

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 25.03.2025 године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Михајло Стојковић под насловом „Алгоритам за предикцију резерве и регулацију излазне активне снаге код соларних електрана“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Михајло Стојковић рођен 20.11.2000. године у Сурдулици, Република Србија. Завршио је основну школу ОШ „Вук Караџић“ у Сурдулици као одличан ученик, стекавши притом диплому „Вук Караџић“. Уписао је Гимназију у Сурдулици 2015. године, коју је завршио 2019. године са одличним успехом. Електротехнички факултет уписао је 2019. године. Дипломирао је на модулу енергетика 2023. године, са просечном оценом 8,45. Дипломски рад на тему „Прорачун токова снага у системима са уређајима енергетске електронике“ одбранио је у септембру 2023. године са оценом 10 и тиме стекао звање дипломирани инжењер електротехнике и рачунарства. Дипломске академске – мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на модулу за електроенергетске системе уписао је у октобру 2023. године. Положио је све испите са просечном оценом 10.00. Тренутно је запослен у фирми д.о.о. „Quantum proing“ у Београду на пословима пројектовања трафостаница свих напонских нивоа у иностранству, где је одradio и стручну праксу. Течно говори енглески језик. Поседује вештине рада на рачунару које укључују софтвере за цртање, пројектовање и прорачун.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат Михајло Стојковић је као припрему за израду мастер рада урадио истраживање релевантне литературе која се односи на област којој припада тема мастер рада. Конкретно, у свом студијском истраживачком раду кандидат је сагледао све аспекте управљања фотонапонским системима који се користе при њиховој интеграцији како у аутономним системима, тако и при прикључивању на дистрибутивне мреже различитих напонских нивоа. Истраживањем области утврђено је да су доминантно заступљена решења код којих се управљањем тежи максималном искоришћењу укупне расположиве снаге соларних извора, која према томе прати промене у инсолацији и тиме преносе све варијације у снази извора на снагу која се инјектира у електроенергетски систем. Задржавање таквог управљања у системима са великом заступљеношћу фотонапонских система доноси додатне проблеме електроенергетских система због отежаних услова за балансирањем снага и повећаним захтевима за регулационом резервом. Због тога је кандидат својим истраживањима обухватио и друге могућности управљања фотонапонским системима заједничким називом названим флексибилним управљањем, односно флексибилним праћењем радне тачке која у датом тренутку највише одговара захтевима система на који је фотонапонски систем прикључен. На овај начин, рад фотонапонских система се прилагођава тако да се у сваком тренутку обезбеђује или захтевана равнотежа снаге производње и потрошње и тиме врши директно укључивање у примарну регулацију учестаности и активних снага или се обезбеђује захтевана резерва која у сваком тренутку може да се активира и обезбеди свој допринос како у примарној, тако и у секундарној регулацији учестаности активних снага електроенергетског система као целине. Будући да се током времена расположива снага извора мења, овим истраживањима је обухваћена процена услова рада и величине расположиве резерве, како би се обезбедило континуирано праћење захтева система и одговарајућа адаптација управљања фотонапонских система у реалном времену.

3. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 73 стране, са укупно 56 слика, 5 табела и 22 референце. Рад садржи увод, 9 поглавља и закључак (укупно 11 поглавља), списак коришћених скраћеница, списак коришћене литературе, списак слика, списак табела и три прилога са програмским кодом за поједине делове у раду развијеног алгорита. Прво поглавље представља увод у коме су описани предмет и циљ рада. У оквиру овог поглавља уведен је појам флексибилности производње PV система и постављен задатак проналажења могућности обезбеђења неопходне флексибилности производње PV система променом начина управљања PV системима.

У другом поглављу је објашњен значај соларних електрана у контексту глобалне енергетике и потребе за одрживим развојем, док је у трећем поглављу размотрена улога соларних електрана у електроенергетским системима.

У четвртном поглављу је дат је приказ структуре типичног фотонапонског система и његових основних компоненти.

У петом поглављу пажња је посвећена методама управљања PV системима. Поред класичних метода које се заснивају на алгоритмима за праћење тачке максималне снаге, разматрано је управљања које омогућава рад при производњи испод максимално расположиве снаге. Применом оваквог управљања PV систем може да формира резерву снаге која може да се искористи за балансирање снага у систему, што је детаљно објашњено у шестом поглављу.

У седмом поглављу су развијени модели свих релевантних компоненти, од PV модула, преко DC/DC и DC/AC претварача, до управљачких петљи. Такође, у осмом поглављу моделовани су и алгоритми MPPT и FPPТ. Ови модели су реализовани у програмском пакету Matlab Simulink.

Резултати естимације могуће производње PV система узорковањем тачака карактеристике у реалном времену су дати у деветом поглављу, док су у десетом поглављу могућа производња и одговарајућа резерва процењени на основу мерења временских услова у реалном времену уз коришћење базе података о остварењу производњи из прошлости.

Једанаесто поглавље је закључак у коме је сумиран читав рад.

4. Анализа са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Михајла Стојковића се бави проблематиком флексибилног управљања фотонапонских система. Док су почетна стандардна решења подразумевала њихов рад тако да увек испоручују максималну расположиву снагу и инјектирају је у систем, са повећавањем њихове заступљености у електроенергетским системима јавила се потреба за сагледавањем могућности регулације њихове излазне снаге, односно могућности њиховог флексибилног коришћења.

Приступ предложен у раду подразумева управљање претварачима за конверзију енергије соларних панела тако да они испоручују задату вредност активне снаге и обезбеђују захтевану резерву снаге у систему. За електране које користе фосилна горива или енергију воде, њихова расположива снага а тиме и резерва снаге су увек познате, док је за обновљиве изворе енергије она често јако варијабилна и као таква тешко предвидива. Ако се соларном електраном управља тако да панели производе задату вредност активне снаге, максимална расположива активна снага која може да се произведе није позната, те се она мора предвидети како би се у сваком тренутку имала информација о резерви снаге електране.

У овом раду је предложено једно од решења за регулацију излазне активне снаге и дата два алгорита за предвиђање резерве соларне електране. Док први алгоритам за предвиђање резерве користи сет додатних мерења у реалном времену, други алгоритам се базира на коришћењу мерених података из прошлости и стандардних мерења у реалном времену, без потребе за мењањем стандардних мерних процедура. При том, ни један од алгорита не захтеве електричне параметре елемената соларне електране, што им даје додатну робусност у примени.

Обрађеним симулацијама једне соларне електране у програмском пакету Matlab-Simulink са регулацијом активне снаге и предикцијом резерве у различитим условима рада у раду је извршена потврда применљивости предложених метода што раду поред академског даје и практични значај.

5. Закључак и предлог

Кандидат Михајло Стојковић је у свом мастер раду успешно формирао алгоритме за флексибилно управљање фотонапонских система и предикцију резерве у реалном времену. Рачунарском симулацијом је потврдио ефикасност овог управљања и применљивост у реалним електроенергетским системима.

Кандидат је исказао самосталност и систематичност у своме поступку као и иновативне елементе у решавању проблематике овог рада.

На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад дипл. инж. Михајла Стојковића прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 13.10.2025. године

Чланови комисије:

др Предраг Стефанов Редовни професор
сагласан, 13.10.2025.

др Горан Добрић Ванредни професор
сагласан, 13.10.2025.