

# КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 08.09.2026 године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Павле Здравковић под насловом „Примена синхрофазорских уређаја у интелигентним електроенергетским мрежама“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

## ИЗВЕШТАЈ

### 1. Биографски подаци кандидата

Павле Н. Здравковић рођен је 28.02.1996. у Краљеву. Основну школу је завршио у Краљеву. После основне школе похађао је Електро-саобраћајну техничку школу „Никола Тесла“ у Краљеву, смер електротехничар енергетике, који је завршио са врло добрим успехом. Основне академске студије на ФТН-у у Чачку 2015. године и дипломирао 2024. године на одсеку за Електроенергетске системе. Током студија стекао је радно и стручно искуство кроз ангажмане и стручну праксу. Дипломски рад на тему „Изолациони материјали-примена у енергетици“ одбранио је са оценом 10. Мастер академске студије на Електротехничком факултету у Београду уписао је 2025. године, смер Електроенергетски системи – Мреже и системи. Врхунски је спортиста, вишеструки првак и репрезентативац Србије у кану на брзим водама од 2009. године до данас. 2009, 2020. и 2024. проглашен за најуспешнијег спортисту града Краљева, освајач бројних медаља на Европским куповима. 2023. годину завршио на првом месту на Европској ранг листи у кануу једноседу, а у кану двоседу 2023. годину завршио на другом месту. 2024. године је за репрезентацију Србије освојио прву медаљу на Светском купу у кајаку и кану на брзим водама, а 2025. године је на једном Светском купу освојио четири медаље за репрезентацију Србије (два сребра и две бронзе), а 2026. године у Братислави освојио Светски куп у кајаку и кану на брзим водама. 2026. године је на Светском првенству заузео 4.место. Једини је члан репрезентације Србије на брзим водама који се увек пласира у финала на Светским и Европским првенствима.

### 2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат Павле Здравковић је у оквиру припреме мастер рада спровео студијско истраживање усмерено на анализу улоге и могућности примене синхрофазорских уређаја у интелигентним електроенергетским мрежама. Истраживање је засновано на систематизацији релевантне стручне и научне литературе, техничких стандарда и примера примене PMU и  $\mu$ PMU технологије, са посебним освртом на захтеве савремених активних интелигентних дистрибутивних мрежа.

У оквиру истраживања анализиране су теоријске основе фазора и синхрофазора, структура и принцип рада PMU уређаја, временска синхронизација, комуникација са PDC јединицама, поступци узорковања и процене фазора, као и показатељи квалитета мерења. Посебна пажња посвећена је укупној векторској грешци TVE и изворима мерне несигурности, укључујући грешке повезивања, одступање фреквенције од номиналне вредности, губитак или деградацију временске референце и кашњења у мерним каналима.

Извршена је компаративна анализа SCADA, PMU и  $\mu$ PMU система, при чему су издвојене предности синхронизованих мерења у погледу временске и угаоне резолуције и праћења динамичких појава. Размотрена је примена  $\mu$ PMU уређаја у дистрибутивним мрежама, у којима мале разлике фазних углова, велики број чворова, неуравнотеженост и присуство дистрибуираних енергетских ресурса постављају строже захтеве за прецизност мерења.

У студијском истраживању анализиране су примене синхрофазорских података у мониторингу и дијагностици, детекцији и локализацији кварова, лоцирању извора догађаја, естимацији стања, хармонијској анализи, адаптивној заштити и реконфигурацији мреже. Посебно су размотрени критеријуми опсервабилности и приступи оптималном постављању PMU/ $\mu$ PMU уређаја, укључујући тополошке, хибридне и информационо засноване методе.

На основу спроведене анализе издвојен је закључак да највећа вредност синхрофазорске технологије произилази из њене интеграције у ширу архитектуру интелигентне мреже. PMU/ $\mu$ PMU обезбеђују прецизна и временски синхронизована мерења, PDC и комуникациона инфраструктура омогућавају њихово обједињавање, док алгоритми за анализу и управљање претварају податке у оперативне информације. Уочено је и да оптималан концепт надзора подразумева хибридну мерну инфраструктуру, у којој се синхрофазорска мерења комбинују са SCADA системима, паметним бројилима и моделом мреже, уз техно-економски оправдан избор места уградње.

### 3. Опис мастер рада

Мастер рад „Примена синхрофазорских уређаја у интелигентним електроенергетским мрежама“ изложен је на 41 страни документа, садржи 16 слика и 5 табела. Рад обухвата 13 нумерисаних поглавља, укључујући увод и закључак, као и списак литературе, скраћеница, слика, табела и променљивих и ознака.

У уводним поглављима представљене су интелигентне електроенергетске мреже, ограничења класичног SCADA/EMS надзора и значај синхронизованих мерења. Затим су обрађени историјски развој PMU технологије, математичка основа фазора и синхрофазора, структура PMU уређаја, повезивање са мерним трансформаторима и PDC јединицама, временске ознаке и комуникација.

Средишњи део рада анализира узорковање и процену фазора, TVE, временску синхронизацију и изворе грешака, као и специфичности  $\mu$ PMU технологије у интелигентним дистрибутивним мрежама. Приказане су примене у мониторингу, дијагностици, локализацији кварова, естимацији стања, хармонијској анализи, адаптивној заштити и реконфигурацији.

У наставку су размотрени опсервабилност, оптимално и техно-економски оправдано постављање PMU/ $\mu$ PMU уређаја, предности синхрофазорских података и архитектура система PMU–PDC–контролни центар, уз пример широкоподручне примене у Северној Америци. Завршна поглавља дају синтетичку анализу улоге синхрофазора, техничких предуслова, ограничења и праваца даљег развоја.

### 4. Анализа са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Павла Здравковића представља систематизовану и аналитичку обраду примене PMU и  $\mu$ PMU технологије у интелигентним електроенергетским мрежама. Рад повезује мерне карактеристике синхрофазорских уређаја са конкретним функцијама надзора, заштите и управљања.

Основни резултати и закључци рада су:

1. Показано је да синхрофазорска мерења, захваљујући заједничкој временској референци, високој брзини извештавања и мерењу фазног угла, значајно проширују опсервабилност у односу на класични SCADA приступ.
2. Систематизовани су главни фактори који одређују квалитет PMU података: TVE, временска синхронизација, алгоритам процене фазора, неноминална фреквенција и кашњења у мерном ланцу.
3. Утврђено је да  $\mu$ PMU технологија има посебан значај у активним дистрибутивним мрежама због малих фазних разлика, неуравнотежености и све већег присуства DER.
4. Приказано је да синхрофазорски подаци могу да унапреде локализацију кварова, естимацију стања, хармонијску анализу, адаптивну заштиту, реконфигурацију и дијагностику опреме.
5. Анализом оптималног постављања показано је да критеријум не треба ограничити само на потпуну тополошку опсервабилност, већ га повезати са конкретном функцијом, редундансом, комуникационим захтевима и трошковима.
6. Као важан системски закључак издвојена је потреба за хибридном мерном инфраструктуром, у којој се PMU/ $\mu$ PMU подаци комбинују са SCADA мерењима, паметним бројилима и моделом мреже.
7. Синтетичком анализом показано је да вредност синхрофазора не лежи само у прецизнијем мерењу, већ у ланцу мерење–синхронизација–комуникација–концентрација–анализа–одлука, који омогућава већу ситуациону свест и квалитетније оперативне одлуке.

## 5. Закључак и предлог

Кандидат Павле Здравковић је у свом мастер раду успешно обрадио постављену тему примене синхрофазорских уређаја у интелигентним електроенергетским мрежама. Радом су обухваћене теоријске основе синхрофазорских мерења, архитектура PMU–PDC система, временска синхронизација, квалитет и извори грешака мерења,  $\mu$ PMU технологија и њене примене у активним дистрибутивним мрежама.

Посебна вредност рада огледа се у повезивању техничких карактеристика PMU/ $\mu$ PMU уређаја са функцијама интелигентне мреже: мониторингом, локализацијом кварова, естимацијом стања, адаптивном заштитом, реконфигурацијом и повећањем опсервабилности. Анализа показује да синхрофазорска технологија највећи ефекат остварује као део интегрисане мерно-комуникационе инфраструктуре, у комбинацији са SCADA системима, паметним бројилима и одговарајућим моделима и алгоритмима. Кандидат је показао способност да систематизује релевантну стручну и научну литературу, упореди различите мерне концепте и изведе јасне закључке о техничким предусловима, ограничењима и техно-економским аспектима примене синхрофазорских уређаја.

На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад дипл. инж. Павла Здравковића под насловом „Примена синхрофазорских уређаја у интелигентним електроенергетским мрежама“ прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 11.09.2026. године

Чланови комисије:

---

др Горан Добрић Ванредни професор  
сагласан, 11.09.2026.

---

др Дарко Шошић Ванредни професор  
сагласан, 11.09.2026.

---

Лука Зороје Асистент  
сагласан, 11.09.2026.