

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 25.08.2026 године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Никола Вукадиновић под насловом „Кластеризација синхрофазорских података за идентификацију група генератора и међусистемских осцилација.". Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Никола С. Вукадиновић рођен је 06.02.1996. у Косовској Митровици. Основну школу Вук Караџић је завршио одличним успехом. После основне школе похађао је гимназију Никола Тесла у Лепосавићу, природно-математички смер, који је завршио са одличним успехом. Дипломирао је основне академске студије на Факултету техничких наука у Чачку, Универзитета у Крагујевцу 2025. године на одсеку за енергетику. Током студија стекао је радно и стручно искуство кроз ангажмане у више приватних компанија. Дипломски рад на тему „Савремени материјали за изолаторе у електроенергетским системима“ одбранио је са оценом 10. Мастер академске студије на Електротехничком факултету у Београду уписао је 2025. године, смер Електроенергетски системи – Мреже и системи.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат Никола Вукадиновић је у оквиру припреме за мастер рад спровео студијско истраживање у оквиру којег је применио и верификовао поступак кластерске анализе синхрофазорских (PMU) података, у циљу идентификације група генератора са кохерентним динамичким понашањем и препознавања потенцијалних међусистемских осцилација. Посебан фокус био је на успостављању поступка контроле квалитета и чишћења сирових мерних података, као и на избору и провери оправданости оптималног броја кластера применом комбинованог статистичког критеријума. Истраживањем је показано да добијена подела PMU уређаја у кохерентне групе остаје стабилна независно од резолуције узорковања улазних података, а идентификована су и методолошка ограничења примењеног поступка, чиме је дефинисан јасан правац за даље унапређење анализе.

3. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 73 стране, 23 слике и 4 табеле. Садржи увод, осам главних поглавља, закључак и списак литературе.

У првом поглављу образложени су предмет, циљ и мотивација истраживања, уз нагласак на праћење електромеханичких осцилација и примену кластерске анализе PMU података за препознавање кохерентних група генератора и међусистемских осцилација.

Друго поглавље даје преглед PMU технологије: синхрофазора, временске синхронизације, WAMS архитектуре, PMU уређаја, комуникација и PDC система, њихових захтева и поређења са SCADA системом.

Треће поглавље обрађује локалне и међусистемске електромеханичке осцилације, њихове фреквенције, пригушење, фазне односе, облик мода и локализацију извора. Разматра се и веза кластерске анализе са физичком интерпретацијом резултата.

Четврто поглавље описује PMU податке и њихову припрему: контролу квалитета, временско усклађивање, третман недостајућих вредности, уклањање грешака и сметњи, филтрацију и поделу на временске прозоре. Приказани су и основни појмови статистичке и спектралне анализе временских серија.

Пето поглавље дефинише спектралне, модалне и статистичко-временске параметре за кластеризацију, укључујући процену модалних параметара, пригушење, облик мода, кохеренцију, стационарност и формирање вектора параметара.

Шесто поглавље приказује k-means, k-medoids и хијерархијску кластеризацију, мере растојања, критеријуме квалитета и резултате примене на PMU подацима.

Седмо поглавље тумачи резултате кроз фазне односе и пригушење. Осмо поглавље валидацију врши географском интерпретацијом и провером стабилности при три резолуције узорковања. Девето поглавље сумира доприносе, ограничења и правце даљег истраживања.

4. Анализа са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Николе Вукадиновића бави се кластерском анализом синхрофазорских (PMU) података ради идентификације кохерентних група генератора и потенцијалних међуобласних осцилација. Предложени поступак заснива се на k-medoids кластеровању и обухвата обраду података од контроле квалитета сирових мерења до формирања и тумачења кластера. Рад доприноси практичној примени PMU података у мониторингу реалних електроенергетских система.

Развијен је поступак припреме PMU података који укључује контролу квалитета, уклањање импулсних сметњи, третман недостајућих вредности и ресемплинг. Тиме се обезбеђују поуздани улазни подаци за кластерску анализу.

Примењено је k-medoids кластеровање са комбинованим мерилом растојања, заснованим на корелационом растојању временских серија и географском растојању PMU уређаја. Овај приступ узима у обзир и сличност динамичког понашања и просторну расподелу система.

Предложен је хибридни приступ за избор оптималног броја кластера, уз проверу статистичке и географске оправданости издвојених кластера. Стабилност резултата потврђена је за резолуције узорковања 0,1 s, 1 s и 10 s, при чему је подела PMU уређаја остала непромењена.

Успостављен је критеријум за препознавање потенцијалних међуобласних осцилација на основу корелације медоид-сигнала кластера, нарочито у случају антифазног понашања. Кандидат је критички указао на осетљивост поступка на доминантан спори тренд без претходног филтрирања сигнала, што представља важан правац за даље унапређење.

Резултати су приказани табеларно и графички, уз анализу састава, квалитета и стабилности кластера. Рад представља основу за даља истраживања, посебно применом појасног филтрирања пре кластеровања ради прецизнијег издвајања међуобласних осцилација.

5. Закључак и предлог

Кандидат Никола Вукадиновић је у свом мастер раду успешно решио постављени проблем и применио поступак кластеровања синхрофазорских (PMU) података методом k-medoids за идентификацију кохерентних група генератора и потенцијалних међусистемских осцилација, који је верификован тестирањем на три различите резолуције узорковања (0,1 s, 1 s и 10 s) реалних PMU података. Рад обухвата све фазе: од теоријске основе PMU уређаја и електромеханичких осцилација, преко припреме и обраде реалних синхрофазорских података, до примене поступка кластеровања, физичке интерпретације. Кандидат је показао висок степен самосталности, техничке зрелости и иновативности у приступу решавању комплексног инжењерског проблема. Развијени систем је функционалан, резултати су јасно представљени и академски вредни, а закључци логично произилазе из спроведене анализе.

На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад дипл. инж. Николе Вукадиновића прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 04.09.2026. године

Чланови комисије:

др Горан Добрић Ванредни професор
сагласан, 04.09.2026.

др Милета Жарковић Ванредни професор
сагласан, 04.09.2026.

др Дарко Шошић Ванредни професор
сагласан, 04.09.2026.