

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА У НИШУ

Предмет: Извештај комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета у Нишу број 612-400-5/2010, од 10. 09. 2010. године именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације, кандидата мр Милоша Милованчевића, дипл. инж. машинства, под називом

"Избор оптималне конфигурације вибродијагностичког система заснованог на РИС технологији "

Након прегледа докторске дисертације, сагласно Закону о Универзитету и Статуту Машинског факултета Универзитета у Нишу, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

Докторска дисертација кандидата мр Милоша Милованчевића, дипл. инж. машинства, обухвата 119 страница формата А4 основног текста, који је подељен у 8 текстуалних целина, укључујући и списак литературних навода. Рад садржи укупно 129 страница, узимајући у обзир и 10 уводних страница са садржајем. Литературни наводи су дати на 8 страница, са 119 литературних цитата. У раду је приказано 99 слика са објашњењем, као и 10 табеларних приказа.

Рад почиње Резимеом, у коме су дате основне назнаке о садржају рада, као и преглед кључних речи.

Кључне речи су: Мониторинг вибрација, РИС микроконтролери, аксиоматско пројектовање, пумпни агрегати.

Целокупна материја докторске дисертације изложена је у 8 (осам) глава, свака глава садржи више поглавља, а поглавља одељке. Нумерација објеката у оквиру главе (формула, слика и сл.) извршена је помоћу два везана броја, од којих први

указује на број главе, а други на број објекта унутар главе. На овај начин успостављена је једнозначна нумерација објеката.

Наслови глава су следећи:

1. Општи вибродијагностички концепт у процени стања механичких система
2. Пумпе у фокусу мониторинга вибрација
3. Дијагностички параметри и норме за одређивање оптималне вибродијагностичке микро-конфигурације
4. Идејно решење структуре микро-конфигурације за мониторинг вибрација
5. Оптимизација микро-конфигурације за мониторинг вибрација
6. Валидација решења микро-конфигурације за мониторинг вибрација
7. Коначно решење и верификација микро-конфигурације за мониторинг вибрација
8. Закључак

У **првој глави**, која има уводни карактер, кандидат даје општи општи вибродијагностички концепт у процени стања механичких система. Даље је изведена анализа мерно-информационих система и дат опис вибрација као параметар техничког стања система. У оквиру приказа мерно-информационих система, детаљно су описане методе мерења и прецизно су дефинисани једноканални и вишеканални мерни системи. Такође је урађена анализа основних елемената мерних система и истакнут значај персоналних рачунара у мерно-информационим системима. Са аспекта анализе вибрација као параметра стања система анализирани су параметри вибрација и описана је методологија процене вибрација, такође је анализиран поступак мерења вибрација.

Друга глава почиње анализом пумпи, првенствено као објекта којем се, применом вибродијагностичког поступка, утврђује стање радне исправности. Дефинисане су карактеристике пумпи и извршена њихова класификација, са посебним освртом на центрифугалне пумпе, јер је рад заснован на тези да је могуће креирати мерну микро-конфигурацију за утврђивање стања радне исправности центрифугалних пумпи. Извршена је детаљна анализа могућих узрока вибрација пумпи. Даље је анализирана неуравнотеженост и то са аспекта дефинисања параметара неуравнотежености, квалитета уравнотежења и механичких грешака код уравнотежења. Кључни параметри неуравнотежености су дати табеларно. Као још један од узрока вибрација, анализирана је и несаосност. Имајући у виду сложеност настајања вибрација код пумпних агрегата, кандидат је анализирао и утицај

одступања оса на месту улежиштења, некомпактност структуре и задирање ротора код пумпних агрегата. Такође је врло јасно приказана појава вибрација као последица недостатака код електро мотора пумпног агрегата.

Трећа глава се односи на дијагностичке параметре и норме за одређивање оптималне вибродијагностичке микро-конфигурације. У овој глави су прво објашњене апсолутне вибрације лежаја а затим су анализирани норме за оцену стања радне исправности лежаја. У даљем разматрању кандидат је дао преглед ISO стандарда који се примењују у области вибродијагностике. Дате су норме како за мерење вибрација на неротирајућим деловима машине, тако и за мерење вибрација на вратилу машине. Потом су објашњене процедуре испитивања вибрационих параметара у току и након старта рада машине као и испитивање вибрационих параметара у току експлоатације машине. Затим, имајући у виду да је објекат мерења вибрација пумпни агрегат, уведена су ограничења система за мониторинг вибрација. Ограничења су утврђена на основу избора мерних места за мерење вибрација на пумпном агрегату али и утврђивањем оквирних нормативних ограничење. У наредном поглављу су дате опште карактеристике сигнала у микро-конфигурацији. Потом су анализирани грешке у мерном ланцу и утицај шума и аналогне обраде сигнала у процесу трансформације сигнала у мерној микро-конфигурацији. Карактеристике сигнала су сагледане и са аспекта избора резолуције и брзине узорковања, као и са аспекта филтрирања мрежних сметњи и калибрације и саморегулације мерног ланца. У последњем поглављу треће главе кандидат је извојио три карактеристике сигнала мерног претварача и то: поновљивост, стабилност и резолуцију сигнала, које је детаљно анализирао у циљу утврђивања критеријума за избор компоненти микро-конфигурације.

Креирање идејног решења микро-кофигурације за мониторинг вибрација пумпних агрегата је предмет разматрања **четврте главе**. Дефинисање оптималне микро-конфигурације за мониторинг вибрација, уз анализу аквизиционих микро-система, даје контуре новопроектваног вибродијагностичког система. Анализа техничко-технолошких карактеристика сензора убрзања извршена је у циљу избора оптималног сензорског решења за микро-конфигурацију. Из палете класичних сензора убрзања, интелигентних сензора и сензора убрзања MEMS (*Micro-Electro-Mechanical Systems, Mikro-Elektro-Mehanički Sistemi*) технологије, кандидат је изабрао сензор убрзања поменутог MEMS технологије, на основу техничко-технолошких карактеристика и захтева које само мерење намеће. Микроконтролери, посебно PIC

(*Programmable Interface Controller*) микроконтролери, објашњени су у наредном поглављу, као и њихова архитектура, организација меморије, портови и периферијске јединице микроконтролера. Из ове опсежне анализе, оптимално решење које се намеће као основа микроконфигурације за мониторинг вибрација, је микроконтролер PIC16Ф877А. Овај избор даље намеће потребу за кондиционирањем сигнала, имајући у виду да је резолуција А/Д конвертора у изабраном PIC микроконтролеру објективно мала. Карактеристике сигнала су у овом сегменту дисертације приоритетне, те је детаљно анализирано филтрирање као и појачање, применом операционог појачивача. Посебно место заузимају PGA (*Programmable Gain Amplifier*) појачала, имајући у виду вишестепено и променљиво појачање сигнала које они омогућавају, што је од посебног значаја при креирању микро-конфигурације на бази PIC микроконтролера. Како PIC микроконтролер представља основни елемент микро-конфигурације, кандидат даје анализу стандарда за пренос података, односно комуникацију између микроконтролера и персоналног рачунара, али и између микроконтролера и периферне јединице за кондиционирање сигнала. На овај начин долази се до прегледа могућих микро-конфигурација за мониторинг вибрација.

У **петој глави** описана је оптимизација микро-конфигурације за мониторинг вибрација. У првом поглављу указује се на опште принципе аксиоматског пројектовања, с обзиром да је у питању процес који је усмерен на задовољење функционалних захтева и параметара пројектовања, чиме се пројектовање претвара у процес оптимизације физичког система. Даље су анализиране фазе аксиоматског пројектовања узимајући у обзир да аксиоматски дизајн започиње са највишим општим захтевима које систем треба да испуни, а онда се они разграђују у подзахтеве. У наредном поглављу теорија аксиоматског пројектовања је примењена у одређивању оптималне микро-конфигурације за мониторинг вибрација. Декомпозицијом опште функције циља изведена је оптимизација у одабиру комуникационих протокола између PIC микроконтролера и персоналног рачунара, као и PIC микроконтролера и А/Д конвертора. На овај начин промовисан је SPI комуникациони протокол као оптимално решење у овом случају за повезивање микроконтролера и А/Д конвертора, док је у случају повезивања микроконтролера и рачунара примењен је RS232 комуникациони протокол, односно повезивање преко серијског порта на персоналном рачунару. Последње поглавље ове главе приказује оптимално решење микро-конфигурације за мониторинг вибрација добијено аксиоматским пројектовањем, чиме су дефинисани све електронске компоненте новопројектоване микро-конфигурације.

Валидација решења микро-конфигурације за мониторинг вибрација описана у **шестој глави**, изведена је утврђивањем карактеристике сигнала микро-конфигурације, односно испитивањем поновљивости сигнала помоћу сигнал генератора. Кандидат је извео испитивање микроконфигурације без интеграције сигнала са генераторима сигнала Tektronix 3102 и Tektronix dpo 4034, док је за приказ и анализу излазног сигнала из PIC-а у дигиталном облику, примењен софтвер који сигнал приказује у временском домену и додатна програмска функција која над сигналом изводи ФФТ анализу. Испитивање поновљивости сигнала изведено је у Лабораторији за микроелектронику Електронског факултета у Нишу и обухватило је повезивање новопроектваног уређаја и генератора сигнала. У процесу испитивања поновљивости сигнала коришћени су: синусни, Гаусов, експоненцијални и троугаони сигнал. Валидација пројектоване микро-конфигурације показала је да постоји потпуна мерна компатибилност уређаја у смислу карактеристика сигнала.

У **седмој глави** представљено је коначно решење и верификација микро-конфигурације за мониторинг вибрација. Кандидат је детаљно описао хардверску структуру микро-конфигурације за мониторинг вибрација засновану на PIC микроконтролеру, посебно приказујући процесе које се одвијају у микроконтролеру у смислу покретања аквизиционог поступка, кондиционирања сигнала и преноса података на персонални рачунар. Потом је дат опис алгоритма за покретање PIC микроконтролера који је урађен тако да омогући шири спектар примене новокреираног микро-система, као и опис алгоритма потпрограма за мерење вибрација.

У **осмој глави** која представља закључак, кандидат на систематичан и егзактан начин сумира најбитнија сазнања до којих је дошао истраживањем у оквиру докторске дисертације и истиче научни допринос овог рада који се огледа у следећем:

- изведена је детаљна анализа утицајних дијагностичких параметара са аспекта дефинисања хардверских и софтверских ресурса, који су потребни за мониторинг вибрација,
- извршена је детаљна разрада концепта аквизиције података, микро-конфигурације на PIC платформи,
- развијен је експериментални модел за испитивање процесирања сигнала, идентификоване су експлоатационе могућности и ограничења примене микроконтролера нове генерације

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу изложене анализе докторске дисертације под називом

"Избор оптималне конфигурације вибродијагностичког система заснованог на PIC технологији "

Комисија сматра да:

1. поднети рад у потпуности одговара теми прихваћеној од стране Наставно-научног већа Машинског факултета у Нишу;
2. кандидат влада потребним знањима за истраживања у области пројектовања микро-конфигурација за мониторинг вибрација заснованих на PIC микроконтролерима;
3. кандидат је испољио способност да изврши синтезу научних знања из разних области у циљу реализације постављеног задатка;
4. кандидат је испољио потпуну самосталност и инвентивност у научно-истраживачком раду;
5. кандидат је дошао до значајних научних резултата који представљају допринос решавању проблема избора оптималне микро-конфигурације за мониторинг вибрација;
6. кандидат је дошао до конкретних практичних знања, чијом имплементацијом је могуће утицати на разумевање значаја оптимизације конфигурације за мониторинг вибрација;
7. рад је технички коректно и квалитетно урађен, адекватно конципиран и омогућава добро праћење достигнутих резултата истраживања.

На основу напред изложеног Комисија је констатовала да рад кандидата мр Милоша Милованчевића, дипломираног инжењера машинства, представља у потпуности оригиналан рад, како у погледу аксиоматског пројектовања микро-конфигурације за мониторинг вибрација заснованој на PIC микроконтролеру, верификованог анализом поновљивости сигнала, тако и у погледу изнетих закључака о могућностима даљих истраживања у овој области.

Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Нишу да се рад кандидата мр Милоша Милованчевића, дипл. инж. маш., под називом:

"ИЗБОР ОПТИМАЛНЕ КОНФИГУРАЦИЈЕ ВИБРОДИЈАГНОСТИЧКОГ СИСТЕМА ЗАСНОВАНОГ НА РС ТЕХНОЛОГИЈИ"

прихвати као докторска дисертација и кандидат позове на усмену јавну одбрану.

У Нишу и Београду,
септембра 2010. год.



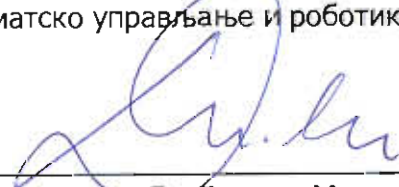
Др Александар Вег
редовни професор Машинског факултете у Београду
(Ужа научна област: Теорија машина и механизма)



Др Драгица Миленковић
редовни професор Машинског факултете у Нишу
(Ужа научна област: Теоријска и примењена механика флуида)



Др Властимир Николић
редовни професор Машинског факултете у Нишу
(Ужа научна област: Аутоматско управљање и роботика)



Др Драган Милчић
ванредни професор Машинског факултете у Ниша
(Ужа научна област: Машинске конструкције)