

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. Ивана Гојсовић под насловом „Естимација стања у дистрибутивним мрежама уз уважавање неизвесности у производњи обновљивих извора енергије“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Ивана Гојсовић рођена је 25. августа 2001. године у Београду. Основну школу „Мирослав Мика Антић“ у Панчеву завршила је као вуковац и ђак генерације. Након тога уписала је гимназију „Урош Предић“ у Панчеву, природно-математички смер, коју је такође завршила као вуковац.

Електротехнички факултет Универзитета у Београду уписала је 2020. године. Основне академске студије завршила је на Одсеку за енергетику са просечном оценом 9,69. Дипломски рад под називом „Анализа утицаја температуре на ефикасност фотонапонских панела“ одбранила је 25. септембра 2024. године, за који је награђена као аутор најбољег дипломског рада.

Током треће, четврте и пете године студија била је ангажована као демонстратор на Катедри за енергетске претвараче и погоне. Два пута је учествовала на међународном такмичењу Електријада. Године 2023. освојила је прво место из предмета Електричне машине и прво место из предмета Анализа електроенергетских система, док је 2024. године освојила друго место из предмета Електричне машине. Добитница је награде за студента генерације школске 2023/2024. године. Мастер академске студије на Електротехничком факултету у Београду, на модулу Обновљиви извори енергије, уписала је у октобру 2024. године. Све испите положила је са просечном оценом 10,00.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидаткиња Ивана Гојсовић је, као припрему за израду мастер рада, спровела истраживање релевантне литературе која се односи на класичне и савремене методе естимације стања у дистрибутивним електроенергетским системима, естимацију стања у активним дистрибутивним мрежама, примену метода машинског учења за прогнозирање потрошње и производње електричне енергије, као и на изазове који настају услед интеграције дистрибуираних извора енергије у дистрибутивне мреже.

Размотрене су постојеће методе за естимацију стања, а истраживање је спроведено са циљем добијања што тачније процене ефективне вредности напона, углова напона и токова снага у дистрибутивној мрежи. На основу резултата спроведена је анализа утицаја неизвесности производње из обновљивих извора енергије на тачност процене стања дистрибутивне мреже, при чему је њен утицај разматран у условима присуства и других препрека карактеристичних за дистрибутивне мреже, као што су ограничена покривеност мерењима, недовољна опсервабилност мреже и променљивост потрошње.

Кандидаткиња је формирала симулациони модел активне дистрибутивне мреже са 33 чвора на IEEE 33 тестној мрежи напонског нивоа 12,66 kV у оквиру пакета MATPOWER у окружењу MATLAB. У поједине чворове мреже интегрисани су фотонапонски извори, при чему су подаци о производњи преузети из базе PVGIS. Спроведени су прорачуни токова снага ради добијања референтног стања мреже, након чега је део мерења уклоњен како би се симулирали реални услови ограничене мерне покривености карактеристични за дистрибутивне мреже. На основу преузетих података из базе PVGIS, за релевантни период у години, извршена је прогноза производње и потрошње, чиме су обезбеђени додатни улазни подаци и информације неопходне за рад естиматора, уз унапређење опсервабилности мреже и поузданију процену њеног тренутног стања. Добијени резултати токова снага, заједно са прогнозираним вредностима производње и псеудомерењима потрошње, коришћени су као улазни подаци за естимацију стања.

На формираном моделу спроведене су временске симулације за одабране скупове података, у временском оквиру за који су претходно извршене прогнозе производње и потрошње. Анализиране су и поређене перформансе EKF и UKF метода естимације у условима наглих промена сунчевог зрачења, различитих нивоа опсервабилности мреже, а потом и у различитим климатским подручјима.

3. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 55 страна текста са укупно 23 слике и 3 табеле. Рад садржи увод, седам поглавља, закључак и списак коришћене литературе.

У уводу је представљена потреба за напредним методама естимације стања и прогнозе производње и потрошње како би се обезбедило поуздано управљање савременим дистрибутивним системима са високим уделом ОИЕ.

У другом поглављу приказане су теоријске основе процене стања у дистрибутивним мрежама потпомогнуте прогнозом, при чему су детаљно размотрене EKF и UKF метода.

Треће поглавље обухвата теоријске основе алгоритама машинског учења за прогнозу производње и потрошње електричне енергије, са посебним освртом на метод регресије засноване на векторима подршке (SVR).

Четврто поглавље обрађује специфичности дистрибутивних мрежа са ОИЕ и изазова које оне доносе у процесу процене стања. Такође су упоређене кључне карактеристике преносних и дистрибутивних мрежа, са нагласком на проблемима опсервабилности и варијабилности производње из ОИЕ.

Пето поглавље посвећено је методологији примене EKF и UKF алгоритама за процену стања у реалним дистрибутивним мрежама са интегрисаним ОИЕ. Дефинисани су улазни и излазни параметри развијеног естиматора који се користи у оквиру имплементираног софтверског решења за процену стања дистрибутивне мреже.

У шестом поглављу приказана је методологија примене SVR алгорита за прогнозу потрошње и производње електричне енергије. Дефинисани су типови прогнозе за које је метода примењује у зависности од временског хоризонта, као и улазни и излазни параметри развијеног модела за прогнозу.

Седмо поглавље садржи резултате спроведених симулација и њихову детаљну анализу.

Закључно поглавље садржи синтезу добијених резултата и потврђује оправданост примене хибридног приступа који комбинује алгоритме машинског учења и напредне методе естимације стања у дистрибутивним мрежама са ОИЕ. Такође су размотрена ограничења предложене методологије и идентификовани потенцијални правци њеног даљег развоја и практичне примене.

4. Анализа са кључним резултатима

У мастер раду анализиран је утицај смањене опсервабилности као и утицај наглих метеоролошких промена на квалитет процене стања у тестној IEEE 33 дистрибутивној мрежи.

Резултати симулација потврдили су да смањење степена опсервабилности мреже доводи до повећања грешке естимације стања, при чему грешка расте са удаљавањем од чворова опремљених мерним уређајима. Највећа одступања забележена су на неопсервабилним чворовима, док је уочено да EKF алгоритам у таквим условима испољава већу нестабилност у односу на UKF алгоритам. Такође, показано је да адекватан избор матрица коваријансе процесног и мерног шума омогућава поуздану естимацију и праћење динамичких промена стања мреже у реалном времену. Анализе спроведене за различита климатска подручја показале су да развијени модел задржава задовољавајуће перформансе у широком спектру метеоролошких услова, што указује на његову робусност и применљивост на различитим географским подручјима.

Посебан допринос рада огледа се у интеграцији метода машинског учења у модел естиматора, чиме је повећана стабилност процеса. Додатни допринос представља свеобухватна анализа перформанси EKF и UKF естиматора у условима различитог степена опсервабилности мреже и различитих климатских подручја.

Резултати рада указују на потенцијал предложеног приступа за унапређење естимације стања у активним дистрибутивним мрежама са ограниченом мерном инфраструктуром и високим уделом обновљивих извора енергије. Добијени резултати могу послужити као основа за поузданије праћење стања мреже и доношење оперативних одлука у условима неизвесности производње и непотпуне опсервабилности система.

5. Закључак и предлог

Кандидаткиња Ивана Гојсовић је у свом мастер раду спровела анализу естимације стања у дистрибутивним мрежама са уважавањем неизвесности у производњи из фотонапонских електрана. Развијен је хибридни модел за естимацију стања који комбинује технике машинског учења са нелинеарним методама естимације стања. Кроз спроведене симулације на IEEE 33 тестној мрежи, валидирана је ефикасност предложених методологија у два сценарија: при деградацији опсервабилности и под утицајем оштрих метеоролошких промена. Тестирана је и прилагодљивост естимације у различитим климатским подручјима.

Кандидаткиња је исказала самосталност и инжењерску зрелост при решавању проблема који су били предмет овог мастер рада. Истраживања спроведена у овом раду имају битан практичан значај и могу престављати подлогу за унапређење постојећих приступа и модела за естимацију стања у активним дистрибутивним мрежама. Кроз спроведена истраживања и анализе, кандидаткиња је показала и научни потенцијал и способности за комбиновање различитих техника и креирање нових модела у циљу унапређења естимације стања реалних дистрибутивних мрежа.

На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад дипл. инж. Ивана Гојсовић под насловом „Естимација стања у дистрибутивним мрежама уз уважавање неизвесности у производњи обновљивих извора енергије“, прихвати као мастер рад и кандидаткињи одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 25.07.2026. године

Чланови комисије:

др Жељко Ђуришић Редовни професор
сагласан, 25.07.2026.

Ђорђе Лазовић Асистент
сагласан, 25.07.2026.