

## Прикључење објекта произвођача

Тачке 3.5.1.–3.5.6. као и тачке 3.5.7.14.6.1, 3.5.7.14.6.3. и 3.5.7.14.6.5. у постојећим Правилима о раду дистрибутивног система се мењају са оним које су наведене у тексту који следи.

3.5.1. На ДС може да се прикључи електрана:

- која испуњава техничке услове који су утврђени у тачком 3.5.4. ових Правила;
- која је опремљена заштитним и другим уређајима којима се штите ДС, генератори и друга опрема електране од оштећења и хаварија због кварова у ДС;
- која испуњава услове дате у одобрењу за прикључење.

У односу на ДС, начин рада МЕ може бити:

1. Изолован рад генератора за напајање сопствених потрошача.
2. Паралелан рад са ДС без предаје енергије у ДС, произведена електрична енергија се користи искључиво за напајање сопствене потрошње.
3. Паралелан рад са ДС са предајом енергије у ДС у целости (изузев сопствене потрошње електране).
4. Паралелан рад са ДС где се део енергије предаје у ДС а део користи за напајање сопствених потрошача.
5. Комбиновани рад (изолован – паралелни рад), односи се на електране опремљене за обе врсте рада.

3.5.2. Није дозвољено острвско напајање дела ДС из електране. Уградњом одговарајућих уређаја у објекту електране, треба обезбедити да се деловањем уређаја за релејну заштиту изврши аутоматско одвајање електране са ДС, ако је са стране ДС прекинуто напајање.

3.5.3. За случај електране са синхроним генераторским јединицама генератори морају имати имплементирану регулацију напона на својим крајевима. Номинални фактор снаге генератора мора бити 0,8 док се регулација напона мора обављати у читавом опсегу који је дефинисан фактором снаге генератора под условом да се не угрози нормалан и стабилан рад генератора. Изузетно ОДС може одредити да генератори имају фактор снаге већи од 0,8 или имплементирану регулацију фактора снаге уместо регулације напона ако системске анализе покажу да је то боље решење за ДС.

3.5.4. За прикључење и безбедан паралелан рад електране са ДС, електрана мора да задовољи следеће критеријуме:

- критеријум максимално дозвољене снаге генератора у електрани,
- критеријум дозвољених вредности напона у стационарном режиму,
- критеријум трајно дозвољених вредности струја елемената ДС,
- критеријум снаге кратког споја,
- критеријум фликера и
- критеријум дозвољених струја виших хармоника и интерхармоника.

3.5.4.1. Критеријум максимално дозвољене снаге генератора у електрани.

3.5.4.2. Критеријумом максимално дозвољене снаге генератора у електрани са енергетским претварачима или асинхроним генераторима проверава се да при укључењу генератора промена напона на месту прикључења на ДС ( $\Delta u_m$ ) не прекорачи вредност од 2% на средњем напону, односно 3% на ниском напону. Максимално дозвољена привидна снага генератора у електрани ( $S_{ngm}$ ) у [MVA] израчунава се према следећим формулама:

$$S_{ngm} = \frac{S_{ks}}{50 \cdot k}, \text{ за прикључење електране на средњем напону;}$$

$$S_{ngm} = \frac{S_{ks}}{33,3 \cdot k}, \text{ за прикључење електране на ниском напону;}$$

где је:

$S_{ks}$  - снага трофазног кратког споја (стварна вредност) у тачки прикључења на ДС без утицаја разматране електране, у [MVA],

$k$  - количник полазне (струје укључења) и назначене струје генератора.

Уколико, за разматрани генератор, није дата вредност полазне струје, за вредност параметра  $k$  усваја се:

$k = 1$  за једносмерне генераторе са инвертором;

$k = 4$  за асинхроне генераторе, за прикључење у границама  $\pm 5\%$  синхроне брзине, без напона;

Овај услов ( $k = 1$ ) се примењује и у случају провере услова прикључења синхроних генератора који се на ДС прикључују преко енергетских претварача.

У случају ветрогенератора, овај критеријум се проверава и за  $k = k_u$ , где је  $k_u$  коефицијент промене напона. Њега даје произвођач ветрогенератора за фазне углове импедансе мреже од  $30^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $70^\circ$  и  $85^\circ$ . Уколико је стварни фазни угао импедансе дистрибутивне мреже различит од ове четири вредности потребно је извршити интерполацију или екстраполацију (одговарајућег типа) добијених података како би се добила вредност овог фактора за стварни фазни угао импедансе дистрибутивне мреже.

3.5.4.3. Критеријум максимално дозвољене снаге за синхроне генераторе се проверава на основу критеријума највећег дозвољеног одступања (промене) напона ( $\Delta u_m$ ) на месту прикључења електране са синхроним генераторским јединицама на ДС, у односу на вредности називних напона из тачке 2.4.2.2, у прелазном режиму, при укључењу на ДС генератора:

	Максимално одступње (промена) напона	Максимална учестаност појаве једном у
Ниски напон	5%	5 мин.
Средњи напон	5%	3 мин.

Табела 5.1. Дозвољене варијације напона.

Дозвољено одступање (промена) напона ( $\Delta u_m$ ) на месту прикључења генераторске јединице са цилиндричним ротором (турбогенератори) у тренутку синхронизације се израчунава преко следеће формуле:

$$S_G [MVA] \leq \frac{x_s'' [\%] \cdot U_G^2 [kV]}{348.4 \cdot Z_T [\Omega] \cdot \cos(\varphi_T + 5^\circ)}$$

где је:

$Z_T$  – Тевененова импеданса система у субтранзијентном режиму на генераторским сабирницама блок трансформатора;

$U_G$  – Номинални напон генератора;

$x_s''$  – Субтранзијентна реактанса генератора;

$\varphi_T$  – Угао Тевененове импедансе.

За генераторске јединице са истакнутим половима (хидрогенератори) у претходној формули се уместо  $x_s''$  се користи субтранзијентна реактанса генератора у уздужној оси  $x_d''$ .

У случају да се не доставе вредности за субтранзијентну реактансу генератора, ОДС ће усвојити вредност од 17% и захтевати уградњу генератора чија субтранзијентна реактанса није мања од ове вредности.

#### 3.5.4.4. Избор привидне снаге генератора која се пореди са $S_{ngm}$

За привидну снагу генератора ( $S_{ng}$ ) која се пореди са  $S_{ngm}$  најпре се усваја дата назначена привидна снага генератора. Уколико за тако усвојену вредност критеријум максимално дозвољене снаге генератора у електрани није задовољен за  $S_{ng}$  може се усвојити:

- за блок генератор-претварач-трансформатор – минимална од три привидне снаге: привидне снаге генератора, привидне снаге претварача или трансформатора.
- за синхрони генератор вредност која се добије количником максималне активне снаге која се доводи генератору (максимална улазна снага) и минималне вредности фактора снаге са којом генератор може да ради за дату вредност активне снаге. Минимална вредност фактора снаге се читава

са погонске карте генератора; уколико погонска карта генератора није доступна, за вредност фактора снаге усваја се 0,8.

- 3.5.4.5. Генератори у електрани се могу симултано прикључивати на мрежу уколико је сума привидних снага генератора ( $\Sigma S_{ng}$ ) мања од  $S_{ngm}$ . У супротном, генератори се морају прикључивати појединачно у временским интервалима од по 5 min за прикључење на ниском напону, односно 3 min за прикључење на средњем напону. Ови временски интервали могу бити и краћи, под условом да ОДС то дозволи.
- 3.5.4.6. Критеријум дозвољених вредности напона у стационарном режиму

Критеријумом дозвољених вредности напона у стационарном режиму проверава се да, у оквиру нормалног погона ДС, величина напона у било којој тачки ДС остане у границама према тачки 2.4.2.2. у односу на назначени напон. За проверу овог критеријума је потребно извршити прорачуне токова снага за критичне режиме рада са следећим стањем:

- Минимално и максимално оптерећење ДС, односно припадајућег извода; посебно код електрана које за производњу електричне енергије користе енергију сунца (соларне електране) за минимално и максимално оптерећење ДС усваја се минимално и максимално оптерећење у периоду у којем је могућа производња ове врсте електрана (при присуству сунчеве светлости) – препоручује се усвајање минималног и максималног оптерећења у периоду 9<sup>00</sup>-17<sup>00</sup> часова,

У случају да није могуће извршити прорачуне токова снага постоји могућност провере критеријума дозвољених вредности напона електране, којим се проверава да напон у било којој тачки ДС неће претрпети промену већу од 5% за случај нагле промене производње електрана или испада електрана. При прорачуну се уважавају **све електране** које могу симултано променити производњу (ветроелектране или соларне електране на блиским локацијама) и електране које могу симултано испасти из погона, услед деловања релејне заштите или погонског искључења (електране на истом изводу). Промена напона ( $\Delta u_m$ ) коју једна електрана изазива у некој тачки ДС може се приближно израчунати према следећим формулама:

$$\Delta u_m = \frac{S_E \cdot (R_k \cdot \cos|\varphi| - X_k \cdot \sin|\varphi|)}{U_n^2},$$

за режим у којем електрана троши реактивну снагу из мреже (подпобуђени режим),

$$\Delta u_m = \frac{S_E \cdot (R_k \cdot \cos|\varphi| + X_k \cdot \sin|\varphi|)}{U_n^2},$$

за режим у којем електрана инјектира реактивну снагу у мрежу (надпобуђени режим),

где је:

$S_E$  - максимална привидна снага електране, у [MVA], која се добија као количник максималне активне снаге електране и фактора снаге 0,95,

$R_k$  - еквивалентна отпорност мреже у карактеристичној тачки ДС (видети примере), у [ $\Omega$ ],

$X_k$  - еквивалентна реактанса мреже у карактеристичној тачки ДС (видети примере), у [ $\Omega$ ],

$\varphi$  - фазни угао напона и струје електране, у [ $^\circ$ ],

$U_n$  - назначени напон мреже у разматраној тачки ДС, у [kV].

Овај критеријум се проверава за  $\cos\varphi = 0,95$  за режим у којем електрана инјектира реактивну снагу у мрежу (надпобуђени режим).

#### 3.5.4.7. Критеријум трајно дозвољених вредности струја елемената ДС

Критеријумом трајно дозвољених вредности струја елемената ДС се проверава да за време рада електрана струје у елементима ДС не пређу вредности трајно дозвољених струја тих елемената.

#### 3.5.4.8. Критеријум снаге кратког споја

3.5.5.1. Критеријумом снаге кратког споја се проверава укупна вредност струје (снаге) трофазног кратког споја на месту прикључења електране у погону. Вредност струје (снаге) не сме прећи максималне дозвољене вредности струја (снага) кратког споја на које је димензионисана опрема у ДС:

- мрежа 0,4 kV: 26 kA (18 MVA),
- мрежа 10 kV: 14,5 kA (250 MVA),
- мрежа 20 kV: 14,5 kA (500 MVA),
- мрежа 35 kV: 12 kA (750 MVA).

Ако вредност струје (снаге) прелази наведене максималне дозвољене вредности, неопходно је ограничити струју кратког споја коју даје електрана тако да овај критеријум буде задовољен.

3.5.5.2. Ако се због прикључења електране повећа снага (струја) трофазног кратког споја изнад вредности за коју је димензионисана опрема у ДС, треба да се примени једна или више следећих мера:

- ограничење струја кратког споја у електране;
- замена расклопних апарата и/или друге опреме која не испуњава захтеве с обзиром на снаге (струје) кратког споја;
- промена места прикључења на ДС, промена параметара прикључног вода итд.

#### 3.5.4.9. Критеријум фликера

Критеријум фликера се проверава помоћу дуготрајног фактора сметњи ( $A_{fl}$ ) електране, изазваних фликером дугог трајања (преко два сата) и првенствено има значај код електрана на ветар и соларних електрана.

Електрана са  $n$  генератора укупне снаге  $S_E$  може да се прикључи на ДС ако је испуњен услов:

$$A_{lt} = \left( c_{fE} \cdot \frac{S_E}{S_{ks}} \right)^3 = \left( \frac{c_{fg}}{\sqrt{n}} \cdot \frac{S_E}{S_{ksE}} \right)^3 \leq 0,1$$

где је:

$c_{fE}$  - коефицијент фликера електране,

$c_{fg}$  - коефицијент фликера генератора,

$S_{ksE}$  - Снага трофазног кратког споја са прикљученом разматраном електраном.

Коефицијент фликера означава особину електране да производи фликере. Вредност коефицијента фликера даје произвођач, односно овлашћена независна институција, посебно за сваки генератор и електрану као целину, на основу извештаја о типском испитивању од стране овлашћене лабораторије (атест) за електрану која има исте или сличне карактеристике као електрана која се гради. Измерене вредности коефицијената фликера  $c_{fg}$  и  $c_{fE}$  не смеју прелазити вредности које су гарантоване извештајем о типском испитивању. Мерење се врши у реалним погонским условима, тако да се не узимају у обзир прелазне појаве (нпр. укључење генератора).

Критеријум фликера је сигурно задовољен ако је  $c_{fg} \leq 20$ . Овај услов испуњавају генератори које покрећу: водена, парна или гасна турбина. Код електрана на ветар и соларних електрана је  $c_{fg} > 20$ , а може да има вредност и до 40, па је обавезан доказ (атест) да електрана задовољава критеријум фликера, односно доказ да прикључење електране на ДС неће произвести штетно деловање са аспекта критеријума фликера.

У случају ветрогенератора, мора се извршити и провера критеријума дуготрајног фактора бројности (емисије) фликера према следећој формули:

$$P_{lt} = \frac{8}{S_{ksE}} \cdot \left( \sum_{i=1}^n n_{120i} \cdot (k_f \cdot S_{ng})^{3,2} \right)^{0,31} \leq 0,46$$

$$P_{lt} = c_{f_{mel}} \cdot \frac{S_{mel}}{S_{ksE}} \leq 0,5 \text{ за НН}$$

где је:

$P_{lt}$  - дуготрајни фактор бројности (емисије) фликера,

$n_{120i}$  - максимални број прекидних операција  $i$ -те производне јединице у временском интервалу од 120 min (овај податак даје произвођач ветрогенератора),

$k_f$  - фактор бројности (емисије) фликера који даје произвођач ветрогенератора за фазне углове импедансе дистрибутивне мреже од 30°, 50°, 70° и 85°. Уколико је стварни фазни угао импедансе дистрибутивне мреже различит од ове четири вредности потребно је извршити интерполацију или екстраполацију (одговарајућег типа) добијених података како би се добила вредност овог фактора за стварни фазни угао импедансе дистрибутивне мреже,

$S_{ng}$  - привидна снага генератора, у [MVA].

### 3.5.4.10. Критеријум дозвољених струја виших хармоника и интерхармоника

#### 3.5.4.10.1. Критеријум дозвољених струја виших хармоника и интерхармоника се проверава помоћу израза:

$$I_{vhg} \leq I_{vhdoz} = I_{vhs,v,\mu} \cdot S_{ksE}$$

где је:

$I_{vhg}$  - стварна вредност струје вишег хармоника/интерхармоника коју генератор инјектира у ДС, сведена на место прикључења, у [А],

$I_{vhdoz}$  - дозвољена вредност струје вишег хармоника/интерхармоника на месту прикључења, у [А],

$I_{vhs,v,\mu}$  - дозвољена вредност струје вишег хармоника/интерхармоника сведена на јединичну снагу кратког споја на месту прикључења на ДС, у [А/MVA].

У табели 5.2. дате су дозвољене вредности струја виших хармоника и интерхармоника сведене на снагу кратког споја на месту прикључења на ДС.

#### 3.5.4.10.2. Уколико је неколико генератора или електрана прикључено и/или се прикључује на ДС у истој тачки прикључења примењује се следећа формула:

$$I_{vhg} \leq I_{vhdoz} = I_{vhs,v,\mu} \cdot S_{ksE} \cdot \frac{S_{ng}}{S_{sum}}$$

где је:

$S_{ng}$  - снага разматраног генератора на месту прикључења,

$S_{sum}$  - сума снага свих генератора на месту прикључења.

#### 3.5.4.10.3. Уколико су на неколико места у СН мрежи припадајуће ТС 110/x kV/kV прикључене електране, дозвољена вредност струја виших хармоника/интерхармоника у тачки прикључења се израчунава према следећим формулама:

$$\text{за } v \leq 13, I_{vh} \leq I_{vhdoz} = I_{vhs,v,\mu} \cdot S_{ksE} \cdot \frac{S_{sum}}{S_T}$$

$$\text{за } v > 13, I_{vh} \leq I_{vhdoz} = I_{vhs,v,\mu} \cdot S_{ksE} \cdot \sqrt{\frac{S_{sum}}{S_T}}$$

где је:

$I_{vh}$  - стварна вредност струје вишег хармоника/интерхармоника коју генератори у тачки прикључења инјектирају у дистрибутивну мрежу, сведена на место прикључења, у [А],

$S_T$  - привидна снага трансформатора у припадајућој ТС 110/x kV/kV.

#### 3.5.4.10.4. Уколико нису испуњени претходно наведени критеријуми за више хармонике и интерхармонике, власник електране треба да набави други генератор и за њега извештај о типском испитивању, или да предузме посебне заштитне мере, као на пример уградња филтра за одговарајући ред вишег хармоника/интерхармоника.

Код електране са фреквентним претварачима треба испитати и штетно деловање електране на МТК уређаје са становишта виших хармоника.

Редни број вишег хармоника $\nu$	$I_{vhs,\nu,\mu}$ [A/MVA]			
	Ниски напон	10 kV	20 kV	35 kV
2	1,5	0,058	0,029	0,0163
3	3	/	/	/
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	1	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	0,5	0,052	0,026	0,0146
12	0,27	0,011	0,005	0,002
13	0,4	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	0,3	0,022	0,011	0,0600
18	0,12	0,005	0,002	0,001
19	0,25	0,018	0,009	0,0051
23	0,3	0,012	0,006	0,0034
25	0,25	0,010	0,005	0,0026
$25 < \nu < 40^*$	$0.15-25/\nu$	$0,01 \cdot 25/\nu$	$0,005 \cdot 25/\nu$	$0,0026 \cdot 25/\nu$
$\nu = \text{паран}$ $18 < \nu$	$1,5/\nu$	$0.06/\nu$	$0.03/\nu$	$0.0171/\nu$
$\mu < 40$	$1,5/\nu$	$0.06/\mu$	$0.03/\mu$	$0.0171/\mu$
$\mu > 40^{**}$	$4,5/\nu$	$0.18/\mu$	$0.09/\mu$	$0,0514/\mu$
* непаран број хармоника				
** за опсег модулације при фреквенцији од 200 Hz; мерено у складу са SRPS EN 61000-4-7:2008 EN 61000-4-7, Анех Б и SRPS EN 61000-4-7:2008/A1:2010-				

Табела 5.2. Дозвољене вредности струје  $\nu$ -тог хармоника и  $\mu$ -тог интерхармоника сведене на снагу кратког споја у тачки прикључења електране на ДС.

### 3.5.5. Синхронизација

- 3.5.5.1. Уградњом одговарајућих заштитних и других техничких уређаја у електрани, треба обезбедити да укључење електране на ДС буде извршено само ако је на свим фазним проводницима присутан напон мреже са стране ДС.
- 3.5.5.2. За укључење се користи спојни прекидач у расклопном постројењу електране или изузетно генераторски прекидач код електране са једним генератором снаге до 30 kVA, под условом да је то решење усаглашено са надлежном ЕД при издавању одобрења за прикључење електране на ДС.



За синхронизацију генератора на ДС, потребан је уређај који треба да задовољи следеће услове синхронизације:

Укупна снага генератора (kVA)	Разлика фреквенција ( $\Delta f$ , Hz)	Разлика напона ( $\Delta V$ , %)	Разлика фазног угла ( $\Delta \theta^\circ$ )
0-500	0,3	5	10
500-1500	0,2	5	10
>1500	0,1	3	10

Табела 6. Услови синхронизације.

Синхронизација се врши на генераторском прекидачу. Уколико је произвођач жели да обезбеди непрекидан рад својих погона иза места мерења који не припадају сопственој потрошњи електране, тада се синхронизација може вршити на спојном прекидачу.

3.5.5.3. За прикључење асинхроног генератора на ДС, који се покреће помоћу погонског агрегата, потребан је уређај који обезбеђује да се прикључење изведе између 95% и 105% од синхроног броја обртаја, без напона.

3.5.5.4. Код самопобудних и двострано напајање асинхроних генератора треба да се испуне сви услови који су предвиђени за синхроне генераторе, тачка 3.5.5.2.

3.5.6. Дозвољено инјектирање једносмерне компоненте струје

Код електрана које се прикључују на ДС преко инвертора једносмерна компонента инјектирања у дистрибутивну мрежу не сме бити већа од 0,5% од назначене струје инвертора. Код прикључења на НН мрежу струја инјектирања не сме бити већа од 1 А.

3.5.7.14.6. Компензација реактивне енергије у МЕ

3.5.7.14.6.1. Фактор снаге електране са асинхроним генераторским јединицама у режиму предаје или пријема електричне енергије треба да износи  $\cos\phi \geq 0,95$ . За одржавање захтеване вредности фактора снаге неопходна је уградња кондензаторских батерија.

3.5.7.14.6.3. Код електрана са великим колебањима погонске снаге (ветроелеткрране и соларне електране), које су на мрежу везане преко пуноуправљивог претварача, обавезна је примена напонске регулације на излазу инвертора осим ако ОДС другачије не захтева.

3.5.7.14.6.5. Није потребна никаква додатна компензација реактивне енергије у електранама са синхроним генераторским јединицама.