

КОМИСИЈА ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 22.02.2022. године именовало нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. **Марка Манојловића** под насловом „**Прорачун резонантних учестаности резонатора методом коначних елемената**”. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Марко Манојловић је рођен 13.07.1997. године у Крушевцу. Завршио је основну школу „Јован Поповић” у Крушевцу и Гимназију у Крушевцу, обе као носилац Вукове дипломе.

Војну академију, Универзитета одбране, Министарства одбране уписао је 2016. године. Дипломирао је 24.08.2020. године на модулу за Противваздухопловну одбрану, смер Ваздушно осматрање и јављање, по четворогодишњем студијском програму, са просечном оценом 8,94. Дипломски рад „Апликација за управљање и приказ у дидактичком радару-аквизиција сигнала и кориснички интерфејс“, под менторством пуковника ванредног професора др Слободана Симића, дипломираног инжењера, одбранио је са оценом 10.

Мастер академске студије уписао је 2020. године на модулу Микроталасна техника, Електротехничког факултета, Универзитета у Београду. Положио је све испите предвиђене планом и програмом са просечном оценом 9,80.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат Марко Манојловић је као припрему за израду мастер рада урадио претрагу релевантне литературе која се односи на област која припада методу коначних елемената, а која је релевантна за ужу тему мастер рада. Конкретно, упознао се са једначинама телеграфичара, неопходним за аналитичко решавање проблема. Након тога, изучио је појединости Галеркиновог метода и теорију функција базиса вишег реда. Финално, из области линеарне алгебре, упознао се са теоријом сопствених вредности и сопствених вектора, а упознао се и са јавно доступним нумеричким рутинама за прорачун кондиционог броја.

3. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 44 стране, од чега прилози обухватају 4 стране, са укупно 21 сликом, једном табелом списком скраћеница. Рад садржи увод, 3 поглавља и закључак (укупно 5 поглавља), списак коришћене литературе, списак скраћеница, списак слика и списак табела.

Прво поглавље представља увод у коме је сагледан тренутни пресек стања и потреба за решавањем инжењерских проблема методом коначних елемената. Посебан акценат је стављен на решавање проблема електричних кола и проблема електромагнетских поља методом коначних елемената.

У другом поглављу дефинисани су проблем и одговарајући математички модел који ће се решавати у овом мастер раду методом коначних елемената. Потом су одређене резонантне учестаности и одговарајући резонантни модови напона (и струје) дуж резонатора реализованих помоћу водова. Проблем је прво решен аналитички (у затвореном облику), а то

решење каније је искоришћено за проверу тачности нумеричког решења. Аналитичко решење засновано је на једначинама телеграфичара. Након тога, као основни градивни елемент за прорачун резонантних учестаности и модова дуж резонатора, методом коначних елемената прво је одређен напон дуж вода који је на једном свом крају побуђен идеалним напонским генератором, а на другом крају отворен. У ту сврху имплементирани су две класе функција базиса вишег реда. Сви детаљи потребни за имплементацију нумеричког алгоритма су разрађени до нивоа формула и алгоритама који се могу директно имплементирати. На крају поглавља дата је теорија сопствених вредности и сопствених вектора из линеарне алгебре која ће бити неопходна у наставку.

У трећем поглављу приказане су имплементација алгоритама и процедура из другог поглавља. У циљу тестирања имплементираних алгоритама, спроведен је низ нумеричких експеримената. Прорачуната је средња квадратна грешка напона дуж вода са побудом, за различит број коначних елемената и различит ред функција базиса, за класичне функције базиса вишег реда и функције базиса вишег реда код којих је повећана ортогоналност (познате и под називом *Near-Ortho* функције базиса). Приказан је и број итерација неопходан за конвергенцију итеративних алгоритама за решавање система линеарних једначина добијених применом метода коначних елемената и показано је да *Near-Ortho* функције базиса у општем случају убрзавају ову конвергенцију.

У четвртном поглављу Галеркинов метод приказан у трећем поглављу, модификован је тако да се може применити на прорачун резонантних учестаности и резонантних модова напона (и струје) стојећег таласа дуж резонатора реализованог помоћу водова. Осим тога, у циљу одређивања тачности нумеричког решења, у четвртном поглављу резонантне учестаности и резонантни модови прорачунати су и аналитички (у затвореном облику). Кроз низ нумеричких експеримената показано је да је приказана метода коначних елемената адекватна за прорачун резонантних учестаности и резонантних модова резонатора реализованих помоћу водова. Такође, показано је да коришћење функција базиса вишег реда генерално води ка ефикаснијем нумеричком моделу.

4. Анализа рада са кључним резултатима

Мастер рад Марка Манојловића се бави проблематиком одређивања резонантних учестаности резонатора методом коначних елемената. Метод коначних елемената представља један од незаобилазних метода приликом решавања широке класе инжењерских проблема, не само у оквиру електротехнике и електромагнетике, већ и у грађевинарству, машинству, термодинамици, теорији флуида, итд. Због тога се метод коначних елемената сусреће све чешће на универзитетским курсевима како мастер, тако и основних студија.

У оквиру овог мастер рада, метод коначних елемената је спрегнут са функцијама базиса вишег реда, а разматране су две класе оваквих функција. Испитано је како одабир броја коначних елемената и реда функција базиса утиче на тачност решења. У односу на алгоритам који се користи за прорачун напона дуж вода побуђеног идеалним напонским генератором, Галеркинов метод је проширен и прилагођен за анализу сопствених вредности методом коначних елемената.

Основни доприноси мастер рада су: 1) приказ основне теорије метода коначних елемената и одабраних целина из линеарне алгебре; 2) проширење Галеркиновог метода за прорачун напона дуж вода који је побуђен идеалним напонским генератором за потребе прорачуна сопствених вредности резонатора реализованог помоћу водова; 3) постављање основа за наставак рада на прорачуну резонантних учестаности и модова дводимензионалних структура, као што су таласоводи.

5. Закључак и предлог

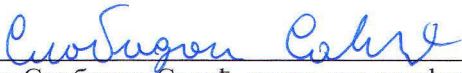
Кандидат Марко Манојловић је у свом мастер раду успешно решио проблем прорачуна резонантних учестаности резонатора реализованог помоћу водова методом коначних елемената. У оквиру приказаног метода коначних елемената коришћене су функције базиса вишег реда које се тренутно користе у водећим светским софтверским решењима за електромагнетско моделовање.

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 Марка Манојловића прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 05.02.2023. године

Чланови комисије:


др Слободан Савић, ванредни професор


др Милан Илић, редовни професор


мс Дарко Нинковић, асистент