

НАЧИН РАДА СИНХРОНОГ ГЕНЕРАТОРА У МАЛИМ ХИДРОЕЛЕКТРАНАМА У ПОДПОБУЂЕНОМ РЕЖИМУ – ПРЕДНОСТИ И ПРОБЛЕМИ

Радован Лекић - ОДС „ЕПС дистрибуција“ ДП Краљево, Србија
мр Владимир Остраћанин – ЈП ЕПС, ТЦ Краљево, Србија
др Радомир Тодоровић – ЈП ЕПС Београд, Србија
Никола М.Павловић – ЈП ЕПС, ТЦ Краљево, Србија

КРАТАК САДРЖАЈ:

Правилима о раду дистрибутивног система ОДС „ЕПС дистрибуција“ дозвољено је да мале хидроелектране у којима је инсталиран синхрони генератор преузимају реактивну енергију из мреже. Наведено се користи у сврху решавања проблема са порастом напона у мрежи у режимима велике производње, а мале потрошњена одређеном конзумном подручју.

Осим за решавање наведене проблематике, наведени режим рада има и негативне ефекте. Такође, реактивна енергија за подпобуђени режим рада синхроног генератора у малим хидроелектранама се мора надокнадити из мреже.

Ову реактивну енергију ОДС „ЕПС дистрибуција“ мора обезбедити од ОПС „ЕМС“ а.д. и често плаћати прекомерно преузету реактивну енергију.

Међутим, да би генератор могао да ради у овом режиму у широком опсегу потребно је приликом куповине генератора дефинисати неке конструктивне карактеристике које ће омогућити наведени – подпобуђен режим рада синхроног генератора, односно сагледати облик погонског дијаграма синхроног генератора.

Кључне речи: подпобуђен режим, погонски дијаграм, преузета реактивна енергија

ABSTRACT:

The rules on the operation of the distribution system ODS "EPS distribution" allow small hydroelectric plants in which the synchronous generator is installed to take reactive energy from the network. The above is used for the purpose of solving the problems with the increase of voltage in the network in the mode of production of power generation, and small consumption. Apart from solving this problem, the given mode of operation also has negative effects. Also, reactive energy for the subordinated synchronous generator operation in small hydroelectric power plants must be compensated from the network.

However, in order to apply this, it is necessary to define nonconstructive characteristics when generating a generator that will enable the specified - subordinated synchronous generator operating mode, that is, to look at the shape of the synchronous generator drive diagram.

Key words: subordinated synchronous generator operating mode

УВОД

Последњих 10 година започела је интензивна експлоатација малих електрана са обновљивим изворима енергије (у даљем тексту ОИЕ). Тада су започеле и прве подстицајне мере. Ове обавезе изазивају повећање цене произведене енергије, а преко постепеног увећања употребе ОИЕ, тенденција је производња енергије искључиво из ОИЕ.

Један од услова за добијање статуса повлашћеног произвођача јесте да електрана буде прикључена на електроенергетски систем. Мерама подстицаја се подржавају само оне електране које електричну енергију испоручују у електроенергетски систем. Дакле, електране које производе електричну енергију за сопствене потребе не могу бити у систему подстицајних мера.

Период на који се закључује уговор о откупу електричне енергије по повлашћеним ценама је 12 година. За једну електрану овај уговор се може склопити само једном.

УТИЦАЈ ПРИКЉУЧЕЊА МЕ СА ОИЕ НА ЕЕС

Као што је наведено за добијање статуса повлашћеног произвођача јесте да електрана буде прикључена на електроенергетски систем (ЕЕС).

Технички услови за прикључење објекта треба да омогуће да ОДС обезбеди адекватан рад ЕЕС (дистрибутивног) уз ненарушавање услова коришћења ДС постојећим корисницима и прописани стандарди услуге кориснику чији се објекат прикључује.

Поред свих бенефита прикључења МЕ на ЕЕС (смањење губитака електричне енергије, ...) који су глобални, парцијално се могу запазити и негативни ефекти прикључења МЕ на ЕЕС. С тим у вези потребно је анализирати наведене случајеве:

Режима 1: Максимална производња електричне енергије из ОИЕ – максимална потрошња ел.енергије на конзуму где је МЕ прикључена

Режима 2: Максимална производња електричне енергије из ОИЕ – минимална потрошња ел.енергије на конзуму где је МЕ прикључена (најкритичнији са аспекта промена напона)

Режима 3: Минимална производња електричне енергије из ОИЕ – максимална потрошња ел.енергије на конзуму где је МЕ прикључена

Режима 4: Минимална производња електричне енергије из ОИЕ – минимална потрошња ел.енергије на конзуму где је МЕ прикључена

Уследе прикључења МЕ са ОИЕ на ЕЕС могу настати следећи проблеми:

- Услед укључења и искључења генератора могу се појавити напонски удари на месту прикључења на ДС;
- Проблеми са присуством фликера;
- Појава утицаја струја виших хармоничних компоненти износа изнад дозвољених;
- Промена вредности струје трофазног кратког споја, ...

Наведено се делимично превазилази тако што оператор дистрибутивног система (ОДС) приликом издавања техничких услова анализирају б основна критеријума за прикључење и безбедан паралелан рад МЕ са ДС. Наведени критеријуми се дефинишу као:

- Критеријум дозвољене снаге МЕ;
- Критеријум дозвољених вредности напона у стационарном режиму;
- Критеријум фликера;
- Критеријум дозвољених струја виших хармоника,
- Критеријум снаге кратког споја,
- Критеријум максимално дозвољеног струјног оптерећења елемената ДС.

Ако се анализирају сви изложени режими (режими од 1 до 4) , од свих наведених режима највећи проблем је када је ниво произведене електричне енергије из ОИЕ виши од нивоа потрошње на одређеном конзуму. У наведеном случају може доћи до повећања напона у мрежи, тако да се може нарушити одредба члана 2 Уредбе о условима испоруке и снабдевања електричном енергијом ("Сл.гласник РС", бр.63/2013) да је „операторсистемадужанједодржаванатопон у системууздопуштеноодступањеоод $\pm 10\%$ називног напона за све напонске нивое изузев 400 kV, где је допуштено одступање од $\pm 5\%$ називног напона“.

ПОДПОБУЂЕН РЕЖИМ РАДА СИНХРОНОГ ГЕНЕРАТОРА

Синхрони генератори могу радити у режиму надпобуђености и подпобуђености.

Надпобуђен режим је режим када је оптерећење претежно индуктивног карактера и када синхрони генератор поред активне производи и реактивну електричну енергију и пласира је у мрежу.

Подпобуђен режим је режим када је оптерећење претежно капацитивног карактера и када синхрони генератор троши реактивну електричну енергију.

У називном режиму подразумева се да је сачинилац снаге при надпобуђеној машини (оптерећење омскоиндуктивног карактера).

Сачинилац снаге у радном режиму зависи од улоге генератора у електроенергетском систему у погледу потребе за реактивном снагом.Обично се његова назначена вредност веже за снагу генератора и оријентационо је та веза дата на следећи начин (за хидрогенераторе):

- За привидне снаге до 125MVA - $\cos\varphi=0,8$
- За привидне снаге од 125MVA до 350 MVA - $\cos\varphi=0,85$
- За привидне снаге изнад 350MVA - $\cos\varphi=0,9$

Ако се посматра цео ЕЕС и синхрони генератори великих инсталисаних снага, проблематика неопходности примене подпобуђеног режима рада генератора у ЕЕС је постала присутна након појаве релативно дужих далекова врло високих напона. Наведено је последица чињенице да је реактивна капацитивна снага генерисана од стране далекова већа од индуктивног оптерећења и губитака реактивне снаге у мрежи. Тај „некомпензовани вишак реактивне снаге“ доводи до повећања напона у мрежи. Мере које би наведено решиле се односе на смањење генерисање реактивне капацитивне снаге или на повећање реактивног оптерећења.

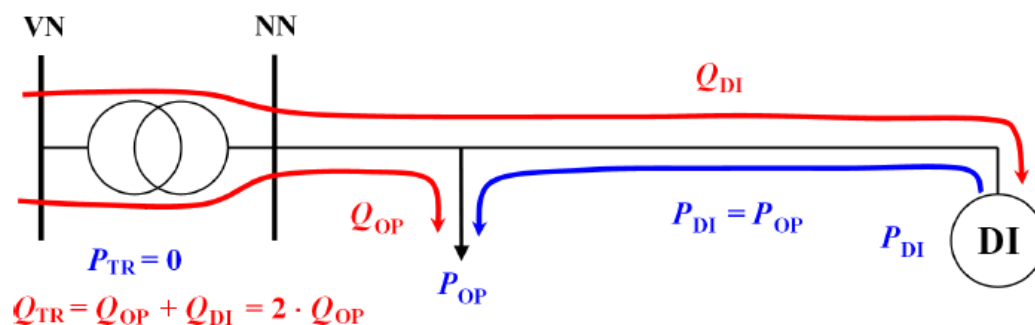
У ЕЕС Републике Србије проблематика подпобуђених режима рада се потенцирао осамдесетих година прошлог века, након интензивног развоја преносне мреже.

Подпобуђен режим рада у МХЕ из ОИЕ се појавио као последица немогућства пласмана активне енергије у режимима повећаних напона. Један од разлога који је резултирао наведено је што су се приликом издавања техничких услова вршене неадекватне анализе 6 основних критеријума за прикључење и безбедан паралелан рад МЕ са ДС. Тачније, да ли из незнања или се тенденциозно ишло ка смањењу трошкова прикључења МЕ из ОИЕ. Након тога се ОДС доводи у стање да не може обезбедити произвођачу електричне енергије из ОИЕ да пласира активну електричну енергију, а анализама је условио инвеститора да изгради одређену инфраструктуру преко које би могао да пласира активну електричну енергију.

У подпобуђеном режиму је оптерећење генератора претежно капацитивно, а магнетна реакција индукта магнетишућег карактера, што доводи до појачаног загревања чеоних делова статора генератора. Да би се умањили ефекти наведеног, неопходно је било ограничавање струје статора, односно дефинисати да се за ангажовану активну снагу генератора утврди максимално дозвољена реактивна снага.

Тачније, у подпобуђеном режиму рада, када је оптерећење машине капацитивног карактера, и генератор је потрошач реактивне снаге, могућности рада су ограничене загревањем крајњих пакета лимова статора, статичком стабилношћу и минимално дозвољеној струји побуде.

На слици 1. приказана је наведена ситуација подпобуђеног синхроног генератора, где генератор производи толику активну енергију да би обезбедио комплетну потрошњу активне снаге по изводу (P_{OP}), али из мреже узима реактивну снагу износа као што је и потреба по изводу (Q_{OP}). У том случају је активна снага која пролази кроз трансформатор једнака нули, док је реактивна двострука колико Q_{OP} . Наведено се мора обезбедити из мреже, односно најчешће из преносне мреже, односно од великих генераторских јединица.



Слика 1. Токови снага у мрежи са дистрибуираним извором (DI) који у мрежу даје активну снагу P_{DI} реактивну снагу Q_{DI}

Граница рада у подпобуди се може одредити експериментално или из следеће формуле:

$$q = \frac{(0,75 - 0,04 \cdot 2,9 \cdot p) \cdot 700}{A_s} \quad (1)$$

где је:

q – реактивна снага у р.ј.

p – активна снага у р.ј.

A_s – линеарно оптерећење статора у А / см.

Функција $q=f(p)$ дефинише границу рада генератора у подпобуди, за познату вредност линеарног оптерећења конкретног генератора. Ова граница може бити пресечена границом статичке стабилности, али не мора.

Ако се посматра погонски дијаграм хидрогенератора (или радни дијаграм или погонска карта) и чињеница да наведени дефинише све режиме рада за које је пројектован да може трајно, без било каквог оштећења и ограничења радити. Те границе могућег трајног рада су одређене назначеним вредностима снага и струја, као и огречењима везаним за стабилност рада, могућности турбине и прегревање делова магнетног кола статора у неким режимима рада.

Такође, теоријске могућности рада једног хидрогенератора у смислу производње активне и реактивне снаге су дефинисане његовим угаоним карактеристикама.

Један погонски дијаграм приказан је на слици број 2.а

Рад генератора у подпобуди (када прима из мреже реактивну снагу), условљен је загревањем крајњих пакета језгра статора. Нажалост, ниво загревања не може се израчунати, па се дозвољена зона рада одређује мерењем загревања крајњих пакета у тим режимима рада (други квадрант). За ова мерења потребно је, код израде генератора, уградити отпорне термометре у крајње пакете језгра статора и то на местима где се очекује максимално загревање. Ширина зоне рада у подпобуди зависи од нивоа електромагнетног искоришћења генератора.

На основу погонског дијаграма генератора веома брзо и лако се одређују параметри ($\cos\phi$, угао снаге, струја побуде и др.) рада генератора.

РЕГУЛАЦИЈА НАПОНА СИНХРОНОГ ГЕНЕРАТОРА ПРОМЕНОМ СМЕРА И ВРЕДНОСТИ РЕАКТИВНЕ ЕНЕРГИЈЕ

Сходно уредби о условима испоруке и снабдевања електричном енергијом („Сл.гласник РС“ број 63/2013) као и европској норми EN 50160 напон у тачки прикључења мора остати у одређеној граници. Подсећања ради EN 50160 је у Републици Србији прихваћен као национални стандард 21.06.2012.године са ознаком SRPS EN 50160:2012, и допуњен 29.05.2015.године.

Регулација напона у мрежи се може спровести укључивањем кондензаторских батерија, или променом преносног односа трансформатора. Последење је неповољно јер би промене преносног односа трансформатора морале бити учестале. Како на трансформаторима 35/х kV и 20(10)/0,4 kV нису аутоматске наведено би било проблематично.

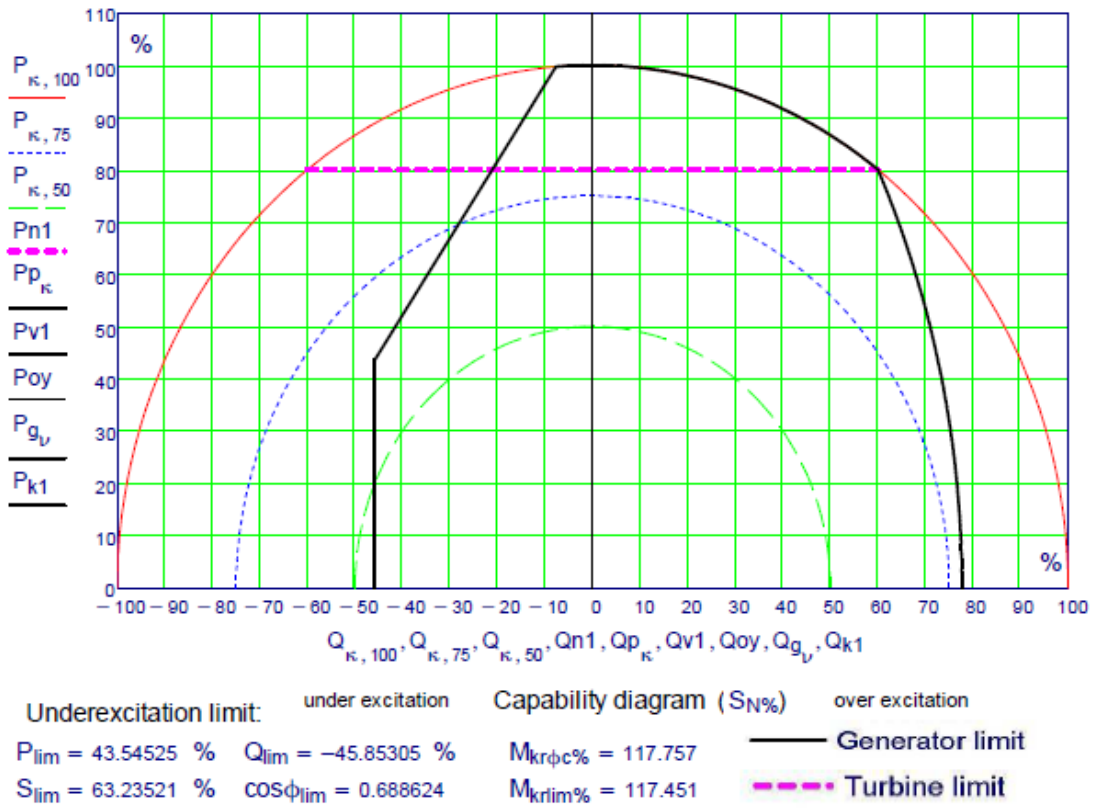
ИЗГРАДЊА СИНХРОНОГ ГЕНЕРАТОРА ЗА ПОДПОБУЂЕНИ РАДНИ РЕЖИМ

Правилима о раду дистрибутивног система, у тачки 4.9.2.5 дефинисано је да „Електране са синхроним генераторским јединицама морају имати имплементирану регулацију напона на својим крајевима. Регулација напона се мора обављати у опсегу рада генератора од 0,95 за надпобуђен режим до 0,95 за подпобуђен режим. Генератори морају имати могућност регулације фактора снаге или реактивне снаге, која се користи уместо регулације напона по налогу ОДС.“

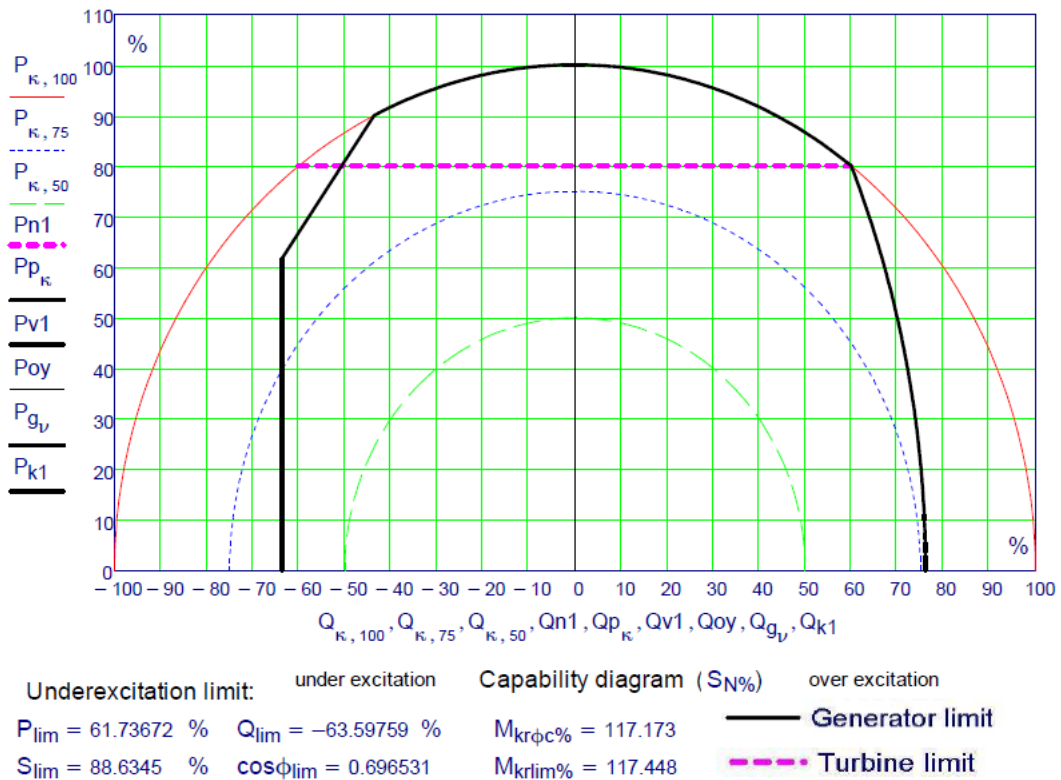
Даље, у тачки 4.9.2.7.4 дефинисано је да „Када се ради системски прорачун токова снага и напонских прилика и када се овај критеријум проверава формулама, тачка 4.9.2.7.3 усваја се да је $\cos\phi=0,95$ за режим у којем електрана инјектира реактивну снагу у мрежу (надпобуђени режим). За минимално оптерећење ДС се може усвојити да електрана ради са $\cos\phi = 1$ “.

Наведеним критеријумима ОДС је дозвољено даприликом дефинисања техничких услова за прикључење електрана на дистрибутивни систем, електрану потиснена јачу мрежу и избегне ситуацију (која се имала применом ранијих Правила о раду ДС) да се електрана прикључи на слабу мрежу и да по правилу у току дана (често и преко 20 h) ради са трошењем реактивне енергије.

Овиме се избегава драстично повећање губитака у дистрибутивном систему које се има при преношењу реактивне енергије ка електрани и дистрибуцији активне енергије из електране у систем. Прикључењем електране на јачу мрежу, потребе за регулацијом напона су мање.



Слика 2.а. Погонског дијаграма генератора који у подпобуђеном режиму може да ради са минимално $\cos\phi=0,998$ cap



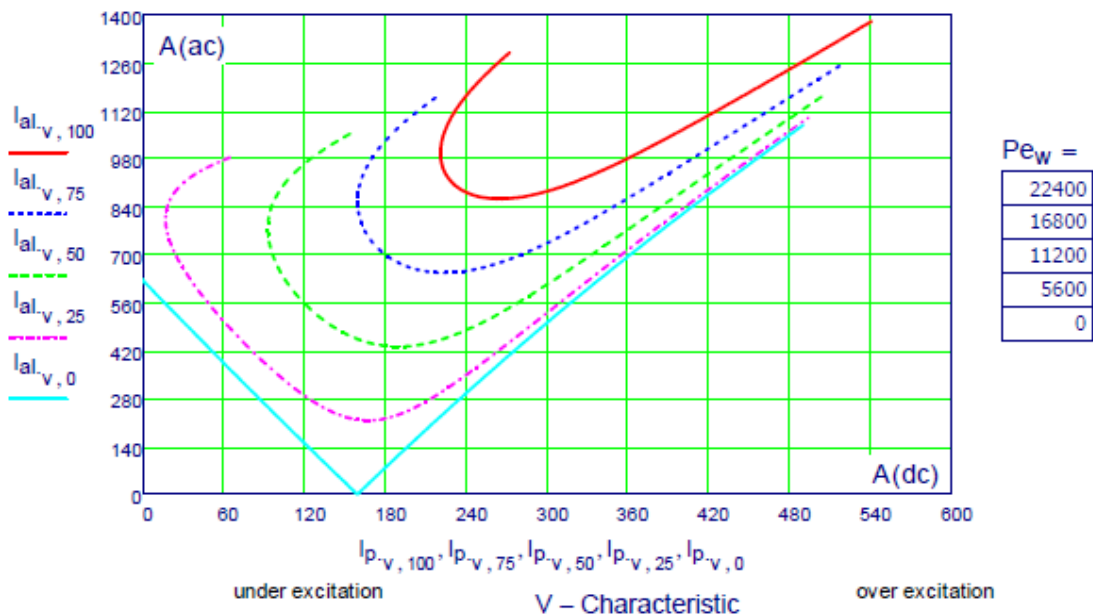
Слика 2.б. Погонског дијаграма генератора који у подпобуђеном режиму може да ради са минимално $\cos\phi=0,86$ cap

Претходним Правилима о раду дистрибутивног система, у делу 3.5.3. дефинисано је да „Електране са синхроним генераторским јединицама морају имати имплементирану регулацију напона на својим крајевима. Номинални фактор снаге генератора је могао 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, је могао 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^с.

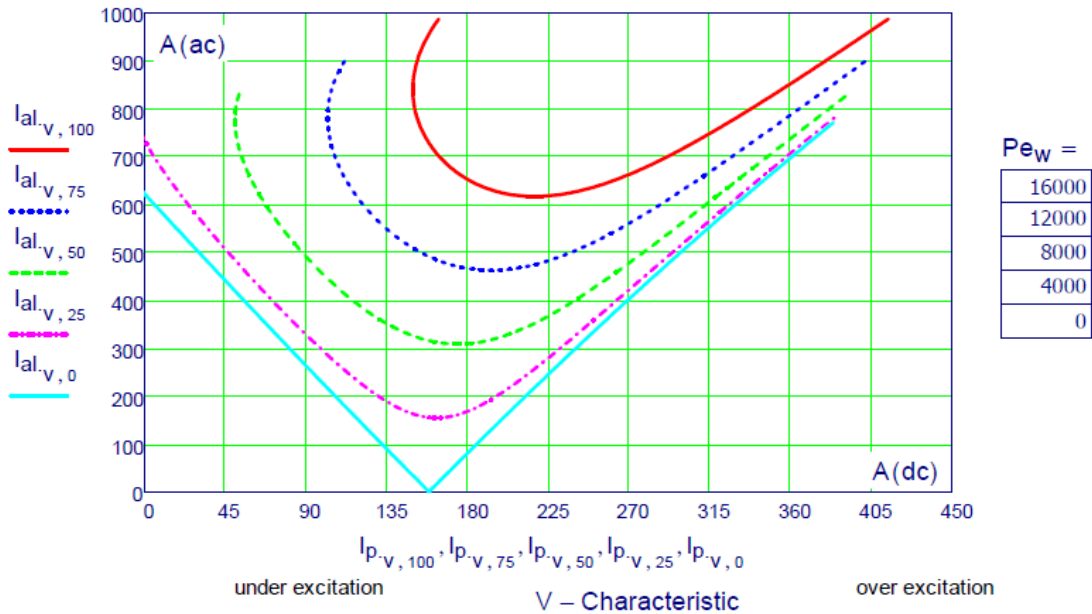
Међутим, уколико се зна да ће генератор бити прикључен на начин да ће често бити у прилици да учествује у регулацији напона да би могао да пласира активну електричну енергију, практично је то навести приликом наручивања генератора. Разлог за наведено је што уколико није наглашено планира се да генератор ради углавном индуктивно оптерећен. Уколико се нагласи произвођачу, понуда је другачија и погонски дијаграм (карта) је другог облика.

На слици 2.а је дат изглед погонског дијаграма генератора који у подпобуђеном режиму може да ради са минимално $\cos\varphi=0,998$ саp, а на слици 2.б погонски дијаграм генератора који у подпобуђеном режиму може да ради са минимално $\cos\varphi=0,86$ саp.

Наведеним погонским дијаграмима одговарају V–карактеристике (Мордејеве криве, Mordey) приказане на слици 3.а и 3.б, респективно.

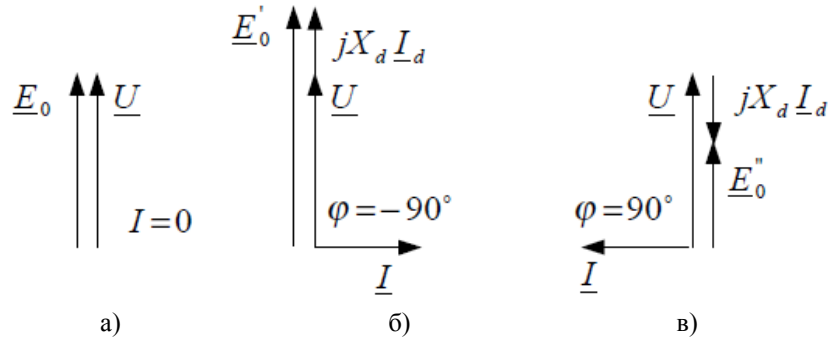


Слика 3.а. V – карактеристика генератора чији је погонски дијаграм на слици 2.а



Слика 3.б. V – карактеристика (Мордејева крива) генератора чији је погонски дијаграм на слици 2.б

Из фамилије Мордејевих криви (слике 3.а и 3.б) се види на који начин се врши управљање током реактивне снаге. Уколико је у почетном стању генератор (претпоставља се да је генератор са ваљкастим ротором – што је за разматрање довољно) неоптерећен (слика 4.а), али синхронизован, тада је напон на његовим крајевима једнак електромоторној сили E_0 . Ако се изврши повећање побудне струје, вредност E_0 ће порастати на вредност E'_0 (слика 4.б). Услед разлике напона између E'_0 и U кроз намотаје статора ће протицати индуктивна струја. Ако се изврши смањење побудну струју, услед чега емс празног хода ће се смањити на E''_0 (слика 4.в) кроз намотаје статора ће протећи капацитивна струја.



Слика 4. Управљање реактивном снагом у случају

а) неоптерећеног генератора, б) индуктивно оптерећен генератор в) капацитивно оптерећен генератор

Уколико се даље разматра да се повећава активна снага, добија се фамилија Мордејевих криви за различите вредности

Наведени погонски дијаграми имају за последицу да је генератор са погонским дијаграмом на слици 2.а јефтинији у односу на генератор са погонским дијаграмом на слици 2.б. Разлог за наведено је што је скупљи генератор морао бити са дужином ротором, што повећава утрошак материјала.

РЕГИСТРОВАЊЕ ПРЕУЗЕТЕ РЕАКТИВНЕ ЕНЕРГИЈЕ

У МЕ са ОИЕ су за регистровање произведене/преузете активне/реактивне енергије користе тзв. „двосмерна бројила“ или „двосмерне мерне групе“ које региструју активну/реактивну енергију у сва четири квадранта.

Наведени мерни уређаји су у складу са одредбама из тачке 3.5.7.14.5.4. Правила о раду дистрибутивног система, где је одређено да мерна опрема треба да задовољава услове који омогућавају мерење и

регистровање активне и реактивне енергије у два смера, односно – у смеру преузете и у смеру предате енергије, што има за последицу регистровање разлике произведене и потрошене енергије.

Проблематика тумачења и примене одредби Уредби о условима испоруке и снабдевања електричном енергијом („Сл.гласник РС“ број 63/2013) је била проблематична. Последица наведеног су били огромни рачуни за ставку која је категорисана као прекомерно преузета реактивна енергија.

Агенција за енергетику Републике Србије (АЕРС) је доставила тумачење које се своди на следеће:

- када раде у режиму напонске регулације, електране са синхроним генераторским јединицама које су на дистрибутивни систем прикључене директно преко блок трансформатора, као и електране са генераторским јединицама које су преко инверторских претварача прикључене на дистрибутивни систем, у циљу одржавања напона на месту прикључења морају да преузму реактивну енергију из система, док истовремено пласирају активну енергију у систем.
- Ово преузимање реактивне енергије је последица потреба система, а не сопствене потребе електране.
- Када електрана не ради, она као и сваки крајњи купац, за сопствене потребе може да преузима и активну и реактивну енергију. Због свега наведеног, потребно је да се посебно евидентирају и активна и реактивна енергија у периодима када је електрана у погону и производи електричну енергију и када не ради па преузима енергију као крајњи купац.
- Зато је неопходно да се приликом прикључења на дистрибутивни систем предвиди посебно мерење за произведену електричну енергију (за електричну енергију пласирану у систем) и посебно мерење за сопствену потрошњу електране (за електричну енергију преузету из система).
- У случају када се произведена и преузета електрична енергија мере преко двосмерних бројила активне и реактивне енергије, није могуће регистровати реактивну енергију која је преузета из система због сопствених потреба електране, пошто се на истом мерном уређају региструје и реактивна енергија преузета из система због потребе система.

Уколико се узму реални подаци са одређеног конзумног подручја **ТС 110/x kV бр.1**, односно преглед мерних места на којима је преузета прекомерна реактивна енергија:

Објект ТС 110/x kV	јануар 2018.			фебруар 2018.			март 2018.		
	Прекомерно преузета реактивна енергија	Преузета активна енергија	Преузета реактивна енергија	Прекомерно преузета реактивна енергија	Преузета активна енергија	Преузета реактивна енергија	Прекомерно преузета реактивна енергија	Преузета активна енергија	Преузета реактивна енергија
ТС бр 1	kvarh	kWh	kvarh	kvarh	kWh	kvarh	kvarh	kWh	kvarh
	456.228,14	3.786.008	1.701.825	595.927	3.485.508	1.742.659	1.170.886	3.278.303	2.249.448

Табела 1 – Преглед преузете, прекомерно преузете и преузете активне енергије

Прекомерна преузета реактивна енергија 01.01. (у 07:00) до 01.04. до (у 07:00 h) (дата у табели 1) види се да се у посматраном периоду на мерном месту **ТС 110/x kV бр.1** преузета реактивне енергије кретала од 1 700 000 kvarh у јануару 2018.године до 2 250 000 kvarh у марту 2018.године. Истовремено у посматраном периоду дошло је до смањења потрошње активне енергије са 3 780 000 kWh у јануару 2018.године на 3 280 000 kWh у марту 2018.године.

У табели 2 дат је преглед купаца са највећом потрошњом реактивне енергије.

На основу података из табеле 2 може се закључити да су највећи део прекомерне реактивне енергије потрошиле МХЕ 1.1. и МХЕ 1.2. Потрошња реактивне енергије ове две електране се кретала од 664 400 kvarh у јануару до 975 200 kvarh у марту. Удео реактивне енергије које су преузеле електране у марту у односу на укупну преузету реактивну енергију у марту на мерном месту **ТС 110/x kV бр.1** је 43 %, односно електране су потрошиле 83 % прекомерно преузете реактивне енергије у марту. Такође, из табеле се види да су електране у марту потрошиле за трећину реактивне енергије више него у месецу јануару. Ово је сасвим логично јер је у марту већи доток, већа је производња енергије и електране да би остале на систему повлаче већу реактивну енергију да би обориле напоне.

Иначе, предметне електране иако су велике снаге (1,2 MW и 1,5 MW) су прикључене на 10 kV мрежу на истом изводу.

Назив корисника система	Преузета реактивна енергија (kvarh) јануар 2018.	Преузета реактивна енергија (kvarh) фебруар 2018.	Преузета реактивна енергија (kvarh) март 2018.
МХЕ 1.1.	238400	262400	379200
МХЕ 1.2	426000	466000	596000
МХЕ 1.3	1040	1050	1140
Купац 4	30000	21000	39000
Купац 5	24500	42000	45500
Купац 6	42000	37200	45760
Купац 7	10000	7500	12500
Купац 8	10800	8400	16000
Купац 9	11100	9900	9600
Купац 10	0	0	32000
Купац 11	9000	7800	7500
Купац 12	6600	6000	5700
Купац 13	5100	6600	7500
Купац 14	6600	10800	9400
Купац 15	5300	4400	4300
Укупно	826440	891050	1211100
Укупна прекомерна	456228	595927	1170886

ЗАКЉУЧАК

У циљу пласмана активне енергије и у периодима када су локалне потребе у систему за истом минималне или не постоје потребе за истом, практично је да МЕ са ОИЕ врше преузимање реактивне електричне енергије, као би се напон одржао у границама.

Сходно томе потребно је приликом наручивања генератора нагласити да се предвиди и овај режим рада генератора и прошири погонски дијаграм, уз сагладавање свих бенефита и мана овог режима у дугом трајању.

Оператор дистрибутивног система (ОДС) треба да сагледа све аспекте када разматра начин прикључења МЕ са ОИЕ да не би дошао у ситуацију да мора да инвестира у мрежу како би обезбедио да се сва произведена активна енергија из МЕ пласира у систем.

У случају да наведено не испуни, није искључено да ће ОДС морати да плаћа надокнаду за непреузету, а произведену активну електричну енергију.

Такође, практично би било да ни ОДС не плаћа ЈП ЕМС прекомерно преузету реактивну енергију у сврху регулације рада генератора у малим електранама, јер ни повлашћени произвођачи електричне енергије ОДС не плаћају прекомерно преузету реактивну енергију – према тумачењу АЕРС.

ЛИТЕРАТУРА:

- 1) Владимир Милосављевић, Драган Петровић, Хидрогенератори, режими рада, конструкције и кварови, Издавачки центар ИЦНТ, Београд, 2007;
- 2) Бранко Митраковић, Синхроне машине, Научна књига, Београд, 1977;
- 3) Борис Перко, Збирка задатака из синхроних стројева, Електротехнички факултет Загреб, 1971;
- 4) А.Е.Fitygerald, Charles Kingsley, Električne mašine za naizmeničnu i jednosmernu struju, Naučna kwiga Beograd, 1962;

- 5) Lis, Sobierajski, Integration of Distributed Resources in Power Systems, Wroclaw University of Technology, Wroclaw, Poland, 2011;
- 6) Правила о раду дистрибутивног система, „Сл.гласник РС“ број 4/2010;
- 7) Уредби о условима испоруке и снабдевања електричном енергијом („Сл.гласник РС“ број 63/2013)
- 8) Elektroinštitut Milan Vidmar, Studija o priključenju i radu distribuiranih izvora energije u elektroenergetskom sistemu Crne Gore (studija broj 2121), Ljubljana 2012;
- 9) Техничка препорука бр.16: Основни технички захтеви за прикључење малих електрана на мрежу ЕД Србије, ЈП ЕПС, 2011;
- 10) Миленко Ђурић, Веселин Илић, Мале хидроелектране, ЕТА, Београд, 2013.