

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 17.06.2026 године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Момчило Ранкић под насловом „Примена контролера снаге у соларним електранама“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Момчило Ранкић рођен је 23. јула 2001. године у Београду. Основну школу „Доситеј Обрадовић“ завршио је у Београду. Након тога уписао је средњу школу "Осма београдска гимназија", коју је завршио одличним успехом.

На Електротехнички факултет Универзитета у Београду уписао се 2020. године, на студијски програм Електротехника и рачунарство. Основне академске студије завршио је 2024. године са просечном оценом 8,24. Дипломски рад под називом „Принципи управљања активном снагом хидроелектрана“ одбранио је са оценом 10, под менторством проф. др Жељка Ђуришића. Дипломске академске (мастер) студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на модулу Енергетика, уписао је у октобру 2024. године.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат Момчило Ранкић је, као припрему за израду мастер рада, спровео истраживање релевантне литературе која се односи на губитке активне снаге при преносу електричне енергије кроз соларне електране, принципе рада и топологије инвертора, зависност реактивне снаге инвертора од активне снаге, напона и температуре, као и на изазове који настају услед потребе за учешћем соларних електрана у регулацији напона и реактивне снаге дистрибутивне мреже путем контролера снаге.

Размотрене су постојеће методе за прорачун губитака у компонентама соларне електране, а истраживање је спроведено са циљем добијања што тачније процене губитака активне снаге дуж целокупног пута преноса електричне енергије и то од фотонапонских модула, преко DC каблова и инвертора, до нисконапонског AC развода, трансформатора и средњенапонских каблова, све до тачке прикључења на мрежу. На основу резултата спроведена је анализа утицаја истовремене размене реактивне снаге на укупне губитке електране, при чему је њен утицај разматран у условима различитог степена ангажовања инвертора (процентуално у односу на тренутно оптерећење, као и у виду константног захтева мреже), уз узимање у обзир и ограниченог капацитета привидне снаге самих инвертора као додатног ограничавајућег фактора.

Кандидат је формирао два комплементарна прорачунска модела у софтверском пакету MATLAB, уз подршку алата Microsoft Excel за организацију и обраду улазних података. Први модел обухватио је прорачун губитака активне снаге искључиво при преносу чисто активне снаге, у оквиру кога су сви кабловски сегменти (DC кабови у стринговима, нисконапонски AC кабови и средњенапонски кабови) моделовани као омски отпорници на којима долази до дисипације снаге сразмерно квадрату тренутне струје, инвертори су моделовани применом произвођачке криве ефикасности у функцији оптерећења, док су губици трансформатора преузети из произвођачког техничког листа и накнадно верификовани применом софтвера ETAP. Други модел проширио је овај прорачун укључивањем истовремене размене реактивне снаге, при чему су анализирани случајеви апсорпције и генерисања реактивне снаге у износу од 20%, 40% и 60% тренутног оптерећења инвертора, као и посебан случај константног захтева мреже од 3 MVA_r, независног од тренутне производње. У оквиру алата Microsoft Excel обрађени су и рашчлањени детаљни подаци о дужинама и попречним пресецима DC и AC каблова по сваком појединачном инвертору и стрингу, преузети из пројектне документације анализирание соларне електране „Солар Књажевац“, на основу којих су израчунате укупне и просечне вредности отпорности коришћене у оба модела.

За потребе процене очекиване производње електричне енергије на конкретном географском подручју на коме је лоцирана анализирана соларна електрана, коришћена је комбинација софтверских алата PVGIS и PVSYST, чиме су добијени релевантни профили сунчевог зрачења и очекиване производње, коришћени као улазни подаци за симулације спроведене у оквиру оба прорачунска модела.

На формираним моделима спроведене су временске симулације за два карактеристична, ведра дана из различитих годишњих доба (зимски и летњи период), у оквиру којих су анализирани и упоређени апсолутни (W) и релативни (%) губици активне снаге током целог дана, уз процену укупних годишњих губитака и њихове новчане вредности. Потом су, применом другог модела, спроведене додатне симулације за случајеве апсорпције и генерисања реактивне снаге различитог интензитета, при чему су посебно анализиране и упоређене кумулативне дневне и новчане вредности разлике губитака у односу на референтни случај без размене реактивне снаге, ефекат засићења привидне снаге инвертора при максималном оптерећењу, као и утицај константног, производњом неусловљеног захтева мреже на укупан образац и обим губитака током читавог дана.

3. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 77 страна текста са 53 слике и 5 табела. Садржи увод, осам поглавља, закључак и списак литературе.

У уводу је представљен значај управљања енергијом из соларних електрана, економски мотиви за предимензионисање постројења и потреба за контролером снаге, уз преглед садржаја рада.

Друго поглавље обрађује историјат развоја соларних електрана и технологије, као објашњење њихових топологија.

Треће поглавље обухвата капацитет електране за реактивну подршку мрежи, P-Q дијаграм, Q-U зависност и утицај температуре инвертора на расположиви капацитет и век трајања.

Четврто поглавље теоријски обрађује губитке активне снаге настале преносом привидне снаге од модула до мреже, по компонентама: DC каблови, инвертори, AC каблови, трансформатор, СН водови.

Пето поглавље детаљно описује демонстрациони модел електране „Солар Књажевац“, локацију, DC/AC каблове, инверторе, трансформатор (укључујући сталну апсорпцију реактивне снаге) и завршне елементе каблова до тачке прикључка.

Шесто поглавље садржи прорачун губитака при преносу искључиво активне снаге, спроведен у MATLAB-у за два карактеристична дана, са апсолутним и релативним губицима, годишњом проценом и скалирањем на веће постројење.

Седмо поглавље проширује анализу на случајеве истовремене размене реактивне снаге, апсорпцију и генерисање од 20%, 40% и 60% оптерећења, те константан захтев од 3 MVA_r притом показујући непропорционалан раст губитака, засићење привидне снаге инвертора и неповољнији утицај константног захтева, укључујући губитке ноћу и скраћење века инвертора.

Осмо поглавље приказује пример SCADA надзорно-управљачког система, са надзором величина, сигнализацијом стања опреме, алармима и ручним управљањем при прекиду комуникације.

Девето поглавље описује коришћене софтвере: MATLAB и Excel, PVGIS и PVSYST, ETAP, те EDICONT и View 4.

Закључак синтетише резултате, истичући централну улогу контролера снаге и правилног димензионисања компоненти за оптималнији рад соларних електрана

4. Анализа са кључним резултатима

У мастер раду анализиран је утицај режима размене реактивне снаге, као и утицај засићења привидне снаге инвертора, на обим губитака активне снаге у демонстрационом моделу соларне електране „Солар Књажевац“.

Резултати симулација потврдили су да ангажовање инвертора у апсорпцији или генерисању реактивне снаге доводи до непропорционалног пораста губитака активне снаге са порастом циљаног процента у односу на тренутно оптерећење. Уочено је да при вишим нивоима ангажовања (60%) долази до засићења привидне

снаге инвертора управо у периоду максималне производње, услед чега се карактеристичан облик криве губитака мења из равног платоа у два локална максимума око самог врхунца производње. Показано је и да константан, производњом неусловљен захтев мреже за реактивном снагом (случај 3 MVar) доводи до знатно неповољнијег режима, будући да губици у том случају постоје непрекидно, укључујући и ноћне часове, за разлику од свих осталих, производњом условљених случајева.

Посебан допринос рада огледа се у детаљном, компонентном моделовању губитака кроз читав пут преноса електричне енергије и то кроз DC каблове, инверторе, AC каблове, трансформатор и средњенапонске водове, засновано на стварним техничким подацима реалног постројења, као и у свеобухватној анализи новчане вредности ових губитака под различитим режимима размене реактивне снаге.

Резултати рада указују на потенцијал примене прецизно димензионисаног контролера снаге за оптимизацију рада соларних електрана са високим уделом учешћа у регулацији напона и реактивне снаге мреже, и могу послужити као основа за поузданије планирање будућих постројења.

5. Закључак и предлог

Кандидат Момчило Ранкић је у свом мастер раду анализирао примену контролера снаге у соларним електранама, са посебним освртом на утицај размене реактивне снаге и режима рада инвертора на губитке активне снаге у електрани. У раду је формиран детаљан прорачунски модел реалне соларне електране „Солар Књажевац“, заснован на стварним техничким подацима о опреми и конфигурацији постројења. Анализа је обухватила цео пут преноса електричне енергије, од фотонапонских модула, преко DC и AC каблова, инвертора и трансформатора, до средњенапонске мреже. За потребе симулација коришћени су софтверски алати MATLAB, Excel, PVGIS, PVSYST и ETAP.

Посебна вредност рада огледа се у свеобухватном и компонентном моделовању губитака активне снаге, као и у анализи њихове зависности од режима размене реактивне снаге. Резултати су показали да апсорпција и генерисање реактивне снаге доводе до непропорционалног повећања губитака активне снаге, при чему при већим нивоима ангажовања инвертора долази до ограничења расположиве привидне снаге. Значајан допринос рада представља и процена годишњих губитака и њихове новчане вредности за различите режиме рада, чиме су резултати анализе повезани са практичним и економским аспектима управљања соларним електранама.

Кандидат је током израде мастер рада показао способност за самосталан аналитички рад и решавање сложених инжењерских проблема. Формирани модели и спроведене симулације представљају добру основу за анализу различитих режима рада соларних електрана и могу бити од значаја за оптимизацију њиховог рада. Добијени резултати могу послужити за сагледавање трошкова ангажовања соларних електрана у погледу пружања помоћне услуге реактивне подршке електроенергетском систему.

На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета Универзитета у Београду да прихвати мастер рад Момчила Ранкића под насловом „Примена контролера снаге у соларним електранама“ и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 28.08.2026. године

Чланови комисије:

др Жељко Ђуришић Редовни професор
сагласан, 27.08.2026.

Ђорђе Лазовић Асистент
сагласан, 28.08.2026.