

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 25.09.2025 године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Душан Бижић под насловом „Методологија за аутоматску синтезу ПИД регулатора у системима са непознатим објектом управљања применом дигиталног релејног експеримента.". Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Душан Бижић рођен је 2. фебруара 2002. године у општини Смедеревска Паланка, Србија. Основно образовање завршио је у Основној школи „Свети Сава” у Великој Плани, а средње образовање у Гимназији у Великој Плани. Основне академске студије завршио је на Електротехничком факултету у Београду, са просечном оценом 9,28. Тренутно похађа мастер академске студије на истом факултету, на модулу Сигнали и системи, где остварује просечну оцену 10,00. Током основних и мастер студија био је члан тима H-Bridges, који сваке године учествује на међународном такмичењу International Future Energy Challenge. У оквиру тима обављао је различите функције: 2023. године био је члан софтверског тима, 2024. године вођа софтверског тима, а 2025. године помоћни ментор. Први научни рад је објавио на 37. саветовању CIGRE Србија 2025, одржано крајем маја 2025. године. Други рад је објавио на конференцији Енергетска Електроника 2025, која ће се одржати почетком октобра 2025. године. Са колегама из H-Bridges 2024 тима основао је стартап фирму H4SOUND, у оквиру које је тренутно ангажован на два пројекта. Први пројекат обухвата развој једносмерног електричног оптерећења са веома брзим одзивом струје и номиналном снагом од 600 W. На другом пројекту се развија аудио појачавач у класи D номиналне снаге 400 W, са интегрисаном регулацијом напона и обрадом звука на дигиталном сигналном процесору. Његова задужења обухватају пројектовање алгоритама за дигиталну обраду сигнала и аутоматско управљање на FPGA развојним системима и микроконтролерима.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 25.9.2025. године именовало нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Душана Бижића под насловом „Методологија за аутоматску синтезу ПИД регулатора у системима са непознатим објектом управљања применом дигиталног релејног експеримента.". Након прегледа материјала Комисија подноси следећи извештај: Кандидат Душан Бижић је као припрему за израду мастер рада урадио истраживање релевантне литературе која се односи на област којој припада тема мастер рада. Конкретно, анализирана су постојећа решења и проблеми у области синтезе регулационих система са ПИД структуром регулатора у системима са непознатим објектом управљања. Истраживањем области утврђено је да постоје решења која оцењују промену параметара објекта током рада и унапређују понашање у погледу пропусног опсега и маргина стабилности. Анализом решења је утврђено да постоји простор у области за методе које пружају робусност регулационог система, а да не захтевају претходно познавање параметара енергетског претварача или објекта управљања. Показано је да постоји простор за даље унапређење постојећих решења у погледу примене сложенијих структура регулатора које би довеле до значајно бољег понашања система у устаљеном стању и током прелазних процеса.

3. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 47 страна, са укупно 36 слика, 5 табела и 23 референце. Рад садржи увод, 3 поглавља и закључак, списак литературе, скраћеница, слика и табела. У Поглављу 1. дати су предмет и циљеви рада. У Поглављу 2. дат је преглед метода за процену фреквенцијских карактеристика у САУ. Анализирани су алгоритми засновани на предефинисаним и аутоматски генерисаним сигнаlima побуде. Методологија за синтезу и анализу САУ са ПИД регулатором када нису познати параметри објекта дата је у Поглављу 3. Алгоритам се заснива на инјектирању побудног сигнала, примени дигиталног релејног експеримента и дигиталних филтара. Процена параметара функције преноса објекта извршена је применом методе параметарске идентификације. Процес синтезе је дефинисан за општи систем прекида са претпоставком да рачунарски систем подржава механизам прекида без употребе додатних језгара или језгара за хардверско

убрзавање алгоритама. Разматрана је каскадна реализација САУ код четворофазног претварача спуштача напона са 4 регулатора струје у унутрашњој и једним регулатором напона у спољашњој контури. Алгоритам је начињен у програмском пакету MATLAB, а улазни параметри су пресечна учестаности и претек фазе. Дефинисани су и испитани довољни услови за конвергенцију методе. Алгоритам је имплементиран на ДСП и експериментално испитан на Turphoon HIL 402. Као објекат управљања разматран је капацитивни потрошач којег карактерише присуство паразитних индуктивности и капацитивности. Робусност је испитана при променама индуктивности и капацитивности у опсегу до 100% и 60% назначених вредности респективно. Алгоритам за идентификацију параметара показује тачност од минимум 96%, док алгоритам за синтезу регулатора показују максимално одступање у жељеној пресечној учестаности и претеку фазе од 8,5% и 5,4% респективно. При разматраним радним режимима алгоритам је обезбедио стабилан рад са одзивима без прескока и временом одзива мањим од 150 μ s. На крају, изведени су закључци и дати предлози за даљи рад.

4. Анализа са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Душана Бижића бави се проблематиком у области синтезе регулационих система са ПИД структуром регулатора у системима са непознатим објектом управљања. Овакве структуре налазе широку примену у апликацијама где није могуће испитати или оценити параметре објекта управљања познатим методама, или где се објекат управљања мења током рада у реалном времену.

Анализа и структура алгоритма који уједно спроводи идентификацију објекта управљања и аутоматску синтезу регулатора фиксне структуре је начињена у програмском пакету Matlab. Алгоритам је реализован на произвољном дигиталном сигналном процесору и испитан на платформи Turphoon HIL 402. Основни резултати рада су:

- Методологија за синтезу и имплементацију јединственог алгоритма за идентификацију објекта управљања и аутоматску синтезу регулатора фиксне структуре,
- Предлог структуре и механизма прекида на дигиталном сигналном процесору у циљу употребе предложеног алгоритма на произвољном процесору. До сада су, према најбољем сазнању аутора, сличне структуре реализоване искључиво на FPGA платформама,
- Метода за минимизацију грешке између задате и остварене пресечне учестаности са јасно дефинисаним условима за постизање конвергенције.

5. Закључак и предлог

Кандидат Душан Бижић је у свом мастер раду истражио и развио алгоритам који обезбеђује идентификацију параметара непознатог објекта управљања и синтезу регулатора фиксне структуре без конкретних ограничења у погледу реализације. Алгоритам је испитан у симулационом окружењу, а затим имплементиран на дигиталном сигналном процесору и експериментално верификован на платформи Turphoon HIL 402. 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. Душана Бижића прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 14.10.2025. године

Чланови комисије:

др Александар Милић Доцент
сагласан, 14.10.2025.

др Томислав Шекара Редовни професор
сагласан, 14.10.2025.

др Богдан Брковић Доцент
сагласан, 14.10.2025.