

СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ
Одељење техничких наука
Академијски одбор за енергетику



НАУЧНИ СКУП
**ИНТЕГРАЦИЈА ВАРИЈАБИЛНИХ
ИЗВОРА**



4. новембар 2024. у 10 часова,
Свечана сала САНУ, Кнеза Михаила 35/II, Београд

ОРГАНИЗАЦИОНИ ОДБОР

академик Слободан Вукосавић

академик Славко Ментус

академик Зоран Петровић

мр Драган Влаисављевић

проф. др Шћепан Миљанић

ПРОГРАМ

- 10:00–10:30 Отварање, поздравне речи
- 10:30–11:00 *Интеграција ОИ – стање, проблеми и перспективе*
Академик Слободан Вукосавић
- 11:00–11:30 *Енергетска ефикасност у условима ошвореној
твржишта електричне енергије*
Александар Латиновић, ЕПС
- 11:30–12:00 *Контроверзе енергетске транзиције на
обновљиве изворе под привидом климатске
политике*
Проф. др Миодраг Месаровић
- 12:00–12:20 Кафе пауза
- ПРВИ ДЕО – Извори и складишта
- 12:20–12:50 *Изазови интеграције биомасе као потенцијално
чисте енергије у енергетски сектор Србије*
Проф. др Милош Бањац
- 12:50–13:20 *ВОДОНИК – Могућности коришћења за
складиштење енергије – Значај за животну
средину*
Проф. др Шћепан Миљанић
- 13:20–13:50 *Складиштење из уља хемијској инжењерства*
Проф. др Бранимир Н. Гргур
- 13:50–15:20 Закуска

15:20–15:50 *Оцена услова у Србији за реализацију реверзибилних хидроелектрана, као неопходне мере за коришћење индустријских извора енергије*
Проф. др Бранислав Ђорђевић

ДРУГИ ДЕО – Управљање и комуникација

15:50–16:20 *Интеграција ОИЕ у преносну мрежу – Изазови и могућности*

Доц. др Јелена Стојковић Терзић

16:20–16:50 *Енергетски аспекти балансирања електроенергетског система у условима интеграције обновљивих извора*
Мр Драган Влаисављевић

16:50–17:50 Дискусија и извођење закључака

КЊИГА САЖЕТАКА

УВОД

1. Интеграција ОИ – стање, проблеми и перспективе

Академик Слободан Вукосавић

Обновљиви извори енергије, какви су соларне електране и ветроелектране, раде са варијабилном снагом којом се не може управљати по угледу на традиционалне изворе. Традиционални извори у електричним мрежама су синхрони генератори (СГ) покретани воденим или парним турбинама. Снага СГ може се мењати како би се остварила равнотежа (баланс) између производње и потрошње. Поред осталог, СГ дају управљиву реактивну снагу, омогућују регулацију напона у мрежи, реагују на кратке спојеве на начин који омогућује брзу детекцију места квара, поседују кинетичку енергију обртних маса на којој се заснива стабилност система и обављају низ других стабилизационих и помоћних функција, неопходних за очување интегритета система и отпорност у погледу непредвиђених поремећаја. Соларне електране и ветроелектране не могу у свему заменити традиционалне изворе. Оне користе енергију ветра и сунца и зато њихова снага зависи од локалних временских услова. Њихов допринос стабилности, интегритету и робустности система захтева значајна улагања у хардвер, што није у непосредном интересу инвеститора. Досадашња пракса показује да одвећ велики удео варијабилних извора значајно угрожава сигурност снабдевања и тражи значајна средства за интеграцију, увећавајући трошкове транзиције до неприхватљивог нивоа. Интеграција ОИЕ у електричне мреже је нешто лакша у случају када су извори дистрибуирани и зато би требало предузети мере усмерене ка децентрализацији. На дужи рок, неопходно је померити фокус енергетске транзиције ка енергетској ефикасности и градњи нових базних извора.

2. Енергетска ефикасност у условима отвореног тржишта електричне енергије

Александар Латинић, ЕПС

Током предавања биће обрађене следеће теме:

- енергетска ефикасност производње електричне енергије у ЕПС АД пре отварања тржишта електричне енергије;
- профили цена електричне енергије на берзама од значаја, са акцентом на волатилност цене електричне енергије услед повећања капацитета ОИЕ у електроенергетском систему;
- значај енергетске ефикасности производње електричне енергије у ЕПС АД након отварања тржишта електричне енергије, са посебним освртом на когенеративна постројења;
- енергетска ефикасност и производни микс произведене електричне енергије.

Пре отварања тржишта електричне енергије и пре значајнијег учешћа варијабилних ОИЕ у производном миксу региона радни режими производних јединица били су доминантно одређивани као режими са максималном енергетском ефикасношћу. Успостављањем тржишта електричне енергије радне режимо доминантно одређује оптимизација производног микса тако да производна компанија оствари максималан профит. Такође, растом капацитета варијабилних ОИЕ прикључених на електроенергетски систем конвенционалне електране се удаљавају од оптималних режима енергетски ефикасног рада, а новчано се валоризује („цени“) флексибилност производних јединица.

3. **Контроверзе енергетске транзиције на обновљиве изворе под притиском климатске политике**

Проф. др Миодраг Месаровић

Будући да се, за разлику од досадашњих постепених спонтаних енергетских транзиција, текућа транзиција са фосилних на обновљиве изворе одвија сувише брзо и под снажним притиском глобалне климатске политике, не може се ни очекивати да се спроводи без пратећих контроверзи, превида и пропуста. Имајући у виду дугорочност као врло специфичну карактеристику енергетике, последице често недовољно осмишљених одлука, изнуђених решења и неизбежних грешака погађају и наредне генерације. У раду су дискутовани разни примери контроверзних чињеница, како оних које се односе на прелазак са фосилних на обновљиве изворе енергије (на пример, са већим учешћем соларних електрана и ветроелектрана на бесплатне изворе, расте и малопродајна цена електричне енергије), тако и оних које се односе на климатску политику као главног покретача транзиције (на пример, да ли у овом геолошком периоду наше планете раст концентрације CO₂ утиче на раст глобалне температуре или се дешава и обрнуто, као у неком ранијем периоду њене историје). Такође, иако се сунчево зрачење и ветар могу сматрати трајним и неисцрпљивим, исцрпљивост материјала који омогућују претварање њихове енергије у електричну чини ту неисцрпљивост упитном. У вези са тим је и низ отворених питања у погледу потребе за базном енергијом, улоге нуклеарне енергије, утицаја енергетике на животну средину и других питања која од планера развоја траже јасне одговоре.

ПРВИ ДЕО – Извори и складишта

4. Изазови интеграције биомасе као потенцијално чисте енергије у енергетски сектор Србије

Проф. др Милош Бањац

Шумска и пољопривредна биомаса, са отприлике подједнаким уделом, чине 40% од свих расположивих обновљивих извора енергије у Србији, што значи да она представља наш највећи потенцијал обновљиве енергије. Ипак, иако се коришћење овог енергетског извора на први поглед чини веома перспективним, оно са собом носи и бројне ризике. Пре свега, треба имати у виду да природни прираст шумске биомасе наше земље износи око 19,4 TWh/год, а да је према енергетском билансу у 2023. години потрошено 18,5 TWh/год, што због непотпуне и непоздане статистике доводи у питање и одрживост и неутралност коришћења биомасе по питању емисије угљен-диоксида.

Потрошачи шумске биомасе са највећим уделом од 89% су домаћинства, која биомасу користе у виду огревног дрвета, обично веома неефикасно и у непотпуном сагоревању. На другом месту је дрвнопрерађивачка индустрија са уделом од 10%, док се преосталих 1% користи у свим осталим секторима, што укључује и потрошњу биомасе у градским топланама и у за сада једном постројењу за комбиновану производњу електричне енергије и топлоте. Од 60 тренутно регистрованих градских топлана, само њих 10, и то само делимично, за производњу топлотне енергије користе биомасу, тачније дрвну сечу. У односу на сва горива која се користе у топланама, биомаса је у 2023. години учествовала са само 2,4%. Истовремено, иако је и са реализацијом прве фазе програма „Обновљиви извори енергије – развој тржишта биомасе у Републици Србији“ било доста проблема, Министарство рударства и енергетике

започело је и другу фазу овог програма, чиме је настављен процес преласка градских топлана са фосилних горива на коришћење биомасе.

Када је реч о пољопривредној биомаси, само један њен мањи део користи се као сировина у 30-ак субвенционисаних биогасних електрана, укупне инсталисане снаге од 60,34 MW, које годишње произведу око 0,7 TWh електричне енергије. Како коришћење биомасе са собом носи и бројне ризике, од већ наведеног ризика одрживости, преко ризика емисије чврстих честица и по здравље и околину штетних азотних и супорних оксида, до проблема обезбеђивања сигурних ланаца снабдевања, некоришћења отпадне топлоте биогасних електрана, непостојања правне регулативе за производњу биогаса итд., у овом раду су представљени и анализирани и сви остали изазови интеграције биомасе као потенцијално чисте енергије у енергетски сектор Србије.

5. **ВОДОНИК – Могућности коришћења за складиштење енергије – Значај за животну средину**

Проф. др Шћепан Миљанић

Предавање је покушај да се, имајући у виду тему научног скупа, истакне идеја коришћења водоничне енергије и њеног потенцијала за задовољавање енергетских потреба друштава у будућности, са посебним освртом на неколико битних аспеката, као што су водоник као средство за складиштење енергије, енергетска транзиција – успоравање напуштања угља уз развој обновљивих извора, те могућности примене водоника у црној металургији (производња гвожђа). Биће објашњени основни појмови из ове области (водоник, водонична енергија, водонична економија), а такође ће бити дати и описи најважнијих метода за производњу водоника и начина манипулације њиме као енергетским медијумом (складиштење, транспорт, примене). Биће дат и кратак осврт на тзв. Нуклеарно-водоничну иницијативу (NHI) и на значај изотопа водоника за енергетски сектор.

6. Складиштење из угла хемијског инжењерства

Проф. др Бранимир Н. Гргур

Услед периодичности рада фотонапонских ћелија и ветрогенератора, условљених добом дана и године, временским приликама и низом других фактора, у периодима када генератори електричне енергије производе вишак потребно га је складиштити да би енергија могла да се користи и у неповољним условима. Најпримењиванији системи за складиштење енергије су електрохемијски акумулатори. Доскоро, најраспрострањенији системи су били базирани на литијум-јон системима са позитивном електродом на бази никла, мангана и кобалта (NMC). Међутим, услед могућности самозапаљења, све више произвођача се опредељује за системе са позитивном електродом на бази гвожђе-фосфата (LiFePO_4), који имају лошије карактеристике од акумулатора са NMC позитивном електродом, а поредиве су са релативно новим типом натријум-јонских система.

У раду ће бити описане техничке карактеристике датих система у смислу складиштења електричне енергије, са становишта основних електрохемијских и електричних карактеристика: основе принципа рада, напона, енергије, снаге, утицаја температуре, броја циклуса пуњења и пражњења, као и безбедности током рада. Такође, укратко ће бити дата техно-економска анализа система за складиштење соларне енергије домаћинства.

7. Оцена услова у Србији за реализацију реверзибилних хидроелектрана, као неопходне мере за коришћење интермитентних извора енергије

Проф. др Бранислав Ђорђевић

Планетарно веома значајно повећање удела тзв. интермитентних (нагло и непредвидиво променљивих) извора енергије, као што су енергије ветра и сунца, довешће до великих проблема у електроенергетском систему (ЕЕС) у погледу његове билансно-функционалне стабилности и поузданости. Једна од мера за решавање тог проблема у ЕЕС (поред акумулационих хидроелектрана које су најделотворније решење тог проблема ако се разматрају само ОИЕ, не рачунајући ТЕ које обезбеђују билансну стабилност ЕЕС) је увођење у систем и реверзибилних хидроелектрана (РХЕ), које зависно од својих капацитета и положаја у ЕЕС, помажу у билансној стабилизацији система у условима наглих варирања расположивих снага ОИЕ (ветра и сунца). Проблем РХЕ се мора разматрати кроз симултану анализу три важна проблема, што је предмет излагања. Први је оцена реалне хидролошке ситуације у погледу расположивих домаћих вода у Србији. По тим показатељима Србија је водом сиромашна земља, као и по просечним показатељима (просечно око 503 m³/s), али се стање драматично погоршава када се узме у обзир изразито велика неравномерност и падавина и протока по простору и по времену. У маловодним периодима, који могу да трају дуго, месецима, сума протока свих домаћих вода спушта се чак испод 50 m³/s. Промене које се дешавају на том плану погоршавају ситуацију, посебно са гледишта неравномерности по времену. То захтева да се новим акумулацијама са годишњим регулисањем протока обезбеде основни услови за опстанак и развој. Други веома битан проблем је реална оцена ОИЕ са становишта њихове реалне обновљивости и са гледишта стварног ефекта смањења емисије гасова стаклене баште (ГСБ). У том погледу влада велика заблуда, јер се сви производни уређаји који користе енергију ветра, сунца, биоенергију и енергију малих

водотокова сматрају обновљивим. Оцена се радикално мења – погоршава – када се направи билансна анализа свих видова примарне енергије који се морају утрошити за израду таквих уређаја (почев од добијања материјала потребних за њихово грађење) и њихово одржавање током целог века експлоатације, а затим се та утрошена енергија пореди са енергетском добити током целог века коришћања тих постројења. Таква анализа често показује да такав енергетски уређај нема карактер обновљиве енергије, већ је потрошач енергије. Ситуација је још неповољнија када се анализира биланс емисије ГСБ, јер се често испостави да је у низу случајева емитовано више ГСБ током производње материјала, грађења и одржавања таквих енергетских уређаја, него што је супституисано њиховим радом током целог века експлоатације. Дефинисани су тачни показатељи уз помоћ којих се може утврдити да ли је постројење заиста ОИЕ и колика је његова ефикасност. У таквом контексту се разматрају и хидрографски, хидролошки, топографски и остали геофизички услови за реализацију нових РХЕ, поред већ разматраних РХЕ Бистрица и РХЕ Ђердап 3 у разним варијантама изведбе. Разматрају се критеријуми за оцену прихватљивости потенцијалних локација и услова за нове РХЕ. У овом случају је анализа сложенија него у другим условима, јер се вишекритеријумски вреднују и доња и горња акумулација, као и услови за реализацију деривационог цевовода и машинског постројења. Генерална је оцена да су реални услови за реализацију таквих објеката у Србији знатно скромнији него што се то на почетку чинило, само на основу оквирних утисака.

ДРУГИ ДЕО – Управљање и комуникација

8. Интеграција ОИЕ у преносну мрежу – Изазови и могућности

Доц. др Јелена Стојковић Терзић

Све већа интеграција обновљивих извора енергије (ОИЕ) у електроенергетске системе намеће значајне промене и нове захтеве за преносну мрежу. Повећано учешће варијабилних ОИЕ, попут соларне енергије и ветроенергије, доноси бројне изазове и поставља нове захтеве у погледу одржавања стабилности мреже и обезбеђивања довољних резерви енергије. Ово захтева значајно унапређење мрежне инфраструктуре, повећање преносних капацитета и примену напредних система управљања како би мрежа могла да испуни растуће захтеве интеграције ОИЕ. Поред тога, прикључивање ОИЕ преко уређаја енергетске електронике доводи до смањења инерције у систему, што повећава осетљивост на поремећаје, посебно у погледу фреквенцијске стабилности. Овај изазов намеће потребу за новим начинима регулације фреквенције. Такође, велика варијабилност у производњи ОИЕ захтева већу флексибилност система и развој система за ефикасно балансирање потрошње и производње. Ово предавање ће обрадити главне изазове које интеграција ОИЕ доноси систему, као и могућа технолошка и регулаторна решења која могу допринети стабилнијем и поузданијем раду електроенергетских система у будућности.

9. Енергетски аспекти балансирања електроенергетског система у условима интеграције обновљивих извора
Мр Драган Влаисављевић

Балансирање електроенергетског система (ЕЕС) одликују техничко-технолошке, енергетске и комерцијално-тржишне карактеристике. Функционисање појединачног ЕЕС у реалном времену зависи од планирања ангажовања и експлоатације производних капацитета, складишта електричне енергије (ЕЕ), карактеристика потрошње и начина регулације тржишта од стране регулаторних органа у интерконективном ЕЕС. У случају значајне промене енергетског производног микса у којем преовладава конвенционална производња ЕЕ са доминантним базним изворима ЕЕ који су управљиви ка енергетском миксу са превладавајућим варијабилним неуправљивим изворима обновљиве енергије (ОИЕ), заоштрава се проблематика како уравнотежења (билансирања ЕЕС) тако и балансирања оваквог ЕЕС. У зависности од избора стратегије билансирања, тј. уравнотежења електроенергетског портфеља (ЕЕП), и начина уравнотежења ЕЕП генеришу се и захтеви за балансирање истог ЕЕС, односно након извођења анализа адекватности ЕЕС и дефинисања захтева за одговарајућу интерну флексибилност ЕЕС. Ова кратка анализа ће бити првенствено сконцентрисана на енергетске аспекте балансирања. Поред тога, биће дат један осврт на могућу проблематику балансирања ЕЕС Србије у будућности до 2050. године, узимајући у обзир процесе декарбонизације производног портфеља и раста финалне потрошње електричне енергије.

