

Соларна електрана у Змајеву и моделовање соларне електране у софтверском окружењу Матлаб

Solar power plant in Zmajevo and modeling of solar power plant in Matlab

Лазар Радовановић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – ЕНЕРГЕТИКА,
ЕЛЕКТРОНИКА И ТЕЛЕКОМУНИКАЦИЈЕ

Кратак садржај – У овом мастер раду је обрађена тема соларне електране у Змајеву инсталисане снаге 192,64 kW са прикључењем на мрежу. Затим је ова електрана измоделирана у софтверском програму Матлаб-у и прикључена у модел дистрибутивне мреже. У моделу дистрибутивне мреже IEEE 13 са прикљученом соларном електраном су одрађене симулације и тестирано је понашање соларне електране током кvara у мрежи.

Кључне речи: Фотонапонска електрана, обновљиви извори енергије

Abstract – In this master's thesis, the topic of a 192.64 kW solar power plant in Zmajevo connected to the grid is examined. The power plant was then modeled in the MATLAB software program and integrated into a distribution network model. In the IEEE 13 distribution network model with the connected solar power plant, simulations were performed and the behavior of the solar power plant during a network fault was tested.

Keywords: Solar Power Plant, renewable energy.

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Александар Станисављевић, вандредни професор

1. УВОД

Без електричне енергије не би био могућ данашњи начин живота људи. Енергија је природни ресурс. Електрична енергија се може користити на различите начине и у различитим областима људског деловања, од кућних апарата, индустрије, саобраћаја, пољопривреде, администрације, итд. Скоро да не постоји ни један уређај који за свој рад не захтева електричну енергију у неком облику. Основне величине којима се описује електрична енергија су: напон, струја, снага, и фреквенција. Електрична енергија се може испољити на различите начине и користити за различите намене. Практично се може трансформисати у све друге видове енергије, механичку, топлотну, светлосну, хемијску, итд. Користи се у свим областима људског деловања. У индустрији за напајање електромоторних погона, електричних пећи, за осветљење, за напајање

електронских уређаја, телекомуникационих система, рачунарске опреме, електричних возила, итд.

Потрошња електричне енергије је динамичка величина, јер се непрестано мења током дана, недеље, месеца и године. Та променљивост је последица укључења или искључења постојећих потрошача. Због сезонских промена климе (температуре, брзине ветра, падавина), као и одређених дневних и сезонских карактеристика рада великих потрошача електричне енергије, постоје сезонске варијације потрошње на нивоу електроенергетског система. Тако је на пример потрошња већине индустријских потрошача независна од годишњег доба, док је потрошња за расвету, грејање, и генерално у домаћинствима, у знатној мери зависна од годишњег доба.

Пораст људске популације на Земљи узрокује повећање потреба за енергијом, као и повећано трошење енергетских ресурса, и зато се енергетика развија константно, са великим развојем обновљивих извора, и констанним повећањем броја електрана које користе обновљиве изворе задњих деценија.

2. ПОЛОЖАЈ ЕЛЕКТРАНЕ У ЕЕС-у

Електроенергетски систем (ЕЕС) је комплексан и динамички систем. Његова је улога да сигурно, поуздано и економично снабдева потрошаче електричном енергијом. Са растом интерконекција прелаза границе појединих држава прерастају у континенталне системе. Специфичност проучавања ЕЕС-а се базира се на јакој сложености на реалан живот и животне потребе, и на потребу за применом модерних научних и технолошких достигнућа у циљу успешног функционисања овог система. С обзиром на велика улагања при изградњи и експлоатацији енергетских капацитета и одржавању ЕЕС-а.

Примарни разлог постојања ЕЕС-а је подмирење потреба потрошача за електричном енергијом. За данашњи развој човечанства можемо захвалити управо електричној енергији, па из те чињенице произлази да је ЕЕС најутицајнији и најраспрострањенији. Савремени развој ЕЕС-а укључује коришћење обновљивих извора енергије, попут соларних и ветроелеткрана. Тема овог рада је соларна електрана у Змајеву, и њено моделовање у програмском окружењу Матлаб.

3. ОБНОВЉИВИ ИЗВОРИ ЕНЕРГИЈЕ

Обновљиви извори енергије су природни извори енергије који се стално обнављају у природи и који не исцрпљују ресурсе планете. За разлику од фосилних горива (угаљ, нафта, гас), њихова употреба много мање загађује животну средину и доприноси смањењу емисије гасова стаклене баште.

Све више земаља прелази или повећава капацитете обновљивих изворе енергије – изворе који се у природи стално обнављају и не исцрпљују током употребе. То су извори који постоје захваљујући природним процесима као што су сунчево зрачење, кретање воде и ветра, као и биолошки циклуси. Њихова употреба доприноси одрживом развоју, јер обезбеђују енергију без угрожавања потреба будућих генерација.

Улагање у обновљиве изворе енергије има више циљева:

- смањење зависности од увоза енергената,
- побољшање енергетске безбедности,
- очување природних ресурса,
- смањење загађења и ублажавање климатских промена,
- развој нових технологија.

Током последњих деценија, технолошки напредак и смањење цена учинили су обновљиве изворе све доступнијим и економски исплативијим. Данас они постају кључни елемент у транзицији ка чистијој и одрживој енергетици.

Неки од типови обновљивих извора су:

- Соларна енергија
- Енергија ветра
- Хидроенергија
- Биомаса

У овом раду је нагласак на енергији добијеној из соларне енергије.

4. ТИПОВИ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА

4.1. Соларне електране

Соларне електране претварају енергију сунчевог зрачења у електричну или топлотну енергију. Основни елемент су соларни панели (фотонапонске ћелије) који директно претварају светлосну енергију у електричну. Панели производе једносмерну струју (DC) која се помоћу инвертера претвара у наизменичну струју (AC) погодну за дистрибутивну мрежу.

Електране могу бити:

- Дистрибуиране (на крововима или на земљи) – намењене домаћинствима и малим потрошачима.
- Велики соларни паркови – на отвореним површинама.

На слици 1. приказан је пример соларне електране на крову објекта [1].

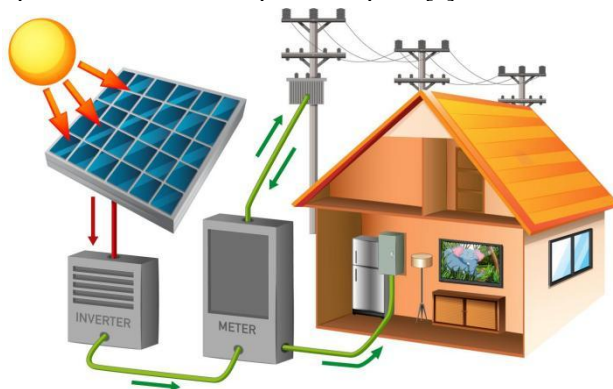


Слика 1. Соларна електрана на крову [1]

5. ПРИЦИП РАДА СОЛАРНЕ ЕЛЕКТРАНЕ

Соларна електрана представља савремени енергетски систем који користи обновљиви извор енергије (сунчево зрачење) за производњу електричне енергије. Захваљујући напретку технологије фотонапонских (PV) ћелија и електронских уређаја за конверзију, соларне електране су постале један од најбрже растућих извора чисте енергије у свету.

Основна идеја рада соларних електрана заснива се на фотонапонском ефекту, односно способности полупроводничких материјала да под утицајем сунчевих зрака ослобађају електроне и тиме стварају електричну струју. На тај начин, сунчева енергија се директно претвара у електричну без покретних делова, што систем чини поузданим, тихим и еколошки прихватљивим. На слици 2. приказан је графички приказ елемената соларне електране [2].



Слика 2. Графички приказ елемената соларне електране [2]

6. СОЛАРНА ЕЛЕКТРАНА У ЗМАЈЕВУ

Опрема фотонапонског система се монтира на металну носећу конструкцију смештену на поменутој локацији, на крову објекта, док се фотонапонски модули монтирају под углом у односу на раван земље да би се обезбедила максимална апсорпција сунчевог зрачења, а за дату локацију водећи при томе рачуна да су јужно оријентисани.

Електрична енергија се у соларној електрани производи методом конверзије неакумулираног сунчевог зрачења у једносмерну струју преко фотонапонских панела од поликристалног силицијума на бази полупроводничке технологије [3].



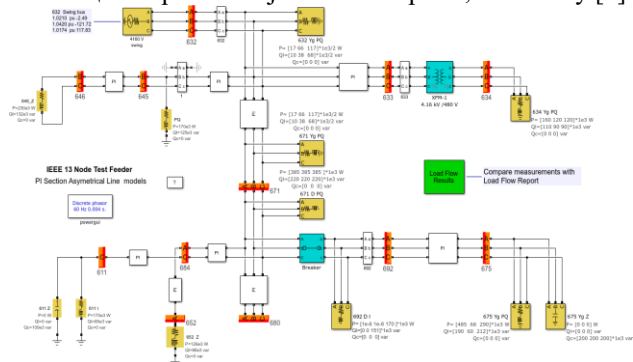
Слика 3. Соларна електрана у Змајеу

Соларна електрана поседује правилно распоређених 5 инвертора произвођача „INVT Solar Technology” типа XG 30KTR номиналне излазне снаге 30 kW са максималним улазним напонем инвертора 1100 V и типа XG 33KTR номиналне излазне снаге 33 kW са максималним улазним напонем инвертора 1100 V. Поред инвертора поседује и 344 фотонапонских соларних панела типа Cortex OP560M55-P4 сваки појединачне снаге 560 W, димензије 2384x1096x35 mm, што даје инсталисану снагу од 192640 W. Напонски ниво на коју се прикључује електрана је 400 V. Кабловски водови наизменичног развода су типа 2хPP00-A 4x120 mm² где је трајно дозвољена струја 450 A, док каблови једносмерног развода су типа N2XY-J 5x16 mm² где је трајно дозвољена струја 102 A.

7. СИМУЛАЦИЈЕ У ПРОГРАМУ МАТЛАБ

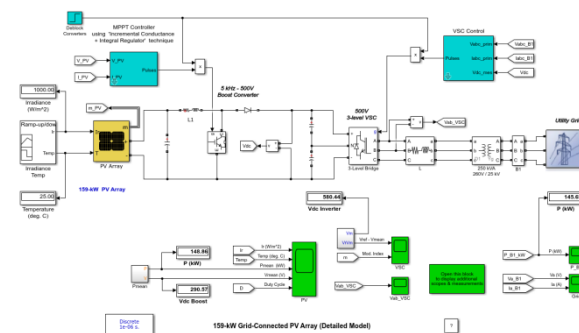
У оквиру Симулинк-а, дела софтверског пакета Матлаб, налази се модел једне мање дистрибутивне мреже. Креиран је посебан модел 1992. године од стране организације IEEE. У оригиналном пројекту постојале су 4 верзије ове мреже, са 13, 34, 37 и 123 чвора. IEEE 13 мрежа састоји се од 13 чворова. Направљена је по узору на северноамеричке мреже које су знатно другачије од европских, пре свега због постојања великог броја потрошача који су прикључени на једну или две фазе. Корен мреже представљен је swing генератором номиналног напона 4.16 kV. Чворови су повезани надземним и кабловским водовима који могу бити трофазни, двофазни или монофазни. На мрежу су прикључена три типа потрошача.

На слици 4. приказана је IEEE 13 мрежа, описана у [4].



Слика 4. IEEE 13 мрежа [4]

На слици 5. приказан је модел соларне електране моделоване у програмском окружењу Матлаб [4].

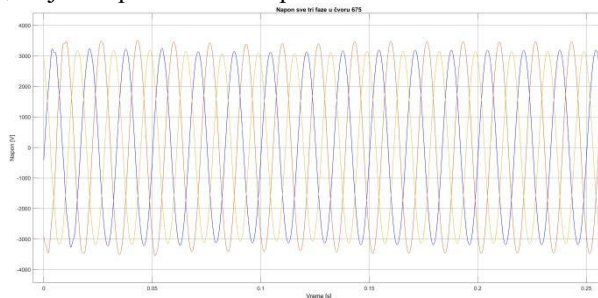


Слика 5. Модел соларне електране моделоване у програмском окружењу Матлаб [4]

Да би смо правилно измоделиovali електрану користи се модел који је пре промена које смо унели имао снагу од 100 kW. Код модела коришћеног у овом раду, да би одговарао електрани у Змајеу, прилагођено је неколико битних параметара као што су: тип фотонапонског панела, тип инвертора као и трансформатор. Такође је повећан број стрингова, а што се тиче инвертора и трансформатора повећана је снага ових елемената, да би одговарале моделованом систему.

7.1. Симулација у режиму без квара

Основни циљ рада је испитивање утицаја дистрибуираних извора на напонске прилике и хармонијска изобличења у условима једнополног и двонополног кратког споја. Прво ће бити одрађена симулација без квара да сагледамо какви су резултати добијени пре и после квара.



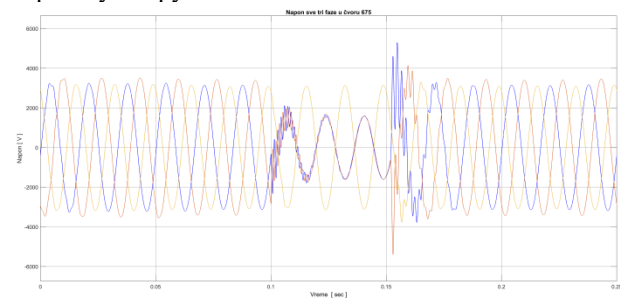
Слика 6. Напони три фазе у режиму без квара

На слици 6. приказани су напони све три фазе добијени симулацијом у режиму без квара. Извршено је мерење у чвору 675. Можемо приметити да су напони синусног облика и благо несиметрични, што је последица несиметрије IEEE13 тест мреже.

7.2. Симулација при двонополном кратком споју са земљом

Након посматрања рада соларне електране у дистрибутивном систему у уравнотеженом режиму, симулиран је рад током трајања двонополног квара са земљом, и резултати су приказани на слици 7. Ова врста кратког споја настаје у тренутку када се две фазе трофазног система истовремено споје са земљом, док трећа фаза остаје исправна.

На слици 7. приказан је график напона све три фазе добијени симулацијом при двополном кратком споју дужине трајања од 0.5 секунди односно, квар је почео у 0.1 и завршио се у 0.15 секунди. Квар је настао у дистрибутивној мрежи, у чвору 632. Извршено је мерење у чвору 675.

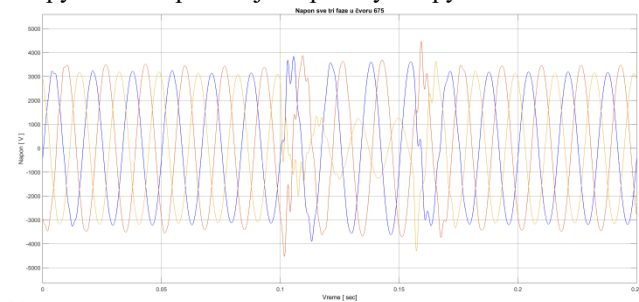


Слика 7. Напони све три фазе у чвору 675 при двополном кратком споју са земљом

7.3. Симулација при једнополном кратком споју са земљом

Овај квар настаје када се једна фаза трофазног система директно споји са земљом, док су преостале две фазе исправне и остају под напоном.

На слици 8. приказан је график напона све три фазе добијени симулацијом при једнополном кратком споју дужине трајања од 0.5 секунди, квар почиње у 0.1 и завршава се у 0.15 секунди. Квар је симулиран у чвору 645. Извршено је мерење у чвору 675.



Слика 8. Напони све три фазе у чвору 675 при једнополном кратком споју

8. ЗАКЉУЧАК

У овом раду извршена је анализа соларне електране у Змајеву као и њено моделовање у програмском окружењу Матлаб. У симулацији соларне електране су посматрани случајеви двополног кратког споја са земљом и једнополног кратког споја са земљом у моделу соларне електране прикључене у дистрибутивну мрежу. Ови кварови су постављени на различите локације у мрежи, а затим је анализиран њихов утицај на напоне и хармонике у неколико кључних тачака дистрибутивног система. Да би се предвидело понашање система у случају квара, потребно је све прецизно измоделовати и симулирати, и то је циљ овог рада.

Као што видимо из резултата симулација, када прикључимо електрану и пустимо симулацију у рад без прикљученог квара примећујемо да су напони скоро симетрични, наравно уз мало одступања прве фазе,

што је узроковано самом несиметријом IEEE 13 тест система.

Међутим, у друга два случаја примећујемо значајне промене током трајања квара, у посматраним напонима у мрежи током квара. Амплитуда напона је значајно већа од номиналне вредности током трајања транзијентног режима приликом завршетка квара.

9. ЛИТЕРАТУРА

[1] Соларна електрана на крову доступно на:

<https://hermi.co.rs/reference/studija-slucaja/soncna-elektrana-na-tovornih-skladiscih-luke-koper>

[2] Графички приказ елемената соларне електране

доступно на: <https://www.poduzetnickicentar-aktiva.com/vas-vodic-kroz-solarne-elektrane/>

[3] Гојко Влашки, „Пројекат за извођење (ПЗИ), Фотонапонска електрана активне снаге 159 kW AC на крову објекта, са испоруком вишка електричне енергије у дистрибутивни систем, у Змајеву, на катастарској парцели 3275/1 К.О. Змајево“, Змајево, 2025.

[4] Д. Ђукетић, Александар Станисављевић, В. Катић, ”Заштитна опрема и њено моделовање у дистрибутивној тест мрежи“, Зборник радова Факултет техничких наука, Год. 38, Бр. 9, 2023, pp.1077-1296

Кратка биографија:



Лазар Радовановић је рођен у Новом Пазару 1999. године. Основне студије уписао на ФТН-у 2018. године из области Електротехника и рачунарство, и завршио 2023.године. Исте године уписао мастер студије на ФТН у Новом Саду – смер Дистрибуирани енергетски ресурси.