

## Rekonstrukcija kopije prave hidroelektrane na Zavodu za visoki napon i energetiku pri FER-u stajala je milijun kuma, a sredstva su većinom nabavljena iz fondova Europske unije

TERST Aleksandar Stajić

FOTO Šara Žruba

**N**edavno je na Fakultetu elektrotehnike i računarstva (FEET) u Zagrebu, na Zavodu za visoki napon i energetiku (ZVME), rekonstruirana vježbnoj jedini "fakultetska" hidroelektrana na svijetu. Hidroelektrana snage 20 kW nalazi se u Laboratoriju Zavoda i ima demonstracijsku, eksperimentalnu i edukacijsku namjenu. Nalaze, Laboratorij Zavoda konstruirao je kao primjerica pravilne elektroenergetičke ustanove Hrvatske tako da se u uvjetu poređ hidroelektrane, ali i termoelektrana, a u planu je i ponovno postavljanje solarnih panela i vježboelektrane te je zrog toga jedinstven u svijetu.

Laboratorij na FER-u osmislio je i konstruirao Hrvoje Požar još 1969. godine i otada gotovo 50 godina niti nije uključeno u njegova razvijenja. Međutim, prije nekoliko godina Igor Kuzle, predsjednik ZVME-a, pokrenuo je svezan raznicačima mlađenčevih projekata te je uz pomoć donalih i stranih institucija uspio prikupiti sredstva za njegovu rekonstrukciju. Obnova hidroelektrane samo je početak, rekao je Kuzle za Me-

**'Laboratorij na FER-u osmislio je i konstruirao profesor Hrvoje Požar 1969. godine, ali nijedan fakultet na svijetu nema pravu minijaturnu hidroelektranu', kaže Igor Kuzle**

gravit, predstoj još obnova termoelektrane, postavljanje solarne i vježboelektrane, ali i instalacija još nekih uređaja i novitetu koji su postali aktualni u doziranju doba energetičke transicije.

"Laboratorij ovakve vrste postoje u svijetu i na drugim sveučilištima, ali nigdje nikako čuo ni vidio da netko ima pravu hidroelektranu. Zato su mnogi učili vanjski suradnici od sklopljenih kući vide što imamo tu u Zagrebu", rekao je Kuzle.

Ispričao je kako je Hrvoje Požar osnovao Laboratorij da studenti steknu sve potrebno znanje i pravilnost u elektroenergetički sustav tečajne Hrvatske. Nalaze, tada je u Hrvatskoj polovica energije dolazila iz termoelektrana i polovica iz hidroelektrana i on je raspisao simulaciju tog sustava u malom. "Požar je bio jako utjecajan u to doba. Ugrijao je da tadašnji Rade Končar napravi termoelektrana i hidroelektronu po mjeri za fakultet, a u Jugoslaviji je bio i jedan od inicijatora 'zagrebačke škole energetika' koja je bila pojam najbolje obrazovane ustanove u državi", objasnilo je Kuzle. Taj je ugled radio pa u zaboravu ali, tvrdi Kuzle, on i njegove kolege uspijeli rade na ponovnoj affirmaciji Zavoda. Projekto se dok je studiralo na FEET-u, 90-ih godina



# Na zagrebačkom FER-u 50 godina obnovljeni 'fakultetski' hidroelektro-



# R-u nakon a jedina ektrana na svijetu

prošlog stoljeća, kako su u Laboratoriju razvili 30-ak različitih vještih. "U novije doba sveli smo na svega nekoliko vještih zbog dočekajovih izazova. Gotovo pedeset godina takto nije bilo uključio u Laboratoriju, i ostali su u blizini državnih energetskih projekata, a nije bilo ni međunarodnih projekata", objasnilo je Riešle.

Priklike za rekonstrukciju i modernizaciju Riešle i suradnici prepoznali su u međunarodnoj licenci za finansiranje inovativnih projekata FP7, iz koje je lisanje nastale linija HORIZON 2020, a u isto vrijeme prilika za povlaženje sredstava otvorila je i Elektroprivreda na zravnom (H2022) putem više različitih vrsta projekata, od istraživačkih do partnerskih. Tako je ZME i zadnjih nekoliko godina dobio jako puno inovativnih projekata te su ponuđeni značajna sredstva, iz kojih finansiraju istraživače i nabavljaju suvremenu istraživačku opremu. "Ranije je Zavod

## Novac za obnovu hdroelektrane

Zavod za visoki napon i energetiku pri FER-u dobio je iz inozemstva, naročim dijelom iz Evropske unije, kada profesor Igor Kude

**Hrvoje Polar**

časovac je  
Laboratorijski pri  
FER-u kadački  
studenti dobili svrd  
u električne energetičke  
sisteme u Hrvatskoj

bitno-poznat po dobroj susodnji s elektroprivrednim tvrtkama, ali i po značajnosti radovina i projektima, međutim zadnjih pet godina znake godine natočno su Zavodi dobile neku nagradu za znanost", ispričao je Kuzle.

Novač za obnovu Laboratorija Zavod je uglešenom dobitio iz ministarstva, načelnikom dijelom iz Europejske unije i projektu koji odobrava HRZZ prokure međunarodne recorede i djelomično se finansira europskim sredstvima. Milijan lezec koštala je rekonstrukciju hidroelektrane i popadanje opreme u Laboratoriju. "Drugi laboratorijski obično koriste motore koji glume pogonu stroja hidroelektrane, a mi imamo pravu Peltonovu turbinu. Imamo veliki spremnik od 7000 litara vode u podrumu, iz kojeg se pumpa voda na turbini s tirkom većim od 7 m i tako se ostvaruju vrijednosti do postoji od 70 metara. Voda pokreće turbinu koja pokreće generator koji proizvodi struju. Naravno da više energije trošimo na parpanju vode nego što proizvodimo električne energije, ali simulirano stvarno stanje kažu je u sustavu. Imamo mogućnost ispitivati različite kvarove koji se mogu dogoditi u elektroenergetskim sustavima, takav utjecaj može imati na hidroelektranu te istraživati na koji način možemo poboljšati stabilitet čitavog sustava", objasnio je Kuzle.

Uz navedene projekte, rekonstrukcija hidroelektrane finansirana je i iz HRZZ projekata SIREN i FENSO te europskih projekata UGRIP i Flex-Chev. Dobili su i donacije tvrtke Končar motor za pokretanje pumpa i programski sustav za vođenje i nadzor Prova-met u tvrtci Schneider (generatorski mazlo).

Koliko je Hrvoje Polar bio munstveni ispred svog vremena, ukazuje to što je Laboratorijski konstruktur 1969. i to u formi AC mikromreže koje su postale aktuelne u svjetskoj znanosti tek prije desetak godina. S obzirom na brzi razvoj distribuirane proizvodnje, mikromreže postaju sve popularnije, tako da su u Evropi i svijetu postaje nasejla koja autonomsno proizvodi električnu energiju za vlastite potrebe. Imaju samo jednu tešku slabuču prema elektroenergetskim sustavima, pa kad ostvaruju vratko proizvodnje, energiju daju u sustav, a kad im nedostaje onda je u sustavu preuzimanja. U Laboratoriju na Zavodu imaju mogućnost testiranja i provjeravanja takvih sustavima. "U Laboratoriju imamo izmjeničnu AC mikromrežu koja ima sedam čvorova, te

vodova, kojima možemo mijenjati razlike parometri te mijenjati njihove karakteristike. Tačko možemo simulirati razlike vrste sustava", ispričao je Kuzle. Uz postojanje AC mikromreže, u tijeku je izgradnja i DC mikromreže s baterijskim spremnikom energije, punionicom električnih vozila i fotospanskom elektronom smrša 20 kV te vise izvornjarki AC/DC prezentacija kojima će se energija preljevati iz jedne u drugu mikromrežu, u vrijestosti od istraživanjima koja često provodi.

Dodata je da ponedi hidro i termo elektrane izmaju i mala termoelektrana od s 5,5 kW koju su sami konstruirali i koja gledaju izven te je mogu upotrijebiti na bilo koje činjenice sustava. Pored toga, na krov Laboratorija uskoro će ponovo instalirati fotospanske module koji isto tako mogu biti spojeni na bilo koje činjenice u sustavu, a koji su deaktivirani radi rekonstrukcije krova koji je preklizan. Sustav izmjenične i izmjenjene mikromreže može raditi paralelno u elektronskom sustavu ili neovisno od njega u otvorenom pogonu. Osim distribuirane proizvodnje u Laboratoriju će se istraživati i tzv. editive potrošnje (demand response), osobito utjecaj električnih vozila na energetski sustav. Navodili su u elektroničku opterećenja kojima se mogu simulirati izvješće opterećenja u AC i u DC mreži. S fotospanskim modulima koje će instalirati moći će simulirati razlike udjela obnovljivih izvora energije u skladu sa ukupom proizvodnje u elektroenergetskom sustavu i u varijabilnosti njihove proizvodnje. U jednom od projekta istražiti će se na koji način izmjenjena i izmjenična mikromreža mogu međusobno povezati jednu drugu i prilagodavati se negativnim promjenama proizvodnje obnovljivih izvora. Tipičan je primjer kada proizvodnja fotospanske elektrane u DC mikromreži značajno kvarifikatno opadne tijekom nekoliko minuta zbog prolaska oblačne rasne, što će se kompenzirati povećanjem proizvodnje u AC mreži. To se treba napraviti kako bi se i testirati će se različiti koncepti algoritmi upravljanja kako bi se u budućnosti mogli napisati i problemi. Te su razne fleksibilnosti sustava i predstavlja najznačajniju karakteristiku budućih elektroenergetskih sustava. Očekuje se i sve veća primjena izmjenjene struje. Distribuirani izvori poput fotospanskih elektrana, vježbodrevenih i malih hidroelektrana i još nekih drugih, prizvode izmjenjenu struju koja je konzistentna energetika elektrana pretvara u izmjenjenu struju. Prilika svake prethodne energije iz jednog oblika u drugi pojedinacu se gubi. Neftotim, u kućanstvu se koristi puno uređaja koji koriste izmjenjenu struju, poput televizora i računala, pa je izmjenična potrebno operi provesti u izmjenjenoj, naravno operi uz određene garantije. "Stoga se u razvijenim zemljama, posebice u Njemačkoj istražuje mogućnost da se u mikromrežama poput poslovnih zgrada, kućanstava ili manjih industrijskih postrojenja trudila izravno spajaju na izmjenjenu struju. Vrlo je vjerojamo da čemo u akteri budućnosti imati i izmjenjeni i izmjenični razvod u poslovnom i stambenim zgradama i kućanstvima. Tako čete, na primjer, struju iz fotospanskih celija na krovu kuće izravno koristiti za napajanje izmjenjenoj trudili poput rasvjete, televizora i računala, a izmjenična trudila će se napajati kao i dosad", objasnio je Kuzle.

Kako je zbor perasta udjela obnovljivih izvora energije sve teže proizvoditi voćnu kolicinu električne energije koja se troši

**"Drugi laboratorijski obično imaju uređaje koji glume hidroelektranu, a mi imamo pravu Peltonovu turbinu s velikim spremnikom od 7000 litara", ističe profesor Kuzle**

## Pored hidroelektrane, na Fakultetu elektronike i računarstva imaju i malu termoelektranu od 1,5 kW koju su studenti i profesori sami konstruirali

u pojedincim trenutcima, u svijetu se sve više ističuju razlike iznovitvene tehnologije skupljenja energije: osim direktno pozmatih konvencionalnih hidroelektrana, jedan od projekata koji su dobiti u fokusu je fokus na skupljanje energije kako bi se omogućila veća penetracija OIE-a: je Hrvatski projekt Crossbow. U taj projekt, ispričao je Kuzle, uključeno je 24 dijavnika, a premašen iznos od 22 milijuna eura. „Jedan od partnera je Vesta, njemačka tvrtka koja proizvodi baterijske spremnike. Pekuliari čemu-degovoriti da za nas najveći jedan baterijski spremnik jer su osnivači projekta za to dobiti novac: i sad treba odlučiti tko će dobiti taj spremnik, a mi smo idealna lokacija. Tačko! Biemo dobiti spremnike koji bi u kombinaciji s fotopomorskim panelima značajno unaprijedile mogućnosti planiranja DC mrežovne mreže, posebice sposobnost autonomnog rada“, izjavio je Kuzle.

Na Zavodu razvijaju i punionicu za električnu vozila. Cilj im je usputiti utjecaj električnih vozila na elektroenergetski sustav. „Sva vozila kroz baterije, a većina njih tijekom dana 90 posto vremena miruje. Usputiti čemu u koliko vrijedi se energija baterija iz automobila može kontinuitet u sustavu. Ideja je da se struja iz automobila prenosi u trenutku vrlo potrošnje u sustavu, a da se ponudi kad je struja potrebljena, odnosno kad je izrađena u sustavu, primjerice u slodnjagama velike proizvodnje vjetroelektrana“, ispričao je Kuzle.

Na Zavodu radi i na jednom projektu koji je finansirano Hrvatski operater prijenosa energije (HOPSI). HEP Provođenja i BHZB. Cilj projekta je utvrditi koliko se vjetroelektrana i fotopomorskih elektrana može ugraditi u hrvatski elektroenergetski sustav, a da ostane stabilan. „U elektroenergetskom sustavu svi generatori radite sinkrono, a tako su im brzine vrloj radijalnosti preuzeute struji iste frekvencije. Kad u sustav uključimo vjetroelektrane i fotopomorske elektrane oni djeluju izdvojeno od sustava, kao da su odjeđeni jer su na sustav pridružene preko energetskih pretvarača. U slučaju nekog poremećaja u sustavu, sinkroni garantovan odvajaju, svaki po nizu i taj posljednji u 95 posto dočekuje sustav smanjivanjem. Međutim, kad imate puno vjetroelektrana i fotopomorskih sustava, oni ne pomazu u stabilnosti sustava. Kad ih u elektroenergetskom sustavu imate 20 ili 30 posto, moguće je da se dobije problem jer u sljedeću posljednju na kojoj način vjetroelektrane i fotopomorski sustavi trebaju pomoći stabilizaciji sustava. „Postoji rješenja za taj problem. Prilikom uključivanja kotača vrste, ali se to znači kada ga treba početi primjenjivati. HOPSI i HEP zbog vlastita interesa sufinansiraju to istraživanje. Mi ćemo kroz taj projekt ulaziti vrijednost 3,4 milijuna kuna sačuvati rekonstrukciju hidroelektrane, a tamo ćemo dovoljno svestravati za obnovu istosmjernog razvoja, glavnog imanjivog razvoda napajanja, rekonstrukciju termoelektrane te ponovno postavljanje fotopomorske elektrane u Laboratoriju“, rekao je Kuzle.

Što se fotopomorskih panela tiče, na kraju FER-a testirat će ih desetak, različitih vrsta a inicijator, odnosno sa sustavom koji prati Sunce. Tako će doći do rezultata koji solarni paneli su najbolji za koritenje u našem podnebju.

Zavod ima i jednu vjetroelektranu snage 600 Watt-a. Problem s njom je što na lokaciji nadostaje vjetar da bi mala bavila 30% snage pa je potrebno istraživanje vjetrenog utjecaja na sustav. Tako su se dosjetili škodištih stari motor pumpa za vodu na hidroelektrani. „Ideja je da stavimo ventilator na njega...spojimo široku cijev i kroz tušni generator možemo umjetno vjetrat za vjetroelektranu. Tačko biemo dobiti promjernivo opterećenje u AC mrežovnici i promjenjiva protezodružna vjetroelektrana u DC mrežovnici jer bismo upisali snagnog motora“, ispričao je Kuzle.

Sponzoriraju je i da je interes studenata prilično velik za obnovljive izvore, tako se načinje studenata FER-a odložuje za razimanje. Posljednjih godina upišu oko 150 studenata na diplomski studij elektrotehnike i Kuzle tvrdi da svih način rješenja mora biti dobrovrijerno posao, ako ne u Hrvatskoj, onda u inozemstvu jer im je diploma priznata u Evropi i Americi. Nešto više studenata upisivalo se prije godine, sponzoriraju je, dok je još trajala izgradnja autoceste A1 jer se tradilo puno inženjera i taj području. Sustav tako bi više tvrtki u Hrvatskoj trebalo slijediti primjer NE Koliko koja se neke godine stipendira pet studenata. „Ori dječje stipendije i najlošije ne prime nikoga, već stipendije 'prezrate' studentima, ali kad im zatrebaju inženjeri onda imberu najbolje. To bi više tvrtki trebale raditi jer im to nije veliko dobitanje, a mogu imati u priču vremenske mlaude stručnjake. Danas nos ugovornim zavodima i traže da im pošaljemo diplomske indeksove kojih nemaju jer ih često strane tvrtke već nose privuknu“, rekao je Kuzle.

Sponzoriraju je i lako Zavodu ne ide na ruhu što su u Hrvatskoj zastavljeni svi veliki elektroenergetski projekti. Jedino što se posljednjih godina razvijalo je izgradnja vjetroelektrana privatnih investitora. Sustav tako je: to dobro, iako je većina komponenti iz uvoza pa njihova instalacija i održavanje nisu značajno utjecali na porast industrijske proizvodnje i nastupolenost.

„Zao mi je što nisu privredni niti teknički transioci elektroenergetskog sustava. Nalažu besognadljiva moguća za graditi shapeve za vjetroelektrane i toču teze. Inženjeringu i rješenju to napravili. Izgradnja vjetroelektrana nema stati, nego se sada četiri posto svjetske energije dolazi iz vjetra, naša primjeda to je trebala prepoznati“, rekao je Kuzle.

Na FER-u razvijaju i punionicu za električne vozila s cijenom u rasponu od 100.000 do 150.000 eura. Električni vozila u elektroenergetskom sustavu

