

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ		
1. Датум и орган који је именовео комисију: Декан Факултета техничких наука, на основу одлуке Наставно-научног већа Факултета техничких наука; Решење број 012-199/27-2022 од 26.01.2023.		
2. Састав комисије у складу са <i>Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду</i> :		
1. др Марјан Урекар	доцент	Електрична мерења, метрологија и биомедицина
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука у Новом Саду		председник
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
2. др Драган Денић	редовни проф.	Метрологија и мерна техника
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Електронски факултет у Нишу		члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
3. др Платон Совиљ	редовни проф.	Електрична мерења, метрологија и биомедицина
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука у Новом Саду		члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
4. др Драган Пејић	ванредни проф.	Електрична мерења, метрологија и биомедицина
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука у Новом Саду		члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
5. др Борис Антић	доцент	Електрична мерења, метрологија и биомедицина
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука у Новом Саду		члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији

6.	др Бранко Бркљач	доцент	Телекомуникације и обрада сигнала
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Факултет техничких наука у Новом Саду		члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
7.	др Зоран Митровић	редовни проф.	Електрична мерења, метрологија и биомедицина
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Факултет техничких наука у Новом Саду		члан/ментор
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији

## II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

- Име, име једног родитеља, презиме: Неда, Бранислав, Спасојевић
- Датум рођења, општина, држава: 28.02.1984, Чачак, Србија
- Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив: Факултет техничких наука у Новом Саду, мастер академских студија, дипл. инжењер електротехнике и рачунарства-мастер
- Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија: 2017, Енергетика, електроника и телекомуникације

## III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: МЕТОД ЗА ПРОШИРЕЊЕ ФРЕКВЕНЦИЈСКОГ ОПСЕГА ЕТАЛОНИРАЊА СЕНЗОРА РФ СНАГЕ

### IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са назнаком броја страница, поглавља, слика, схема, графикона и сл.

Научни приказ истраживања за реализацију постављених циљева дисертације кандидат је презентовао на 148 страна, кроз 8 (осам) поглавља. Дисертација садржи 64 слике, 8 табела, списак литературе са 108 референци и списак скраћеница и ознака.

Докторска дисертација под насловом „Метод за проширење фреквенцијског опсега еталонирања сензора РФ снаге“ се састоји из следећих поглавља:

- Увод
  - Теорија мерења РФ снаге
  - Сензори РФ снаге и остала мерила РФ снаге
  - Методи за еталонирање сензора РФ снаге и еталони РФ снаге
  - Истраживање могућности еталонирања сензора РФ снаге испод 10 MHz
  - Мерна несигурност
  - Правци даљег истраживања
  - Закључак
- Литература  
Преглед слика  
Преглед табела  
Скраћенице и ознаке

## V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У дисертацији је приказано теоријско и практично истраживање које се односи на утврђивање потребних и довољних услова за еталонирање сензора РФ снаге у фреквенцијском опсегу испод 10 MHz.

Циљ истраживања јесте развијање метода еталонирање сензора РФ снаге у фреквенцијском опсегу испод 10 MHz применом постојеће мерне опреме, коју поседује већина метролошких лабораторија из области радио-фреквенција, а са прихватљивом мерном несигурношћу. Метод омогућава проширење мерних могућности лабораторије ТОЦ-а у погледу РФ снаге, а корисницима мерне опреме се обезбеђује следивост РФ снаге у читавом фреквенцијском опсегу сензора.

У првом поглављу су представљени основни мотив за покретање истраживања, проблем, предмет и циљ истраживања. Дефинисана је хипотеза и дата је методологија по којој ће се истраживање одвијати у циљу њене потврде.

У другом поглављу су дате теоријске основе и значај мерења РФ снаге и описани су основни појмови у области радио фреквенција кључни за ову дисертацију. Такође су представљене специфичности РФ кола и његова анализа, која чини темељ даљих теоретских разматрања у дисертацији.

У трећем поглављу дисертације су описана мерила РФ снаге са посебним акцентом на сензоре снаге са вагметром, као предметима истраживања. Дате су врсте сензора снаге, њихове најзначајније карактеристике, опсежи рада, као и принцип рада појединих типова сензора.

Четврто поглавље даје преглед еталона РФ снаге и метода еталонирања сензора снаге. Како од одабира еталона у одређеној мери зависи и селекција метода којим ће се вршити еталонирање сензора снаге, у овом поглављу су дате карактеристике еталона РФ снаге и њихов принцип рада. Такође је описан поступак еталонирања сензора најзаступљенијим методама, при чему су дате њихове предности и мане.

Пето поглавље се бави истраживањем могућности еталонирања сензора снаге у нискофреквентном опсегу. Приказана је свеобухватна анализа прикладности постојећих, а потом и расположивих еталона РФ снаге и релевантних метода еталонирања сензора снаге. Описан је поступак селекције еталона, а потом и реализација одабраног метода. Дате су теоријске основе и поступак мерења реализованог метода, а затим и његово унапређење које се огледа у експерименталном одређивању најутицајнијег параметра несигурности - симетрије разделника снаге. Дат је и теоријски осврт на разделнике снаге са два отпорника, као значајног елемента мерног система који захтева посебну пажњу. На крају поглавља су приказани резултати валидације метода одређивања фактора еталонирања сензора снаге у опсегу испод 10 MHz реализоване у ТОЦ-у.

Шесто поглавље се бави мерном несигурношћу реализованог метода. Дат је његов математички модел, услови под којима се врши мерење и сви релевантни подаци неопходни за процену мерне несигурности. Утицајне величине су појединачно образложене и дати су буџети мерне несигурности за различите услове мерења. Такође су приказане измерене вредности свих корекционих фактора (симетрије разделника, АС/ДС разлике термопретварача и фактора еталонирања на референтној фреквенцији), као и измерене вредности поновљивости ФЕ. На крају поглавља је дискутовано о могућностима додатног смањења мерне несигурности, али и ситуацијама при којима поједини утицаји постају значајни. Такође је коментарисан допринос који реализовани метод у свом унапређеном облику пружа корисницима сензора снаге.

У седмом поглављу су предложени правци даљег истраживања, ослоњених на дисертацију. Предложен је наставак истраживања у три правца: први и други се односе на побољшање флексибилности избора нивоа снаге на коме се врши еталонирање сензора, док се трећи тиче комфорнијег мерења кроз аутоматизацију реализованог метода.

Осмо поглавље даје закључак са крајњим резултатом истраживања и у њему су истакнути научни и технички доприноси дисертације.

**VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ:**

Рад у часопису међународног значаја (M21):

Neda Spasojevic, Ivica Milanovic, Predrag Rakonjac, Zoran Mitrovic „Extending the frequency range of the power sensor calibration factor determination“, IEEE Transactions on instrumentation and measurement, 2022.

Рад у националном часопису-конференцији (M53):

Неда Спасојевић, Ивица Милановић, Предраг Ракоњац, Зоран Митровић „Успостављање следивости РФ снаге у фреквенцијском опсегу испод 10 MHz“, Конгрес метролога 2022, Зборник радова

**VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:**

Резултат истраживања је развијени метод који омогућава еталонирање сензора снаге у фреквенцијском опсегу испод 10 MHz применом мерне опреме којом располаже већина метролошких лабораторија из области РФ, са прихватљивом мерном несигурношћу. Валидацијом метода реализованом у Техничком опитном центру Војске Србије (ТОЦ) је потврђена његова тачност и ефикасност.

Развијени метод је омогућио проширење мерних могућности лабораторије ТОЦ-а у погледу РФ снаге, којим су задовољиле потребе за еталонирањем сензора снаге у Војсци Србије и Министарству одбране, као и у привреди. Развијени метод корисницима мерне опреме обезбеђује следивост РФ снаге у читавом фреквенцијском опсегу сензора. Реализовани метод има практични значај за метрологију и привреду земље и региона, с обзиром да је МЛ 02 Техничког опитног центра сходно својим мерним могућностима јединствена акредитована лабораторија за еталонирање сензора снаге у земљи и њеном ужем окружењу.

Спроведено истраживање пружа вишеструки допринос широј метролошкој заједници из области радио-фреквенција, узевши у обзир комплексност мерења снаге на ниским фреквенцијама. Метод показује да се применом постојеће опреме и одређених модификација мерног поступка може остварити довољно поуздано и тачно мерење снаге на ниским фреквенцијама, те да набавка скувих еталона није увек неопходна.

Начин реализације метода, прорачуни мерне несигурности, као и резултати добијени током истраживања могу бити од користи и другим лабораторијама широм света које се баве мерењима у области РФ, нарочито у погледу остваривања следивости РФ снаге у ниско-фреквенцијском опсегу.

**VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:**

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Тумачење добијених резултата је јасно и систематично. Резултати су приказани исцрпно и прегледно, уз аргументовано образложена тумачења. Формирани закључци у раду су поткрепљени одговарајућим теоријским анализама и резултатима мерења, добијеним из сопствених експерименталних истраживања, као и чињеницама заснованим на дугогодишњем искуству у области истраживања.

Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.

**Докторска дисертација је проверена у софтверу iThenticate и не представља плагијат.**

**IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме?

**Дисертација је у целини написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.**

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?

**Дисертација садржи све битне елементе.**

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?

У дисертацији је показано да је могуће реализовати еталонирање сензора РФ снаге у фреквенцијском опсегу испод 10 MHz, применом мерне опреме заступљене у већини метролошких лабораторија из области радио-фреквенција са прихватљивом мерном несигурношћу, узевши у обзир следећа ограничења: комплексност мерења снаге на ниским фреквенцијама, нерасположивост еталона РФ снаге у опсегу испод 10 MHz и нерасположивост анализатора мреже за карактеризацију С-параметара мреже у опсегу испод 10 MHz.

Реализованим методом је показано да се применом постојеће опреме и одговарајућег мерног поступка може остварити довољно поуздано и тачно мерење снаге на ниским фреквенцијама, без набавке скувих еталона, чиме се превазилази проблем доступности еталона РФ снаге у ниско-фреквенцијском подручју.

Посебан допринос дисертације се огледа у оригиналном начину смањења мерне несигурности и формирању буџета мерне несигурности.

4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања?

**У дисертацији нису уочени значајни недостаци који би утицали на резултат истраживања.**

<b>X ПРЕДЛОГ:</b>
На основу наведеног, комисија предлаже:
Ⓐ <b>да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана;</b>
б) да се докторска дисертација врати кандидату на дораду (да се допуни односно измени);
в) да се докторска дисертација одбије.

Место и датум:  
У Новом Саду,

1. др Марјан Урекар, доцент  
\_\_\_\_\_, председник
2. др Драган Денић, редовни проф.  
\_\_\_\_\_, члан
3. др Платон Совиљ, редовни проф.  
\_\_\_\_\_, члан
4. др Драган Пејић, ванредни проф.  
\_\_\_\_\_, члан
5. др Борис Антић, доцент  
\_\_\_\_\_, члан
6. др Бранко Бркљач, доцент  
\_\_\_\_\_, члан
7. др Зоран Митровић, редовни проф.  
\_\_\_\_\_, члан/ментор

**НАПОМЕНА:** Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај и да исти потпише.