

DA LI PROGRAM NA STRUKOVNIM STUDIJAMA OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE IZ OBLASTI FOTONAPONSKOG PRETVARANJA ENERGIJE ISPUNJAVA CILJEVE DUALNOG

Zoltan Čorba

Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

zobos@uns.ac.rs

Kratak sadržaj: Zakon o dualnom modelu studija u visokom obrazovanju je donet 2019. godine u Republici Srbiji. Ovaj zakon omogućava akreditaciju studijskog programa za dualni model studija. Ovaj model realizacije nastave na studijskim programima u visokom obrazovanju omogućava da se kroz aktivnu nastavu na visokoškolskoj ustanovi i praktičnu obuku i rad kod poslodavca stiču, usavršavaju, odnosno izgrađuju znanja, veštine, sposobnosti i kompetencije. Zakon omogućava da se deo učenja kroz rad realizuje u visokoškolskoj ustanovi ili kod trećeg lica, kao što su trening centri, razne obuke kod pravnih lica ili druge visokoškolske ustanove. Na osnovnim strukovnim studijama (OSS) – Obnovljivi izvori električne energije (OIEE) uz malu modifikaciju, i reorganizaciju programa lako se može sprovesti dualni model studija. U radu će biti predstavljena dva predmeta na OSS-OIEE koji u sadašnjem obliku potpuno odgovara modelu dualnog obrazovanja, bez obzira što se praktična obuka ne izvodi van okvira fakulteta.

Ključne reči: *dualno obrazovanje, obnovljivi izvori električne energije, fotonaponski sistemi*

DOES THE PROFESSIONAL STUDIES PROGRAM OF RENEWABLE ENERGY SOURCES FROM THE FIELD OF PHOTOVOLTAIC MEET THE GOALS OF DUAL EDUCATION

Abstract: The law on the dual study model in higher education was adopted in 2019 in the Republic of Serbia. This law enables the accreditation of the study program for the dual study model. This model of realization of teaching in study programs in higher education allows to acquire, perfect, that is, build knowledge, skills, abilities and competences through active teaching at a higher education institution and practical training and work at the employer. The law allows for part of the learning through work to be realized in a higher education institution or at a third party, such as training centers, various trainings at legal entities or other higher education institutions. A dual study model can easily be implemented in the basic professional studies - Renewable energy sources of electricity (BPS-RES) with a small modification and reorganization of the program. The paper will present two teaching subjects at BPS-RES, which in its current form fully corresponds to the model of dual education, regardless of the fact that practical training is not conducted outside the scope of the faculty.

Key Words: *dual education, renewable energy sources of electricity, Photovoltaic systems*

1. UVOD

Dualno obrazovanje nije nepoznata stvar. U zapadnim, kapitalističkim zemljama postoji u raznom obliku više od jednog veka. Ovaj sistem je postojao i u SFRJ, ali je modernizacija obrazovanja izbrisala ovaj pristup učenja. Ipak se shvatilo, da sve što je tradicionalno ne mora biti i zastarelo, samo treba prilagoditi novim okolnostima. Dualno obrazovanje je pedagoški pristup koji integriše teorijsko učenje u vaspitno-obrazovnoj instituciji sa praktičnim iskustvom u preduzećima ili organizacijama. Ovo omogućava učenicima, studentima da steknu vredne veštine koje su direktno primenjive u realnom svetu, kao i da se posle školovanja zaposle u firmi u kojoj su imali praksu. Učenici, studenti su u obrazovno-radnom odnosu sa firmom, u kojoj provode deo svoje školske godine, obavljajući praktični rad. Po Zakon o dualnom modelu studija u visokom obrazovanju ne mora se praktičan rad obavljati isključivo kod privrednog subjekta [1].

Na OSS-OIEE postoji niz stručnih predmeta gde su makete, uređaji na vežbama u laboratoriju u tolikoj meri razvijeni da studenti dobijaju obuku kao da su na praksi kod privrednog subjekta. Pored savremene opreme koju poseduje Katedra za energetsku elektroniku i pretvarače, profesori pored teoretskog znanja imaju stečena praktična znanja zahvaljujući saradnji sa privrednim subjektima. Takođe, isti ti profesori organizuju kurseve, obuku zaposlenim u preduzećima na njihov zahtev ili drugim zainteresovanim subjektima, na njihov poziv. Naravno, laboratorija nije isto okruženje kao neka kancelarija ili pogon u industriji, tako da je poželjno da studenti vide i neke situacije sa kojima će se susresti u budućnosti tokom radne karijere. Nadalje će biti predstavljena dva predmeta na OSS-OIEE koji su vezani za fotonaponske sisteme. Jedan od predmeta koji se zove Solarne i hibridne elektrane se bavi osnovama fotonaponskog (FN) pretvaranja sunčeve energije u električnu energiju. Drugi predmet, Priprema i konekcija obnovljivih izvora na mrežu, se nadovezuje na prethodni predmet. Oba predmeta su veoma aktuelna i atraktivna jer je izgradnja i konekcija FN elektrana postala u najmanju ruku hit u Srbiji. Bezbroy malih i srednjih preduzeća koja se bave elektroenergetikom vide dobru zaradu u instalaciji FN sistema, međutim nemaju niti znanja niti iskustva iz ove oblasti. Upravo studenti OSS-OIEE su potrebni ovakvim preduzećima.

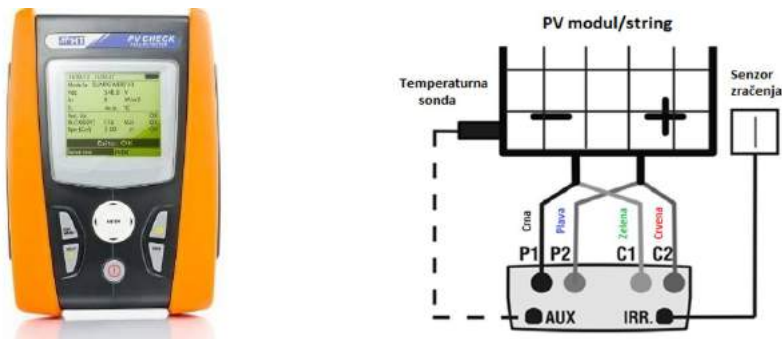
2. SOLARNE I HIBRIDNE ELEKTRANE

Predmet Solarne i hibridne elektrane studenti slušaju u petom semestru. Ovaj predmet omogućava studentima da steknu uvid, nauče osnove o fotonaponskom pretvaranju energije. Na početku kursa bivaju upoznati sa osnovnim principima solarne geometrije, osnovama solarnog zračenja i solarnom potencijalu Srbije. Kao osnovni element za fotonaponsko pretvaranje, studenti uče princip pretvaranja solarne u električnu energiju, elemente FN panela, najbitnije karakteristike koji utiču na snagu, pa samim tim i na proizvodnju električne energije. Sledi upoznavanje sa invertorom za fotonaponske sisteme, koji se sastoji od DC/DC i DC/AC pretvarača, uređaja energetske elektronike sa kojima su se detaljno upoznali iz predmeta Energetska elektronika. Posle upoznavanja sa dva osnovna elementa FN sistema sledi upoznavanje sa ostalim elementima FN sistema. Na kraju kursa studenti bivaju upoznati sa svim delovima FN sistema i osposobljeni su da sami isprojektuju FN sistem manje snage koji se spaja na DSEE. Ovo sve zahvaljujući ranije slušanim predmetima, kao što su Napajanje industrijskih pogona, Industrijski protokoli i mreže, Instalacija stambenih objekata, Energetska elektronika u distributivnim mrežama i Softverski alati u pogonima.

Pored teoretskog znanja paralelno se stiče i praktično znanje. FTN trenutno ima nekoliko FN sistema, elektrana snage 8kW (izgrađena 2011. godine), 16,3kW (izgrađena 2015. godine), 50kW, 2kW i 3kW (izgrađeni 2020. godine). Na ovim elektranama se stiče praktično znanje kroz laboratorijske vežbe koji su sastavni deo predmeta Solarne i hibridne elektrane [2]. Vežbe prate gradivo teoretskog dela.

Na početku kursa se istražuju senzori ambijentalnih veličina koji mere temperaturu, brzinu vetra i solarno zračenje. Neki od ovih senzora se sem u fotonaponskim elektranama koriste i u drugim elektranama OIEE, kao i u industriji. Karakteristike i princip rada ispitivanih senzora je identičan sa onima koji se koriste u industriji. Sledi upoznavanje sa karakteristikama FN panela, odnosno njegovim ponašanjem pri različitim uslovima rada. U funkciji azimutnog i nagibnog ugla FN panela meri se promena vrednosti najznačajnijih električnih parametara FN panela.

Sa uređajem koji se koristi za snimanje električnih karakteristika FN panela (slika 1) vrši se snimanje karakteristika FN panela i utvrđuje se ispravnost. Termovizijska kamera je jedan vredan alat koji se koristi u elektroenergetici. Studenti ga na vežbama koriste za otkrivanje neispravnih FN panela i nalaženja potencijalno opasnih mesta u električnoj instalaciji koji mogu dovesti do izbijanja požara.



Slika 1. Uređaj PVCHECK (levo), šema spajanja uređaja PVCHECK (desno) [3]

Sve vežbe se izvode na FN elektranama koji su u pogonu, tako da studenti paralelno uče i osnove ponašanja pri radu sa električnom instalacijom, odnosno upoznaju se sa pravilima bezbednosti i zaštite na radu.

3. PRIPREMA I KONEKCIJA OIE NA MREŽU

Svrha objekta za proizvodnju električne energije, pa tako i oni koji koriste obnovljive izvore električne energije je paralelan rad sa električnom mrežom, bilo se DSEE ili sa prenosnim sistemom električne energije. U poslednjem, šestom semestru se sluša predmet Priprema i konekcija obnovljivih izvora na mrežu. Ovaj predmet upoznaje studente sa postupkom priprema i načinima priključenja elektrana prvenstveno na DSEE. Postuci su definisani od strane Elektroprivrede Srbije kroz Tehničke preporuke i Pravila o radu DSEE, ali i putem raznih zakona i uredbi. Ključni zakoni koji se odnose na elektrane su Zakon o energetici, Zakon o primeni obnovljivih izvora energije i Zakon o planiranju i izgradnji.

U prvih nekoliko nedelja kursa akcenat se stavlja na one delove navedenih zakona koji se konkretno odnose na pravila i postupke pripreme i priključenja elektrana koji koriste obnovljive izvore energije na DSEE. U poslednje tri godine doneti su ključni zakoni koji su omogućili masovnu primenu OIE, a naročito instalaciju FN elektrana. Sve ovo zahvaljujući uvođenjem novog modaliteta, a to je status kupac-proizvođač [4]. Doneti zakoni se iz godine u godinu menjaju, prilagođavaju se novonastaloj situaciji na terenu. Studenti bivaju upoznati sa svim zakonskim izmenama koji su predmet ovog kursa. S obzirom da svršeni studenti OSS mogu polagati stručni ispit radi dobijanja licence za Odgovornog izvođača radova, znanja stečena u vezi spomenutih zakona im olakšavaju polaganje ispita.

U drugom delu kursa akcenat je na pravilima o radu DSEE. Poznavanje ovih pravila omogućava da

isprojektovana elektrana bude povezana na DSEE pravilno, po tehničkim zahtevima koje je definisao operater distributivnog sistema. Ovom prilikom se iz pravila izdvaja način priključenja i kriterijumi za priključenje elektrana na DSEE [5].

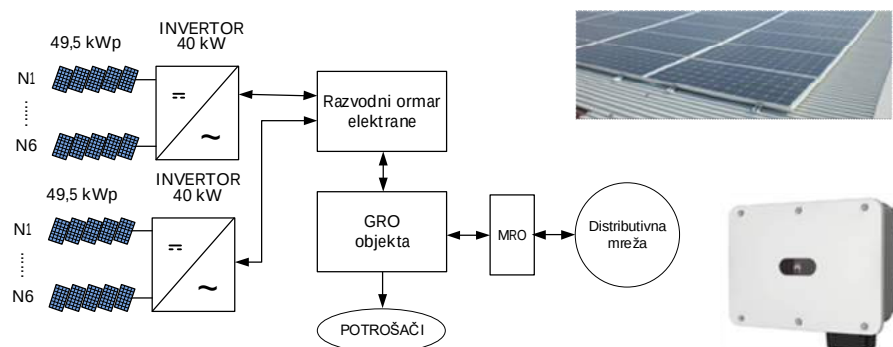
Postoje sledeći načini priključenja elektrana na DSEE:

- Izolovan rad za napajanje sopstvenih potrošača.
- Paralelan rad sa distributivnim sistemom električne energije bez predaje energije u distributivni sistem električne energije, proizvedena električna energija se koristi isključivo za napajanje sopstvene potrošnje.
- Paralelan rad sa distributivnim sistemom električne energije sa predajom energije u distributivni sistem električne energije u celosti (izuzev sopstvene potrošnje elektrane).
- Paralelan rad sa distributivnim sistemom električne energije gde se deo energije predaje u distributivni sistem električne energije a deo koristi za napajanje sopstvenih potrošača.
- Kombinovani rad (izolovan - paralelni rad), odnosi se na elektrane opremljene za obe vrste rada.

Za priključenje i bezbedan rad elektrane sa DSEE, elektrana mora da zadovolji sledeće kriterijume:

- Kriterijum maksimalno dozvoljene snage generatora u elektrani,
- Kriterijum dozvoljenih vrednosti napona u stacionarnom režimu,
- Kriterijum dozvoljenog srujnog opterećenja elemenata distributivne mreže,
- Kriterijum snage kratkog spoja,
- Kriterijum flikera i
- Kriterijum dozvoljenih struja viših harmonika i interharmonika.

Treći deo kursa su praktične vežbe koje se prepliću sa prvim i drugim delom kursa. Naime, prilikom pripreme priključenja elektrana na DSEE postoje u zavisnosti od snage elektrane definisane procedure. Ove procedure podrazumevaju popunjavanje formulara i pripremu tehničke dokumentacije. Ti formulari su razni zahtevi koji se predaju distribuciji. Najbitniji su zahtev za izdavanje Separata, odnosno za izdavanje Uslova za projektovanje i priključenje (UPP) proizvodnog objekta električne energije na DSEE. Studenti bivaju naučeni da pravilno popune ove zahteve i pripreme potrebnu tehničku dokumentaciju u skladu sa načinom priključenja elektrane na DSEE (slika 2).



Slika 2. Blok šema elektrane

Važan deo je ispunjenje kriterijuma od strane elektrane koji je definisan u pravilima rada sistema. Na auditornim vežbama se izučavaju ovi kriterijumi.

Za trajno priključenje elektrane na DSEE potrebno je merenjem pogonskih parametara na samoj elektrani dokazati ispunjenje nekih od kriterijuma. Izveštaj o merenju se prosleđuje nadležnoj distribuciji. Na postojećim fakultetskim FN elektranama studenti izvode ta merenja i u okviru semestralnog rada sačinjavaju izveštaj o merenju pogonskih parametara. Ova merenja su vezana za kvalitet električne energije, odnosno za dokazivanje ispunjenosti kriterijuma flikera i harmonika struja. Pre izvršenih merenja i izrade semestralnog rada prvo sledi upoznavanje sa teoretskim osnovama kvaliteta električne energije u skladu sa standardom SRPS EN 50160 i sa uređajem za merenje kvaliteta električne energije.

4. STATISTIKA DVA ANALIZIRANA PREMETA NAKON 13 GODINA IZVOĐENJA NASTAVE

Osnovne strukovne studije OIEE kao novi studijski program na FTN se uvodi školske 2010/2011 godine. U tom periodu u Republici Srbiji se stiču zakonski osnovi za korišćenje OIE. Od tada se puno toga promenilo na terenu, u praksi i tehnologijama. Sada se vidi da je uvođenje ovog studijskog programa bila prava stvar jer trenutno u svetu i kod nas značajno raste instalacija fotonaponskih sistema.

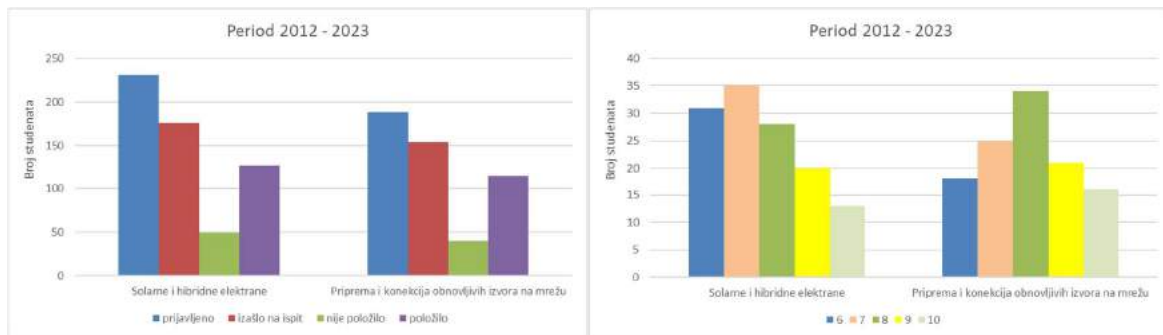
Sledi prikaz statističkih podataka koji su preuzeti sa Nastavničkog servisa FTN za predmete Solarne i hibridne

elektrane (SHE) i Priprema i konekcija obnovljivih izvora na mrežu (PKOIM) od početka uvođenja kursa, pa sve do danas [6].

Proteklih 13 godina 231 student je prijavio polaganje predmeta SHE, od kojih je na ispit izašlo 76%. Prolaznost na ovom ispitu je 72,16 procenata. Prosečna ocena iz ovog predmeta je 7,6.

Iz predmeta PKOIM proteklih 13 godina 188 studenata je prijavilo polaganje predmeta, od kojih je na ispit izašlo 82%. Prolaznost na ovom ispitu je 74,03 procenata. Prosečna ocena iz ovog predmeta je 7,9.

Slika 3 sa leve strane prikazuje statistiku vezanu za parametre ispita, dok je na desnoj strani prikazana distribucija ocena iz oba analizirana predmeta. U periodu od oktobra 2014. godine pa do septembra 2023. godine autor rada je bio mentor završnih radova 66 studenata OSS OIEE.



Slika 3. Statistika ispita – levo i ocena – desno iz predmeta SHE i PKOIM

5. ZAKLJUČAK

Tokom 13 godina oba predmeta su se razvijala u skladu sa promenama koja su se dešavala u oblasti fotonaponskog pretvaranja energije, promenama u zakonima Republike Srbije, postupcima i pravilima rada distributivnog sistema. Studenti su dobijali i dobijaju najnovije informacije o najznačajnijim promenama koji se dešavaju u fotonaponskoj industriji. Sve ovo se postiže zahvaljujući profesorima koji učestvuju u raznim naučnim i privrednim projektima, gde se stalno usavršavaju, prateći najnovije trendove.

Dakle, studenti pored teoretskih stiču i praktične veštine tokom studija, što je cilj dualnog obrazovanja. Upućeni su u dešavanja na tržištu rada i nakon zapošljavanja ostaju u kontaktu sa profesorima. Trenutna situacija na tržištu je takva da inženjeri strukovnih studija relativno lako nalaze posao baš iz oblasti OIE, a tu su i druge oblasti iz elektroenergetike, a i šire. Neke od prednosti dualnog obrazovanja koje se ističu, kao što su zarada tokom školovanja i sticanje profesionalnih kontakata se ne ostvaruje trenutnim načinom izvođenja studijskog programa.

Dosadašnje iskustvo sa preduzećima gde studenti završavaju desetodnevnu obaveznu praksu, pojava velikog broja preduzetnika koji nemaju iskustva niti dovoljno znanja iz oblasti fotonaponskog pretvaranja energije sužava izbor ozbiljnih firmi gde bi se moglo sprovesti dualno obrazovanje.

Po ličnom mišljenju autora ovog rada, treba još da prođe nekoliko godina da se iskristalizuje stanje na tržištu preduzetnika koji se između ostalog bave fotonaponskim pretvaranjem energije. Dotle je misija profesora i inženjera strukovnih studija koji se zapošljavaju kod preduzetnika, da sa stečenim znanjem doprinesu povećanju korišćenja fotonaponskog pretvaranja energije u skladu sa pravilima struke.

6. LITERATURA

- [1] *Zakon o dualnom modelu studija u visokom obrazovanju*, Službeni glasnik RS, broj 66/2019.
- [2] Zoltan Čorba, Boris Dumnić, Vladimir Katić, Dragan Miličević, Bane Popadić, *Laboratorijske vežbe iz fotonaponskog pretvaranja energije na strukovnim studijama FTN*, XXII Skup Trendovi Razvoja – Nove tehnologije u nastavi, Zlatibor, 16.-19. 02. 2016.
- [3] Čorba Zoltan, *Laboratorijski praktikum, obnovljivi izvori električne energije – I deo*, FTN, Novi Sad, 2015.
- [4] *Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije*, "Sl. glasnik RS", br. 40/2021 i 35/2023.
- [5] *Pravila o radu distributivnog sistema*, ODS EPS Distribucija, jul 2017.
- [6] Internet stranica <https://nservisi.ftn.uns.ac.rs/>

ZAHVALNICA

Ovaj rad je podržan od strane Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, Departmana za eneregтику, elektroniku i telekomunikacije u okviru realizacije projekta pod nazivom: "Istraživanja u cilju unapređenja nastavnog procesa i razvoja naučno-stručnih oblasti Departmana za energetiku, elektroniku i telekomunikacije".