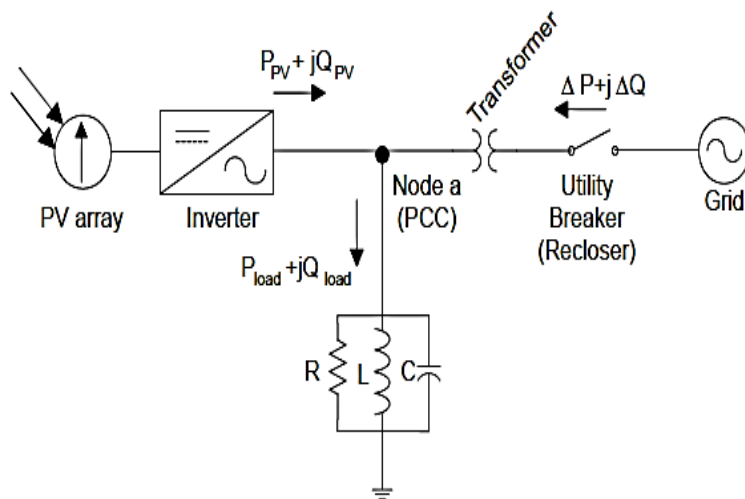


Лабораторијске вежбе из Интеграције обновљивих извора енергије у електроенергетским системима

Вежба 2: Анализа транзијента и заштите од острвског режима рада прозјумера са фотонапонским системима прикљученим на дистрибутивну мрежу

1. Теоријски увод

У традиционалним пасивним дистрибутивним мрежама токови снага су увек једносмерни, тј. активна снага тече низводно, од напојне трансформаторске станице ка потрошачком конзуму. Интеграцијом обновљивих извора енергије (ОИЕ) савремене дистрибутивне мреже постају активне. Дистрибуирана производња из ОИЕ може значајно утицати на токове снага и напонске прилике у активној дистрибутивној мрежи. Генерално, ОИЕ растеређују водове, док у периодима вршне производње могу довести и до супротних токова снага, што подразумева да активна снага тече узводно ка напојној трансформаторској станици. Узводни токови снага могу значајно утицати на рад релејне заштите инегрисане у постојећој дистрибутивној мрежи. Овај утицај се мора детаљно сагледати и испитати, те је сходно томе потребно изменити и концепт рада релејне заштите. Поред постојеће заштите, у активним дистрибутивним мрежама потребно је имплементирати и заштитну функцију од острвског рада. Острвски рад је стање у којем део електроенергетског система, који садржи потрошаче и дистрибуиране изворе енергије, остаје енергетски напајан од стране дистрибуиране производње, док је одвојен од остатка електроенергетског система. Шематски приказ острвског рада мрежно повезане фотонапонске електране је приказан на Сл. 1.



Сл. 1. Шематски приказ острвског рада мрежно повезаног фотонапонског система

Како би се развиле методе за детектовање острвског рада, од интереса је одредити транзијентни одзив фотонапонских електрана када се догоди квар у дистрибутивној мрежи. У нормалном режиму рада мрежни прекидач ка мрежи је затворен и важе следеће релације:

$$\Delta P = P_{load} - P_{PV} \quad (1)$$

$$\Delta Q = Q_{load} - Q_{PV} \quad (2)$$

где су:

P_{load} , Q_{load} – активна и реактивна снага локалне потрошње,

P_{PV} , Q_{PV} – активна и реактивна снага коју производи фотонапонски систем,

ΔP , ΔQ – активна и реактивна снага потрошње која се обезбеђује из мреже.

Како је снага локалне производње готово увек различита од снаге потрошње, приликом квара у систему долази до дебаланса снага што директно утиче на напоне и фреквенцију у острвском систему. Управо помоћу ових параметара може се и детектовати острвски рад система. Да би се догодио острвски рад потребно је да фотонапонски систем не детектује отварање мрежног прекидача. То се може догодити ако је активна снага потрошње која је остала у изолованом делу електроенергетског система блиска активној снази производње фотонапонске електране. У том случају фотонапонски систем ће наставити да снабдева електричном енергијом локалне потрошаче, као и пре губитка мреже.

Острвски рад фотонапонског система може се догодити као последица следећих разлога:

- квара који је детектован од стране мреже и који резултује реаговањем прекидачког уређаја, али који није детектован од стране инвертора фотонапонског система,
- планског губитка мреже због потреба одржавања,
- изненадних промена у мрежи дистрибутивног система и/или у оптерећењу,
- људске грешке или вандализма.

Најозбиљнија последица острвског рада фотонапонске електране јесте угрожавање безбедности техничког особља које спроводи различите операције на елементима мреже. Радници приступају радовима, несвесни да је тај део електроенергетског система и даље енергетски напајан. Ово је од посебно велике важности у случају планираног ремонта када се прекидачем рукује ручно од стране особља за одржавање, које ће одмах започети рад на изолованом систему. У овом случају, острвски рад од чак само неколико десетина секунди би могао бити опасан.

Када се догоди острвски рад, производни и регулациони капацитети који се налазе у изолованом делу мреже, најчешће немају могућност контроле напона и фреквенције. Електродистрибуција, заједно са власницима фотонапонских електрана, може бити

сматрана одговорном за штету нанету електричној опреми корисника која је последица одступања напона и фреквенције из дозвољеног опсега вредности.

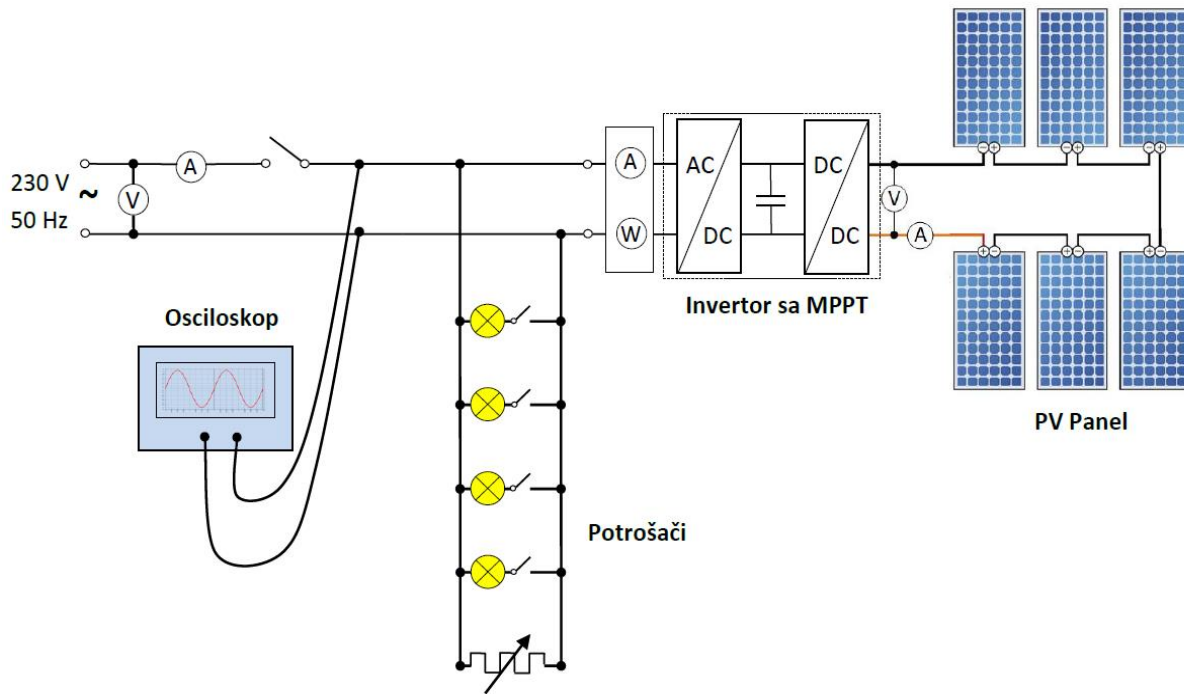
Током острвског рада могуће је и да фотонапонски систем изгуби синхронизам са мрежом. Наиме, у нормалном радном режиму фотонапонска електрана користи мрежни напон за обезбеђивање референци за фазни став и фреквенцију излазног напона инвертора. При острвском раду фотонапонски систем губи ту референцу. С обзиром да фотонапонска електрана није више у синхронизму са мрежом, при поновној синхронизацији инвертора могу се јавити велике ударне струје, као и ток активне снаге од мреже ка инвертору. Због економских разлога већина инвертора инсталираних у фотонапонским системима су двоквадратни претварачи, у којима је ток активне енергије искључиво од једносмерне ка наизменичној страни. Због тога, овакав догађај би могао да доведе до оштећења компоненти инвертора и друге прикључене опреме, али и до поновног реаговања прекидача са стране мреже.

Основни проблем све веће интеграције фотонапонских електрана са аспекта детекције острвског рада је тај што једна метода за детекцију може да омета другу. Ако је неколико фотонапонских система прикључено на изоловани део мреже, обично је потребно више времена да се острвски рад идентификује него у случају једне електране. У неким ситуацијама, детекција острвског рада може бити неуспешна.

2. Поступак израде вежбе

Циљ овог експеримента је испитивање заштите од острвског рада комерцијалног фотонапонског инвертора, као и сагледавање транзијентата напона у тачки прикључења фотонапонског система при губитку напајања са стране дистрибутивне мреже. Одзив фотонапонског система током острвског рада потребно је снимити за три случаја – када је локална потрошња мања од производње фотонапонског система, када је локална потрошња већа од производње фотонапонског система и када су ове две величине блиске једна другој. На овај начин се моделују карактеристични радни режими прозјумера (*крајњи купац који је на унутрашње инсталације прикључио сопствени објекат за производњу електричне енергије из обновљивих извора енергије, при чему се произведена електрична енергија користи за снабдевање сопствене потрошње, а вишак произведене електричне енергије испоручује у преносни систем, дистрибутивни систем, односно затворени дистрибутивни систем*).

Шема веза експериментално формираног система за испитивање транзијентног одзива фотонапонског система и његовог острвског рада при поремећајима у прикључној дистрибутивној мрежи приказана је на Сл. 2.



Сл. 2. Шема веза за испитивање острвског рада прозјумера

У овом експерименту користи се следећа апаратура:

- Фотонапонски панел инсталисане снаге 1.4 kW који се налази у дворишту факултета,
- Монофазни инвертор инсталисане снаге 1.5 kW,
- Сијалице и променљиви отпорник помоћу којих се симулира варијабилна локална потрошња,
- Напонски трансформатор за мерење напона у тачки прикључења фотонапонског система на мрежу и струјна клешта за мерење струје инјектирања у мрежу,
- Рачунар помоћу којег се снимају и обрађују сигнали добијени из напонског трансформатора и струјних клешта (осцилоскоп),
- Мрежни прекидач којим се инвертор одваја од мреже,
- Дигитални волтметар и амперметар постављени на излазу из фотонапонског панела,
- Дигитални волтметар, амперметар и ватметар постављени на излазу из инвертора,
- Дигитални волтметар и амперметар постављени у тачки прикључења прозјумера са мрежом.

Снимање резултата врши се помоћу програма за проверу квалитета електричне енергије на бази персоналног рачунара, који је развијен на Електротехничком факултету у Београду. Посматрани инвертор ради са приближно јединичним фактором снаге. Мерења

треба вршити при ведром, сунчаном дану. Иако се могу очекивати осцилације у производњи фотонапонског система, усвојити да је снага производње константна. Такође, сматрати да је и напон дистрибутивне мреже пре квара константан.

Мерења се врше на следећи начин. На основу тренутне АС струје производње фотонапонског система, неопходно је подесити оптерећење (одвртањем и завртањем сијлица, померањем клизача реостата) такво да струја која се инјектира у мрежу буде приближно једнака 0. На овај начин се постиже да су активне снаге производње и локалне потрошње међусобно једнаке. Неопходно је извршити још два мерења – када је локална потрошња већа, и када је мања од тренутне производње фотонапонског система. У сва три случаја потребно је отворити мрежни прекидач чиме се фотонапонски систем и локална потрошња одвајају од мреже. На овај начин се симулира острвски рад инвертора који сада једнострано напаја потрошњу. Мерне сигнале потребно је снимити непосредно пре и након настанка острвског рада. На основу снимљених напонских сигнала на излазним крајевима инвертора, неопходно је одредити време детектовања острвског рада t_{det} . Такође, потребно је очитати и максималну тренутну вредност напона U_{max} током транзијента којој одговара максимална процентуална промену напона ΔU_{max} у односу на напон пре реаговања мрежног прекидача U_{mreze}^{pk} .

Све измерене вредности унети у Табелу 1, а затим продискутовати добијене резултате.

Табела 1. Измерене величине пре и током острвског рада PV система

	U_{mreze}^{pk} [V]	I_{pv}^{pk} [A]	I_{pot}^{pk} [A]	t_{det} [ms]	U_{max} [V]	ΔU_{max} [%]
мерење 1						
мерење 2						
мерење 3						

Образложење резултата: _____
