primene automatskog ponovnog uključenja (APU) u distributivnoj mreži 10 kV, 20 kV i 35 kV iznosi najmanje 1 s.

4. Osnovni tehnički podaci o maloj elektrani (ME)

4.1 Ovom tehničkom preporukom su utvrđeni osnovni tehnički zahtevi koji treba da budu ispunjeni za priključenje ME instalisane aktivne snage do 10 MW na DS.

Broj i jedinična snaga sinhronih i asinhronih generatora u ME stvar je vlasnika elektrane i proizvođača generatora, ali se preporučuje da se za vrednosti naznačene prividne snage (S_{ng}) generatora veće od 40 kVA odaberu iz standardnog niza:

$S_{ng} = 40 \text{ kVA}; 63 \text{ kVA}; 100 \text{ kVA}; 125 \text{ kVA}; 160 \text{ kVA}; 250 \text{ kVA}; 315 \text{ kVA}; 400 \text{ kVA}; 630 \text{ kVA}; 1000 \text{ kVA}; 1250 \text{ kVA}; 1600 \text{ kVA}; 2500 \text{ kVA}; 3150 \text{ kVA}; 4000 \text{ kVA}$ i 6300 kVA.

4.2 U zavisnosti od snage ME, načina rada i udaljenosti korisnika, naznačeni napon generatora U_{ng} može da bude:

$U_{ng} = 0,42 \text{ kV}; 3,15 \text{ kV}; 6,3 \text{ kV}$ i 10,5 kV.

Kada se naznačeni napon generatora razlikuje od vrednosti nazivnog napona mreže iz tačke 3.1 na koju se priključuje, vlasnik ME je dužan da primenom međutransformacije uskladi napone i fazne stavove generatora sa vrednostima nazivnih napona u DS.

4.3 Nominalna vrijednost frekvencije izlaznog napona je 50 Hz. Oblik talasa napona generatora treba da je sinusni (IEC 60034-1) s faktorom oblika (*THD*) boljim od 5 % pod dodatnim uslovom da time ne prouzrokuje preveliki THD negdje drugo u mreži.

4.4 U ME se koriste sledeće vrste generatora:

- sinhroni generatori;
- asinhroni generatori;
- izvori sa pretvaračima izlaznog napona naznačene frekvencije 50 Hz.

4.5 Jedna mala elektrana (ME, mel) ili distribuirani izvor (DI) može imati više različitih generatora (GEN, g) priključenih na DS preko jednog rasklopnog postrojenja.

5. Osnovni tehnički zahtevi za priključenje male elektrane na distributivni sistem

5.1 Na DS može da se priključi ME:

- koja ispunjava tehničke uslove koji su utvrđeni u tačkama 5.3 do 5.14 ove preporuke;
- koja je opremljena zaštitnim i drugim uređajima kojima se štite generatori i druga oprema ME od oštećenja i havarija zbog kvarova u DS;
- koja ispunjava uslove date u odobrenju za priključenje,

Svaki DI koji se priključuje na DS Crne Gore na bilo kojem naponskom nivou, mora obavezno da je u saglasnosti sa svim EU direktivama koje su za tu vrstu DI relevantne. Saglasnost s direktivama na NN nivou za jedinice, kod kojih je nazivna struja manja ili jednaka 16 A po fazi iskazuje se sa CE markicom koja je podržana s izjavom o saglasnosti s EU direktivama. Za sve ostale DI na NN nivou i za sve DI na SN nivou umjesto CE markice može biti druga tehnička dokumentacija, koju isto tako podržava izjava o saglasnosti s EU direktivama.

5.2 U odnosu na DS, ME može da poseduje opremu za:

- paralelan rad sa DS, sa stalnom ili povremenom predajom električne energije u DS, bez mogućnosti ostrvskog rada;
- kombinovani rad: paralelan ili izolovani.

Nije dozvoljeno ostrvsko napajanje dela DS iz ME.

5.3 Za priključenje i bezbedan paralelan rad ME sa DS, ME mora da zadovolji sledeće kriterijume:

- dozvoljenog odstupanja (promene, varijacije) napona,
- snage kratkog spoja,
- flikera,
- dozvoljenih struja viših harmonika,
- dozvoljenog napona viših harmonika,
- bezbedne sinhronizacije,
- maksimalno dozvoljenog injektiranja jednosmerne struje,
- naponske nesimetrije,
- reaktivne snage ME.

Kriterijum snage kratkog spoja se proverava samo za ME instalisane snage preko 1 MVA. U Prilogu Preporuke dati su primeri proračuna za ocenu navedena kriterijuma.

5.4 Najveće dozvoljeno odstupanje (promena, varijacija) napona (Δu_m) na mestu priključenja na DS, u odnosu na vrednosti nazivnih napona iz tačke 3.1, u prelaznom režimu, pri uključenju na DS ili isključenju generatora iznosi:

Tabela 5.4: Dozvoljene varijacije napona

	Maksimalna odstupanje (promena) napona	Maksimalna učestanost odstupanje (promena) napona: jednom u
Niski napon	3 %	5 min.
Srednji napon	2 %	3 min.

Varijacije napona definišu se samo zbog mogućnosti uzrokovanja flikera u tranzientnim stanjima (zagon, sinhronizacija, ispad iz pune snage) generatora. Vrijednosti u tabeli odgovaraju jačini flikera $P_{st} = 0,8$ po standardnoj tabeli za pravougaone promjene napona (vidi IEC/EN 61000-4-15). Za samu analizu naponskih prilika u mreži ove varijacije napona nijesu bitne!

Dozvoljeno odstupanje (promena) napona (Δu_m) mogu biti procenjene preko sledeće formule:

$$\Delta u_m = k_{i,max} \cdot \frac{S_{ngm}}{S_{ks}} \quad (1)$$

đe je:

- $k_{max} = I_p/I_n$ - koeficijent određen količnikom maksimalne polazne struje I_p (struje uključenja) i naznačene struje I_n generatora.
- S_{ks} - snaga kratkog spoja u tački priključenja na DS
- S_{ngm} - naznačena prividna snaga generatorske jedinice koja će biti priključena na DS

Vrednost koeficijenta k_{imax} je kod niskog napona značajan kod priključenja vetrogeneratora i dobija se na osnovu sprovedenih testova od strane proizvođača generatora u ovlašćenoj instituciji.

Za naponske nivoe 10, 20 i 35 kV, primenjuje se sledeća aproksimacija za faktor $k_{j,max}$

- $k = 1$ za sinhronne generatore;
- $k = 1,5$ za asinhronne generatore sa finom regulacijom polazne struje do $1,5 I_n$;
- $k = 4$ za asinhronne generatore priključene na distributivnu mrežu u granicama +/- 5% sinhronne brzine;
- $k = 8$ za asinhronne generatore pokrenute kao asinhroni motor preko mreže i slučajeve kada polazna struja nije data.

U procesima kontinualnog uključivanja više generatora ponaosob, može se prouzrokovati stanje prilikom koga se prevazilaze vrednosti date u Tabeli 5.4. Stoga, se generatori moraju priključivati pojedinačno u vremenskim intervalima prema Tabeli 5.4 za slučaj angažovanja maksimalne prividne snage posmatrane generatorske jedinice. Ovi vremenski intervali mogu biti i kraći (40 s za niski napon i 12 s za 10, 20 i 35 kV naponski nivo) pod uslovom da se angažuje maksimum 50 % prividne snage posmatrane generatorske jedinice.

Ukoliko je na distributivnu mrežu priključeno više ME ukupna vrednost dozvoljenog odstupanja (promena) napona (Δu_m) prilikom simultanog uključivanja/isključivanja u bilo kojoj tački distributivne mreže, ne sme biti veća od 5 %.

U slučaju vetrogeneratora, pored kriterijuma koji uzima koeficijent k_{imax} neophodno je uzeti u razmatranje i kriterijum koji umesto pomenutog koeficijenta u istoj formuli uzima koeficijent promene napona $k_{u(\psi)}$ đe ψ predstavlja fazni ugao impedanse distributivne mreže. Njega daje proizvođač vetrogeneratora za uglove od 30°, 50°, 70° i 85°. Ukoliko se proračunom utvrdi vrednost ugla ψ koja odstupa od ovih vrednosti onda se u tom slučaju uzima vrednost koeficijent $k_{u(\psi)}$ dobijena linearnom aproksimacijom na osnovu vrednosti uglova ψ koje su najpribližnije datoj vrednosti i odgovarajućim vrednostima koeficijanta $k_{u(\psi)}$.

- 5.5 ME ukupne instalisane snage svih generatora $S_{mer} = \sum S_{ng}$ može da se u pogledu varijacija napona (flikera) priključi na DS bez štetnog delovanja, ako ispunjava uslov:

$$S_{mel} = \sum S_{ng} \leq \frac{S_{ks}}{500} \quad (2)$$

Dakle, ako je $S_{mel} \leq 0,2 \% S_{ks}$, u tom slučaju nije bitan način (redosled) priključenja pojedinih generatora na DS, niti je potreban dokaz da su zadovoljeni kriterijumi koji su dati u tački 5.4.

5.6 Kriterijum flikera se ocenjuje pomoću faktora smetnji (A_{fs}) ME, izazvanih flikером dugog trajanja (preko dva sata) i prvenstveno ima značaj kod elektrana na vetar i solarnih elektrana.

ME sa n generatora ukupne instalisane snage: $S_{mel} = \sum S_{ng}$ može da se priključi na DS ako je ispunjen uslov:

$$A_{it} = \left(c_{f_{mel}} \cdot \frac{S_{mel}}{S_{ks}} \right)^3 = \left(\frac{c_{f1}}{\sqrt{n}} \cdot \frac{S_{mel}}{S_{ks}} \right)^3 \leq 0,1. \quad (3)$$

$$P_{it} = c_{f_{mel}} \cdot \frac{S_{mel}}{S_{ks}} \leq 0,46. \quad (4)$$

đe je:

- A_{it} - dugotrajni faktor smetnji prozrokovanih flikерima;
- P_{it} - dugotrajni faktor brojnosti (emisije) flikera
- S_{mel} - ukupna instalisana snaga ME, u [MVA];
- S_{ng} - snaga jednog generatora, u [MVA];
- S_{ks} - snaga trofaznog kratkog spoja (stvarna vrednost) na mestu priključenja na DS, u [MVA];
- n - broj generatora u ME;
- $c_{f_{mel}}$ - koeficijent flikera ME sa "n" generatora;
- c_{f1} - koeficijent flikera ME sa jednim generatorom.

Koeficijent flikera c_f označava osobinu ME da proizvodi flikere. Vrednost koeficijenta flikera c_f daje proizvođač ME, odnosno ovlašćena nezavisna institucija, posebno za svaki generator i elektranu kao celinu, na osnovu atesta o tipskom ispitivanju ME koja ima iste ili slične karakteristike kao ME koja se gradi. Nakon završene gradnje ME i priključenja na DS, mora merenjem da se potvrdi da koeficijenti flikera c_{f1} (pojedinačno za svaki generator) i $c_{f_{mel}}$ (za celu ME) ne prelaze vrednosti koje su garantovane atestom o ispitivanju tipa. Merenje se vrši u realnim pogonskim uslovima, tako da se ne uzimaju u obzir prelazne pojave.

Kriterijum flikera je zadovoljen ako je $c_f < 20$. Ovaj uslov ispunjavaju generatori koje pokreću: vodena, parna ili gasna turbine. Kod elektrana na vetar je $c_f > 20$, a može da ima vrednost i do 40, pa je obavezan dokaz (atest) da ME zadovoljava kriterijum flikera dugog trajanja: $A_{it} < 0,1$, odnosno dokaz da priključenje ME na DS neće proizvesti štetno delovanje.

U slučaju vetrogeneratora, pored navedene formule koja definiše kriterijum dugotrajni faktor brojnosti (emisije) flikera kod projektiranja elektrane mora se izvršiti i provera ovog kriterijuma i prema sledećoj formuli:

$$P_{it} = \frac{8}{S_{ks}} \cdot \left(\sum_{i=1}^N N_{120i} \cdot (k_f \cdot S_{ng})^{3,2} \right)^{0,31}. \quad (5)$$

đe je:

- N - broj generatora u okviru ME
- N_{120i} - maksimalni broj prekidnih operacija i - te proizvodne jedinice u vremenskom intervalu od 120 min,
- K_f - faktor brojnosti (emisije) flikera koji daje proizvođač vetrogeneratora za fazne uglove impedanse distributivne mreže od 30°, 50°, 70° i 85°.

5.7 Kriterijum dozvoljenih struja viših harmonika se proverava pomoću izraza:

$$I_{vhdoz} = I_{vhs,v,\mu} \cdot S_{ks} \quad (6)$$

đe je:

- I_{vhdoz} - dozvoljena vrednost struje višeg harmonika na naponskom nivou generatora, u [A];
- $I_{vhs,v,\mu}$ - vrednost struje višeg harmonika/interharmonika koja je svedena na snagu kratkog spoja na mestu priključenja na DS, u [A/MVA];
- S_{ks} - snaga trofaznog kratkog spoja (stvarna vrednost) na mestu priključenja na DS, u [MVA].

U Tabeli 5.7a date su vrednosti struja viših harmonika svedenih na snagu kratkog spoja na mestu priključenja na DS.

Tabela 5.7a: Dozvoljene struje v -tog harmonika i μ -tog interharmonika svedenog na snagu kratkog spoja u tački priključenja ME na DS

Redni broj višeg harmonika [v]	[A / MVA]			
	Niski napon	10 kV	20 kV	35 kV
2	1,5	0,058	0,029	0,0163
3	4	/	/	/
4	0,47	0,019	0,009	0,005
5	1,5	0,058	0,029	0,0163
6	0,58	0,023	0,012	0,007
7	2	0,082	0,041	0,0231
8	0,2	0,008	0,004	0,002
9	0,7	/	/	/
10	0,36	0,014	0,007	0,004
11	1,3	0,052	0,026	0,0146
12	0,27	0,011	0,005	0,002
13	1	0,038	0,019	0,0111
14	0,17	0,007	0,003	0,002
16	0,15	0,006	0,003	0,002
17	0,55	0,022	0,011	0,006
18	0,12	0,005	0,002	0,001
19	0,45	0,018	0,009	0,0051
23	0,3	0,012	0,006	0,0034
25	0,25	0,010	0,005	0,0026
25 < v < 40*	0,25 • 25/ v	0,01 • 25/ v	0,005 • 25/ v	0,0026 • 25/ v
v = paran 18 < v	1,5/ v	0,06/ v	0,03/ v	0,0171/ v
μ < 40	1,5/ v	0,06/ μ	0,03/ μ	0,0171/ μ
μ > 40**	4,5/ v	0,18/ μ	0,09/ μ	0,0514/ μ

* neparan broj harmonika,

** za opseg modulacije pri frekvenciji od 200 Hz. Mereno u skladu sa EN 61000-4-7, Annex B

Ukoliko je nekoliko ME ili generatora priključeno na DS u istoj tački priključenja primenjuje se sledeća formula:

$$I_{vhdoz} = I_{vhs,v,\mu} \cdot S_{ks} \cdot \frac{S_i}{S_{gsum}} \quad (7)$$

đe je:

S_i - posmatrana ME/generator na mestu priključenja

$$S_{gsum} = \sum_{i=1}^n S_i - \text{suma svih ME/generatora na mestu priključenja}$$

Ukoliko je na nekoliko mesta u SN mreži došlo do priključenja ME, dozvoljena vrednost struja viših harmonika se izračunava prema formulama:

$$\text{za } v < 13, I_{vhdoz} = i_{vhs,v,\mu} \cdot S_{ks} \cdot \frac{S_{gsum}}{S_{net}} \quad (8)$$

$$\text{za } v > 13, I_{vhdoz} = i_{vhs,v,\mu} \cdot S_{ks} \cdot \sqrt{\frac{S_{gsum}}{S_{net}}} \quad (9)$$

đe je:

- S_{net} - prividna snaga transformatora u TS distributera preko koga se vrši isporuka električne energije od strane svih ME/generatora

Kriterijum dozvoljenih vrednosti napona viših harmonika se proverava prema tabeli 5.7b:

Tabela 5.7b: Dozvoljeni naponi v -tog harmonika i μ -tog interharmonika u tački priključenja ME na DS

Redni broj višeg harmonika [v]	Dozvoljen vrednosti napona viših harmonika za 10,20 i 35 kV mrežu (%)
5	0,5
7	1
11	1
13	0,85
17	0,65
19	0,6
23	0,5
25	0,4
$25 < v < 40^*$	0,4
$v = \text{paran}$	0,1
$\mu < 40$	0,1
$v,\mu > 40^{**}$	0,3

Ukoliko nisu ispunjeni prethodno navedeni kriterijumi, vlasnik ME treba da obezbedi atest o tipskom ispitivanju nekog drugog generatora koji ispunjava prethodno navedene kriterijume i koji ima iste ili slične karakteristike kao generator koji će se ugraditi u ME, ili da preduzme posebne zaštitne mere, kao na primer:

- ugradnja filtra za odgovarajući red višeg harmonika;
- priključenje ME u tački sa većom vrednošću snage kratkog spoja (priključenje na viši naponski nivo itd.).

Kod ME sa frekventnim pretvaračima treba ispitati i štetno delovanje ME na MTK uređaje te na uređaje PLC sistema sa stanovišta viših harmonika.

5.8 Ako se zbog priključenja ME poveća snaga (struja) trofaznog kratkog spoja iznad vrednosti za koju je dimenzionisana oprema u DS, treba da se primeni jedna ili više sledećih mera:

- ograničenje struja kratkog spoja u ME;
- zamena rasklopnih aparata i/ili druge opreme koja ne ispunjava zahteve s obzirom na snage (struje) kratkog spoja;
- promena mesta priključenja na DS, promena parametara priključnog voda itd.

ME instalisane snage do 1 MVA ne mogu da znatnije povećaju snagu kratkog spoja u DS, pa je provera kriterijuma snage kratkog spoja obavezna samo ako snaga ME prelazi 1 MVA.

5.9 Opseg dozvoljenih vrednosti napona u stacionarnom režimu na mestu priključenja dat je u tabeli:

Tabela 5.9. Opseg dozvoljenih vrednosti napona u stacionarnom režimu¹

Nazivni napon mreže (kV)	Minimalni napon u normalnom pogonu (kV)	Minimalni napon u poremećenom pogonu (kV)	Maksimalni napon u normalnom pogonu (kV)
35	31,5	31,5	38
20	19	18	21,4
10	9,5	9	10,7

U okviru normalnog pogona DS, veličina napona u bilo kojoj tački distributivne srednjenaponske mreže, prouzrokovana od strane svih ME koje su priključene ne sme izaći izvan granica definisanih prethodnom tabelom.

Ukoliko nije moguće izvršiti proračune tokova snaga i naponskih prilika za minimalni i maksimalni radni režim u DS, provera ovog kriterijuma se vrši po sledećoj formuli:

za režim u kojem ME troši reaktivnu snagu iz mreže ($\cos \varphi_{ind}$)

$$\Delta u_{aV} = \frac{S_{Amax} \cdot (R_{kV} \cdot \cos|\varphi| - X_{kV} \cdot \sin|\varphi|)}{U^2} \quad (10)$$

¹ Pravila o radu DS - poglavlje Planiranje razvoja DS

za režim u kojem ME injektira reaktivnu snagu u mrežu ($\cos \varphi_{caD}$)

$$\Delta u_{aV} = \frac{S_{Amax} \cdot (R_{kV} \cdot \cos|\varphi| + X_{kV} \cdot \sin|\varphi|)}{U^2} \quad (11)$$

đe je:

- S_{Amax} - maksimalna vrednost prividne snage ME
- R_{kV}, X_{kV} - ekvivalentni parametri distributivne mreže
- φ - fazni ugao napona i struje ME

Ako se za mrežnu analizu kod priključivanja DI na DS upotrijebi kompjuterski proračun uz pomoć detaljnoga modela mreže DS, onda proračun uz pomoć jednačina (10) i (11) nije potreban.

5.10 Ugradnjom odgovarajućih zaštitnih i drugih tehničkih uređaja u ME, treba obezbediti da priključenje ME na DS bude izvršeno samo ako je na svim faznim provodnicima prisutan napon mreže. Za priključenje se koristi spojni prekidač u rasklopnom postrojenju ME (tačka 6.6) ili izuzetno generatorski prekidač kod ME sa jednim generatorom snage do 63 kVA, pod uslovom da je to rešenje usaglašeno sa nadležnom ED pri izdavanju odobrenja za priključenje ME na DS.

Za priključenje sinhronog generatora na DS, potreban je uređaj koji treba da zadovolji sledeće uslove sinhronizacije:

Tabela 5.10. Uslovi sinhronizacije

Ukupna snaga generatora (kVA)	Razlika frekvencija (Δf , Hz)	Razlika napona (ΔV , %)	Razlika faznog ugla ($\Delta \varphi$, °)
0-500	0,3	10	20
500-1500	0,2	5	15
>1500	0,1	3	10

Sinhronizacija se vrši na generatorskom prekidaču ili / i na prekidaču na rastavnom mestu, ako je DI namjenjen i brezprekidnom napajanju opterećenja unutar mreže potrošača u primjeru nestanka napona sa strane DS.

- 5.11 Za priključenje asinhronog generatora na DS, koji se pokreće pomoću pogonskog agregata, potreban je uređaj koji obezbeđuje da se priključenje izvede između 95 % i 105 % od sinhronog broja obrtaja, bez napona.
- 5.12 Kod samopobudnih asinhronih generatora treba da se ispune svi uslovi koji su predviđeni za sinhronne generatore, tačka 5.10.
- 5.13 Kod ME koje se priključuju na DS preko invertora jednosmerna komponenta injektirane struje u distributivnu mrežu ne sme biti veća od 0,5 % od naznačene struje invertora (12). Za NN mrežu dodatni uslov je da jednosmjerna komponenta injektiranja u distributivnu mrežu ne smije biti veća od 1000 mA (12 i 13).

5.14 U pogledu naponske nesimetrije u NN mreži, ME se može priključiti monofazno (jednofazno) (L-N) na niskonaponsku mrežu s maksimalnom snagom do 3,7 kW. ME snage veće od 3,7 kW na NN mrežu DS uvijek se priključuju trofazno. Ako je dozvoljena snaga ME veća od 11 kW, nesimetrija snage u bilo koje vrijeme između bilo kojih dviju faza ne smije biti veća od 4,6 kW. Projektantu se savjetuje da kod projektovanja daje prednost varijantama s manjim brojem većih trofaznih jedinica pred većim brojem manjih, po mogućnosti jednofaznih jedinica. To je problem naročito kod fotovoltaičnih ME s inverterima. Veće trofazne jedinice, naime, lakše održavaju kvalitet napona u granicama propisanim ovom Preporukom.

Priključenje na SN mrežu DS uvijek je trofazno.

6. Osnovni tehnički zahtevi za izvođenje priključka ME

6.1 ME se povezuje sa DS samo preko jednog priključka. Priključak ME je monofazni ili trofazni.

6.2 ME se može priključiti jednofazno (L1-N) na niskonaponsku mrežu s maksimalnom snagom do 3,7 kW. ME snage veće od 3,7 kW na NN mrežu DS uvijek se priključuju trofazno.

6.3 Priključak ME se dimenzioniše i izvodi prema nazivnom naponu mreže i maksimalnom jednovremenom opterećenju ME.

6.4 Priključak ME se sastoji od:

- priključnog voda, tačka 6.5;
- rasklopnih aparata i druge opreme u rasklopnom postrojenju ME, tačka 6.6;
- rasklopnih aparata i druge opreme na mestu priključenja na DS, tačka 6.7;
- opreme i uređaja za merno mesto, poglavlje 7.

6.5 Priključni vod može da bude kablovski ili nadzemni.

Izbor tipa kabla, polaganje, spajanje i dozvoljeno strujno opterećenje kablovskog voda vrši se prema TP-3.

- Tip NN kabla: PP00-ASJ ili XP00-ASJ ili odgovarajući ekvivalent.
- Tip SN kabla: XHE 49-A ili odgovarajući ekvivalent.
- SN kabl tipa XHE 49-A koristi se i za izvođenje kablovskog priključka SN rasklopnog postrojenja na nadzemni priključni vod sa alučeličnim ili slaboizolovanim provodnicima.

Izbor vrste (tipa) nadzemnog voda, montaža, spajanje i dozvoljeno strujno opterećenje nadzemnog voda vrši se prema TP-8, TP-10 i TP-14.

Za izvođenje nadzemnog NN priključka koristi se isključivo NN SKS tipa X00/O-A ili odgovarajući ekvivalent.

Za izvođenje nadzemnog SN priključka može da se koristi:

- SN SKS tipa XHE 48/O-A ili odgovarajući ekvivalent;
- SN nadzemni vod izveden alučeličnim provodnicima;
- SN nadzemni vod izveden slaboizolovanim provodnicima.

6.6 Rasklopni aparati, merna, zaštitna i druga oprema u rasklopnom postrojenju ME su elementi rasklopne aparature u izvodnom polju (ćeliji) priključnog voda u objektu ME.

Glavni elementi ovog dela rasklopne aparature su:

- prekidač (spojni prekidač);
- merni transformatori za zaštitu, kao i za merenje predate i primljene električne energije ako je predviđeno merenje u ME.

Ova oprema mora u svakom momentu da bude pristupačna za ovlašćenog predstavnika nadležne ED.

Prekidač (spojni prekidač) služi za:

- spajanje (povezivanje) ME sa DS;
- automatsko odvajanje ME od DS zbog kvarova i poremećaja u DS (kratak spoj, zemljospoj, promena napona i/ili promena frekvencije), delovanjem sistemske zaštite (tačka 8.2) ili zaštite priključnog voda (tačka 8.3);
- odvajanje ME od DS zbog izvođenja radova, remonata, prelaska na izolovani rad ME itd.

Tehničke karakteristike SN prekidača (MEST IEC 60265):

- Vrsta prekidača i sredstvo za gašenje električnog luka: vakuumski ili SF6.
- Naznačena struja: najmanje 630 A.
- Naznačena simetrična struja (snaga) prekidanja:
 - prekidač 10 kV: najmanje 20 kA (350 MVA);
 - prekidač 20 kV: najmanje 20 kA (700 MVA);
 - prekidač 35 kV: najmanje 25 kA (1500 MVA).

Tehničke karakteristike NN prekidača su definisane (MEST IEC 947-2):

- Naznačeni napon: 400 V.
- Naznačena trajna struja:
 - 250 A za snagu ME do 100 kVA;
 - 500 A za snagu ME 160 kVA ili 250 kVA;
 - 800 A za snagu ME 400 kVA.
- Okidači:
 - naponski: za automatsko odvajanje rasklopne aparature ME od DS delovanjem sistemske zaštite u ME, tačka 8.2;
 - strujni: kratkospojni (elektromagnetni) i termički, kao zaštita NN priključnog voda, tačka 8.3.

Merni transformatori (MEST IEC 60044-1):

Tehničke karakteristike SN strujnih transformatora:

- Naznačeni odnos transformacije:
 - naznačena struja primarnog jezgra: prema snazi ME;
 - naznačena struja sekundarnog jezgra: 5 A.
- Opterećenje:
- I merni namotaj: snaga 15 VA, klasa 0,5 Fs = 5;
- II zaštitni namotaj: snaga 15 VA, klasa 5P 10.

Tehničke karakteristike NN strujnih transformatora:

- Naznačeni napon: 400 V.
- Naznačeni odnos transformacije:
 - naznačena struja primarnog jezgra: prema snazi ME;
 - naznačena struja sekundarnog jezgra: 5 A.
- Opterećenje: snaga 15 VA, klasa 0,5 Fs = 5;

- Naznačeni prenosni odnos: $\frac{10(20, 35)}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{3} \text{ kV} .$

- Opterećenje:
 - Tehničke karakteristike SN naponskih transformatora (MEST IEC 60044-2):
 - I merni namotaj: snaga 20 VA, klasa 0,5;
 - II zaštitni namotaj (za uzemljenu mrežu): snaga 90 VA, klasa 1/3P.

6.7 Rasklopni aparati, merna, zaštitna i druga oprema koji čine priključak na mestu priključenja na DS su elementi rasklopne aparature u distributivnoj TS u izvodnom polju (ćeliji) priključnog voda za ME ili na mreži Ed.

- Ako se priključak ME na SN mrežu ED izvodi preko sabirnica "X" kV u distributivnoj TS 110/X kV ili TS 35/ X kV (sl.13.4), ili RP X kV (X = 35 kV, 20 kV, 10 kV), postojećeg, kao i RP koje se formira za potrebe priključenja, sadržaj i karakteristike opreme u izvodnoj ćeliji za ME (prekidač, zaštitni uređaji itd.) su isti kao i za druge izvodne ćelije u TS, s tim što se u izvodnoj ćeliji za ME nalazi i merno mesto, tako da se merni uređaji biraju prema poglavlju 7, a merni transformatori prema tački 6.3. Merna grupa (merni slog), tačka 7.4, montira se u odeljak za niskonaponsku opremu izvodne ćelije rasklopne aparature (TP-12).
- Ako se priključak ME na SN mrežu ED izvodi preko sabirnica 10(20) kV u distributivnoj TS 10(20)/0,4 kV (sl.13.3), izvodna ćelija 10(20) kV za ME je sastavni deo prefabrikovanog SF6 rasklopnog bloka u kome tropoložajni rasklopni aparat objedinjuje funkciju sklopke-rastavljača i zemljospojnika (TP-1a).
- Ako se priključak ME na NN mrežu ED izvodi preko sabirnica 0,4 kV u distributivnoj TS 10(20)/0,4 kV (sl.13.1), ili preko razvodnog ormana u NN mreži, izvodno polje za ME se oprema visokoučinskim osiguračima, ili sklopkom-rastavljačem sa visokoučinskim osiguračima, ili sa prekidačem.
- Izuzetno, nadležna ED može da odobri da se ME direktno (kruto) priključi na SN ili NN mrežu ED, i to:
 - na mrežu 10 kV ili 20 kV: ME instalisane snage do 160 kVA, pod uslovom da se priključak na nadzemnu mrežu 10 kV (20 kV) izvede preko sklopke-rastavljača na stubu (TP-2b), sl.13.2.
 - na NN mrežu ED: ME instalisane snage do 63 kVA, ako dužina priključnog NN voda ne prelazi 100 m.

7. Tehnički zahtevi za merno mesto

7.1 Kada se ME priključuje na SN mrežu ED, merno mesto se nalazi:

- u elektroenergetskom objektu mreže ED, ako se priključak na mrežu ED izvodi prema tački 6.7.;
- u elektroenergetskom objektu mreže ED, ako se priključak na mrežu ED izvodi prema tački 6.7., ali nadležna ED može za ME instalisane snage do 250 kVA da odobri da merno mesto bude u objektu ME;
- u objektu ME (na mestu priključenja ME) ako se priključak na SN mrežu ED izvodi prema tački 6.7.
- ako se ME priključuje direktno na NN mrežu ED prema tački 6.7., merno mesto je u objektu ME.

7.2 U zavisnosti od snage ME i naponskog nivoa na kom se priključuje na distributivnu mrežu, za merenje proizvedene i isporučene električne energije iz ME i/ili preuzete električne energije iz distributivne mreže za sopstvene potrebe ME, upotrebljavljju se:

- jednofazna (dvožično priključenje) ili trofazna trosistemska (četvorožično priključenje) višefunkcijska elektronska (statička) brojila za direktno merenje na niskom naponu
- trofazna trosistemska (četvorožično priključenje) višefunkcijska elektronska (statička) brojila brojila za poluindirektno merenje na niskom naponu
- trofazna trosistemska (četvorožično priključenje) višefunkcijska elektronska (statička) brojila za indirektno merenje na naponskom nivou 10 kV, 20 kV, 35 kV

7.3 Brojila, uređaji za tarifiranje i merni transformatori moraju da:

- su klase tačnosti u skladu sa metrološkim uslovima;
- imaju atest o tipskom ispitivanju ovlašćene nezavisne institucije kao i da su komadno ispitani i podešeni (žig o baždarenju).

7.4 Osnovne tehničke karakteristike i funkcionalni zahtevi višefunkcijskog elektronskog (statičkog) brojila su:

- merenje aktivne i reaktivne energije u dva smera, maksimalne aktivne srednje 15-minutne snage u dva smera (A+, A -, R+, R -,P+,P-,Q+,Q-)
- tarifni registri obračunskih veličina su zasebni, bez međusobnog uticaja
- upravljanje tarifnim registrima realizuje se pomoću uređaja integrisanog u brojilu.
- naznačeni napon kod direktnog i poluindirektnog merenja: 1h230 V; 3x230/400 V;
- naznačeni napon kod indirektnog merenja: 3x100/58 V;
- naznačena - maksimalna struja za direktno merenje: 5(60) A;
- naznačena - maksimalna struja za poluindirektno i indirektno merenje: 5(6) A;

Klase tačnosti brojila - merne grupe date su u tabeli Tab. 7..

Tab. 7.4: Klase tačnosti brojila - merne grupe

Klasa tačnosti brojila

	Merenje aktivne energije	Merenje reaktivne energije	Merenje snage
Direktno merenje aktivne energije, reaktivne energije i vršnog opterećenja	1,0	3,0	1,0
Poluindirektno i indirektno merenje aktivne energije, reaktivne energije i vršnog opterećenja (godišnji protok aktivne energije do 10 GWh)	0,5	3,0	0,5
Indirektno merenje aktivne energije, reaktivne energije i vršnog opterećenja (godišnji protok aktivne energije preko 10 GWh)	0,2	3,0	0,2

- broj tarifa: u skladu sa važećim tarifnim sistemom;
- prikaz veličina: merene i registrovane veličine prikazuju se ciklično, na LC displeju, u formi OBIS kodova, sa adekvatnim brojem celih i decimalnih mesta;
- impulsni izlazi: brojilo mora da ima minimalno četiri impulsna izlaza. Obavezno je da dva budu optička (preko LED diode), a ostali električni;
- maksimalna snaga: brojila mere, registruju i prikazuju, prema zahtevima određenim tarifnim sistemom, maksimalnu aktivnu srednju snagu u okvirima; klase tačnosti u oba smera i u obe tarife.
- aktivna energija: brojila mere, registruju i prikazuju aktivnu energiju u okvirima klase tačnosti u oba smera i u obe tarife.
- reaktivna energija: brojila mere, registruju i prikazuju reaktivnu energiju u sva četiri kvadranta, u okvirima klase tačnosti u oba smera i u obe tarife.
- merenje struje: brojila mere i prikazuju struje po svakoj fazi, bez obaveze da to bude u klasi tačnosti.
- prisustvo faza: brojilo ima prikaz prisustva faznog napona na priključenim provodnicima.
- trenutna tarifa: brojilo ima kontinuirani prikaz trenutno aktivnog tarifnog registra, bez obzira koji je način njegovog prikaza.
- integritet merenja: brojila imaju realizovanu funkciju evidentiranja i pamćenja narušavanja integriteta merenja (otvaranje poklopca priključnice, promene u napajanju, izmenu parametara i sl.)
- zaptivenost kućišta: prema IEC 529, IP52.
- brojilo omogućuje registrovanje profila opterećenja u intervalima od 15 min. Za period do 60 dana za aktivnu i za reaktivnu 15-minutnu srednju snagu.
- mereni podaci: aktivna energija, reaktivna energija, maksimalna aktivna srednja 15-minutna snaga, u oba smera, čuvaju se u periodu ne kraćem od 12 obračunskih perioda, po pravilu 12 meseci. Kada započne novi ciklus, mora biti obezbeđen prostor za novi memorijski blok, tako da briše prvi-najstariji u nizu registra.
- upravljanje tarifnim registrima realizuje se pomoću uređaja integrisanog u brojilo.

7.5 Komunikacija

Merni uređaji moraju posedovati mogućnost dvosmerne komunikacije. Komunikacija treba da omogući lokalnu i eksternu komunikaciju između brojila i različitih uređaja (ručni terminali, komunikatori, registratori, koncentratori podataka itd.).

7.5.1 Lokalna komunikacija

Lokalna komunikacija treba da je realizovana kao:

Tab. 7.5: Način realizacije lokalne komunikacije

Optički interfejs:	IR port	Protokol definiše ODS u postupku izdavanju Rešenja o odobrenju za priključenje
Električni interfejs:	RS485	Protokol definiše ODS u postupku izdavanju Rešenja o odobrenju za priključenje

Terminali za povezivanje električnog komunikacionog interfejsa sa interfejsima drugih uređaja treba da budu izvedeni posebnim konektorom smeštenim u priključnici brojila.

Električni interfejs je pasivan, odnosno izvor napona treba da se nalazi u komunikacionim uređajima koji se povezuju sa brojilom.

7.5.2 Eksterna komunikacija

Ukoliko merni uređaji imaju realizovanu eksternu komunikaciju, tada ona mora biti izvedena modularno, tako što je odgovarajući modul ugrađen u brojilo (interni modul). Isto se može ostvariti i preko realizovanog interfejsa (RS 485) i ugradnjom modema DLC (opciono i drugih komunikatora) za komunikaciju. Moduli za eksternu komunikaciju, ako ih ima, mora da koriste komunikacioni protokol koji definiše ODS u postupku izdavanju Rešenja o odobrenju za priključenje.

7.6 Tehničke karakteristike mernih transformatora date su u tački 6.6.. U sekundarna kola mernih transformatora ne sme da bude priključen ni jedan instrument ili uređaj, osim brojila.

7.7 Daljinsko očitavanje

Brojila moraju biti pripremljena za daljinsko očitavanje. Podaci sa brojila se daljinski očitavaju i prikupljaju u Centru. Za prenos podataka od brojila do Centra koristi se prenosni put koji definiše ODS. U Centru je omogućen nadzor – daljinsko očitavanje potrošnje za obračun, daljinsko očitavanje merenih veličina na zahtev bilo kada u toku dana, praćenje opterećenja, praćenje događaja na mernom mestu, memorisanje izmerenih veličina u bazu podataka, pregled očitanih podataka, izrada potrebnih izveštaja, izdavanje računa itd.

7.8 Posebni zahtevi za izvođenje mernog mesta za poluindirektno merenje u objektu ME:

Ako se ME priključuje direktno na NN mrežu ED, mesto merenja se nalazi u objektu ME kao deo rasklopne aparature u okviru izvodnog polja (ćelije) priključnog NN voda. U tom slučaju:

- Brojila se priključuju preko NN strujnih mernih transformatora. Brojila i strujni merni transformatori se montiraju u merno razvodni orman (MRO), koji se sastoji od priključnog i mernog prostora.
- MRO se montira u zid ili na zid, postavljen na pristupačnom i osvetljenom mestu. Kućište MRO-a izrađuje se od čeličnog lima debljine 1,5 mm, aluminijuma ili nekog sintetičkog materijala koji ima potrebnu mehaničku čvrstoću.
- Na vratima MRO-a, u visini LC displeja brojila, nalazi se otvor sa providnim (sigurnosnim) staklom za očitavanje brojila.

Sadržaj opreme u priključnom (donjem) prostoru MRO-a:

- tri strujna transformatora, čije karakteristike su date u tački 6.6.;
- tri prekidača naznačene struje 6 A za naponska kola brojila;
- redne stezaljke za provodnike preseka 16 mm².

Priključni prostor MRO-a mora da ima poseban poklopac od čeličnog lima debljine 1,5 mm, sa mogućnošću plombiranja na dva dijagonalna zavrtnja, tako da je pristup strujnim transformatorima i ostaloj opremi unutar priključnog prostora moguć samo posle demontaže poklopca.

Ako se ME priključuje na SN distributivnu mrežu, merna oprema za indirektno merenje (brojilo i merni transformatori) montiraju se na način definisan u tački 6.7

7.9 Ako se merno mesto nalazi u objektu ME, nadležna ED ima pravo na nadoknadu troškova zbog gubitaka električne energije u priključnom vodu između mesta merenja i tačke napajanja mreže ED. Količina izgubljene električne energije proračunava se i sporazumno utvrđuje na osnovu maksimalne srednje snage koju ME predaje u mrežu ED i parametara priključnog voda (dužina, tip i presek voda).

8. Zaštita generatora i priključnog voda male elektrane

8.1 Ovom tačkom se utvrđuju osnovni zahtevi za izbor uređaja za zaštitu generatora i elemenata rasklopne aparature ME od mogućih havarija i oštećenja usled kvarova i poremećaja u DS (kratak spoj, zemljospoj, promena napona i/ili promena frekvencije), u uslovima paralelnog rada.

Obuhvaćene su sledeće zaštite:

- sistemska zaštita, tačka 8.2;
- zaštita priključnog voda, tačka 8.3.

Delovanjem ovih zaštita, mora na spojnom prekidaču da se automatski prekine paralelan rad generatora sa DS.

Ako ME ima mogućnost rada izolovanoga od DS a razlog rada zaštite na rastavnom mjestu bili su $U <$, $U >$, $f <$ ili $f >$ uslovi, tada se na rastavnom mjestu ME odvoji od DS i može (po želji investitora) početi raditi izolovano od DS-a. Nakon ponovnog postizanja U i f zaštitnih uslova za ponovni rad ME u DS na rasklopnom mjestu, po želji investitora, ME se može resinhronizovati u DS bilo na rastavnom mjestu ili na generatorskome prekidaču, u zavisnosti od toga u kojem je stanju generator (su generatori) u ME.

Automatski restart DI nakon rada U ili f zaštite ne smije da se uradi prije:

- 3 minute kod rotirajućih strojeva i
- 20 sekundi kod invertorskih sustava.

Sve to vrijeme nijedna zaštita DI ne smije biti aktivna ili se aktivirati.

Ako je bio razlog rada zaštite strujni ($I >$ ili $I >>$), onda generator u kvaru mora početi havarijsko zaustavljanje. Nakon toga ponovni rad ME na DS mora biti blokiran do intervencije ODS.

Ovom preporukom nisu obuhvaćene sledeće zaštite:

- zaštita od unutrašnjih kvarova generatora;
- zaštita turbine;
- zaštita energetskih transformatora u ME;
- zaštita od atmosferskih prenapona u ME;
- zaštita od kvarova (kratak spoj, zemljospoj) na elementima rasklopne aparature i uelektričnim instalacijama male elektrane.

8.2 Sistemska zaštita se sastoji od:

- naponske zaštite, koja reaguje na poremećaj ravnoteže između proizvodnje i potrošnje reaktivne energije;
- frekventne zaštite, koja reaguje na poremećaj ravnoteže između proizvodnje i potrošnje aktivne energije.

Naponska zaštita se sastoji od:

- nadnaponske zaštite ($U >$) koju čini trofazni (ili jednofazni za monofazna postrojenja) naponski rele najmanjeg opsega podešavanja (0,9 - 1,2) U_{ng} , koja reaguje sa vremenskom zadržkom najmanjeg opsega podešavanja (0,2 - 3) s;

- podnaponske zaštite ($U <$) koju čini trofazni (ili jednofazni za monofazna postrojenja) naponski rele najmanjeg opsega podešavanja (1,0 - 0,7) U_{ng} , koja reaguje sa vremenskom zadržkom najmanjeg opsega podešavanja (0,2 - 3) s.

Frekventna zaštita se sastoji od:

- nadfrekventne zaštite ($f >$) koju čini monofazni frekventni rele najmanjeg opsega podešavanja (49 - 52) Hz, koja reaguje sa vremenskom zadržkom najmanjeg opsega podešavanja (0,2 - 3) s;
- podfrekventne zaštite ($f <$) koju čini monofazni frekventni rele najmanjeg opsega podešavanja (51 - 48) Hz, koja reaguje sa vremenskom zadržkom najmanjeg opsega podešavanja (0,2 - 3) s.

Frekventni rele treba da bude sa funkcijom brzine promene frekvencije u intervalu 10 mHz.

Obe zaštite mogu da budu realizovane preko jednog uređaja (relea) koji ispunjava prethodne zahteve ($f >$ i $f <$).

Frekventna zaštita može da se realizuje i tako da se ova funkcija integriše sa nekom drugom zaštitom ili funkcijom, na primer: sa zaštitom priključnog voda, u okviru funkcije upravljanja invertora kod generatora koji su priključeni preko invertora itd.

8.3 Zaštita priključnog voda:

- Zaštita SN priključnog voda je prekostrujna i zemljospojna, izvedena prema TP-4a1.
- Zaštita SN priključnog voda u ME je prekostrujna i izvodi se prema tački 8.3.,
- Zaštita SN priključnog voda u rasklopnom postrojenju DS je prekostrujna (tačka 8.3.) i zemljospojna (tačka 8.3.), ako se priključak izvodi prema tački 6.4..
- Prekostrujna zaštita je trofazna maksimalna strujna vremenski nezavisna zaštita, koja reaguje:
- sa vremenskom zadržkom pri strujnim opterećenjima koja prelaze vrednosti dozvoljenih strujnih opterećenja priključnog voda (TP-14a) - prekostrujna zaštita $I >$;
- trenutno pri bliskim kratkim spojevima - kratkospojna zaštita $I >>$.
- Merni relei prekostrujne zaštite su za naznačenu struju 5 A i za najmanji opseg podešavanja:
- (3 - 9) A za prekostrujnu zaštitu $I >$;
- (20 - 50) A za kratkospojnu zaštitu $I >>$.
- Najmanji opseg podešavanja vremenske zadržke prekostrujne zaštite $I >$ treba da bude (0,2 - 3) s.

Zemljospojna zaštita je homopolarna zaštita, čije izvođenje zavisi od načina uzemljenja neutralne tačke SN mreže (TP-6):

- ako je neutralna tačka SN mreže uzemljena preko niskoomske impedanse, primenjuje se monofazna maksimalna strujna vremenski nezavisna zaštita $I_0 >$, čiji merni rele je za naznačenu struju $I_n = 5$ A, najmanjeg opsega podešavanja (0,5 - 2,5) A. Zaštita treba da reaguje sa vremenskom zadržkom najmanjeg opsega podešavanja (0,2 - 3) s.
- ako je neutralna tačka SN mreže izolovana, zemljospojna zaštita zavisi od veličine kapacitivne struje zemljospoja galvanski povezane mreže i izvodi se prema tački 1.4 TP-4a1.

Zaštita NN priključnog voda u ME: prekostrujna, preko kratkospojnog (elektromagnetnog) i termičkog okidača NN prekidača, tačka 6.3.

- 8.4 U ME se koriste mikroprocesorski (digitalni) zaštitni uređaji, kao samostalni relei ili u okviru sistema integrisane zaštite i upravljanja ME. Međutim, sva zaštitna oprema mora da radi nezavisno od rada sistema upravljanja i sistema komunikacije u okviru ME.
- 8.5 Pravilo iz tačke 8.4. ne primenjuje se za ME nazivne snage do 30 kW koje koriste invertore za proizvodnju električne energije.
- 8.6 Za ME nazivne snage do 30 kW, naponske i frekventne zaštite mogu biti integrisane u okviru invertora i tom slučaju uključanje/isključanje sa distributivne mreže može biti izvedeno od strane invertora. U tom slučaju, između invertora i mreže mora postojati rastavni element čija funkcija

automatskog uključanja/isključanja mora biti usaglašena sa proradom integrisanih invertorskih zaštita. Pored automatske funkcije uključanja/isključanja rastavni element mora da ima i mogućnost manuelnog uključanja/isključanja.

- 8.7 Status rastavnog elementa (uključen/isključen) mora biti jasno vidljiv i dostupan distributeru.
- 8.8 Proizvođač invertora mora imati sertifikate i ateste koji se odnose na podešenje napona i frekvencije u okviru zahtevane naponske i frekventne zaštite.
- 8.9 Za sve vrste ME važi da moraju imati preklopnik u rasklopnom postrojenju ME. To je signalni preklopnik koji je isključivo pod nadzorom ODS i sa kojim ODS može isključiti ME sa DS. Osiguranje preklopnika (pod ključem isključivo ODS) analogno je osiguranju glavnih osigurača postrojenja korisnika DS. ODS ovaj preklopnik upotrebljava u slučaju da treba isključiti ME sa DS. Stavljanjem preklopnika iz pozicije „1 (ON)“ u poziciju „0 (OFF)“, rad ME paralelno s DS nije moguć.
- 8.10 Kod djelovanja strujnih zaštita na rasklopnom mjestu ME, rad ME na DS nije moguć sve dok ODS s preklapanjem preklopnika u redosljedu „1“ → „0“ → „1“ ne kvitira zaštite (u primjeru digitalne zaštite, koja ima to mogućnost) ili promijeni osigurače u primjeru takve zaštite.
- 8.11 Treba naglasiti da nakon kvitiranja zaštite ili promjene osigurača na rasklopnom mjestu, ODS samo daje potreban uslov, da se investitor može ponovo priključiti na DS. Odgovornost i posljedice ponovnog uključanja u svakom slučaju na strani su investitora.
- 8.12 Mikroprocesorski zaštitni uređaj (rele) mora da:
- bude neosetljiv na prelazne režime;
 - ima visok nivo samodijagnostike, ali kvar u zaštitnom uređaju ne sme da izazove proradu zaštite;
 - ima ugrađenu funkciju registrovanja i pamćenja najmanje tri događaja (kvara);
 - ima mogućnost ispitivanja i podešavanja preko tastature i displeja na uređaju, kao i preko prenosnog računara i serijskog priključka;
 - ima metalno kućište osigurano od prodora prašine i vlage IP 51 (IEC 529).

U prostorijama u kojima se nalaze uređaji zaštite, temperatura ne sme da bude manja od - 5°C i veća od + 55°C mora da se spreči kondenzacija vlage (IEC 57).

- 8.13 Posebni tehnički zahtevi kod primene automatskog ponovnog uključanja (APU) u DS:
- Na izvodima nadzemnih i mešovutih vodova "X" kV (X = 35 kV, 20 kV, i 10 kV) u TS 110/X kV i TS 35/10 kV uobičajeno se koristi trolpolno automatsko ponovno uključanja (APU) prekidača sa dva pokušaja (TP-4v): u prvom pokušaju brzo APU sa beznaponskom pauzom 1 s, a u drugom pokušaju sporo APU sa beznaponskom pauzom preko 15 s. Ukoliko se ME priključuje na takve vodove, odnosno postrojenja, moraju da se preduzmu mere da se isključi mogućnost priključenja ME na povratni napon iz DS bez sinhronizma na primer: blokadom rada APU-a sve dok na priključnom vodu za ME ima napona, korišćenjem APU-a sa jednim pokušajem (neodgovarajući termin) sa beznaponskom pauzom 10 s itd.
- 8.14 Ispitivanja zaštitnih uređaja vrše se prema standardu IEC 255. Ispitivanja se vrše kod proizvođača i na objektu (u ME).
- Kod proizvođača se vrše tipska i komadna ispitivanja, o čemu se prilažu odgovarajući atesti i prateća dokumentacija o dokazu kvaliteta.
- Na objektu (u ME) vrši se provera funkcija kompletne zaštite, automatike i upravljanja. Vršiti se primarno ispitivanje (zajedno sa mernim transformatorima) i sekundarno ispitivanje (samo zaštitni uređaji, sa probom delovanja na isključenje spojnog i/ili generatorskog prekidača).
- Primarno ispitivanje zaštite obavezno se vrši pre prvog priključenja ME na DS. Primarno ispitivanje zaštite može po potrebi da se vrši i u eksploataciji, na primer posle zamene strujnog transformatora. Sekundarno ispitivanje zaštite vrši se najmanje jedanput godišnje.

O rezultatima ispitivanja i podešavanja zaštitnih uređaja radi se odgovarajući dokument (protokol).

8.15 Trofazni generatori kod paralelnog rada sa DS moraju imati obavezno izolovanu nultu tačku. A kod prelazaka na izolovani rad, nultu tačku treba automatski spojiti na zemlju zbog mogućnosti detekcije I_0 kvarne struje.

8.16 Standardno podešavanje zaštite na rasklopnome mjestu za sve generatore je u tabelama Tab. i **Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.** 8.16.b. Tabela Tab. 8.16.a važi ako ME ima samo jednostepensku zaštitu a tabela 8.16.b važi ako ima ME mogućnost dvostepenske zaštite. U tabeli 8.16.b drugi stepen zaštite može se podesiti na bilo koju vrijednost u navedenoj zoni.

Tab. 8.16.a: Standardno podešenje naponske i frekvencijske zaštite na rasklopnom mjestu ME u slučaju jednostepenske zaštite

Parametar	Najveće dozvoljeno ukupno vreme rada zaštite (s)	Podešenje
Nadnaponska zaštita	0,2	$U_n + 11 \%$
Podnaponska zaštita	0,2	$U_n - 15 \%$
Nadfrekventna zaštita	0,2	51 Hz
Podfrekventna zaštita	0,2	48 Hz

8.16.b: Standardno podešenje naponske i frekvencijske zaštite na rasklopnom mjestu ME u slučaju dvostepenske zaštite

Parametar	Najveće dozvoljeno ukupno vreme rada zaštite (s)	Podešenje
Nadnaponska zaštita (2. stepen)	0,2	$U_n + 11 \% \dots + 15 \%$
Nadnaponska zaštita (1. stepen)	1,5	$U_n + 11 \%$
Podnaponska zaštita (1. stepen)	1,5	$U_n - 15 \%$
Podnaponska zaštita (2. stepen)	0,2	$U_n - 15 \% \dots - 30 \%$
Nadfrekventna zaštita	0,2	51 Hz
Podfrekventna zaštita	0,2	48 Hz

Parametri zaštite podešeni su tako da omogućavaju rad ME u mreži DS, ako postoje naponski i frekvencijski uslovi za to. Ako nema uslova za rad ME u DS, onda se ME isključi sa DS i može (ako je investitor zainteresovan za to) da radi izolovano u mreži investitora sve do trenutka kada su opet dati uslovi (naponski i frekvencijski) za rad ME paralelno sa DS. Standardno se zaštita podešava dvostepenski. Ako ME nema mogućnost dvostepenske, nego samo jednostepenske zaštite, onda treba zaštitu podesiti prema tabeli 8.1. Zaštita omogućava da ME ne prestane raditi paralelno s mrežom ako ima kvarova u paralelnim vodovima (to znači ne u vodu koji napaja ME) ali omogućava

brzo razdvajanje ME od DS, kad ima kvarova u vodu, koji napaja ME (granica $U_n - 15\% \dots - 30\%$). Kada u sistemu dođe do previsokog napona, ME više ne smije raditi paralelno s DS, jer bi time mogla oštetiti potrošače (granica $U_n + 11\% \dots + 15\%$). Kada u sistemu dođe do porasta frekvencije (ostrvski rad djela DS), onda se kod frekvencije 51 Hz ME razdvajaju od DS, kako bi pomogle smanjiti sistemsku frekvenciju. A kada u sistemu dođe do upada frekvencije (bilo zbog ostrvskog rada dijela DS ili problema u UCTE mreži), onda se ME razdvajaju od DS tek kod frekvencije 48 Hz, kako bi što duže mogle pomoći sistemu u stanju, kada zbog manjka radne snage u mreži frekvencija opada.

8.17 ODS može u posebnim situacijama zahtijevati nestandardno podešavanje zaštite na rasklopnome mjestu.

8.18 Ako će DI biti priključen na mrežu DS samo zbog obezbjeđivanja sigurnosti snabdijevanja osjetljivog potrošača i njegova uloga nije isporuka radne snage u DS nego podrška potrošaču, ili će uloga DI biti samo smanjenje uizimanja radne snage nekog potrošača iz DS, takav DI se na DS može priključiti po promijenjenim pravilima za priključenje:

- DI ne dobija nadoknadu za isporučenu radnu snagu u DS.
- Za DI ne važe karakteristike reaktivne snage iz Preporuke.
- DI mora raditi tako (radna snaga, reaktivna snaga, smetnje po vodiču i svi ostali parametri rada) da su obezbijeđeni uslovi iz saglasnosti za priključenje potrošača, u čijoj mreži DI radi, na mjestu priključenja potrošača na DS. Odgovornost za definisanje uslova za rad DI, koji će voditi računa o svim tim okolnostima, na strani je projektanta DI.
- DI ne smije plasirati radnu snagu u DS. Zbog toga mora imati potrošač, u čijoj mreži takav DI radi, instaliranu zaštitu od povratne snage na svome mjestu razmjene sa DS. Ta zaštita mora biti podešena na najviše 10 % vrijednosti nazivne (prijavljene) snage potrošača na mjestu priključenja na DS iz njegove saglasnosti za priključenje. Vrijeme rada zaštite od povratne snage ne smije biti duže od 5 sekundi. Nakon rada zaštite od povratne snage rasklopno postrojenje DI mora se trajno isključiti, analogno radu strujne zaštite. U tom primjeru rasklopno postrojenje može deblokirati samo ODS.

8.19 Kada DI radi sinhronizovano na DS, njegov $P - f$ regulator mora biti obavezno blokiran! Kada proradi sistemski ($U <$, $U >$ ili $f <$, $f >$) zaštita DI, tada se može (ako postoji) regulator $P - f$ na generatoru (generatorima) DI deblokirati i generator (-i) može (mogu), po želji vlasnika DI i ako je bilo tako prejektovano, izolovano snabdijevati potrošnju unutar postrojenja DI. Ponovno uključenje u DS vrši se po pravilima za sinhronizaciju DI na DS iz ove Preporuke. U ovom slučaju preporučuje se da se vrijeme rada $U <$, $U >$, $f <$ i $f >$ zaštite podesi na $t = 0$ da bi se time omogućio lakši prijelaz na izolovani rad DI.

9. Kompenzacija reaktivne snage u ME

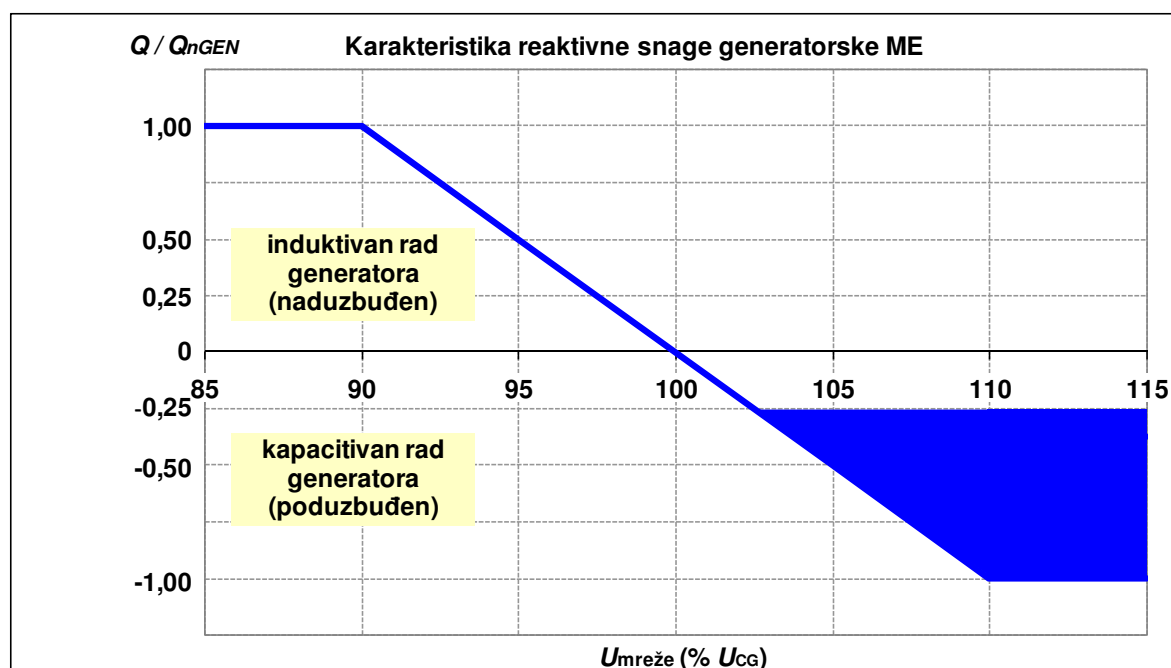
- 9.1 Za ME koje su priključene na NN mrežu faktor snage ME u odnosu na DS treba da bude između $\cos \varphi = 0,95$ u kapacitivnom i $\cos \varphi = 0,95$ u induktivnom režimu rada, bez dodatne tolerancije. Za ME koje su priključene na SN mrežu faktor snage ME u odnosu na DS treba da bude u skladu s karakteristikom nacrtanom na slikama Sl. 9.1 ili Sl. 9.2 (plave linije i/ili plava područja). Ukoliko je za održavanje zahtevane vrednosti faktora snage potrebna ugradnja kondenzatorskih baterija, njen se kapacitet bira tako da ni u jednom pogonskom slučaju ne sme da dođe do samopobuđivanja generatora.
- 9.2 Pomoću odgovarajuće projektne dokumentacije će se za svaki konkretan slučaj odabrati pojedinačna, grupna ili centralna kompenzacija reaktivne energije.
- 9.3 Za dimenzionisanje postrojenja za kompenzaciju reaktivne snage (energije) treba uzeti u obzir:
- reaktivnu energiju potrebnu za rad generatora;
 - reaktivnu energiju potrebnu za potrošače ME kada generatori rade i kada nisu u pogonu;
 - štetno dejstvo (mogućnost pojave viših harmonika),
 - štetno dejstvo pojave rezonancija sa mrežom.

Kod ME sa velikim kolebanjima pogonske snage (slučaj elektrane na vetar), obavezna je primena automatske regulacije faktora snage.

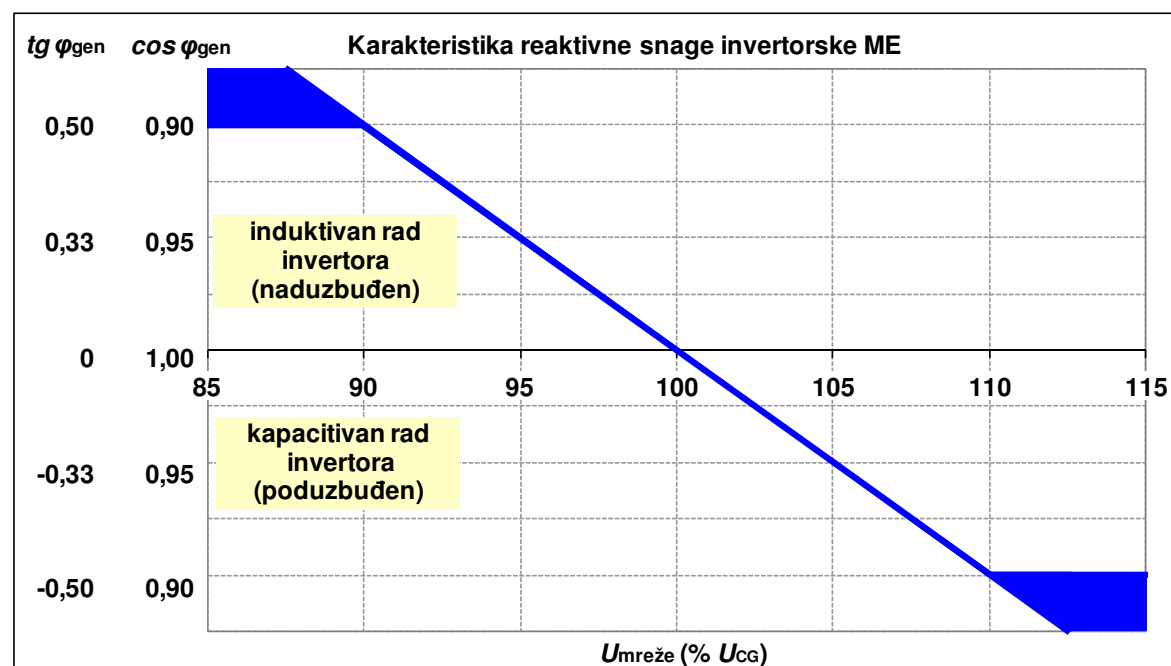
U slučaju primene automatske regulacije faktora snage ME, regulacioni nivo automatske kompenzacije može, u dogovoru sa nadležnom ED, da se podesi i na $\cos \varphi \ll 1$, pri čemu određeni deo kondenzatora može trajno da bude priključen na DS, ako su dodatno ispunjeni sledeći uslovi:

- ME je priključena na SN mrežu ED (10 kV, 20 kV ili 35 kV) preko ET-a 0,42/10 (20, 35) kV, na čiju niženaponsku stranu (0,4 kV) su priključeni kondenzatori za kompenzaciju reaktivne snage;
 - ukupna snaga trajno priključenih kondenzatora (izvan automatske kompenzacije) ne prelazi 10% vrednosti naznačene snage ET-a (uz posebnu saglasnost nadležne ED, ova vrednost može da iznosi i 15%).
- 9.4 Reaktivna snaga potrebna za rad asinhronog generatora ili ME koje rade preko mrežno vođenih invertora, iznosi približno 50% predate prividne snage, i ova snaga mora da se obezbedi iz kondenzatorskih baterija. Ovi kondenzatori ne smeju da se uključe pre nego što se asinhroni generator priključi na DS, i moraju galvanski da se odvoje od generatora pre nego što se on isključi, da bi se izbeglo samopobuđivanje.
- 9.5 ME koja je priključena na SN mrežu DS, treba da drži režim reaktivne snage u skladu s karakteristikom na slikama Sl. 9.1 ili Sl. 9.2 (plave linije i/ili plava područja), zavisi od tipa ME. Ovu karakteristiku ME treba da drži u području, kada je radna snaga ME veća od 20 % nazivne radne snage ME ($P_g \geq 0,2 P_{ng}$). Nazivna reaktivna snaga ME treba da bude najmanje $Q_{ng} \geq 0,5 P_{ng}$ ($\cos \varphi = 0,90$). Dozvoljeno odstupanje reaktivne snage od karakteristike u svakoj radnoj tački može biti do $\pm 10 \% Q_{ng}$. Za generatore koji mogu imati problema sa stabilnošću pri radu u kapacitivnom području (na primjer, sinhroni generatori), može se u naponskom području $U_{mreže} \geq 105 \% U_{cg}$ primijeniti ograničenje reaktivne snage na takvu vrijednost (plavo područje na slici Sl. 9.1), koja omogućava stabilan rad generatora. $U_{mreže}$ je mjereni napon u tački priključenja ME u DS a U_{cg} je dogovoreni napon u tački priključenja ME. U_{cg} definiše obrađivač elaborata za priključenje ME na

osnovu proračuna naponskih prilika u mreži. Ako zbog male snage ME za priključenje na DS mrežna analiza nije potrebna, U_{cg} se definiše kao nazivni pogonski napon mreže na koju se generator priključuje.



Sl. 9.1: Standardna karakteristika faktora snage **generatorske** ME u odnosu na DS za ME, koje su uključene u SN mrežu



Sl. 9.2: Standardna karakteristika faktora snage **invertorske** ME u odnosu na DS za ME, koje su uključene u SN mrežu

10. Nadzor i komunikacija sa ME

- 10.1 Vlasnik ME, u zavisnosti od mesta priključenja na DS, mora da obezbedi da ODS ima odgovarajuće informacije u realnom vremenu prema članovima 10.4 i 10.5.
- 10.2 Shodno obavezama iz člana 10.1 vlasnik ME mora da obezbedi neophodnu opremu, softver i komunikacioni servis radi dostavljanja neophodnih podataka. Vlasnik ME snosi sve troškove koji se odnose na:
- troškove investiranja,
 - troškove proširenja sistema
 - troškove održavanja sistema.
- 10.3 Način komunikacije ME sa nadležnim centrom upravljanja definiše ODS u Odobrenju za priključenje na distributivnu mrežu.
- 10.4 ME elektrane čija je prividna snaga manja od 250 kVA moraju da obezbede mogućnost nadgledanja rastavnog uređaja u tački priključenja.
- 10.5 Za ME čija se snaga kreće u intervalu između 250 kVA i 10 MW mora da se obezbedi oprema koja će omogućiti prenos sledećih informacija do nadležnog centra upravljanja ODS:
- Analogne veličine:
 - Aktivnu snagu (MW)
 - Reaktivnu snagu (Mvar)
 - Napone po fazama
 - Struje po fazama
 - Statuse sledećih uređaja:
 - Svih rastavnih uređaja (prekidač, rastavljač),
 - Automatskog regulatora napona pod uslovom da njegov rad ima uticaj na DS
 - Alarmi:
 - Gubitak komunikacije između ME i nadležnog centra upravljanja,
 - Gubitak/poremećaj funkcije zaštite u okviru ME.
- 10.6 Podaci iz člana 10.5 moraju da se skladište i čuvaju u vremenskom intervalu od 30 dana.
- 10.7 Svaka ME mora imati preklopnik u rasklopnome postrojenju ME, koji je isključivo pod nadzorom ODS i sa kojim ODS može isključiti ME iz DS, ako ODS to treba zbog radova u mreži ili ME sa svojim radom uzrokuje probleme u mreži. Osiguranje preklopnika (pod ključem isključivo ODS) analogno je osiguranju glavnih osigurača postrojenja korisnika DS.

11. Procedure i dokumentacija za priključenje malih elektrana na distributivnu mrežu

11.1 U postupku planiranja, izgradnje i početka korišćenja male elektrane, priključenje na distributivnu mrežu prate sledeći postupci i dokumentacija.

11.2 Postupci

11.2.1 Izdavanje informacije o mogućnosti priključenja na distributivnu mrežu

- izdaje operater distributivne mreže u formi obaveštenja (mišljenja, uslova) na zahtev zainteresovanog subjekta
- postupak se pokreće pisanim zahtevom zainteresovanog subjekta u kom se navodi svrha ishodovanja informacije. Pored opštih identifikacionih podataka, zahtev sadrži i dovoljan broj podataka za određivanje položaja u prostoru i podataka o instalisanoj snazi, veličini i vrsti pojedinih agregata..
- informacija se izdaje u formi mišljenja uslova, odnosno formi koja je u skladu sa navedenom svrhom ishodovanja i sadrži bitne podatke kao što su: mesto priključenja, (konkretan vod ili transformacija od koje polazi priključni vod), vrstu i presek priključnog voda i drugu potrebnu opremu (rastavljač na mestu priključenja, rastavljač snage itd.), parametre mreže od koje polazi priključni vod (snagu kratkog spoja, režim rada neutralne tačke i podatke o struji zemljospoja i njenom trajanju).
- informacija se izdaje sa rokom važenja od jedne godine, izuzev za priključenje mHE za koje je rok važenja najviše 2 godine. Uslovi koji su navedeni u informaciji ostaju na snazi i nakon isteka roka, ukoliko investitor ME u tom roku dostavi validan dokument o pravu izgradnje ME, pri čemu taj dokument preuzima rok važnosti izdatih uslova.

11.2.2 Izdavanje odobrenja za priključenje na distributivnu mrežu

- izdaje operater distributivne mreže u formi rešenja na zahtev investitora male elektrane (subjekat koji poseduje građevinsku dozvolu)
- postupak se pokreće pisanim zahtevom investitora koji sadrži slične podatke kao i kod zahteva za izdavanje informacije o mogućnosti priključenja sa obaveznim priložima: situacioni plan objekta, podaci o izabranim agregatima (vrsta i snaga) jednopolna šema postrojenja, način prenošenja informacija iz ME i ostalim dokazima u skladu sa zakonom.
- odobrenjem se pored tehničkih uslova priključenja (kao i u izdatoj informaciji) određuju i iznos troškova priključenja i rokovi za njihovo izmirivanje i priključenje objekta.

11.2.3 Priključenje male elektrane na distributivnu mrežu

- po završenoj izgradnji priključka i izvršenim proverama tehničke ispravnosti objekat se priključuje na distributivnu mrežu u cilju ispitivanja i podešavanja opreme i uređaja.
- postupak se pokreće pisanim zahtevom investitora, sa priložima koji potvrđuju ispravnost izgrađenog priključka.
- distributer po potrebi vrši potrebne preglede priključka i mernog mesta i priključuje objekat na distributivnu mrežu o čemu se sačinjava odgovarajući zapisnik
- po obavljenim ispitivanjima i podešavanjima ugrađene opreme, upravljačkih i zaštitnih uređaja, što se dokumentuje odgovarajućim zapisima, elektrana se priključuje na distributivnu mrežu.
- ODS daje potreban uslov da se ME može priključiti na mrežu s položajem preklopnika u rastavnom postrojenju na „1 (ON)“, a investitor je onaj koji sam priključuje svoju ME na mrežu

s komandom za uključenje i sinhronizaciju. Tako ODS ne može odgovarati za štetu koja bi nastala priključenjem neispravne ME na mrežu DS.

11.3 Dokumentacija

11.3.1 Zahtev za izdavanje informacije (mišljenja, uslova)

- podnosi zainteresovani subjekt u pisanoj formi sa naznačenim podacima u 11.2.1. zahtev može biti formulisan na razne načine:
 - sa konkretnim podacima o veličini objekta čije se priključenje planira
 - sa zahtevom da se odrede racionalni uslovi za priključenje za određenun lokaciju
- operater može da ponudi pripremljeni obrazac podnosiocu zahteva sa ciljem da se izbegnu mogući nesporazumi i nepotrebno odugovlačenje postupka.

11.3.2 Informacija (mišljenje, uslovi) o mogućnosti priključenja na distributivnu mrežu

- sadržina informacije vezana je formulisanim zahtevom i po pravilu sadrži podatke naznačene u 11.3.1. u cilju postizanja transparentnosti postupka potrebno je da PD ED pripremi obrasce koji treba da su javno dostupni

11.3.3 Zahtev za izdavanje odobrenja za priključenje

- podnosi investitor male elektrane (subjekt koji poseduje dozvolu za izgradnju) u pisanoj formi sa naznačenim podacima u 11.2.1.
- u ovome postupku koriste se pripremljeni obrasci PD ED, koji treba da su javno dostupni.

11.3.4 Odobrenje za priključenje

- izdaje se u formi propisanoj Zakonom o opštem upravnom postupku.
- sadrži uvod, izreku, obrazloženje i uputstvo o pravnom sredstvu.
- sadržaj izreke i obrazloženja naznačen je u 11.3.3.
- upotreba pripremljenih formulara nije pogodna za ovu svrhu.

11.3.5 Zahtev za priključenje

- podnosi vlasnik male elektrane po završenoj izgradnji priključka sa priložima koji potvrđuju tehničku ispravnost ugrađene opreme i izvedenih radova.

11.3.6 Zapisnik o priključenju

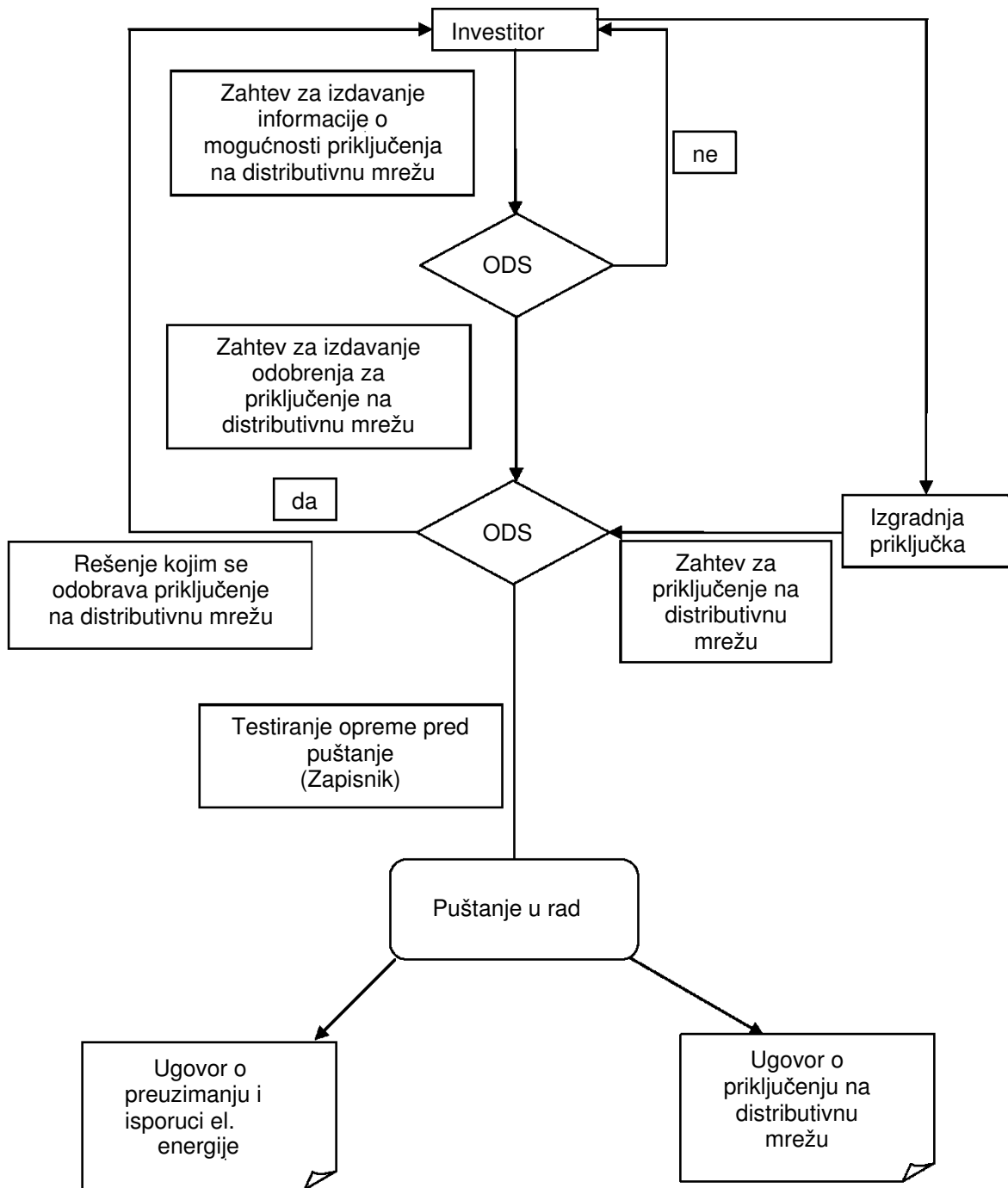
- sačinjavaju operater distributivne mreže i vlasnik male elektrane odnosno njihovi ovlašćeni predstavnici sadrži, pored opštih podataka, i podatke bitne za pogon i tehničku ispravnost opreme, odnosno podatke o zapisima koji dokumentuju stanje

11.3.7 Ugovor o priključenju na distributivnu mrežu

- zaključuju vlasnik elektrane i operater distributivne mreže u pogodnoj fazi izgradnje objekta
- sadrži prava i obaveze ugovornih strana u odnosu na priključenje i održavanje priključnog uređaja i opreme, kontrole i praćenja ispravnosti pogona, međusobnog obaveštavanja i pristupa objektu

11.3.8 Ugovor o preuzimanju i isporuci električne energije

- zaključuju vlasnik elektrane i kupac električne energije, po pravilu, pre priključenja na distributivnu mrežu
- sadrži prava i obaveze ugovornih strana u vezi obračuna i plaćanja preuzete električne energije



Sl. 11.1: Blok dijagram procedure za priključenje na distributivnu mrežu

12. Prvo priključenje ME na mrežu ED

12.1. Prvo priključenje ME na DS vrši se kada su ispunjeni svi uslovi iz poglavlja 11.

Prvo priključenje ME na DS vrši se u prisustvu vlasnika ME - investitora, ovlašćenog predstavnika nadležne ED i glavnog izvođača radova.

Neposredno pre prvog priključenja ME na DS, vrši se:

- vizuelni pregled objekta ME, pogonskih uređaja, generatora i rasklopnog postrojenja;
- upoređenje projektne dokumentacije sa izvedenim radovima u delu koji je predmet ove preporuke i odnosi se na paralelan rad ME i DS;
- pristupačnost spojnom prekidaču i mernom mestu;
- provera zaštitnih uređaja u ME: sistemske zaštite prema tački 8.2 i zaštite priključnog voda prema tački 8.3;
- provera ispravnosti priključka ME, uključujući proveru zaštitnih i mernih uređaja, kao i rasklopnih aparata na mestu priključenja na DS.

12.2. Ispitivanje zaštitnih uređaja kod prvog priključenja ME na DS vrši se u realnim uslovima, kao primarno ispitivanje (zajedno sa mernim transformatorima) i sekundarno ispitivanje, sa probom delovanja na isključenje spojnog prekidača.

Na kraju se vrši provera funkcionisanja uređaja za sinhronizaciju (ručnu i/ili automatsku) i drugih uređaja koji omogućavaju bezbedno priključenje generatora na DS, tačka 5.8. U okviru ovih ispitivanja i proba, obavezno se simulira i proverava:

- ispad trofaznog napona u DS;
- ponašanje zaštitnih i ostalih uređaja u ME za slučaj primene APU-a;
- ako u ME ima više generatora: redosled uključjenja na DS i utvrđivanje najmanje vremenske zadržke do priključenja narednog generatora (tačka 5.4);
- funkcionisanje postrojenja za kompenzaciju reaktivne energije u zavisnosti od tipa generatora i ostalih potreba za reaktivnom energijom u ME.

12.3. O izvršenim ispitivanjima i probama funkcionisanja sačinjava se poseban dokument (protokol).

13. Pogon

13.1. Vlasnik ME mora uređaje koji su potrebni za paralelan rad sa DS da redovno održava i da povremeno kontroliše ispravnost funkcionisanja spojnog prekidača i zaštitnih uređaja. Rokovi za obavljanje pojedinih radova ne mogu da budu duži od rokova koje propisuje Pravilnik o tehničkim normativima za pogon i održavanje elektroenergetskih postrojenja i vodova (Sl. list SRJ br. 41/93).

Rezultati ispitivanja se unose u poseban protokol. Ovaj protokol prikazuje hronološki sprovedena ispitivanja i služi kao dokaz o redovno nadgledanom pogonu. Ovlašćeni predstavnik ED može u svako doba da traži rezultate ispitivanja systemske zaštite i zaštite priključnog voda u ME, a kada to pogonski uslovi DS zahtevaju može da traži i promenu podešenja zaštita.

13.2. ME mora da se odvoji od DS za slučaj kvarova i poremećaja u DS.

ME sme da se ponovo priključi na DS tek kada se ispune uslovi za priključenje (tačka 5.8) i nesmetan paralelan rad.

ED ima pravo da u slučaju opasnosti i smetnji po DS trenutno odvoji ME od DS. O takvom isključenju, kao i o isključenjima ME radi obavljanja radova (revizija, remont itd.) u DS, vlasnik ME se pravovremeno obaveštava u skladu sa rokovima definisanim u Pravilima o radu distributivnog sistema.

13.3. Ovlašćenom predstavniku ED-a, u dogovoru sa vlasnikom ME, mora u svako vreme da bude omogućen pristup rasklopnim aparatima, zaštitnim i mernim uređajima, te preklopniku o čemu će da se zaključi odgovarajući ugovor o pogonu.

13.4. Kontrola ispravnosti razvoda jednosmernog napona u ME je uslov za pouzdan rad ME i sprečavanje pojava teških havarija.

Pojava poremećenog pogona u razvodu jednosmernog napona mora da se blagovremeno signalise, a kvarovi moraju da se otklone sa prvim stepenom prioriteta.

U slučaju nestanka jednosmernog napona akumulatorske baterije za napajanje zaštitnih uređaja i rasklopnih aparata u ME, treba da dođe do automatskog zaustavljanja generatora: rasterećenje generatora, prekid paralelnog rada ME sa DS isključenjem spojnog prekidača, razbuđivanje i zaustavljanje.

13.5. ODS propisuje uslove regulacije reaktivne snage u skladu sa tačkom 9.3, 9.4 i 9.6 kao i u slučaju primene invertora sa forsiranom komutacijom (PWM inverter).

13.6. Nadležna ED i vlasnik male elektrane treba uzajamno da se obaveštavaju o bitnim izmenama u svojoj mreži, odnosno postrojenju, koje imaju uticaj na paralelni rad, kao što su: zamena zaštitnih uređaja i/ili rasklopnih aparata, izmene na uređajima za kompenzaciju reaktivne snage itd.

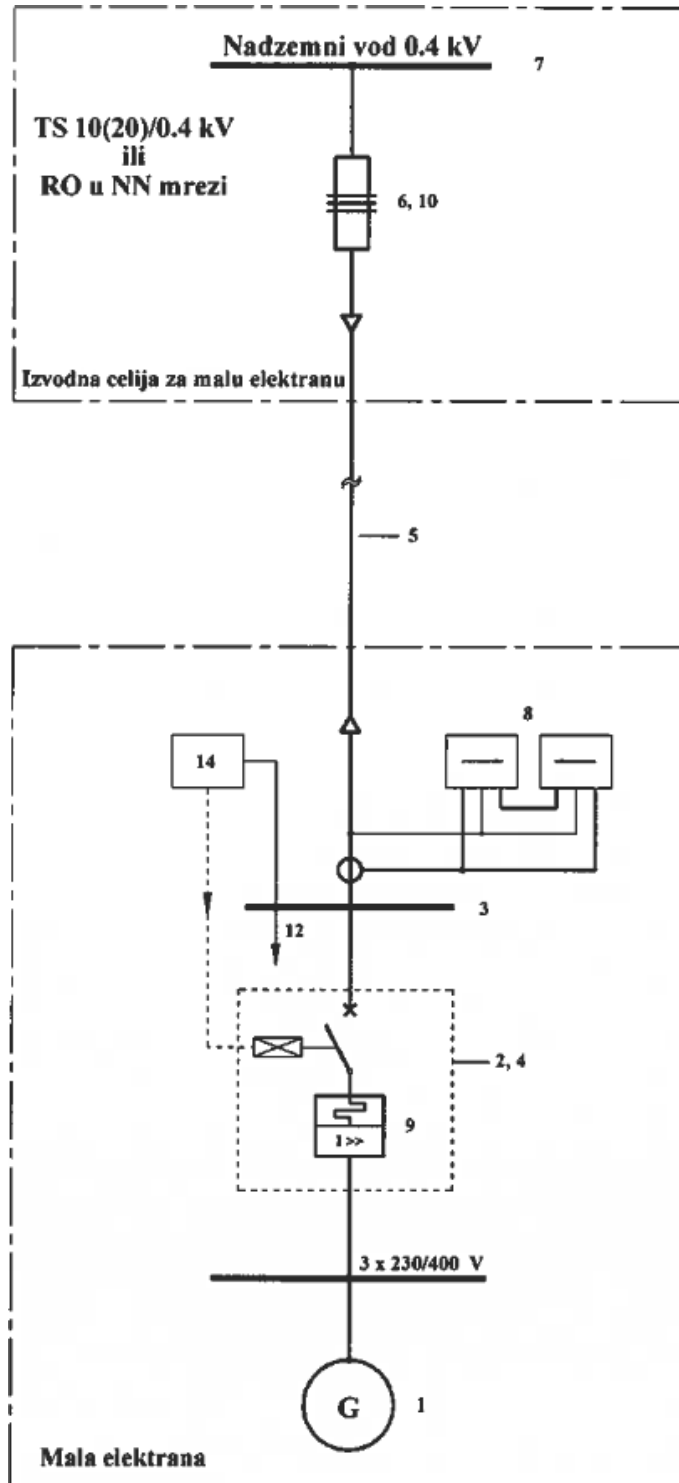
14. Šeme priključenja ME na mrežu ED

Ovde se daje nekoliko primera priključenja ME sa jednim ili više generatora na DS, i to:

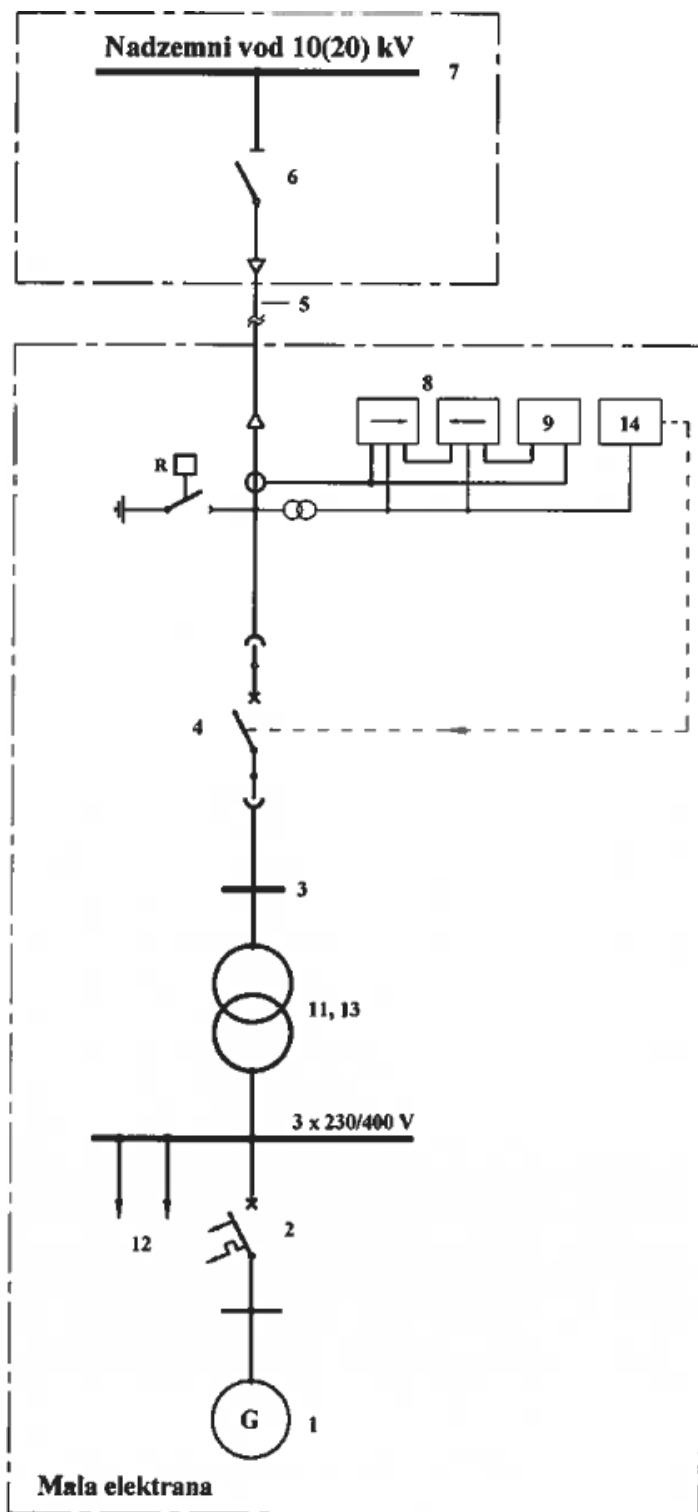
- Na slici Sl. 114. data je šema priključenja ME ukupne snage do 63 kVA na NN razvodno čvorište u DS;
- Na slici Sl. 114. data je šema priključenja ME ukupne snage do 160 kVA, sa generatorom naznačenog napona $U_{ng} = 0,42$ kV, na nadzemni distributivni vod 10 (20) kV;
- Na slici Sl. 114. data je šema priključenja ME sa dva generatora naznačenog napona $U_{ng} = 0,42$ kV, na razvod 10 (20) kV u distributivnoj TS 10(20)/0,4 kV;
- Na slici Sl. 114. data je šema priključenja ME sa više generatora naznačenog napona $U_{ng} = 3,15$ kV, na sabirnice 35 kV (10 kV, 20 kV) u distributivnoj TS 110/X (X = 35 kV, 20 kV, 10 kV) ili TS 35/10 kV ili RP X kV (X = 35 kV, 20 kV, 10 kV).
- Na slici Sl. 114. data je šema monofaznog priključka fotonaponske ME na distributivni sistem.

Legenda za slike Sl. 114.-Sl. 114. :

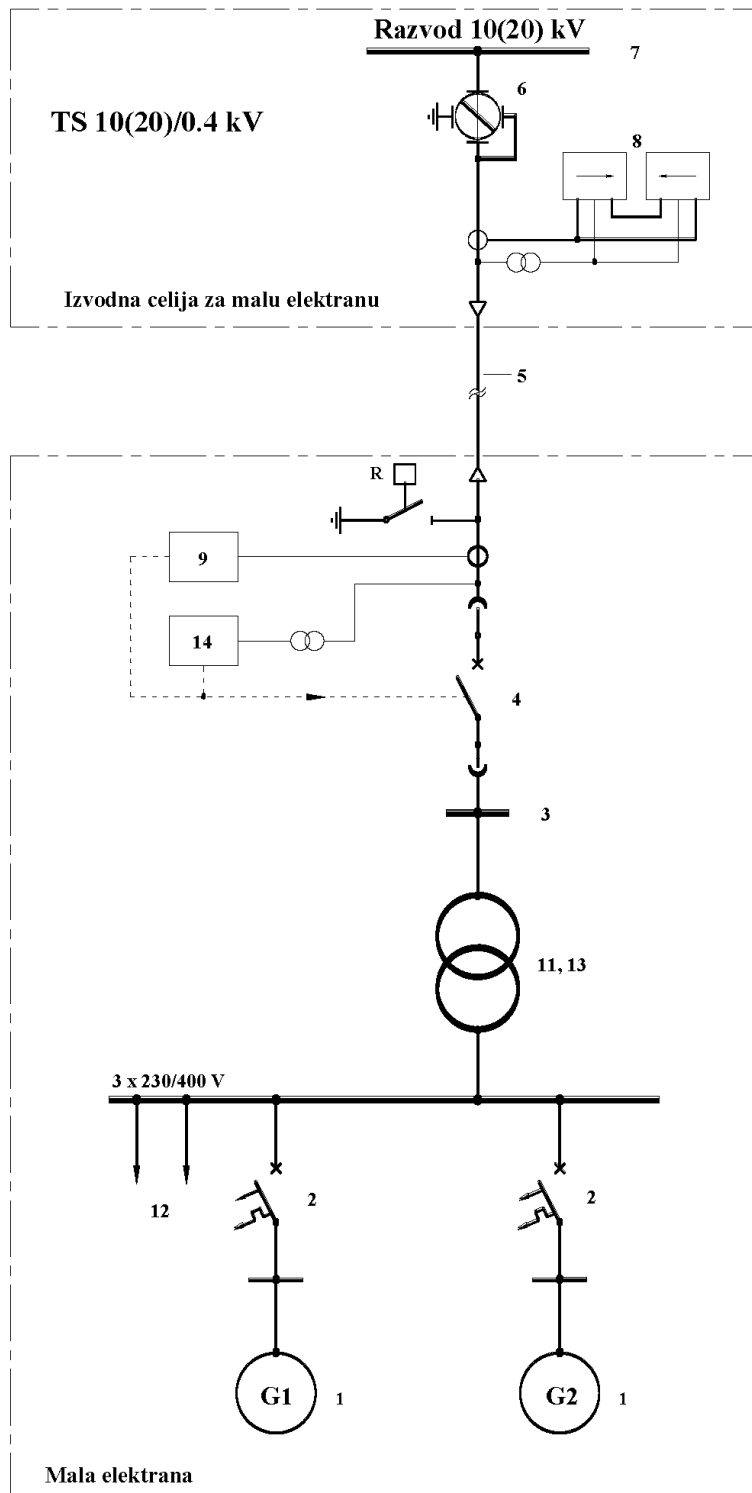
- 1 generator;
- 2 generatorski prekidač;
- 3 mesto priključenja male elektrane;
- 4 spojni prekidač;
- 5 priključni vod;
- 6 rasklopni aparat na mestu priključenja na distributivni sistem;
- 7 mesto priključenja na distributivni sistem;
- 8 merna grupa (merni slog);
- 9 zaštita priključnog voda u maloj elektrani;
- 10 zaštita priključnog voda na mestu priključenja na distributivni sistem;
- 11 energetska transformator u maloj elektrani (kućni transformator);
- 12 sopstvene potrebe (sopstvena potrošnja) male elektrane;
- 13 generatorski blok transformator;
- 14 sistemska zaštita u maloj elektrani (naponska i frekventna).



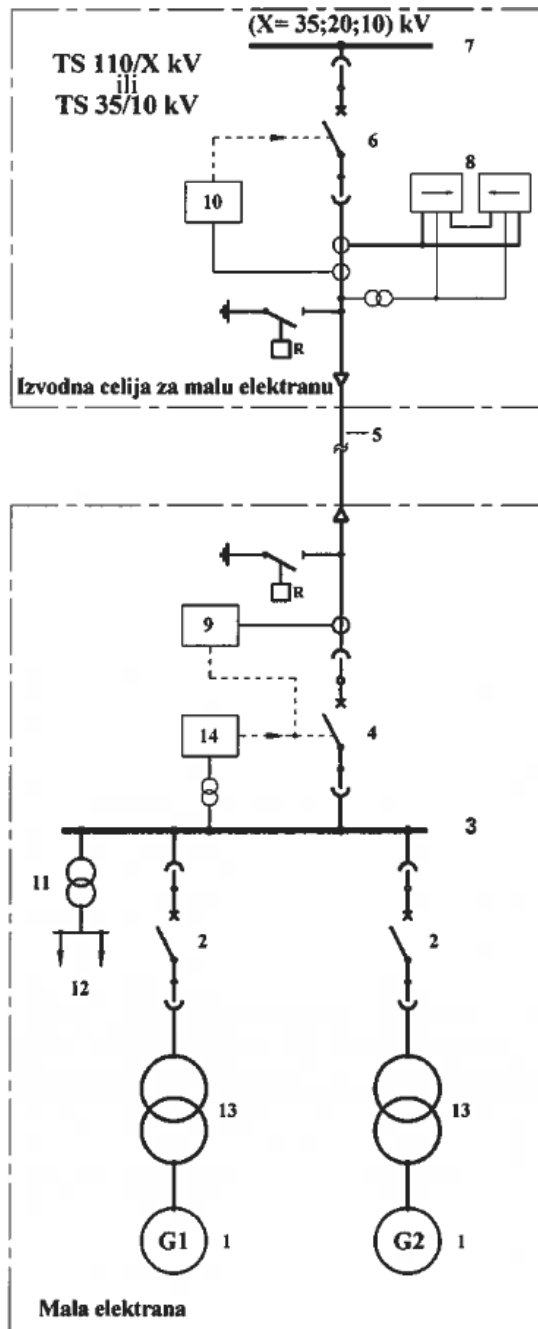
Sl. 114.1: Priključenje male elektrane snage do 63 kVA na NN mrežu



Sl. 114.2: Priklučenje male elektrane snage do 160 kVA na nadzemni vod 10(20) kV

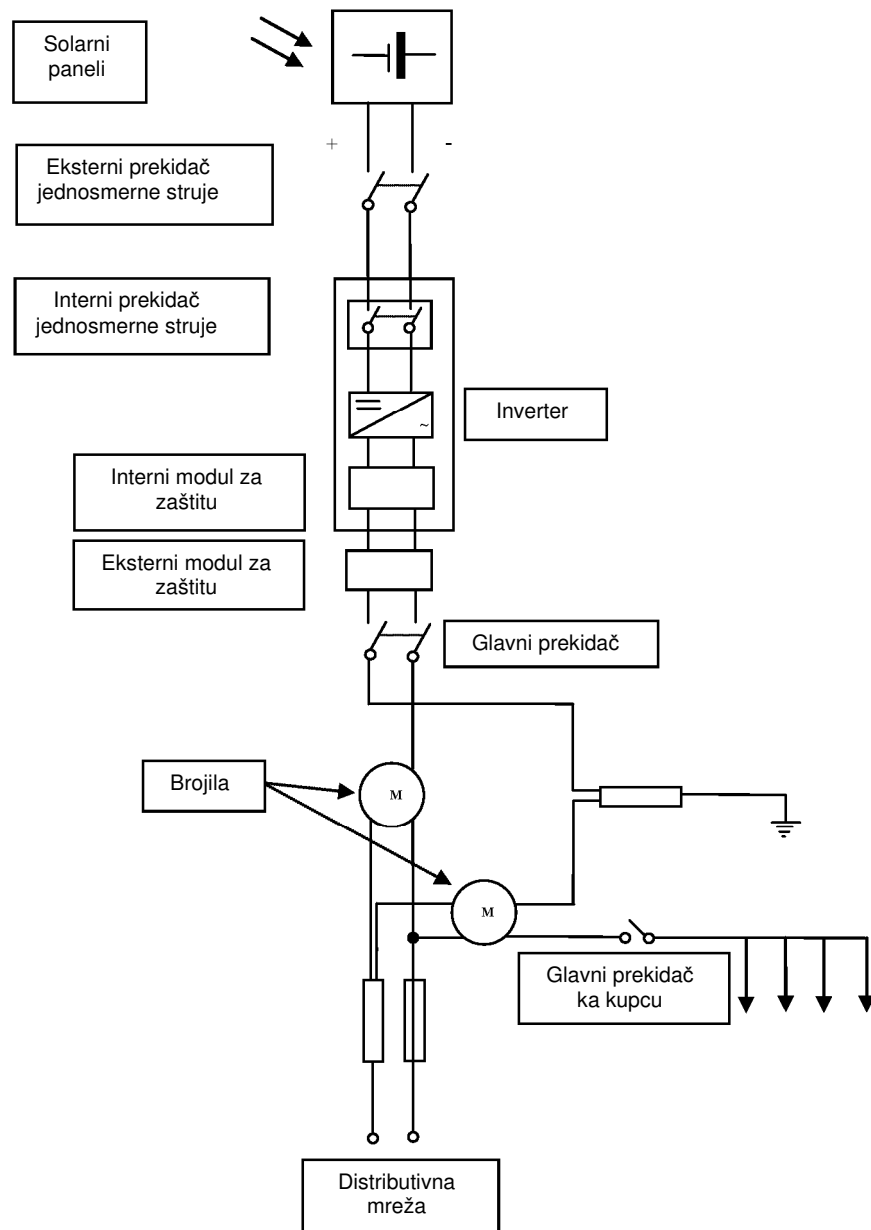


Sl. 114.3: Priklučenje male elektrane na razvod 10(20) kV u TS 10(20)/0,4 kV



Sl. 114.4: Priključenje male elektranena TS 110/X kV ili 35/10 kV²

² Za sistemsku zaštitu DI (14) u rasklopnom postrojenju treba da se meri napon i frekvenciju na mrežnoj strani prekidača (4)!



Sl. 114.5: Šema monofaznog priključka fotonaponske ME na distributivni sistem

15. Primjer proračuna smetnji po vodiču

U ovom dijelu napravljeni su proračuni smetnji po vodiču, koje treba da uradi projektant da bi mogao konstatovati da li elektrana, koja se priključuje na DS, ispunjava sve uslove ODS.

Proračun će biti napravljen za priključenje:

- male hidroelektrane na 10 kV mrežu
- vjetroelektrane na 35 kV mrežu i
- fotonaponske elektrane na 0,4 kV mrežu.

15.1. Priključenje male hidroelektrane na 10 kV mrežu

Polazišta:

1. U DS se na 10 kV nivou priključuje mala hidroelektrana (mHE) s tri asinhrona generatora, snage $3 \times 150 \text{ kW} = 450 \text{ kW}$.
2. 10 kV mreža napaja se kroz 35/10 kV transformator snage 4 MVA. Snaga kratkoga spoja u DS u tački priključenja iznosi 12 MVA. Snaga svih ostalih DI u istoj 10 kV mreži iznosi 200 kVA.
3. Želja investitora je da se generatori u DS sinhronizuju u granicama $\pm 5\%$ sinhronne brzine.
4. Koeficijent flikera jednoga generatora, po podacima proizvođača, iznosi 15.
5. Harmonaska struja za jedan generator, po podacima proizvođača, iznosi:

Redni broj višeg harmonika [v]	Podaci proizvođača za svaku jedinicu (150 kW) [A]
2	0,005
3	0,001
4	0,005
5	0,080
6	0,005
7	0,003
8	0,005
9	0,001
10	0,001
11	0,003
12	0,001
13	0,003
14	0,001
16	0,001
17	0,003
18	0,001
19	0,003
23	0,001
25	0,001

Proračun smetnji po vodiču:

Proračun razmjera snaga DI i mreže u tački priključenja DI na DS pokazuje da je mrežna analiza potrebna. U samu mrežnu analizu nećemo ulaziti, jer je mnogo tih analiza urađeno u narednom poglavlju ove studije. Nakon mrežne analize treba napraviti **proračun smetnji po vodiču** i uvjeriti se da one ispunjavaju uslove za priključenje DI na DS.

Pomoću uslova:
$$S_{mel} = \sum S_{ng} \leq \frac{S_{ks}}{500}$$

đe je:

- $S_{ks} = 12$ MVA
- $S_{ng} = 450$ kVA.

možemo konstatovati da **je proračun promjene napona potreban**.

Najprije upotrebom jednačine:

$$\Delta u_m = k_{i,\max} \cdot \frac{S_{ngm}}{S_{ks}}$$

đe je:

- $k_{max} = 4$
- $S_{ks} = 12$ MVA
- $S_{ngm} = 150$ kVA.

dobijamo rezultat $\Delta u_m = 5,00 \%$, što je **previše** da bi se taj generator (150 kW) s izabranim načinom sinhronizacije mogao uključiti u DS.

Tako pravimo proračun sa sinhronizacijom uz pomoć fine regulacije polazne struje do $1,5 I_n$. To znači, da stavljamo u jednačinu $k_{max} = 1,5$.

Rezultat toga proračuna jeste $\Delta u_m = 1,88 \%$, i odgovara zahtjevima iz Preporuke.

Iz toga slijedi da investitor može uključiti takav generator u mrežu **samo pod uslovom** da obezbijedi sinhronizaciju uz pomoć fine regulacije polazne struje do $1,5 I_n$ za svakog od generatora. A pošto uključenje ili isključenje dviju ili više generatora odjednom zbog prevelikog skoka napona ($2 \times 1,88 \%$ ili $3 \times 1,88 \%$) prekoračuje granicu $2,0 \%$, pojedini generatori smiju se na mrežu uključivati ili sa mreže isključivati **samo pod uslovom** da između dva sklopna manevra ne prođe manje vremena od 3 minuta. Ovo vrijeme može se skratiti na 12 sekundi pod uslovom da skok prividne snage generatora kod pojedinog manevra nije veći od 50% prividne snage pojedinoga generatora. *To dakako važi samo za normalna pogonska stanja i ne važi odnosno nije uslov za primjer rada zaštite kod generatora ili u DS!*

Proračun **flikera** pod tim uslovima radimo uz pomoć jednačina:

$$A_{lt} = \left(c_{f_{mel}} \cdot \frac{S_{mel}}{S_{ks}} \right)^3 = \left(\frac{c_{f1}}{\sqrt{n}} \cdot \frac{S_{mel}}{S_{ks}} \right)^3 \leq 0,1 \quad P_{lt} = c_{f_{mel}} \cdot \frac{S_{mel}}{S_{ks}} \leq 0,46$$

đe je:

- $S_{mel} = 0,45$ MVA
- $S_{ng} = 0,15$ MVA
- $S_{ks} = 12$ MVA
- $n = 3$
- $c_{f1} = 15$.

Dobijamo rezultat: $A_{lt} = 0,034$ i $P_{lt} = 0,325$, koji **zadovoljava uslove iz preporuke**.

Analizu viših harmonika radimo uz pomoć podataka proizvođača generatora o harmonskoj struji generatora.

Upotrebom jednačina:

$$v < 13, I_{vhdoz} = i_{vhs,v,\mu} \cdot S_{ks} \cdot \frac{S_{gsum}}{S_{net}} \qquad v > 13, I_{vhdoz} = i_{vhs,v,\mu} \cdot S_{ks} \cdot \sqrt{\frac{S_{gsum}}{S_{net}}}$$

đe je:

- I_{vhdoz} – proračunat uz pomoć snage DI, 35/10 kV transformatora u mreži i kratkospojne snage na mjestu priključenja u DS
- $i_{vhs,v,\mu}$ - iz tabele od proizvođača ukupno za sve 3 generatore;
- $S_{ks} = 12$ MVA;

dobijamo za redne brojeve viših harmonika proračunate vrijednosti za sve jedinice (ukupno 450 kW):

Redni broj višeg harmonika	Podaci proizvođača za svaku jedinicu (150 kW)	Proračunata vrijednost za sve jedinice (450 kW)	Proračunati dozvoljeni nivo s obzirom na S_{ks} u tački priključenja i ostale generatore na postojećoj SN mreži
[v]	[A]	[A]	[A]
2	0,005	0,01500	0,02025
3	0,001	0,00300	0,00405
4	0,005	0,01500	0,02025
5	0,08	0,24000	0,32400
6	0,005	0,01500	0,02025
7	0,003	0,00900	0,01215
8	0,005	0,01500	0,02025
9	0,001	0,00300	0,00405
10	0,001	0,00300	0,00405
11	0,003	0,00900	0,01215
12	0,001	0,00300	0,00405
13	0,003	0,00900	0,01215
14	0,001	0,00300	0,01207
16	0,001	0,00300	0,01207
17	0,003	0,00900	0,03622
18	0,001	0,00300	0,01207
19	0,003	0,00300	0,03622
23	0,001	0,00300	0,01207
25	0,001	0,00300	0,01207

Kada uporedimo proračunate vrijednosti za sve jedinice (ukupno 450 kW) i proračunati dozvoljeni nivo s obzirom na S_{ks} u tački priključenja i ostale DI u mreži, vidimo da **u pogledu viših harmonika nema zadržki za priključenje na DS.**

U pogledu **naponske nesimetrije** svaki generator koji se priključuje na DS na SN naponskom novou, mora se priključiti trofazno.

15.2. Priklučenje polja vjetroelektrana na 35 kV mrežu

Polazišta:

1. U DS se na 35 kV nivou priključuje polje vjetroelektrana (VE) s pet asinhronih generatora, snage $5 \times 1500 \text{ kW} = 7,5 \text{ MW}$.
2. 35 kV mreža napaja se kroz 110/35 kV transformator snage 20 MVA. Snaga kratkoga spoja na DS u tački priključenja iznosi 180 MVA. Ostalih DI u istoj 35 kV mreži nema.
3. Želja investitora je da se generatori u DS sinhronizuju uz pomoć fine regulacije polazne struje do $1,5 I_n$.
4. Koeficijent flikera jednoga generatora, po podacima proizvođača, iznosi 22. Iz podataka o broju prekidnih operacija VE možemo zaključiti sljedeće: $N_{120} = 20$, $k_f = 1,8$. Odnos struje kratkoga spoja generatora $I_{ks} / I_n = 5$.
5. Harmonska struja za jedan generator, po podacima proizvođača, iznosi:

Redni broj višeg harmonika [v]	Podaci proizvođača za svaku jedinicu (150 kW) [A]
2	0,05
3	0,01
4	0,05
5	0,4
6	0,05
7	0,03
8	0,05
9	0,01
10	0,01
11	0,03
12	0,01
13	0,03
14	0,01
16	0,01
17	0,03
18	0,01
19	0,03
23	0,01
25	0,01

Proračun smetnji po vodiču:

Proračun razmjera snaga DI i mreže u tački priključenja DI na DS pokazuje da je mrežna analiza potrebna. U samu mrežnu analizu nećemo ulaziti, jer je mnogo tih analiza urađeno u narednom poglavlju ove studije. Nakon mrežne analize treba napraviti **proračun smetnji po vodiču** i uvjeriti se da one ispunjavaju uslove za priključenje DI na DS.

Uz pomoć uslova:
$$S_{mel} = \sum S_{ng} \leq \frac{S_{ks}}{500}$$

đe je:

- $S_{ks} = 180 \text{ MVA}$
- $S_{ng} = 1,5 \text{ MVA}$

možemo konstatovati da je **potreban proračun promjene napona**.

Najprije upotrebom jednačine:

$$\Delta u_m = k_{i,\max} \cdot \frac{S_{ngm}}{S_{ks}}$$

đe je:

- $k_{max} = 1,5$
- $S_{ks} = 180 \text{ MVA}$
- $S_{ngm} = 1,5 \text{ MVA}$.

dobijamo rezultat $\Delta u_m = 1,25 \%$, koji odgovara zahtjevima iz Preporuke.

Pošto uključenje ili isključenje dvaju ili više generatora odjednom zbog prevelikog skoka napona ($2 \times 1,25 \%$ ili $3 \times 1,25 \%$) prekoračuje granicu $2,0 \%$, pojedini generatori smiju se na mrežu uključivati ili sa mreže isključivati **samo pod uslovom** da između dva sklopna manevra ne prođe manje od 3 minuta. Ovo vrijeme može se skratiti na 12 sekundi pod uslovom da skok prividne snage generatora kod pojedinog manevra nije veći od 50% prividne snage pojedinoga generatora. *To dakako važi samo za normalna pogonska stanja i ne važi odnosno nije uslov za primjer rada zaštite kod generatora ili u DS!*

Proračun **flikera** pod tim uslovima radimo pomoću jednačina:

$$A_{it} = \left(c_{f_{mel}} \cdot \frac{S_{mel}}{S_{ks}} \right)^3 = \left(\frac{c_{f1}}{\sqrt{n}} \cdot \frac{S_{mel}}{S_{ks}} \right)^3 \leq 0,1 \quad P_{it} = c_{f_{mel}} \cdot \frac{S_{mel}}{S_{ks}} \leq 0,46$$

đe je:

- $S_{mel} = 7,5 \text{ MVA}$;
- $S_{ng} = 1,5 \text{ MVA}$;
- $S_{ks} = 180 \text{ MVA}$;
- $n = 5$;
- $c_{f1} = 22$.

Dobijamo rezultat: $A_{it} = 0,069$ i $P_{it} = 0,410$, koji **zadovoljava uslove iz Preporuke**.

Pošto se radi o vjetroelektrani, potrebno je uraditi i proračun smetnji zbog prekidnih operacija. To se radi pomoću jednačine:

$$P_{it} = \frac{8}{S_{ks}} \cdot \left(\sum_{i=1}^N N_{120i} \cdot (k_f \cdot S_{ng})^{3,2} \right)^{0,31}$$

đe je:

- $N = 5$;
- $N_{120i} = 20$,
- $K_f = 1,8$.

Dobijamo rezultat: $P_{it} = 0,496$, koji **ne zadovoljava uslove iz Preporuke**. Zbog toga projektant ili proizvođač VE treba da obezbijedi takav sistem VE (asinhroni generator i pogonska oprema) koji će imati manji faktor brojnosti (emisije) flikera ili staviti neki drugi tip generatora, možda tipa DFIG ili sinhroni s inverterom, koji imaju bolju mogućnost kontrole izlazne struje VE.

Analizu viših harmonika radimo pomoću podataka proizvođača generatora o harmonskoj struji generatora.

Upotrebom jednačine:

$$I_{vhdoz} = I_{vhs,v,\mu} \cdot S_{ks}$$

đe je:

- I_{vhdoz} – proračunat pomoću granica na mjestu priključenja na DS, koje su navedene u Preporuci za 35 kV naponski nivo
- $I_{vhs,v,\mu}$ - iz tabele od proizvođača ukupno za svih pet generatora
- $S_{ks} = 180$ MVA

dobijamo za redne brojeve viših harmonika proračunate vrijednosti za sve jedinice (ukupno 7,5 MW):

Redni broj višeg harmonika	Podaci proizvođača za svaku jedinicu (1,5 MW)	Proračunata vrijednost za sve jedinice (7,5 MW)	Proračunati dozvoljeni nivo s obzirom na S_{ks} u tački priključenja na 35 kV naponskom nivou
[v]	[A]	[A]	[A]
2	0,05	0,25000	2,93400
3	0,01	0,05000	/
4	0,05	0,25000	0,90000
5	0,4	2,00000	2,93400
6	0,05	0,25000	1,26000
7	0,03	0,15000	4,15800
8	0,05	0,25000	0,36000
9	0,01	0,05000	/
10	0,01	0,05000	0,72000
11	0,03	0,15000	2,62800
12	0,01	0,05000	0,36000
13	0,03	0,15000	1,99800
14	0,01	0,05000	0,36000
16	0,01	0,05000	0,36000
17	0,03	0,15000	1,08000
18	0,01	0,05000	0,18000
19	0,03	0,15000	0,91800
23	0,01	0,05000	0,61200
25	0,01	0,05000	0,46800

Kada uporedimo proračunate vrijednosti za sve jedinice (ukupno 7,5 MW) i proračunati dozvoljeni nivo s obzirom na S_{ks} u tački priključenja, vidimo da **u pogledu viših harmonika nema zadržki za priključenje na DS.**

U pogledu **naponske nesimetrije** svaki generator koji se priključuje na DS na SN naponskom novou, mora se priključiti trofazno.

Proračun **snage kratkoga spoja na mjestu priključenja** pokazuje da je ukupna snaga kratkoga spoja nakon priključenja polja 5 VE:

$$S_{ks \text{ na mjestu priključenja}} = S_{ks \text{ mreže bez VE}} + S_{ks \text{ polje VE}} = 180 \text{ MVA} + 5 \cdot 7,5 \text{ MVA} = 217,5 \text{ MVA} .$$

Ako je ta nova snaga kratkoga spoja prevelika za opremu koja je ugrađena u DS, onda treba preduzeti mjere, koje su navedene u Preporuci.

15.3. Priključenje fotonaponske elektrane na 0,4 kV mrežu

Polazišta:

1. U DS se na 0,4 kV nivou priključuje fotonaponska elektrana (FE) s 24 monofaznih invertora, snage $24 \times 3 \text{ kW} = 72 \text{ kW}$.
2. 0,4 kV mreža napaja se kroz 10/0,4 kV transformator snage 400 kVA. Snaga kratkoga spoja u DS u tački priključenja DI iznosi 2 MVA. U NN mreži, na koju se uključuje taj DI još nema drugih elektrana.
3. Želja investitora je da se u 24 monofaznih invertora priključi po osam paralelno na svaku fazu.
4. Jednosmjerna komponenta struje svakog invertora iznosi 50 mA.
5. Harmonska struja za jedan inverter, po podacima proizvođača, iznosi:

Redni broj višeg harmonika [v]	Podaci proizvođača za svaku jedinicu (3 kW) [A]
2	0,01
3	0,02
4	0,035
5	0,4
6	0,04
7	0,38
8	0,009
9	0,01
10	0,01
11	0,3
12	0,02
13	0,29
14	0,01
16	0,01
17	0,09
18	0,01
19	0,06
23	0,03
25	0,028

Proračun smetnji po vodiču:

Proračun razmjera snaga DI i mreže u tački priključenja DI u DS pokazuje da je mrežna analiza potrebna. U samu mrežnu analizu nećemo ulaziti, jer je mnogo tih analiza urađeno u narednom poglavlju ove studije. Nakon mrežne analize treba napraviti **proračun smetnji po vodiču** i uvjeriti se da one ispunjavaju uslove za priključenje DI na DS.

Uz pomoć uslova:
$$S_{mel} = \sum S_{ng} \leq \frac{S_{ks}}{500}$$

đe je:

- $S_{ks} = 2 \text{ MVA}$
- $S_{ng} = 72 \text{ kVA}$.

možemo konstatovati da **je proračun promjene napona potreban**.

S upotrebom jednačine:

$$\Delta u_m = k_{i,\max} \cdot \frac{S_{ngm}}{S_{ks}}$$

đe je:

- $k_{max} = 1$
- $S_{ks} = 2 \text{ MVA}$
- $S_{ngm} = 72 \text{ kVA}$

dobijamo rezultat **$\Delta u_m = 3,60 \%$** .

Kao što stoji u Preporuci, promjene napona su važne kada se generatori uključuju na mrežu s punom snagom odjednom. A kod FE, koja upotrebljava invertorske sisteme, to nije tako, jer inverter svojom regulacijom sprječava brzi porast snage kod starta i programskog zaustavljanja. A kod opstrukcije sunca zbog oblaka taj proces još je sporiji, tako da ne može doći do brze promjene napona. To dokazuju i mjerenja iz prakse. Važno je da mrežna analiza potvrdi da ta FE može da radi s punom snagom na mjestu priključenja imajući u vidu sva druga moguća stanja u mreži.

Proračun **flikera** stoga nije potreban jer za fotovoltaične elektrane **nije kritičan**.

Analizu viših harmonika uradićemo uz pomoć podataka proizvođača generatora o harmonskoj struji generatora.

Upotrebom jednačine:

$$I_{vhdoz} = I_{vhs,v,\mu} \cdot S_{ks}$$

đe je:

- I_{vhdoz} – proračunat uz pomoć granica na mjestu priključenja u DS, koje su navedene u Preporuci za NN nivo
- $I_{vhs,v,\mu}$ - iz tabele od proizvođača ukupno za svih 24 invertorskih jedinica
- $S_{ks} = 2 \text{ MVA}$

dobijamo za redne brojeve viših harmonika proračunate vrijednosti za sve jedinice (ukupno 7,5 MW):

Redni broj višeg harmonika	Podaci proizvođača za svaku jedinicu (3 kW)	Proračunata vrijednost za sve jedinice (72 kW)	Proračunati dozvoljeni nivo s obzirom na S_{ks} u tački priključenja u NN mreži
[v]	[A]	[A]	[A]
2	0,01	0,24000	3,00000
3	0,15	3,60000	8,00000
4	0,035	0,84000	0,94000
5	0,4	9,60000	3,00000
6	0,04	0,96000	1,16000
7	0,38	9,12000	4,00000
8	0,009	0,21600	0,40000
9	0,04	0,96000	1,40000
10	0,01	0,24000	0,72000
11	0,3	7,20000	2,60000
12	0,02	0,48000	0,54000
13	0,29	6,96000	2,00000
14	0,01	0,24000	0,34000
16	0,01	0,24000	0,30000
17	0,09	2,16000	1,10000
18	0,01	0,24000	0,24000
19	0,06	1,44000	0,90000
23	0,03	0,72000	0,60000
25	0,028	0,67200	0,50000

Kada uporedimo proračunate vrijednosti za sve jedinice (ukupno 72 kW) i proračunati dozvoljeni nivo s obzirom na S_{ks} u tački priključenja, vidimo da **u pogledu viših harmonika ovako projektovana elektrana ne može da se priključi na DS!** Granične vrijednosti su prekoračene za redne brojeve viših harmonika: 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23. i 25.

Jednosmjernu komponentu injektirane struje provjeravamo pomoću jednačina:

$$I_{DC\ mel} \leq 0,5 \% I_{n\ mel}$$

i

$$I_{DC\ mel\ NN} \leq 1000\ \text{mA}$$

Pošto su svi invertori jednaki i možemo računati na to da svi odjednom rade u istoj radnoj tački, ukupnu jednosmjernu struju u NN sistemu proračunavamo tako da maksimalnu struju jednog invertora pomnožimo s brojem svih invertora u sistemu te FE. Tako dobijamo

$$I_{DC\ mel} = 24 \cdot 50\ \text{mA} = 1200\ \text{mA}$$

što je **više nego dozvoljeno!** U tom pogledu treba tu jednosmjernu struju **ograničiti tako da ne ulazi u NN DS.**

U pogledu **naponske nesimetrije** svaki generator, koji se na DS priključuje na NN nivou i prelazi snagu 3,7 kW, mora se priključiti trofazno. Pošto je dozvoljena snaga ME veća od 11 kW, nesimetrija snage u bilo koje vrijeme između bilo kojih dviju faza ne smije biti veća od 4,6 kW. Zbog toga je bolje da se kod projektovanja daje prednost varijantama s manjim brojem većih trofaznih jedinica pred većim brojem manjih, po mogućnosti jednofaznih jedinica.

Ako uzmemo u obzir rezultate svih ovih proračuna, najbolji način za rješenje situacije bio bi da se u okviru projektovane snage 72 kW **zamijene monofazni invertori s manjom snagom za manji broj trofaznih invertora s većom snagom**. Ako to još uvijek ne rješi situaciju, treba razmišljati o **kompensaciji struje viših harmonika i jednosmjerne struje** (pasivna ili aktivna) ili o **povećanju snage kratkoga spoja na mjestu priključenja** ili o **drugom mjestu priključenja**, kojeg treba da potvrdi i iznova urađena mrežna analiza.