

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена Електротехничког факултета у Београду на својој седници, одржаној 31.8.2021. године, именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Јоване Стошић под насловом „Симулација засићења струјних трансформатора“. Након што смо прегледали приложени рад подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Јована Стошић је рођена 18.04.1997. године у Београду. По завршетку основне школе „Јован Поповић“ уписује Четрнаесту београдску гимназију у Београду, природно – математички смер, коју је завршила са одличним успехом. Електротехнички факултет Универзитета у Београду уписала је 2016. године. Дипломирала је на одсеку за Енергетику 2020. године са просечном оценом 8,69. Дипломски рад на тему „Савремени трендови у развоју система за пренос електричне енергије једносмерном струјом“ одбранила је у септембру 2020. године са оценом 10. Током студија била је члан тима „H-Bridges“ који је освојио прво место на *IFEC (International Future Energy Challenge)* такмичењу. Дипломске академске - мастер академске студије на Електротехничком факултету у Београду, на модулу за Електроенергетске системе, смер Мреже и системи, уписала је у октобру 2020. године и завршила са просечном оценом 10,00.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидаткиња Јована Стошић (3247/2020) је као припрему за израду мастер рада „Симулација засићења струјних трансформатора“ урадила истраживање релевантне литературе која се односи на област високонапонских разводних постројења. Конкретно, анализирано је понашање струјних трансформатора у линеарном и нелинеарном режиму рада. У оквиру истраживања су коришћене следеће референце:

- [1] <https://circuitglobe.com/differential-protection-relay.html>
- [2] <https://muricmilorad.files.wordpress.com/2011/11/transformatori.pdf>
- [3] <http://ftn.uns.ac.rs/1945623249/transformatori-slajdovi-predavanj>
- [4] “USER MANUAL - SDG1000X Series Function/Arbitrary Waveform Generator UM0201X-E01D”, SIGLENT Technologies CO., LTD, 2017
- [5] Урош Јовановић, мастер рад на тему “Реализација дигиталног напонског релеја употребом аквизиционе картице и персоналног рачунара”, Београд, 2020.
- [6] Биљана Васиљевић, дипломски рад на тему “Струјни трансформатори у разводним постројењима”, Нови Сад, 2021.
- [7] Др Жељко Деспотовић, “Технике и методе мерења струје и напона са аспекта пројектовања електроенергетских претварача”, Висока школа електротехнике и рачунарства струковних студија, Београд, 2018.
- [8] A.Fallahi, N.Ramezani,I.Ahmadi, “Current Transformer’s Saturation Detection and Compensation Based on Instantaneous Flux Density Calculations”, *Automatika*, 2018

3. Опис мастер рада

Мастер рад садржи 40 страна текста, укључујући 38 слика. Рад се састоји од увода, 7 поглавља, закључка (укупно 9 поглавља) и списка коришћене литературе. Списак коришћене литературе садржи 8 референци.

Поглавље један представља увод у рад. У њему је описан принцип рада електроенергетске мреже, као и појава засићења струјног трансформатора (СТ) и заштита од исте. Такође садржи и кратак резиме у ком је описана даља тематика и циљ мастер рада.

У другом поглављу описана је релејна заштита и њена улога у електроенергетском систему. Поред релеја за прекострујну и напонску заштиту наведени су релеји и за друге намене, као и њихове предности и мане.

У трећем поглављу укратко је обрађена Фуријеова трансформација. Детаљније су објашњени појмови основни хармоник, виши хармоник, основна периода, ... Такође, показан је развој косинусног Фуријеовог реда, а на аналоган начин је то могуће одрадити и за синусни Фуријеов ред.

У четвртм поглављу описан је рад и основни принципи трансформатора, где је фокус био на струјним трансформаторима. Описане су функција, сврха и конфигурација струјних трансформатора. Потом је приказана и објашњена еквивалентна шема СТ-а са њеним параметрима. Детаљније су приказани и појашњени огледи празног хода и кратког споја - како се изводе и која им је сврха. Даље су наведене и описане основне карактеристике СТ-а и његова класа тачности – шта је, стандардне вредности, чему која класа тачности служи, као и то како оне утичу на прецизност СТ-а. На крају је детаљно описан избор струјних трансформатора, тј. избора самих карактеристика СТ-а, као и режим рада засићења СТ-а који је од интереса у овом раду - објашњено је како долази до овог режима, како у том случају изгледа крива магнетнења језгра, као и шта се дешава са магнетима у самом језгру СТ-а.

У петом поглављу је представљен сигнал генератор *SIGLENT SDG1062* са својим спецификацијама. Приказан је његов изглед спреда и позади, где се може видети шта који део на овом уређају представља и потом је описано чему они појединачно служе. Описана је намена овог инструмента, које су његове предности и мане, његова способност различитих модулација и генерисања различитих функција које потом може да ускладишти у меморији и позове се на њих накнадно.

Шесто поглавље бави се радом и употребом аквизиционе картице *NI USB 6009*. Даље је описан рад овог уређаја и поступак повезивања картице и рачунара у сврху даљег повезивања са сигнал генератором који је потребно да на рачунару изгенерише задане таласне облике различитих режима рада СТ-а.

Седмо поглавље садржи *Simulink* модел СТ-а. Састоји се од слика елемената овог модела и њиховог описа чему служе у шеми, као и сажетка на крају у ком је описано како су међусобно повезана сва три елемента – рачунар, аквизициона картица и сигнал генератор, као и то који су софтвери коришћени да би се то омогућило и приступило даљем тестирању сигнал генератора.

У осмом поглављу налазе се резултати симулација. Приказани су и упоређени изгенерисани сигнали у идеалном рачунарском окружењу генерисани у *Matlab* пакету – *Simulink* и са друге стране, сигнали генерисани у реалним, лабораторијским условима помоћу сигнал генератора. Симулације су извшене за више различитих радних режима СТ-а (нормалан радни режим, режим рада без засићења, режим засићења само једносмерном компонентом струје, режим засићења само наизменичном компонентом струје и режим засићења једносмерном и наизменичном компонентом струје) како би се испитале могућности и спектар рада анализираног сигнал генератора.

У последњем поглављу дат је закључак мастер рада. Показано је да је овај инструмент способан да самостално изгенерише задате сигнале али тренутно је то само у виду напонских сигнала док би неки даљи корак и прекретница била да се направи и напонско – струјни претварач који би омогућио конвертовање овог сигнала у струјни, и који би се као такав, успешно могао довести на струјни улаз релеја и користити у тестирању комерцијалних релеја.

4. Анализа рада са кључним резултатима

Предложена тема бави се могућношћу сигнал генератора да успешно генерише сигнале који се јављају при засићењу струјних трансформатора. Циљ мастер рада је доказати да је овај инструмент заиста у могућности да уради горе наведено и да на тај начин даље послужи у сфери заштите елемената електроенергетског система. Симулације и тестирања спроведена су применом софтверског алата *Matlab*, а уз помоћ *Simulink* и *SimPowerSystems* библиотека, док је за генерисање сигнала који се даље прослеђују сигнал генератору коришћен софтвер *EasyWave*. За повезивање рачунара и сигнал генератора коришћена је аквизициона картица за коју је било потребно инсталирати софтвер компаније *National Instruments* - *NI MAX* и софтвер подржан од стране *Matlab*-а – *Data Acquisition Toolbox*. Сви резултати приказани су графицима формираним у софтверу *Matlab*.

Кључни резултати мастер рада су:

- Способност и могућност сигнал генератора да успешно репродукује задате сигнале, чак и у режиму засићења СТ-а када се јавља изобличени сигнал,
- Даља могућност генерисања сигнала произвољног облика уз помоћ напонско-струјног конвертора, као и
- Могућност коришћења овог уређаја у тестирању комерцијалних заштитних релеја.

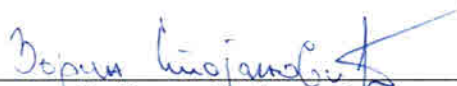
5. Закључак и предлог

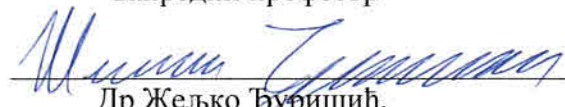
Кандидаткиња Јована Стошић је у свом мастер раду успешно обрадила актуелну тему из области разводних постројења, која се тиче симулације сигнала када је струјни трансформатор у режиму засићења уз помоћ сигнал генератора. Лабораторијским тестирањем и кроз симулације показано је да је сигнал генератор заиста у могућности да веродостојно репродукује (напонске) сигнале различитих режима рада струјних трансформатора. Током израде мастер рада кандидаткиња је показала самосталност и систематичност.

На основу изложеног, са задовољством предлажемо Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад дипл. инж. Јоване Стошић прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 18.11.2021. године

Чланови комисије:


Др Зоран Стојановић,
ванредни професор


Др Жељко Ђуришић,
ванредни професор