



# УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ - ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Булевар краља Александра 73, 11000 Београд, Србија

Тел. 011/324-8464, Факс: 011/324-8681

## КОМИСИЈА ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 11.6.2019. године именовало нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Милана Кнежевића под насловом „Развој система за каскадно управљање зглоба робота“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

### ИЗВЕШТАЈ

#### 1. Биографски подаци кандидата

Милан Кнежевић рођен је 02. априла 1994. године у Краљеву. Завршио је основну школу „Попински борци“ у Врњачкој Бањи као вуковац. Уписао је Гимназију у Краљеву, смер специјализовано-математички. Средњу школу је завршио 2013. године и исте године је уписао Електротехнички факултет у Београду. Дипломирао је на Одсеку за сигнале и системе у септембру 2017. године са просечном оценом 9,35. Дипломски рад под називом „Управљање индустријским роботом *Denso BC6577* употребом програмског пакета *LabVIEW*“ одбранио је у септембру 2017. године са оценом 10. Дипломске академске – мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на Одсеку за сигнале и системе уписао је у октобру 2017. године. Положио је све испите са просечном оценом 9,40

#### 2. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 45 страна, са укупно 37 сликом, 11 табела и 7 референци. Рад је организован тако да садржи увод, четири поглавља, закључак и списак литературе.

У уводном поглављу приказан је кратак осврт на проблематику, као и преглед онога што ће бити урађено у раду, тј. ретроспективу самог мастер рада.

Поглавље 2 нуди теоријски увод у роботе са погонима променљиве крутости. Циљ овог поглавља је пружање теоријског основа за разумевање имплементације управљачких алгоритама као и увид у практичну потребу оваквих система.

Поглавље 3 садржи опис хардвера који је коришћен при изради рада. Циљ овог поглавља је упознавање читаоца са целокупним системом као и свом опремом од којих је он сачињен.

Поглавље 4 описује софтверску имплементацију платформе као и све њене могућности коришћења при тестирању алгоритама за управљање антагонистичким погоном.

Поглавље 5 представља пример употребе платформе зарад тестирања једног од алгоритама за управљање. Такође у овом поглављу биће приказани резултати добијени коришћењем алата који су описани у поглављу 4 овог документа.

Шесто поглавље представља закључак рада.

Док је у седмом поглављу наведена коришћена литература.

#### 3. Анализа рада са кључним резултатима

Предмет мастер рада је реализација каскадног управљања антагонистичког зглоба интеграцијом *Matlab&Simulink* окружења са *LabVIEW Real-Time* контролером и *FPGA* чипом.

У раду је представљено решење које нуди могућност тестирања каскадног управљања антагонистичким зглобом употребом *NI cRIO 9074* контролера произвођача *National Instruments*. Каскадно управљање које је подељено на виши (управљање крутошћу и позицијом зглоба) и нижи (управљање позицијом/брзином/моментом самих мотора) подељено је на две платформе. Виши управљачки алгоритам имплементира се на рачунару у

*Matlab&Simulink* окружењу што pruža велику слободу у примени различитих решења за управљање нелинеарним мултиваријабилним системима. Нижи управљачки ниво имплементиран је на *FPGA* чипу што pruža велику предност у брзини извршавања као и у детерминизму. Ова два управљачка нивоа комуницирају међусобно посредством *LabVIEW Real-Time* апликације која се извршава на *NI cRIO 9074* контролеру.

Решење се састоји из 4 целине које се међусобно комуницирају различитим протоколима. Целине су:

- Имплементација управљачког алгоритма за моторе једносмерне струје на *FPGA* платформи извршава конфигурисани контролер базиран на референтним вредностима које добија од *LabVIEW Real-Time* апликације. Такође ова целина прослеђује сва мерења ка поменутој апликацији.

- *LabVIEW Real-Time* апликација – представља комуникациони и сигурносни механизам. Апликација пристигле поруке од *Matlab&Simulink* модела прослеђује *FPGA* контролеру и врши комуникацију са *LabVIEW* корисничком апликацијом. Такође ова апликација извршава сигурносне провере зарад прекида рада у случају грешке.

- *LabVIEW* корисничка апликација – представља апликацију за конфигурацију *FPGA* контролера, евентуално ручно управљање, покретање *FPGA* контролера као и надзор грешака у систему. Апликација комуницира са *LabVIEW Real-Time* апликацијом преко *TCP/IP* протокола.

- *Matlab&Simulink* модел – модел са имплементираним управљањем крутошћу и позицијом зглоба. Пре покретања модела у *LabVIEW* корисничкој апликацији се покреће контролер на *FPGA* чипу који очекује референтне вредности послате из самог модела. Ова комуникација је, преко *LabVIEW Real-Time* апликације као посредника, остварена *UDP* протоколом.

Циљ рада је био омогућавање једноставног управљања антагонистичким зглобом и то користећи *Simulink* модел како би се обезбедила довољна флексибилност за примене различитих приступа у управљању саме крутоси и позиције. Такође један од циљева јесте имплементација *PID* управљачког алгоритма на *FPGA* платформи која омогућава већу брзину извршавања.

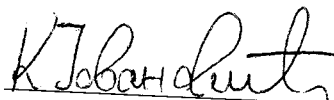
#### 4. Закључак и предлог

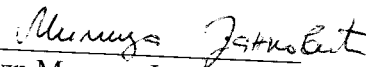
Кандидат Милан Кнежевић је у свом мастер раду успешно имплементирао управљање роботским антагонистичким зглобом кошћењем *Matlab&Simulink* окружење за имплементацију вишег система управљања крутости и позиције док је контролер који управља крутим актуаторима имплементиран на *FPGA* чипу. Кандидат је 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. Милана Кнежевића прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 12. 09. 2019. године

Чланови комисије:

  
др Коста Јовановић, доц.

  
др Милица Јанковић, доц.