

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата **мр Милоша П. Франтловића** за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 908/1 од 12. 2. 2013. године именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Милоша П. Франтловића, магистра електротехнике, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **"Унапређење интелигентних индустријских мерних инструмената са МЕМС сензорима"**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Милош Франтловић је рођен 14.6.1970. године у Београду, где је завршио основну и средњу школу. Дипломирао је 2000. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на одсеку за електронику, телекомуникације и аутоматику. Наслов дипломског рада је "Конвертор RS-232/RS-485 са аутоматским одређивањем смера преноса", а ментор је био проф. др Срђан Станковић. Милош Франтловић је магистрирао 2010. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Наслов магистарске тезе је "Платформа за развој интелигентних индустријских мерних инструмената са МЕМС сензорима притиска", а ментор је био проф. др Срђан Станковић.

Од 2001. године ради као истраживач у Институту за хемију, технологију и металургију, у Центру за микроелектронске технологије и монокристале.

Милош Франтловић је од 2002. до 2004. године био ангажован на пројекту ИТ.1.04.0063.Б, под називом "Трансмитери притиска (нивоа, протока) на бази микроелектромеханичких (МЕМС) сензора", који је финансирао Министарство за науку, технологију и развој Републике Србије. Од 2005. до 2007. године био је ангажован на пројекту ТР-6151Б, под називом "Висококвалитетни трансмитери притиска нове генерације", који је финансирао Министарство науке Републике Србије. Од 2008. до 2010. године био је ангажован на пројектима ТР-11027 "Микросистемске, наносистемске технологије и компоненте" и ТР-11025 "Интелигентни индустријски трансмитери на бази сопствених ИХТМ сензора". Такође је учествовао у реализацији иновационих пројеката ИП-8245 "Индустријски мерачи процесних величина са радио комуникацијом" и ИП-8139 "Детектор муља и замућености

течности са контролером" 2006. године. Сада је ангажован на пројекту ТР–32008 "Микро, нано-системи и сензори за примену у електропривреди, процесној индустрији и заштити животне средине", који финансира Министарство просвете и науке Републике Србије.

Био је ангажован на међународном SCOPES пројекту IB7320-110923, под називом "Micro-nano cantilever based detection of small electromagnetic forces" (2005–2008.), који је финансирала Швајцарска национална научна фондација (Swiss National Science Foundation), и на међународном пројекту "REGMINA" (2008–2011.), из програма FP–7 Европске Уније.

Завршио је специјалистички курс „Smart Sensor Systems”, који је одржан 2009. године на Техничком универзитету Делфт (Холандија).

Милош Франтловић се бави истраживањем и развојем сензора заснованих на микро- и наноелектромеханичким структурама (MEMS, NEMS), као и истраживањем, развојем и реализацијом електронских мерних инструмената и мерних метода. Током рада у ИХТМ–ЦМТМ пројектовао је и реализовао неколико прототипова и производа из области сензора, мерних инструмената и индустријске електронике, од којих се издваја интелигентни индустријски трансмитер притиска. Учествовао је на домаћим и међународним научним конференцијама из области електронике, телекомуникација, сензора и нанотехнологија. Милош Франтловић је аутор и коаутор већег броја радова објављених у националним и међународним научним часописима и зборницима националних и међународних конференција. Такође је аутор и коаутор већег броја техничких решења.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Милош Франтловић је одбранио магистарски рад под насловом "Платформа за развој интелигентних индустријских мерних инструмената са МЕМС сензорима притиска" 25.11.2010. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Ментор је био проф. др Срђан Станковић. Област истраживања била је интелигентна инструментација заснована на МЕМС сензорима притиска. У раду је најпре дат кратак преглед МЕМС технологија и њихових примена у изради пиезоотпорних сензора притиска. Затим је описан пиезоотпорни ефекат и дат је преглед техничких карактеристика сензора притиска који се производе у Институту за хемију, технологију и металургију. Анализиране су несавршености силицијумских пиезоотпорних МЕМС сензора притиска, а затим је формиран њихов математички модел, чији су параметри експериментално одређени. Представљена је метода температурске компензације и линеаризације сензора притиска ИХТМ SP–9 применом математичког модела и рачунарског алгорита. Резултати добијени применом те методе приказани су графички и нумерички. У раду је, затим, детаљно приказан пројекат платформе за развој интелигентних индустријских инструмената са МЕМС сензорима притиска.

Научно–стручни допринос магистарског рада био је претежно у областима интелигентне инструментације и примењене електронике. Извршена је корекција несавршености пиезоотпорног сензора притиска применом математичког модела и рачунарског алгорита. Написан је програм за израчунавање параметара математичког модела на основу експерименталних резултата. Платформа за развој интелигентних индустријских инструмената са МЕМС сензорима притиска настала је као резултат самосталног рада аутора, од концепције, преко пројектовања електронских склопова и штампаних плоча до физичке реализације, испитивања и примене у лабораторији. Успешна реализација тог електронског уређаја и његова примена резултовале су развојем нових интелигентних трансмитера притиска, диференцијалног притиска и нивоа.

Осим поменутих практичних резултата, током магистарских студија, израде магистарског рада и касније, објављен је већи број научних радова и реализовано је више техничких решења у вези са темом рада.

M21 Рад у врхунском међународном часопису

1. Djurić Z., Jokić I., **Frantlović M.**, Jakšić O.: *Fluctuations of the number of particles and mass adsorbed on the sensor surface surrounded by a mixture of an arbitrary number of gases*, - Sensors and Actuators B 127, 2007, pp. 625-631,
2. Djurić Z., Jokić I., **Frantlović M.**: *Analysis of transient adsorption processes using micro/nanocantilever oscillators*, - Microelectronics Engineering, Vol. 85, Issues 5-6, May-June 2008, pp. 1386-1389,
3. Djurić Z., Jokić I., **Frantlović M.**, Radulović K.: *Two-layer adsorption and adsorbed mass fluctuations on micro/nanostructures*, - Microelectronic Engineering, 86 (4-6), 2009, pp. 1278-1281,
4. Djurić Z., Jokić I., Djukić M., **Frantlović M.**: *Fluctuations of the adsorbed mass and the resonant frequency of vibrating MEMS/NEMS structures due to multilayer adsorption*, - Microelectronics Engineering, May-August 2010, pp. 1181-1184,
5. Jokić I., Djurić Z., **Frantlović M.**, Radulović K., Krstajić P., Jokić Z.: *Fluctuations of the number of adsorbed molecules in biosensors due to stochastic adsorption-desorption processes coupled with mass transfer*, - Sensors and Actuators, B: Chemical, Vol 166-167, 2012, pp. 535-543,
6. **Frantlović M.**, Jokić I., Savu V., Xie S., Brugger J.: *Effects of tensile stress on electrical parameters of thin film conductive wires fabricated on a flexible substrate using stencil lithography*, - Microelectronic Engineering 98, 2012, pp. 230-233, (doi:10.1016/j.mee.2012.07.016)
7. Jokić I., Djurić Z., **Frantlović M.**, Radulović K., Krstajić P.: *Fluctuations of the mass adsorbed on microcantilever sensor surface in liquid-phase chemical and biochemical detection*, - Microelectronic Engineering, 97, 2012, pp. 396-399, (doi:10.1016/j.mee.2012.03.038, 2012)
8. **Frantlović M.**, Jokić I., Djurić Z., Radulović K.: *Analysis of the Influence of Competitive Adsorption and Mass Transfer on Adsorbed Mass Fluctuations in Affinity-Based Biosensors*, - Sensors and Actuators B: Chemical, 2012, doi:10.1016/j.snb.2012.12.080.

M23 Рад у међународном часопису

1. **Frantlović M.**, Jovanov V., Miljković B.: *Intelligent Industrial Transmitters of Pressure and Other Process Parameters*, - Telfor Journal, Vol 1, No 2, 2009, pp 65-68.

M33 Саопштење са међународног скупа, штампано у целини

1. Djurić Z., Jokić I., **Frantlović M.**, Jakšić O.: *Influence of Adsorption-Desorption Process on Resonant Frequency and Noise of Micro- and Nanocantilevers*, - Proc. 23rd International Conference on Microelectronics MIEL, Niš 2002, pp. 243-246,
2. Djurić Z., Jokić I., **Frantlović M.**, Jakšić O., Vasiljević-Radović D.: *Adsorbed Mass and Resonant Frequency Fluctuations of a Microcantilever Caused by Adsorption and Desorption of Particles of Two Gases*, - Proc. 24th International Conference on Microelectronics MIEL, Niš 2004, pp. 197-199,

3. Djurić Z., Jakšić O., Jokić I., **Frantlović M.**: *Adsorption-desorption processes in nanosystems*, - Proc. 1st Internat. Workshop on Nanoscience & Nanotechnology IWON, Belgrade 2005, pp. 33-36,
4. Djurić Z., Jakšić O., Jokić I., **Frantlović M.**: *Adsorbed Mass Fluctuations of a Micro/Nanoresonator Surrounded by an Arbitrary Gas Mixture*, - Proc. 25th Internat. Conf. on Microelectronics MIEL, Belgrade 2006, Vol 1, pp. 103-106,
5. Jakšić Z., Đurić Z., Jakšić O., Jokić I. **Frantlović M.**: *Adsorption-desorption noise in surface plasmon resonance sensors*, - Proc. 8th Internat. Conf. on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, Belgrade 2006, Vol II, pp. 671-673
6. **Frantlović M.**, Jokić I., Nešić D.: *A wireless system for liquid level measurement*, - Proc. 8th International Conference on Telecommunication in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services, Niš 2007, Vol 2, pp. 475-478,
7. Djuric Z., Jokic I., **Frantlovic M.**: *Optimization of micro/nanooscillator parameters for analysis of transient adsorption processes*, - Proc. 26th International Conference on Microelectronics MIEL 2008, Niš 2008, Vol 2, pp. 359-362,
8. Djuric Z., Jokic I., **Frantlovic M.**, Randjelovic D., Vasiljevic-Radovic D., Smiljanic M., Lazic Z.: *Fabrication and characterization of AFM golden microcantilevers and measurement of small electromagnetic forces*, - Proc. 26th International Conference on Microelectronics MIEL, Niš 2008, Vol 2, pp. 363-366
9. Jokić I., **Frantlović M.**, Djurić Z., Dukić M.: *Adsorption-Desorption Phase Noise in RF MEMS/NEMS Resonators*, - Proc. 10th International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services TELSIKS, Niš 2011,
10. Jokić I., Djurić Z., Radulović K., **Frantlović M.**, Krstajić P.: *Analysis of response and adsorption-desorption fluctuations spectrum of MEMS/NEMS chemical and biological sensors*, - Proc. 4th International Scientific Conference on Defensive Technologies OTEH, Belgrade 2011, pp. 447-451,
11. Nešić D., Jokić I., **Frantlović M.**: *Simulation of a Wide Band-stop Filter on High-resistivity Silicon (HRS) Substrate*, - Proc. 28th International Conference on Microelectronics MIEL, Niš 2012, pp. 281-283, (ISBN 978-1-4673-0235-7)
12. Radulović K., Jokić I., **Frantlović M.**, Djurić Z.: *Adsorption-Desorption Noise in Nanowire FET Biosensors*, - Proc. 28th International Conference on Microelectronics MIEL, Niš 2012, pp. 203-207, (ISBN 978-1-4673-0235-7)
13. Djurić Z., Radulović K., Jokić I., **Frantlović M.**: *Characterization of Adsorption-Desorption Processes on Semiconductor Surfaces Using Nanocantilever Mass Sensors*, - Proc. 28th International Conference on Microelectronics MIEL, Niš 2012, pp. 161-164, (ISBN 978-1-4673-0235-7)
14. Jokić I., Radulović K., **Frantlović M.**, Djurić Z., Vasiljević-Radović D.: *Combined influence of competitive binding and mass transfer on response of affinity-based biosensors*, - Proc. Regional Biophysics Conference, Kladovo-Belgrade 2012, pp. 45-47, (ISBN 978-86-904161-1-0)
15. Jakšić O., Jakšić Z., Randjelović D., Jokić I., **Frantlović M.**: *Adsorption-desorption processes in defense against chemical, biological, radiological, nuclear and explosive threats*,

- Proc. 5th International Scientific Conference on Defensive Technologies OTEH, Belgrade 2012, pp. 701-706, (isbn 978-86-81123-85-4)

16. Nešić D., Jokić I., **Frantlović M.**: *Microwave microstrip wide band-stop filter on high resistivity silicon (HRS) substrate*, - Proc. 5th International Scientific Conference on Defensive Technologies OTEH, Belgrade 2012, pp. 498-500, (isbn 978-86-81123-85-4)
17. **Frantlović M.**, Vorkapić M., Vasiljević-Radović D.: *Characterization of Silicon Piezoresistive MEMS Pressure Sensors for Temperature Measurement*, - Proc. 5th International Scientific Conference on Defensive Technologies OTEH, Belgrade 2012, pp. 701-706, (isbn 978-86-81123-85-4)

M34 Саопштење са међународног скупа, штампано у изводу

1. Djurić Z., Jokić I., **Frantlović M.**: *Analysis of transient adsorption processes using micro/nanocantilever oscillators*, - Proc. 33rd International Conference on Micro- and Nano-Engineering, Copenhagen 2007,
2. Djurić Z., Jokić I., **Frantlović M.**, Radulović K.: *Two-layer adsorption and adsorbed mass fluctuations on micro/nanostructures*, - Proc. 34th International Conference on Micro- and Nano-Engineering, Athens 2008,
3. Djurić Z., Jokić I., Djukić M., **Frantlović M.**: *Fluctuations of the mass and resonant frequency of vibrating MEMS/NEMS structures due to multilayer adsorption*, - Proc. Abstr. 35th International Conference on Micro and Nano Engineering, Ghent 2009, P-MEMS-27,
4. Jokić I., **Frantlović M.**, Djukić M., Djurić Z.: *A method for determination of desorption energy using an oscillating microcantilever*, - Proc. Abstr. 36th International Conference on Micro and Nano Engineering, Genoa, 2010, P-MEMS-02,
5. Jokić I., Djurić Z., **Frantlović M.**, Radulović K., Krstajić P.: *Fluctuations of the Mass Adsorbed on Microcantilever Sensor Surface in Liquid-Phase Chemical and Biochemical Detection*, - Proc. Abstr. 37th International Conference on Micro and Nano Engineering, Berlin 2011, P-LIFE-041,
6. **Frantlović M.**, Jokić I., Savu V., Xie S., Brugger J.: *Effects of tensile stress on electrical parameters of thin film conductive wires fabricated on a flexible substrate using stencil lithography*, - Proc. Abstr. 37th International Conference on Micro and Nano Engineering, Berlin 2011, P-LITH-111,
7. Djurić Z., Jokić I., **Frantlović M.**, Radulović K.: *Intrinsic noise equivalent concentration of dynamic mode microcantilever biosensors*, - Proc. Abstr. 38th International Conference on Micro and Nano Engineering, Toulouse 2012, pp. 378-422.

M53 Рад у научном часопису

1. Jokić I., Đurić Z., **Frantlović M.**, Jakšić O., Vasiljević-Radović D.: *Određivanje desorpcione energije koja karakteriše adsorpciono-desorpcioni proces kod MEMS i NEMS senzora*, - ETF Journal of Electrical Engineering 12, 2004, pp. 50-55,
2. Randjelović D., **Frantlović M.**, Miljković B., Rosandić B., Jakšić Z., Popović B.: *Intelligent Thermopile-Based Vacuum Sensor*, - Procedia Engineering, 25, 2011, pp. 575-578,
3. **Frantlović M.**, Jokić I., Djurić Z., Radulović K.: *Analysis of the Influence of Competitive Adsorption and Mass Transfer on Adsorbed Mass Fluctuations in Affinity-Based Biosensors*, - Procedia Engineering, 47, 2012, pp. 957-960,

М63 Саопштење са скупа националног значаја, штампано у целини

1. **Франтловић М.**, Ђурић Д., Матић С., Ракић П.: *Универзални конвертор RS-232/RS-485*, - Зборник радова 45. конференције за ЕТРАН, Буковичка бања 2001, том I, стр. 74-77,
2. Ђурић З., Јокић И., **Франтловић М.**, Јакшић О.: *Осетљивост и адсорпционо-десорпциони шум сензора са наномеханичким резонантним структурама*, - Зборник радова 46. конференције за ЕТРАН, Бања Врућица 2002, том IV, стр. 195-198,
3. Смиљанић М., Матић М., Гајић В., **Франтловић М.**, Поповић Б., Лазић Ж.: *Генератор брзих импулса притиска за мерење одзива сензора и трансмитера притиска*, - Зборник радова 46. конференције за ЕТРАН, Бања Врућица 2002, том IV, стр. 202-205,
4. Ђурић З., Јокић И., **Франтловић М.**, Јакшић О.: *Фазни шум код микро- и наномеханичких резонатора*, - Зборник радова 10. Телекомуникационог форума ТЕЛФОР, Београд 2002, стр. 647-649,
5. Јокић И., Ђурић З., **Франтловић М.**, Јакшић О., Васиљевић-Радовић Д.: *Одређивање десорпционе енергије која карактерише адсорпционо-десорпциони процес код MEMS и NEMS сензора*, - Зборник радова 47. конференције за ЕТРАН, Херцег Нови 2003, том IV, стр. 274-276,
6. Матић М., **Франтловић М.**: *Промена пиезоотпорности приликом преоптерећења сензора*, - Зборник радова 47. конференције за ЕТРАН, Херцег Нови 2003, том IV, стр. 130-132,
7. Jakšić O., Đurić Z., Matić M., Tanasković D., **Frantlović M.**, Vorkapić M.: *Flicker and Johnson noise in piezoresistors for deflection measurement in MEMS devices*, - Proc. 48th Yugoslav Conf. ETRAN, Čačak 2004, Vol 4, pp. 175-178,
8. **Франтловић М.**, Смиљанић М., Јованов В., *Еквивалентно електрично коло пиезоотпорног трансдјусера притиска*, - Зборник радова 49. конференције за ЕТРАН, Будва 2005, том IV, стр. 189-192,
9. Јованов В., Смиљанић М., **Франтловић М.**, Воркапић М.: *Утицај трансдјусерског кућишта на динамички одзив сензора притиска са заштитним улошком*, - Зборник радова 49. конференције за ЕТРАН, Будва 2005, том IV, стр. 193-196,
10. Јованов В., **Франтловић М.**: *Оптимизација процеса мерења за дигиталну компензацију пиезоотпорног сензора притиска производње ИХТМ-ЦМТМ*, - Зборник радова 51. конференције за ЕТРАН, Херцег Нови 2007, МО3.3,
11. **Франтловић Милош**, Јованов В., Миљковић Б.: *Интелигентни индустријски трансмитери притиска и других процесних величина*, - Зборник радова 16. Телекомуникационог форума ТЕЛФОР, Београд 2008., стр. 532-535,
12. Ранђеловић Д., Јованов В., **Франтловић М.**, Воркапић М.: *Развој бежичног трансмитера вакуума на бази МЕМС сензора са термобатеријама*, - Зборник радова 16. Телекомуникационог форума ТЕЛФОР, Београд 2008., стр. 524-527,
13. Поповић Б., **Франтловић М.**, Миљковић Б., Воркапић М., Танасковић Д., Смиљанић М.: *ИХТМ интелигентни индустријски трансмитер разлике температура*, - Зборник радова 53. конференције за ЕТРАН, Врњачка Бања 2009, МО4.6-1-4,

14. **Франтловић М.**, Воркапић М., Миљковић Б., Поповић Б., Матић М., Танасковић Д., Смиљанић М., Ђурић З.: *ИХТМ Интелигентни индустријски трансмитер нивоа течности са два сензора апсолутног притиска*, - Зборник радова 53. конференције за ЕТРАН, Врњачка Бања 2009, МО4.7-1-4,
15. Вукелић Б., **Франтловић М.**, Обрадов М.: *Развој прототипа интелигентног мерача притиска са Ethernet комуникацијом*, - Зборник радова 56. конференције за ЕТРАН, Златибор 2012, МО3.7-1-4,
16. Jokić I., Đurić Z., Ranđelović D., Đukić M., **Frantlović M.**, Vasiljević-Radović D., Buha J., Tanasković D.: *Metoda za preciznu karakterizaciju mikro/nanogredica hemijskih i bioloških senzora za merenja u gasovima i tečnostima*, - Zbornik radova 54. Konferencije ETRAN, Gornji Milanovac 2010, МО 3.8-1-4, (ISBN 978-86-80509-65-5).

М72 Магистарски рад

1. **Франтловић М.**: *Платформа за развој интелигентних индустријских мерних инструмената са МЕМС сензорима притиска*, - Електротехнички факултет у Београду 2010, ментор проф. др Срђан Станковић.

М81 Нови производ (или технологија) уведени у производњу, ...

1. Матић М., Ђурић З., Лазић Ж., Смиљанић М., Поповић Б., **Франтловић М.**, Воркапић М., Гајић В., Јованов В., Танасковић Д., Поповић М., Јовић В., Смиљанић М. М., Сарајлић М.: *Трансммитер релативног притиска отпоран на брза оптерећења*, 2004, реализатор: ИХТМ, примењује: Електропривреда Србије,
2. **Франтловић М.**, *Генератор наносекундних светлосних импулса*, 2005., реализатор: ИХТМ, корисник: ИХТМ,
3. **Франтловић М.**, Ђурић З., Смиљанић М., Поповић Б., Јокић И., Миљковић Б.: *Интелигентни трансмитер притиска са HART протоколом*, TR-6101 2007, реализатор: ИХТМ, корисници: Електропривреда Србије, ИХТМ,
4. **Франтловић М.**, Ђурић З., Смиљанић М., Поповић Б., Јокић И., Миљковић Б.: *Интелигентни трансмитер притиска са HART протоколом*, 2007, реализатор: ИХТМ, корисници: Електропривреда Србије, ИХТМ,
5. **Франтловић М.**, Поповић Б., Миљковић Б., Воркапић М., Танасковић Д., Смиљанић М. А., Ђурић З.: *Интелигентни трансмитер диференције температура*, TR-11025 2009, реализатор: ИХТМ, корисник: ИХТМ,
6. **Франтловић М.**, Воркапић М., Миљковић Б., Поповић Б., Танасковић Д., Матић М., Смиљанић М. А., Ђурић З.: *Интелигентни трансмитер нивоа са два апсолутна сензора*, TR-11025 2009, реализатор: ИХТМ, корисник: ИХТМ.

М83 Ново лабораторијско постројење, ново експериментално постројење, нови технолошки поступак (уз доказ)

1. Смиљанић М., Матић М., Гајић В., **Франтловић М.**: *Генератор импулса притиска високе амплитуде и кратког трајања*, - 2002, реализатор: ИХТМ, корисник: ИХТМ.

М84 Битно побољшани постојећи производ или технологија (уз доказ), ...

1. Матић М., Ђурић З., Лазић Ж., Смиљанић М. А., Поповић Б., **Франтловић М.**, Воркапић М., Гајић В., Јованов В., Танасковић Д., Поповић М., Јовић В., Смиљанић М.

М., Сарајлић М.: *Трансмитуер апсолутног притиска отпоран на брза оптерећења*, 2004, реализатор: ИХТМ, примењује: Електропривреда Србије,

2. **Франтловић М.**, Смиљанић М.: *Улазни блок "интелигентног" трансмитера притиска са А/Д конвертором*, 2006, реализатор: ИХТМ, корисник: ИХТМ,
3. **Франтловић М.**, Ђурић З., Смиљанић М., Миљковић Б.: *Софтвер за компензацију утицаја температуре на мерење притиска ИХТМ сензором*, 2007, реализатор: ИХТМ-ЦМТМ, корисник: ИХТМ-ЦМТМ, одговорно лице: М. Смиљанић
4. **Франтловић М.**, Ђурић З., Смиљанић М.: *Индустријски прототип интелигентног трансмитера притиска*, 2007, реализатор: ИХТМ, корисник: ИХТМ.

М85 Прототип, нова метода, софтвер, ... (уз доказ)

1. **Франтловић М.**, Матић М., Смиљанић М., Јованов В., Гајић В.: *Мерење зависности осетљивости сензора/трансмитера диференције притиска од статичког притиска*, 2003, реализатор: ИХТМ, корисник: ИХТМ,
2. Jakšić O., **Frantlović M.**, Jokić I.: *Metoda za merenje i analizu šuma piezootpornika*, 2005, реализатор: ИХТМ, корисник: ИХТМ,
3. **Франтловић М.**, Ђурић З., Васиљевић-Радовић Д., Јокић И., Нешић Д., Нешић А., Радловић К., Ранђеловић Д., Јакшић З.: *Мерач нивоа течности са радио комуникацијом*, 2006, реализатор: ИХТМ, корисник: ИХТМ,
4. **Frantlović M.**, Miljković B.: *Merač pritiska sa digitalnom obradom signala*, 2006, realizator: ИХТМ, korisnik: ИХТМ,
5. Djurić Z., Jokić I., Vasiljević-Radović D., Randjelović D., Smiljanić M. M., **Frantlović M.**: *Metoda za merenje malih elektromagnetskih sila pomoću AFM-a u statičkom i dinamičkom režimu rada*, TR-6151 2007, realizator: ИХТМ, korisnik: ИХТМ,
6. Djurić Z., Jokić I., Smiljanić M. M., Lazić Ž., Randjelović D., Vasiljević-Radović D., Radulović K., **Frantlović M.**: *Mikrogredice od zlata za detekciju i merenje malih koncentracija žive u gasovitoj sredini*, TR-11027 2008, realizator: ИХТМ, korisnik: ИХТМ,
7. Jokić I., Djurić Z., Djukić M., **Frantlović M.**, Randjelović D., Vasiljević-Radović D., Buha J.: *Eksperimentalna karakterizacija mikro/nanogredica korišćenjem AFM-a sa vakuumskim sistemom*, TR-11027 2009, realizator: ИХТМ, korisnik: ИХТМ,
8. **Frantlović M.**, Miljković B., Smiljanić M. A.: *Inteligentni transmieter u protiveksplozivnom (Ex) izvođenju*, TR-11025 2010, realizator: ИХТМ, korisnik: ИХТМ,
9. **Frantlović M.**, Jokić I., Savu V., Brugger J.: *Karakterizacija električnih parametara tankoslojnih struktura izrađenih na fleksibilnom supstratu*, TR-32008 2011, EU FP7 REGMINA 2011, realizator: ИХТМ, EPFL, korisnik: EPFL.
10. Vukelić B., **Frantlović M.**, Jokić I., Vasiljević-Radović D.: *Laboratorijski prototip inteligentnog merača pritiska sa Ethernet komunikacijom*, TR-32008 2011, realizator: ИХТМ, korisnik: ИХТМ.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Научно-истраживачки рад кандидата мр Милоша Франтловића посвећен је MEMC сензорима, интелигентној инструментацији и примењеној електроници. Овим областима се бавио током дужег временског периода, не само теоријски и експериментално, већ и кроз практичне реализације електронских мерних инструмената. Резултати кандидата, који су представљени у научним радовима и техничким решењима, као и садржај његовог магистарског рада, у потпуности га квалификују за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Све масовнија примена сензора и мерних инструмената не само у индустријском и научном, већ и у сваком другом окружењу (медицина, возила, заштита животне средине), диктира развој нових врста сензора који поред потребних мерних перформанси имају мале димензије, високу поузданост и технолошки су подесни за економичну производњу у великим серијама. Примена поступака карактеристичних за микроелектромеханичке системе (MEMS) омогућује реализацију све већег броја различитих врста сензора који испуњавају поменуте захтеве, што чини истраживања у области MEMS сензора веома актуелним [1,2,3,4].

Ради постизања високих перформанси електронских мерних инструмената потребно је, осим усавршавања и развоја нових сензора, развити нове мерне методе, нове алгоритме за корекцију несавршености сензора, као и одговарајући хардвер и софтвер. Од савремених мерних инструмената такође се очекује и већи број додатних функција, као што су комуникација посредством стандардизованих интерфејса, могућност умрежавања, даљинско читавање и подешавање, истовремено мерење више величина, комбиновање мерних резултата већег броја сензора (сензорска фузија), самодијагностика, итд.

Увођењем концепта интелигентних инструмената, као и дистрибуираних сензорских мрежа, створене су могућности за испуњење свих горе поменутих захтева [5,6,7,8,9,10]. Високе мерне перформансе постижу се напредним методама обраде сигнала и алгоритмима за корекцију несавршености сензора [11,12], док додатне функције зависе од архитектуре, рачунарских и комуникационих могућности коришћене хардверско-софтверске платформе. Код индустријских мерних инструмената и система увођење поменутих концепата и њихово унапређење изискују решавање специфичних проблема, тако да ту има доста простора за нове научно-техничке доприносе.

Истраживања која се предлажу у оквиру ове дисертације надовезују се на ауторов магистарски рад [11], на рад у међународном часопису [12], као и на неке друге резултате наведене у ауторској библиографији. Она имају за циљ давање научне и техничко-технолошке основе за развој нове генерације интелигентних мерних инструмената заснованих на постојећим и новим MEMS сензорима развијеним у Институту за хемију, технологију и металургију. Нова, робусна метода корекције несавршености сензора омогућиће истовремено мерење притиска и температуре пиезоотпорним MEMS сензором притиска, уз постизање високих мерних перформанси у индустријском температурском опсегу. Предложена метода има велики практичан значај, јер омогућује увођење функције мерења температуре код нових, али и код неких постојећих типова индустријских трансмитера притиска, уз занемарљиве додатне трошкове. Истовремено мерење притиска и температуре разматрано је у литератури [13,14], али за потпуно другачији тип сензора. Метода као што је предложена, која се односи на пиезоотпорне MEMS сензоре притиска, по сазнању аутора није описана у литератури. Развој нове, технолошки напредне хардверско-софтверске платформе, која уз имплементацију поменуте методе омогућује више додатних функција, има за циљ не само достизање већ и превазилажење постојећих решења. Предвиђа

се реализација више нових производа, укључујући интелигентне индустријске трансмитере притиска и температуре, нивоа течности, разлике температура итд.

Референце

- [1] Tanaka M.: *An industrial and applied review of new MEMS devices features*, - Microelectronic Engineering 2007, Vol. 84, pp. 1341-1344,
- [2] Lindroos V., Tilli M., Lehto A., Motooka T.: *Handbook on Silicon Based Materials and Technologies*, - Elsevier Inc. 2010, (ISBN: 978-0-8155-1594-4),
- [3] Tanner D. M.: *MEMS reliability: Where are we now?*, - Microelectronics Reliability 2009, Vol. 49, pp. 937-940,
- [4] Panas R. M., Cullinan M. A., Culpepper M. L.: *Design of piezoresistive-based MEMS sensor systems for precision microsystems*, - Precision Engineering 2012, Vol. 36, pp. 44-54,
- [5] Barney G. C.: *Intelligent Instrumentation*, - Prentice-Hall Inc. 1985, (ISBN: 0-13-468943-7),
- [6] Meijer G. C. M.: *Concepts and focus point for intelligent sensor systems*, - Sensors and Actuators A: Physical 1994, Vol. 41, pp. 183-191,
- [7] Bhuyan M.: *Intelligent Instrumentation Principles and Applications*, - CRC Press Taylor and Francis Group 2011, (ISBN: 978-1-4200-8954-7),
- [8] Kohno M., Matsunaga M., Anzai Y.: *An adaptive sensor network system for complex environments*, - Robotics and Autonomous Systems 1999, Vol. 28, pp. 115-125,
- [9] Stanković S. S., Ilić N., Stanković M. S., Johansson K. H.: *Distributed Change Detection Based on a Consensus Algorithm*, - IEEE Transactions on Signal Processing 2011, Vol. 59, pp. 5686-5697,
- [10] Ilic N., Stankovic M. S., Stankovic S. S.: *Adaptive sensor networks for consensus based distributed estimation*, - Proc. IEEE International conference on Control Applications 2012, pp. 652-657,
- [11] Франтловић М.: Платформа за развој интелигентних индустријских мерних инструмената са МЕМС сензорима притиска, - Електротехнички факултет у Београду 2010, ментор проф. др Срђан Станковић.
- [12] Frantlović M., Jovanov V., Miljković B.: *Intelligent Industrial Transmitters of Pressure and Other Process Parameters*, - Telfor Journal, Vol 1, No 2, 2009, pp 65-68,
- [13] Chen G., Liu L., Jia H., Yu J., Xu L.: *Simultaneous pressure and temperature measurement using Hi-Bi fiber Bragg gratings*, - Optics Communications 2003, Vol. 228, pp. 91-105,
- [14] Lin C.-M., Liu Y.-C., Liu W.-F., Fu M.-Y. Y., Sheng H.-J. Bor S.-S., Tien C.-L.: *High-sensitivity simultaneous pressure and temperature sensor using a superstructure fiber grating*, - IEEE Sensors Journal 2006, Vol. 6, pp. 691-696.

3. Полазне хипотезе

Истраживања, чије је спровођење планирано у овој докторској дисертацији, надовезују се на познате концепте интелигентне инструментације и корекције несавршености сензора дигиталном обрадом сигнала. Полази се од претпоставке да нова метода, која се предлаже, омогућује истовремено мерење притиска и температуре истим пиезоотпорним МЕМС сензором, уз постизање високих мерних перформанси у индустријском опсегу температуре. Истраживање методе подразумева њену имплементацију у хардверу и софтверу, тако да се предлаже и нова, модуларна хардверско-софтверска платформа. Биће спроведена серија експеримената на групи силицијумских пиезоотпорних МЕМС сензора притиска типа *SP-12*, са циљем да се изврши њихова карактеризација, а затим верификација резултата добијених применом предложене методе. Добијени експериментални резултати биће детаљно приказани и анализирани у дисертацији, уз поређење са резултатима добијеним применом постојећих метода у литератури и инжењерској пракси.

4. Научне методе истраживања

Рад на докторској дисертацији обухватиће следеће научне методе истраживања:

- систематско проучавање доступне литературе из области дисертације,
- теоријско разматрање и дефинисање нове методе за корекцију несавршености пиезоотпорног МЕМС сензора притиска, која омогућује истовремено мерење притиска и температуре истим сензором,
- развој хардвера – електронски склопови модуларног интелигентног индустријског мерног инструмента,
- развој софтвера – софтверска имплементација нове мерне методе,
- експериментални рад – карактеризација групе силицијумских пиезоотпорних МЕМС сензора притиска и експериментална провера постигнутих мерних перформанси,
- приказ постигнутих резултата (нумерички и графички) и њихова анализа,
- поређење постигнутих резултата са резултатима добијеним применом постојећих метода у литератури,
- примена резултата истраживања у пракси – унапређени интелигентни индустријски мерни инструменти.

5. Очекивани научни допринос

Очекује се да ће развојем нове, робусне методе корекције несавршености сензора, намењене истовременом мерењу притиска и температуре, бити остварен научни допринос у области сензора и интелигентне инструментације. Карактеризација новог типа МЕМС сензора притиска (*SP-12*) значајан је допринос даљим научним истраживањима у циљу оптимизације карактеристика тог производа и развоја нових.

Нови тип модуларног интелигентног инструмента, који ће бити описан, концепцијски је другачији од постојећих и представља још један оригинални допринос.

Истраживања која се предлажу у овој дисертацији омогућиће унапређење функционалности и перформанси постојећих интелигентних индустријских мерних инструмената и реализацију нових, технолошки напредних производа. На тај начин ће резултати настали

током израде ове докторске дисертације бити примењени у пракси, чиме ће, осим научног, бити остварен и стручни допринос.

6. План истраживања и структура рада

У првој фази истраживања биће извршена детаљна претрага доступне литературе, како би се стекао увид у актуелно стање у научној области дисертације.

Друга фаза је експериментални рад. Прво ће бити формирана лабораторијска апаратура, а затим следи карактеризација новог типа МЕМС сензора притиска (*SP-12*), која ће се спроводити кроз серију експеримената на већем броју сензора. Обрада експерименталних резултата даће неопходне податке за следећу фазу.

Трећа фаза је развој нове методе корекције несавршености сензора, која омогућује истовремено мерење притиска и температуре истим сензором. Параметарски математички модел сензора притиска биће формиран на основу експерименталних резултата из претходне фазе истраживања. Модел ће бити усавршаван и експериментално провераван, по потреби у више итерација. Биће написан рачунарски програм за израчунавање параметара математичког модела за сваки сензор, као и за процену постигнутих резултата. Резултати ће бити приказани нумерички и графички, а затим анализирани и упоређени са резултатима добијеним применом постојећих метода у литератури и инжењерској пракси.

Четврта фаза је разрада концепције и пројектовање новог модуларног интелигентног инструмента, што омогућује реализацију производа заснованих на МЕМС сензорима уз имплементацију развијене методе. На тај начин стварају се услови за примену резултата истраживања у пракси.

Пета фаза (завршна) обухвата анализу свих постигнутих резултата у претходним фазама истраживања, објављивање изабраних резултата у одговарајућем научном часопису и, коначно, припрему текста докторске дисертације.

Планирана структура рада је следећа:

1. Предговор
2. Увод (теорија, стање науке и технике)
3. Карактеризација сензора (поступак и резултати)
4. Мерење притиска и температуре пиезоотпорним МЕМС сензором (метода, резултати)
5. Интелигентни индустријски инструмент (концепција, пројекат, примена)
6. Закључак
7. Литература
8. Прилози

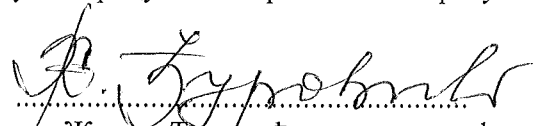
7. Закључак и предлог

На основу изложеног, Комисија констатује да Милош Франтловић, магистар електротехнике, испуњава све услове, тако да може приступити изради докторске дисертације под насловом "Унапређење интелигентних индустријских мерних инструмената са МЕМС сензорима". Предложена тема има научно-истраживачки значај за области сензора и интелигентне инструментације, а такође је и од практичног значаја због очекиване индустријске примене резултата. Према томе, Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да одобри мр Милошу Франтловићу израду докторске дисертације под руководством проф. др Срђана Станковића.

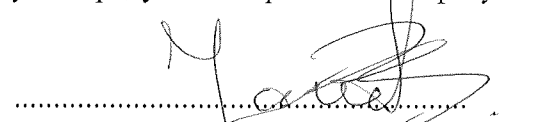
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Срђан Станковић, професор емеритус
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет



др Жељко Буровић, редовни професор
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет



др Зоран Јакшић, научни саветник
Институт за Хемију, технологију и металургију, Београд