

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 01.09.2026 године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Стефан Вељковић под насловом „Пројектовање инвертора за погон са синхроним мотором и симулација у реалном времену“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Стефан Вељковић је рођен 30.06.2001. године у Београду. Завршио је Девету београдску гимназију. Електротехнички факултет уписао је 2020. године. Током основних студија ангажовао се на студентском пројекту „Друмска стрела“ где је дизајнирао систем за контролу високонапонске батерије за потребе електричног возила. Дипломирао је на одсеку за Електронику и Дигиталне системе 2024. године са просечном оценом 8,06. Дипломски рад одбранио је у септембру 2024. године са оценом 10. Мастер академске студије на Електротехничком факултету у Београду уписао је 2024. године, на модулу за Електронику и Дигиталне системе. Положио је све испите са просечном оценом 8,80. Стефан је тренутно запослен као хардвер инжењер у фирми Meter and Control.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат је спровео свеобухватно истраживање релевантне научне и стручне литературе из области енергетских претварача, електромоторних погона и савремених алгоритама управљања. Посебан фокус истраживања усмерен је на топологије трофазних инвертора са MOSFET и IGBT транзисторима, карактеристике мерних система и сензора, као и на технике векторског управљања (FOC) и просторне векторске модулације (SVM). У оквиру истраживачког рада, кандидат је анализирао теоријске аспекте рада синхроних мотора и прецизно дефинисао математичке моделе неопходне за имплементацију дигиталног управљања, укључујући Кларкову и Паркову трансформацију, као и дискретне инкременталне PI регулаторе са anti-windup механизмима. Посебна пажња посвећена је пројектовању критичних хардверских подсистема инвертора, као што су изоловани гејт управљачи са dead-time заштитом, bootstrap кола, улазни филтри и кондензатори једносмерног међукола. Кандидат је детаљно истражио и пројектовао системе вишеслојне хардверске заштите, укључујући kill switch, прекострујну заштиту засновану на компараторима унутар Холових сензора, као и хистерезисну контролу кочионог отпорника ради заштите од пренапона у генераторском режиму рада. Истраживање је обухватило и методологију валидације система применом Hardware-in-the-Loop (HIL) симулација у реалном времену. Развијен је комплетан симулациони и SCADA модел који је омогућио безбедно тестирање микроконтролерског кода, верификацију динамичког одзива струјних и брзинских петљи, као и процену тачности енкодерских метода за мерење брзине у граничним условима. Спроведено истраживање представља заокружену инжењерску целину која успешно спаја хардверски дизајн и напредни софтверски развој.

3. Опис мастер рада

Мастер рад је организован у седам поглавља, након којих су наведени литература, списак слика и списак табела. Рад садржи детаљне шематске приказе, дијаграме и експерименталне графиконе. У уводном поглављу образложени су актуелни трендови електрификације и значај ефикасних инвертора. Друго поглавље описује компоненте електромоторних погона, разлике између синхроних, асинхроних и BLDC машина, као и принципе рада инверторског стуба и мерних подсистема. Треће поглавље је посвећено алгоритмима управљања, где су анализирани скаларна контрола, DTC и детаљно приказане PWM и SVM технике модулације. Четврто поглавље обухвата комплетан процес пројектовања хардвера: селекцију компоненти (SH32N65 прекидачи, UCC21551 драјвери, TMCS1123A2 Холови сензори), прорачуне bootstrap капацитивности и DC-link филтера, изведбу кола за претпуњење међукола, као и реализацију вишеслојних хардверских заштита. Такође, детаљно је описан развој четворослојне штампане плоче (PCB layout) са аспекта интегритета сигнала и термалне дисипације. Пето поглавље описује архитектуру TMS320F280049C микроконтролера, иницијализацију ePWM, ADC, PIE и eQEP периферија, кодне сегменте и структуру FOC алгоритма верификованог на HIL уређају. Шесто поглавље доноси приказ параметара мотора, резултате и дискусију графичких одзива, док седмо поглавље сумира закључке рада.

4. Анализа са кључним резултатима

Главни допринос мастер рада огледа се у успешном пројектовању, оптимизацији и верификацији високоефикасног трофазног инвертора за погон са синхроним мотором. Хардверским прорачунима дефинисан је систем максималне улазне снаге 20,8 kW, лимитиран на радни режим од 400 V и 20 A. Дизајн је успешно имплементиран кроз компактну четворослојну штампану плочу са раздвојеним високонапонским и нисконапонским деловима, чиме су постигнути висок интегритет сигнала и минималне електромагнетне сметње. Увођењем робусне хардверске заштите осигурана је потпуна безбедност прекидачких компоненти од пробоја. На софтверском нивоу, успешно је развијен и оптимизован FOC алгоритам на Ц2000 микроконтролеру, где је постигнута тачна временска синхронизација између ADC аквизиције фазних струја у тренуцима минималног рипла и генерисања SVM сигнала. Кључни резултати тестирања система на Hardware-in-the-Loop (HIL) платформи у реалном времену потврдили су изванредне динамичке перформансе погона. Инкрементални PI регулатори брзине и струје, подржани напредним anti-windup механизмима, показали су стабилан одзив, брзо умирење транзијената при наглим променама оптерећења и минималну таласност момента, чиме је у потпуности верификован предложени инжењерски приступ.

5. Закључак и предлог

Кандидат Стефан Вељковић је у свом мастер раду успешно реализовао комплексан инжењерски задатак који обухвата хардверски развој енергетског претварача, пројектовање заштитних и мерних кола, писање ефикасног софтвера за дигитално управљање у реалном времену и његову HiL верификацију. Развијени хардверски прототип и софтверски алгоритми демонстрирају висок степен поузданости, функционалности и енергетске ефикасности у свим режимима рада електромоторног погона. Током израде овог рада, кандидат је показао изузетан ниво самосталности, инжењерске зрелости и способност за успешно повезивање напредних теоријских концепта електромоторних погона са реалним хардверским и практичним софтверским имплементацијама на наменским микроконтролерским платформама. На основу свега наведеног, Комисија са задовољством констатује да мастер рад Стефана Вељковића у потпуности испуњава све критеријуме и затевене стандарде. Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да овај рад прихвати и одобри кандидату јавну усмену одбрану.

Београд, 05.09.2026. године

Чланови комисије:

др Богдан Брковић Ванредни професор
сагласан, 05.09.2026.

Милован Мајсторовић Асистент
сагласан, 05.09.2026.

др Предраг Пејовић Редовни професор
сагласан, 05.09.2026.