

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена Електротехничког факултета у Београду на својој седници, одржаној 27.8.2024. године, именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Марка Нешовића под насловом „Анализа рада диференцијалне заштите монофазних енергетских трансформатора у електровучној трансформаторској станици 110/25 kV“. Након што смо прегледали приложени рад подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Марко Нешовић је рођен 09.12.1984. године. Завршио је основну школу „Душко Радовић“ у Београду као носилац Вукове дипломе. Године 1999. уписао је IX Београдску гимназију „Михаило Петровић - Алас“, природно-математички смер. Дипломски рад „Однос праве и криве II реда“ награђен као најбољи дипломски рад из математике.

Електротехнички факултет уписао је 2003. године, те је 2010. године постао дипломирани инжењер електротехнике и рачунарства на модулу Енергетика, са просечном оценом 7,04. Дипломски рад под називом „Прекид струје лука у вакууму“ одбранио у октобру 2010. године са оценом 10.

Дипломске академске – мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на Модулу за Електроенергетске системе, смер Постројења и опрема уписао је у октобру 2022. године и положио све испите са просечном оценом 9,0.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат Марко Нешовић (3452/2022) је као припрему за израду мастер рада „Анализа рада диференцијалне заштите монофазних енергетских трансформатора у електровучној трансформаторској станици 110/25 kV ” урадио истраживање релевантне литературе која се односи на област релејне заштите. Конкретно, анализирана је реконструкција релејне заштите постројења електровучне трансформаторске станице са акцентом на диференцијалну заштиту енергетских трансформатора и подешавање микропроцесорског заштитног уређаја RET650 произвођача АВВ применом софтверског алата РСМ600. У оквиру истраживања су коришћене следеће референце:

- [1] М. Đurić, "Relejna zaštita", Beopres, Beograd 2008.
- [2] Jovan Nahman, Vladica Mijailović, "Razvodna postrojenja" Akademski misao Elektrotehnički fakultet, Beograd 2005
- [3] Dr ing. Božidar Ž. Radojković, „Električna vuča“, Beograd 1986.
- [4] Dr Zoran Milićević, „Električna vuča“, Beograd 2001.
- [5] Dr Dimitrije Dinić, „Železnička električna vozila“, Beograd 1996.
- [6] Document ID: 1MRK504172-BEN K, Issued: June 2023, Revision: K, Transformer protection Relion 650 series, RET650 Product guide version 2.2 Copyright 2013 ABB.
- [7] K. Yabe, Power differential method for discrimination between fault and magnetizing inrush current in transformers, IEEE Trans. Power Deliver. 12 (3) (1997) 1109–1118.
- [8] Guzmán A., Zocholl S., Benmouyal G.; Performance Analysis of Traditional and Improved Transformer Differential Protective Relays, 36th Annual Minnesota Power Systems Conference, November 2000
- [9] Byung Eun Lee, Jinsik Lee, Sung Ho Won, Byongjun Lee, P.A. Crossley and Yong Cheol Kang, Saturation Detection-Based Blocking Scheme for Transformer Differential Protection; Energies 2014, 7, 4571-4587; doi:10.3390/en7074571

- [10] Sopheap Key, Chang-Sung Ko, Kwang-Jae Song and Soon-Ryul Nam, Fast Detection of Current Transformer Saturation Using Stacked Denoising Autoencoders; *Energies* 2023, 16, 1528
- [11] Saeed Sanati, Seyed-Alireza Ahmadi, Majid Sanaye-Pasand, An innovative harmonic-based approach for inrush current detection in low-loss transformers, *IET Generation, Transmission & Distribution*; DOI: 10.1049/gtd2.13099
- [12] F. Mekić, Z. Gajić and S. Ganesan, "Adaptive Features of Numerical Differential Relays," presented at the 29th Annual Conference for Protective Relay Engineers, Spokane, Washington, USA, October 2002
- [13] J. Krstivojević, M. Đurić, M. Terzić, Algoritmi za prepoznavanje struje uključenja neopterećenog energetskog transformatora. *Infotech-Jahorina* Vol. 13, March 2014.
- [14] N. Sučević, S. Gligorov, Z. Stojanović, Analiza rada diferencijalne zaštite transformatora pri pojavi zasićenja strujnih mernih transformatora - softverske simulacije i ispitivanja. *Zbornik radova, Elektrotehnički institut "Nikola Tesla"* 2021, br. 31, str. 195-216
- [15] J. Krstivojević, M. Đurić, Uticaj opterećenja strujnih transformatora na diferencijalnu zaštitu energetskog transformatora. *Infotech-Jahorina* Vol. 14, March 2015.

3. Опис мастер рада

Мастер рад садржи 41 страну текста, укључујући 24 слике и 7 табела. Рад се састоји од увода, 5 поглавља и закључка (укупно 7 поглавља), списка слика, скраћеница и табела. Списак коришћене литературе садржи 15 референци.

Прво поглавље представља увод у рад. У њему је описан предмет рада, приказана структура и дефинисани циљеви рада.

У другом поглављу је описан принцип рада електровучних подстаница за различите системе електричне вуче. Детаљно је описано постројење 110/25 kV ЕВП Бргуле, начин функционисања и напајања контактне мреже једнофазног система 25 kV, 50 Hz помоћу монофазних енергетских трансформатора у појединачном или паралелном раду.

У трећем поглављу описан је принцип рада диференцијалне заштите, приказане су карактеристике различитих типова диференцијалних релеја. Објашњени су узроци појаве диференцијалне струје у нормалним радним режимима и приказане су методе за спречавање нежељеног реаговања диференцијалних релеја и разликовања унутрашњих од спољашњих кварова.

У четвртном поглављу описана је реконструкција релејне заштите постројења електровучне подстанице уградњом микропроцесорске заштите и додатних струјних трансформатора на примарној и секундарној страни енергетских трансформатора. Дат је преглед заштитних функција микропроцесорских заштитних уређаја за заштиту далеководних поља 110 kV, трансформаторских поља 110 kV и 25 kV, као и изводних поља 25 kV.

У петом поглављу приказане су фазе прорачуна стабилизационе нагибне карактеристике и провера услова реаговања диференцијалног релеја. Приказане су основне компоненте система заштите са струјним трансформаторима и микропроцесорским заштитним уређајем. На основу прорачуна и препорука произвођача, извршено је подешавање диференцијалне заштите и приказани параметри подешавања дигиталног релеја ABB RET650.

У шестом поглављу приказане су једнополне шеме постројења 110 kV и 25 kV пре и после уградње струјних трансформатора, блок шема деловања заштите трафопоља са матрицом искључења по заштитним функцијама.

У последњем поглављу дат је закључак мастер рада. Коментарисан је значај правилног избора и подешавања релејне заштите, као једног од кључног елемента за сигуран и поуздан рад електроенергетског система.

4. Анализа рада са кључним резултатима

Предложена тема бави се проблематиком диференцијалне заштите енергетског трансформатора, повезивањем расклопне опреме и струјних трансформатора са заштитним уређајима и конфигурисањем дигиталног релеја ABB RET650 применом софтверског алата РСМ600.

Кључни резултати мастер рада су:

- Описани су општи принципи диференцијалне заштите трансформатора и примена микропроцесорских заштитних уређаја.
- Коришћењем одговарајућег софтверског алата извршено је конфигурисање дигиталног заштитног уређаја RET650.
- У конкретном постројењу електровучне трансформаторске станице 110/25 kV, извршено је тестирање рада диференцијалне заштите и провера исправности подешања параметара дигиталног релеја RET650.

5. Закључак и предлог

Кандидат Марко Нешовић је у свом мастер раду успешно обрадио актуелну тему из области релејне заштите, која се тиче подешавања диференцијалне заштите енергетских трансформатора конфигурисањем параметара дигиталног релеја. Испитивањима на терену потврђено је адекватно реаговање диференцијалне заштите. Током израде мастер рада кандидат је показао самосталност и систематичност.

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

Београд, 11.9.2024. године

Чланови комисије:

Др Зоран Стојановић,
редовни професор

Др Јелисавета Крстивојевић,
доцент