

*Alfredo Višković, Damir Crnković*

## **Transformacije elektroenergetskog sektora – novi poslovni model**

**Sažetak:** Na svjetskoj razini elektroenergetski sektor preuzima vodeću ulogu na području razvoja, transformacije i inovacije. Zadnjih godina tehnološki razvoj te sve prodornija primjena informacijskih i komunikacijskih tehnologija doveli su do tzv. ‘energetske tranzicije’, fenomena koji stvara nove tržišne prilike te revolucionira tradicionalne i ukorijenjene poslovne modele. Elektroenergetski sektor očekuje povoljna i stimulirajuća budućnost zahvaljujući sve značajnijem napretku tehnologije.

**Ključne riječi:** energetska tranzicija, elektroenergetski sustavi, integracija obnovljivih izvora energije, klimatske promjene, održivost

### **Uvod**

Kako bismo bolje shvatili transformacije i inovacije koje su se zbile u elektroenergetskom sektoru u zadnja dva desetljeća te poslovne modele koji ih karakteriziraju, posebice one koji predviđaju snažan razvoj, potrudit ćemo se uklopiti razvoj sektora u okvir elektroenergetskog sustava na globalnoj razini te ukazati na specifičnosti.

Energija je sve dominantniji faktor za društveni i ekonomski razvitak naroda. Ako grupiramo zemlje na osnovi dohotka, koristeći klasifikaciju Svjetske banke, moguće je uočiti izravnu vezu između energije i razvoja. S druge strane, čak i veza između energije i okoliša sve je veća te je nužna energetska politika

koja će biti odvojena od politike zaštite okoliša, politika u kojoj elektroenergetski sektor igra glavnu ulogu.

Analiziramo li razvojni trend [1], zaključujemo da je od početka XX. stoljeća svjetsko stanovništvo naraslo za 17 % te dostiglo broj od 7,5 milijardi, dok je potrošnja primarne energije rasla još brže (+35 %), a električne energije 53 %. Usprkos tako značajnom razvoju, 1,3 milijarde ljudi još uvijek nema pristup električnoj energiji, a od toga ih oko 600 milijuna živi u supsaharskoj Africi. To je jasan pokazatelj da je društveno-ekonomski napredak zaobišao velik dio svjetskog stanovništva, tako da pred elektroenergetskim sektorom i dalje stoje izazovi i prilike za doprinos globalnom razvoju.

Spomenuti trend rasta nastaviti će se i u budućnosti: tako se predviđa da će 2030. godine proizvodnja električne energije obuhvatiti gotovo 45 % primarnih energetske resursa. Očigledno je da na svjetskoj razini elektroenergetski sektor preuzima vodeću ulogu na području razvoja, transformacije i inovacije. Zadnjih godina tehnološki razvoj te sve prodornija primjena informacijskih i komunikacijskih tehnologija doveli su do tzv. 'energetske tranzicije', fenomena koji stvara nove tržišne prilike te revolucionira tradicionalne i ukorijenjene poslovne modele. [2]

## 1. Očekivani razvoj elektroenergetskog sektora

Evidentan je porast broja svjetskog stanovništva od početka stoljeća pa do danas, s predviđanjima do 2030. godine [3]. Treba napomenuti da u tom porastu, kao i onom potrošnje električne energije, uglavnom predvode zemlje u razvoju kod kojih je porast potrošnje veći od porasta broja stanovništva. Nasuprot tomu, potrošnja električne energije pokazuje brži rast u odnosu na primarnu energiju, potvrđujući fenomen koji će biti sve naglašeniji u budućnosti: središnju ulogu koju će električna energija sve više preuzimati u svjetskom ekonomskom i društvenom razvoju.

Ključni faktori za razumijevanje razvoja energetske sektora su sljedeći:

- porast broja stanovnika i rastuća urbanizacija
- porast životnog standarda, posebice u zemljama u razvoju
- sve veće posvećivanje pažnje smanjenju emisija CO<sub>2</sub>
- razvoj novih tehnologija u elektroenergetskom sektoru (obnovljivi izvori energije, hrana, IoT<sup>1</sup>, itd.)
- progresivno razdvajanje cijene električne energije od cijene nafte i plina

<sup>1</sup>IoT (engl. *internet of things*); *internet stvari*

- odstupanje, u prvom redu kod industrijski razvijenih zemalja, između povećanja BDP-a te kretanja potrošnje energije (tom fenomenu pogoduje sve veća uloga energetske učinkovitosti).

No, da bismo u potpunosti razumjeli budućnost elektroenergetskog sektora, potrebno je imati na umu da, za razliku od prošlih vremena, za inovacije u sektoru više nisu niti će biti zaslužne samo snažne tvrtke i javne institucije koje se bave istraživanjem i razvojem nego novi subjekti (tehnološki *start-up*<sup>2</sup>, *prosumer*<sup>3</sup>), korisnici proizvoda i usluga.

U takvom će kontekstu, kao i u drugim industrijskim sektorima, inovacija biti to uspješnija što bude više donosila prednosti, realnih ili percipiranih, krajnjim korisnicima. Da bi se postigao taj rezultat, nije dovoljno samo ulagati u razvoj novih tehnologija nego je potreban holistički pristup koji će identificirati nove modele interakcije s klijentima te koji će uključivati različita znanstvena područja: psihologiju, ekonomiju, komunikacije itd., odnosno postojanje marketinga koji neće biti usmjeren prvenstveno na postojeće stanje, nego će biti kreativan u percipiranju, razumijevanju, predviđanju te utjecati na pronalaženje novih rješenja koja će zadovoljavati potrebe klijenata. To je put koji će dovesti do stvaranja novih poslovnih paradigmi u odnosu na one tradicionalne.

No, krenimo redom te razjasnimo na koji način inovacije uvode promjene u elektroenergetski sektor, analizirajući pet osnovnih područja:

- proizvodnja električne energije
- visokonaponski prijenos (VN)
- distribucija srednjeg (SN) i visokog napona (VN)
- prodaja električne energije
- korištenje električne energije od strane krajnjih korisnika.

## 1.1. Proizvodnja električne energije

U tablici 1. prikazani su podaci koji se odnose na svjetsku proizvodnju električne energije u 2017. godini za vodećih 12 zemalja u svijetu, na koje se odnosi oko 70 % svjetske proizvodnje. Primjećujemo da je ukupna proizvodnja u prvim trima zemljama na popisu (Kina, SAD i Indija), gotovo jednaka zbroju svih preostalih. To je očit znak da svjetska energetska politika i politika zaštite okoliša ne mogu zanemariti što se događa i odlučuje u tim zemljama.

<sup>2</sup>engl. *start-up*; novoosnovano poduzeće

<sup>3</sup>engl. *prosumer* (kratica od *production by consumers*); osoba koja proizvodi i troši izrađevine

Tablica 1.: Svjetski elektroenergetski sektor: proizvodnja električne energije u 2017. godini u teravatsatima (TWh), ukupna svjetska proizvodnja iznosila je cca 23 400 TWh (izvor: World Energy Council, WEC, 2017.)

|          |      |              |     |
|----------|------|--------------|-----|
| Kina     | 5400 | Kanada       | 600 |
| SAD      | 4100 | Brazil       | 590 |
| Indija   | 1100 | Francuska    | 540 |
| Rusija   | 1050 | Južna Koreja | 520 |
| Japan    | 980  | V. Britanija | 340 |
| Njemačka | 600  | Italija      | 270 |

Promatramo li razvoj kombiniranih primarnih izvora energije korištenih na globalnoj razini u zadnjih petnaest godina, tablica 2., primjećujemo dvije važne makrotendencije:

- znatno smanjenje količine energije iz nuklearnih izvora zbog utjecaja odluka brojnih zemalja nakon katastrofe u Fukušimi
- znatno povećanje drugih obnovljivih izvora energije, posebice vjetra i fotonaponskih sustava
- postotak povećanja električne energije iz RES-a<sup>4</sup>, ali i fosilnih goriva
- porast obnovljivih izvora energije ne kompenzira smanjenje postotka nuklearne energije za proizvodnju iz resursa bez CO<sub>2</sub>.

Tablica 2: Tendencije svjetske proizvodnje električne energije iz različitih resursa u zadnjih 18 godina (izvor: International Energy Agency, IEA, 2017.)

| Resursi                  | 2001. |   |       | 2017. |   |       |
|--------------------------|-------|---|-------|-------|---|-------|
| ugljen                   | 38,7% | } | 64,7% | 40,8% | } | 66,7% |
| nafta                    | 7,4%  |   |       | 4,3%  |   |       |
| plin                     | 18,6% |   |       | 21,6% |   |       |
| nuklearna energija       | 17,1% |   |       | 10,6% |   |       |
| voda                     | 16,5% | } | 18,2% | 16,4% | } | 22,7% |
| biomasa                  | 1,1%  |   |       | 2,1%  |   |       |
| ostali obnovljivi izvori | 0,6%  |   |       | 4,2%  |   |       |

Također je važno spomenuti kretanje investicija u instalirane kapacitete u zadnjem desetljeću, koje bilježi vrhunac u investiranju u nove obnovljive kapacitete (isključujući velike hidroelektrane iznad 50 MW) u iznosu od 286 milijardi eura u 2015. godini: to je svojevrsan rekord s obzirom na to da prvi put prelazi iznos investiran u klasične termoelektrane. U tih je deset godina

<sup>4</sup>RES (engl. *renewable energy sources*); obnovljivi izvori energije

posebno došlo do prosječnog godišnjeg povećanja snage na području vjetroelektrana i fotonaponskih sustava – od 23 %, odnosno 51 %.

Takav razvoj vjetroelektrana i fotonaponskih sustava, u početku potaknut europskom politikom smanjenja korištenja ugljena, no danas proširen i u ostatku svijeta s Kinom na čelu, znatno je utjecao na rad elektroenergetskog sustava i s tehničkog i s tržišnog stajališta, a posebice u onim zemljama gdje je kvota instalirane snage iz obnovljivih izvora dosegla visok postotak nacionalnog *peak load*<sup>5</sup> (oko 100 % u Njemačkoj i Danskoj, te između 70 % i 50 % u Španjolskoj, Portugalu, Rumunjskoj, Urugvaju i Italiji).

Prirodna varijabilnost vjetra i Sunca te njihova ovisnost o godišnjem dobu, nametnuli su nove tehnološke izazove postojećim elektroenergetskim sustavima, kao na primjer: potreba za većim rezervnim kapacitetima zbog nepostojanosti, inverzija dotoka snage u primarne kabine koje u određene sate šalju snagu iz distribucijskog u prijenosni sustav te na kraju, veća fleksibilnost parka tradicionalne proizvodnje električne energije. Sve su te izazove, nakon određenih početnih poteškoća, uspješno riješili operateri prijenosnog sustava (OPS) i operateri distribucijskog sustava (ODS) vodećih razvijenih zemalja uvođenjem novih mrežnih tehnologija te izmjenama propisa koji upravljaju radom tržišta energije.

## 1.2. Prijenos i upravljanje elektroenergetskim sustavom

Sektor prijenosa i dispečinga posebice karakterizira uvođenje novih, sve naprednijih uređaja i aparata, kao i sustava za zaštitu, nadzor i *on-line* upravljanje kako bi se na ekonomičan, pouzdan i siguran način upravljalo elektroenergetskim sustavom u cjelini, uza sve veću primjenu informacijskih i komunikacijskih tehnologija, tzv. ICT-a. Svaki novi uređaj ili aparat koji se uključuje u mrežu sadrži senzore za komuniciranje / obradu pojedinih fizikalnih veličina koje, zahvaljujući sve intenzivnijem korištenju *deep learning*<sup>6</sup> tehnika, omogućuju sprečavanje kvarova te definiranje intervencija radi održavanja.

Istosmjerni prijenosni sustavi također se ubrzano šire, i unutar pojedinih zemalja, i povezivanjem na regionalnoj razini, zahvaljujući sposobnosti te tehnologije da smanji gubitke kod prijenosa te kontroli prenesene snage, što dodatno pridonosi uravnoteženju elektroenergetskog sustava. Takva kontrola ne može se u potpunosti postići tradicionalnim izmjeničnim prijenosnim sustavima.

<sup>5</sup>engl. *peakload*; vršno opterećenje

<sup>6</sup>engl. *deep learning*; duboko učenje (poznato i kao duboko strukturirano učenje ili hijerarhijsko učenje), dio je šire obitelji metoda strojnog učenja temeljenih na računalnom korištenju neuronskih mreža

Dakle, sve veća raširenost obnovljivih izvora (povezana sa značajnim smanjenjem troškova, zahvaljujući tehnološkom razvitku), sve će više tražiti nove dizajne tržišta (energije, kapaciteta i upravljanja) kako bi se jamčio adekvatan razvoj te djelotvorna integracija. Preinaka tržišnih modela dovest će do valorizacije pozitivnih učinaka (nulte emisije, a za neke zemlje i smanjenje uvoza primarne energije), kao i onih negativnih (varijabilnost i programabilnost) te će, zahvaljujući tehnologijama, iznjedriti nove naplative usluge (kontrola frekvencije, *demand response*<sup>7</sup>, itd.). Potreba da se na “redizajniranom” tržištu upravlja obnovljivim izvorima kao i aktivnim sudjelovanjem potražnje, dovest će do još uže interakcije prijenosnog i distribucijskog sustava sa sve integriranim sučeljem između OPS-a i ODS-a, pa čak i njihova mogućeg spajanja.

### 1.3. Distribucija

Distribucija srednjeg i visokog napona doživljava sve veću pervazivnost ICT-a što se tiče tehnologija i komponenti sustava za zaštitu, nadzor, kontrolu i mjerenje. U mnogim zemljama, uključujući distribucijski sustav u početku nije bio percipiran tako da povezuje velike proizvodne kapacitete, tako da je morao podnijeti – ponekad i pretrpjeti – povezivanje na svoju mrežu velikog broja obnovljivih postrojenja koja se ne mogu programirati (tzv. distribuirana energija ili DE).

Zbog širenja DE-a te spomenutog *demand responsea*, ODS-ovi su se od običnih “prenositelja” energije kupcima pretvorili u “upravljače” energije između proizvođača i potrošača, sa sustavima i nadležnostima koji su dosad spadali isključivo u domenu OPS-a.

S druge strane, presudna je bila i duboka preobrazba poslovnih procesa potaknuta uvođenjem inteligentnih digitalnih brojila (engl. *smart meter*), koji su postali nužni u različitim aspektima; kao glavni instrument za upravljanje niskonaponskom energijom (smanjenje energetske gubitaka, pravodobno uočavanje kvarova, poboljšanje kvalitete usluge, smanjenje troškova očitavanja, energetska učinkovitost), ali i za aktivno upravljanje krajnjih korisnika (primjena tarifa po satima, optimizacija potrošnje putem dijaloga s pametnim kućanskim

<sup>7</sup>engl. *demand response*; nastojanje prilagodbe potražnje potrošača – kupaca energije umjesto prilagodbe ponude – proizvodnje energetske postrojenja. Odgovor na potražnju je promjena u potrošnji električne energije korisnika kako bi se bolje uskladila mogućnost isporuke energije. Donedavno se električna energija nije mogla lako skladištiti pa su elektroprivredne tvrtke tradicionalno usklađivale potražnju i ponudu tako što bi smanjile stopu proizvodnje svojih elektrana, preuzele ili isključile proizvodne jedinice ili uvezile energiju. Postoje ograničenja u pogledu onog što se može postići na strani ponude jer je za neke proizvodne jedinice potrebno puno vremena da dođu do pune snage, neke jedinice mogu biti vrlo skupe za rad, a potražnja može ponekad biti veća od kapaciteta svih raspoloživih elektrana zajedno.

uredajima, olakšavanje sklapanja ili izmjene ugovora, limitiranje na potrošenu snagu te na kraju upravljanje kreditima daljinskim isključivanjem).

Uz obnovljive izvore i digitalizaciju, sljedeći je važan element u preobrazbi sektora električna mobilnost. To će sve više uključivati ugrađivanje sustava za “sporo” napajanje noćnih (kuća, garaža), dnevnih (na primjer, na radnom mjestu) te “brzih” sustava za napajanje s javnim točkama na cestama i javnim parkiralištima, kao i sustave za “ultrabrzo” napajanje na autocestama. Zbog tendencije proizvođača automobila da smanjuju obujam i masu ugrađenih komponenti, zbog učinkovitog rada automobila trenutačno se radi na razvoju stupića za brzo napajanje istosmjernom strujom čija se snaga kreće čak do 300 kW. Time se neće značajno povećati potrošnja energije, onoliko koliko je potreba investicija za povećanje transportnih kapaciteta distribucijskih mreža, posebice u gradskim područjima te pojedinim ključnim točkama mreže SN/NN. Radi smanjenja utjecaja na mrežu te optimizacije vršnih vrijednosti potrebne snage, također će biti od velike važnosti *smart* kontrola punjenja različitih vozila putem ugrađenih standardiziranih IT komponenti.

Zahvaljujući novih tehnologijama te *vehicle to grid*<sup>8</sup> (V2G) protokolima, baterije električnih automobila mogu imati značajnu ulogu i u V2G stabilizaciji i fleksibilizaciji mreže, funkcionirajući automatski pri ulazu ili izlazu energije ovisno o signalima o tržišnoj cijeni koje dobiva od upravljačkog centra.

Što se tiče raširenosti tehnologije pohranjivanja, potrebno je definirati nova pravila te verificirati troškove / koristi sustava, usporedno sa širenjem rješenja za distribuiranu pohranu (posebice ako su povezane s distribuiranom proizvodnjom iz obnovljivih izvora) koja, zahvaljujući očekivanim poboljšanjima u pogledu cijena i usluga, mogu brzo postati konkurentna u odnosu na tradicionalnu, centraliziranu proizvodnju. Ali, morat će se dobro odmjeriti troškove i koristi kako bi se pronašao pravi način za uvođenje investicija za stvaranje učinkovite suvremene distribucijske mreže koja, zbog širenja distribuirane pohrane u stambenim objektima, može biti nedovoljno iskorištena.

## 1.4. Krajnji korisnici

U svoj toj zbrci novih tehnoloških rješenja krajnji će korisnici imati sve veću ulogu u opskrbnom lancu – ne samo kao *prosumeri* nego i kao dobavljači usluga za regulaciju i fleksibilnost mreže (ukoliko je vlasnik V2G), te u konačnici glavni sudionik u procesu povećanja energetske učinkovitosti.

<sup>8</sup>engl. *vehicle to grid*; vozilo-na-mrežu, opisuje sustav u kojem električna vozila s priključkom, kao što su električna vozila s akumulatorom (BEV), *plug-in* hibridi (PHEV) ili električna vozila na vodikove gorivne ćelije (FCEV) komuniciraju s električnom mrežom u cilju pružanja usluge kao odgovora na potražnju (engl. *demand response*) ili povrata električne energije u mrežu.

Velik udio obnovljivih izvora energije u nacionalnom proizvodnom “miks” potaknut će korištenje učinkovitih tehnologija u kućanstvima. Na primjer, prijelaz na sustave električnog grijanja / hlađenja, poput toplinskih crpki, te smanjenje korištenja primarnih energetske resursa, istodobno će pridonijeti smanjenju troškova za krajnjeg korisnika te značajnom smanjenju emisija štetnih za okoliš. To će dovesti do još većeg prodora udjela električne energije u energetske sektoru utjecajem na globalni sustav te diferencijaciju kombinacije primarnih izvora. Tarifne politike povezane s potrošnjom električne energije bit će one koje će uvjetovati razvoj takvog tržišta.

Uz napredne tehnologije, širenja integriranih rješenja kućne automatizacije te *internet of things* određivat će efikasnu kontrolu funkcioniranja postrojenja i sustava u kućanstvima kao i javnim i industrijskim objektima. Prema logici Industrije 4.0<sup>9</sup>, kombinacija senzoričke i suvremenih sustava za kontrolu omogućit će postrojenjima uzajamno djelovanje, uzimajući u obzir prisutnost krajnjih korisnika, zahtjeve linija industrijske proizvodnje, trenutne uvjete tržišta električne energije, kao i signaliziranje cijena u realnom vremenu.

U tom će kontekstu rješenja Industrije 4.0 biti učinkovitija ne samo sa stajališta industrije nego i onog energetske potrošnje, koji će se automatski moći optimizirati uz značajnu korist za tvrtke.

Na kraju, utjecaj krajnjih korisnika na tržište električne energije neće se ograničiti samo na ulogu potrošača nego će se proširiti i na ulogu aktivnog sudionika koji pruža usluge mreži. Spomenuti novi *vehicle to grid* protokoli, razvoj električne mobilnosti te sve veće širenje baterija u kućanstvima (*Tesla power wall*<sup>10</sup>), kao i rješenja za *demand response*, omogućit će krajnjim korisnicima da pridonose stabilnosti i fleksibilnosti elektroprivrednog sustava, dobivajući za to ekonomsku naknadu. Takav će razvoj stvoriti nove poslovne mogućnosti i nove sudionike na tržištu. [4]

## 2. Jesmo li već uspjeli – kako planirati?

Transformacija je, dakle, iznimno intrigantna. Bogatstvo obnovljivih izvora može proizvesti 80 % električne energije razvijenih zemalja do 2050. godine s dobrim odnosom trošak – efikasnost i velikom ravnotežom između potražnje i ponude.

<sup>9</sup>**Industrija 4.0;** obuhvaća integraciju suvremenih informacijsko-komunikacijskih tehnologija (ICT) s konvencionalnom fizičkom proizvodnjom

<sup>10</sup>engl. *Tesla power wall*; podrazumijeva punjive litij-ionske baterije za stacionarnu pohranu energije koje proizvodi Tesla, Inc. Namijenjen je za, npr., rezervnu energiju kao odgovor na potražnju (engl. *demand response*), mikromreže, integraciju obnovljive energije, regulaciju frekvencije i kontrolu napona u električnoj mreži niskog napona (NN).

Slijediti sličnu budućnost oslobodilo bi nas problema koje prouzročuje ugljen, a vezani su uz rezerve, logistiku, javno zdravstvo, okoliš i klimu. Potrebne tehnologije za obnovljive izvore prilagodljive su, većinom serijski proizvedene i izgradive brže od velikih elektrana na ugljen i nuklearnih elektrana. Osim toga, zahtijevaju manje kapitala na kraća razdoblja i nude više mogućnosti reakcije na promjene. To smanjuje financijske rizike za komunalna poduzeća i za investitore. Iako je potrebno više studija i istraživanja, detaljno razrađeni modeli i eksperimenti koji se provode u cijelom svijetu uvjeravaju nas da centralizirani obnovljivi izvori mogu efikasno i pouzdano biti integrirani u elektroenergetsku mrežu, čak i u velikim razmjerima.

Transformacija ipak prouzročuje i nekoliko problema koji nas navode da budemo oprezni. Kao prvo, pravci i ostvarenje dalekovoda izazov su za cijelu zemlju. Kao drugo, sustav kojim dominira “miks” centraliziranih obnovljivih izvora rizičan je po pitanju sigurnosti i pouzdanosti: mrežu koja je snažno centralizirana i sustav prijenosa koji je osjetljiv. Kao treće, operativni i tehnološki uvjeti potrebni za postizanje budućnosti centraliziranih izvora daju temelje za nova postignuća elektroenergetskog sektora – onog u kojem je korisnik taj koji ima moć izbora i kontrole.

Različiti trendovi – rast decentraliziranih obnovljivih izvora, brza inovacija tehnologija za inteligentne mreže i povećana vrijednost prilagodljivosti mreže – stvaraju nove mogućnosti koje se tiču obiju strana električnog brojila. Uzmi-te u obzir tržište obnovljive energije. Globalna potražnja u brzom porastu tehnologija za električnu energiju proizvedenu iz obnovljivih izvora (prije svega iz postrojenja velikih razmjera), povećat će sveukupno iskustvo i to će donijeti prednosti ne samo velikim centraliziranim postrojenjima nego i onim malih razmjera. Na kraju krajeva, elektrana fotonaponskih solarnih panela sastavljena je od modula kakvi se instaliraju na naše krovove. To znači da će rastuće tržište centraliziranih obnovljivih izvora dovesti do smanjenja troškova i za lokalno raspoređenu proizvodnju.

Svaka regija ima neki potencijal obnovljivih izvora električne energije. Njihov sastav znatno se razlikuje od regije do regije, a neke, kao što su one bogate insolacijom, imaju velike *surpluse*<sup>11</sup> u usporedbi s prihvatljivim opterećenjem, dakle prekoračenja se mogu izvesti u regije manje bogate obnovljivim izvorima. Ti portfelji izvora za scenarij koji 80 % energije dobiva iz obnovljivih izvora pokazuju da korišteni obnovljivi izvori mogu znatno varirati na temelju zemljopisnog položaja. [5]

Inteligentna mreža olakšava integraciju centraliziranih obnovljivih izvora, a istodobno potiče širenje malih pogona proizvodnje među korisnicima i

<sup>11</sup> **surplus**, suficit, višak

interaktivnu potražnju. Potrošači će postati *prosumer* i raspolagat će s mnogo više načina uštede – i proizvodnje – energije i novca.

Aktualni pristup odozgo prema dolje, sustav ‘jedinstvene veličine’ mogao bi se u budućnosti početi transformirati u sustav sitnije strukture, izrazito raznolik, više usmjeren na korisnika, i to bi moglo ubrzati prelazak sa snažno reguliranih tržišta na konkurentnija i otvorenija tržišta energije. Stoljeće star lanac vrijednosti elektroenergetskog sektora mogao bi se transformirati u složenu mrežu vrijednosti, unutar koje su tradicionalne uloge manje definirane. Tradicionalna regulacija temeljena na trošku usluge i gospodarski model “prirodnog monopola” bili bi stoga izbrisani.

Ustvari, elektroenergetski sustav razvijenih zemalja mogao bi doći do prekretnice koja bi mogla dubinski protresti tradicionalni gospodarski model. Hoće li dobiveni sustav biti siguran, zaštićen, pouzdan i održiv? Iako odgovor na ta pitanja prelazi sposobnosti predviđanja najboljih stručnjaka, trebat će ipak pokušati opisati sheme koje se javljaju u tom revolucionarnom sustavu.

### 3. Završna razmatranja i zaključci

Zadnjih je dvadeset godina elektroenergetski sustav doživio veliku tehnološku i tržišnu preobrazbu, uz tradicionalne dinamike sustava i brojne rasprave, potaknute često naglim i nemilosrdnim tehnološkim napretkom.

Nezaustavljiva tendencija širenja distribuirane energije, a uskoro i širenje sustava za pohranjivanje u kućanstvima, razvoj električne mobilnosti, kao i usmjerenost sve većoj energetske učinkovitosti zahvaljujući rješenjima IoT i “Industrija 4.0”, sve više će dovoditi u središte krajnjeg korisnika, koji je zasad tek pasivni promatrač. Krajnji korisnik, privatni ili poslovni, koji svojim odabirima postaje sve aktivniji sudionik na tržištu, koji samostalno proizvodi električnu energiju, koji odlučuje o tome kako i kad će je trošiti ili prodavati, koji pruža dragocjene usluge mreži. [6]

Paralelno s takvom “dominacijom” krajnjeg korisnika pojavit će se i nove poslovne prilike, nove uloge i sudionici na tržištu prodaje električne energije i popratnih usluga. Širenje obnovljivih izvora energije i pohranjivanja dovest će do toga da elektroprivredni sektor bude sve dominantniji u ekonomiji s ‘nultim marginalnim troškovima’, gdje se konkurencija neće temeljiti samo na cijeni robe nego sve više na uslugama koje se nude.

U središtu svih tih preobrazbi u sektoru nalazi se i nalazit će se sve veće širenje ICT-a, koje može otvoriti i nove još neistražene horizonte. Budući da nam je na raspolaganju sve veći broj podataka koji se dobivaju iz komponenti povezanih s električnim sustavom te iz rada samog sustava, bit će moguće pristupiti informacijama i uslugama izvan jezgre poslovanja tvrtki, čija će se djelatnost

proširiti od puke isporuke energije i na prodaju informacija te dodatne usluge. Danas giganti digitalne industrije poput Googlea ili Facebooka legalno prodaju podatke o svima nama u obliku navika čitanja, interesa, kupovine robe. Tko može tvrditi da kompanije neće postati budući Google? Mogle bi prodavati podatke o našim navikama potrošnje i mobilnosti proizvođačima dobara radi stvaranja sve naprednijeg i personaliziranog marketinga. Upravo potonje dovodi u krizu postojeća elektroprivredna poduzeća [7]. Ne smijemo zaboraviti da prijelaz na digitalno mora računati i na potencijalni rizik od *cyber* napada.

Napokon, potrebno je imati globalnu viziju koja će uzeti u obzir velik nerazmjer između uvjeta elektroenergetskih sustava te tržišnih propisa različitih zemalja. Bez sumnje je entuzijastično govoriti o sadržaju termina *digital innovation*<sup>12</sup> te inovativnim uslugama za razvijene kupce, no treba imati na umu da će nove tehnologije imati ključnu ulogu u rješavanju dramatičnog problema više od milijarde ljudi u svijetu koji još uvijek nemaju pristup električnoj energiji.

Elektroenergetski sektor očekuje briljantna i stimulirajuća budućnost zahvaljujući sve značajnijem napretku tehnologije. Ipak, ograničenje efektivnog napretka neće biti tehnologija, nego konkretna volja dioničara da se pravodobno prilagode sustavu propisa koji vladaju sektorom, te istodobno sposobnosti tržišnih sudionika za osmišljavanje novih poslovnih modela. U konačnici, jedino ograničenje razvoja bit će sposobnost razumijevanja te pravodobnog usmjerenja razvoja sektora prema globalno održivim ciljevima. Energija koja će biti održiva, sigurna, ekonomična te iznad svega dostupna svima u svijetu!

## Literatura

- [1] CIA World Factbook, *Indeks razvoja s obzirom na intenzitet elektrifikacije u svijetu*, 2009.
- [2] Višković A.: Uvod u povijest i politike energetske tranzicije, PIFT, Zagreb, 2019.
- [3] IEA, UN, *Globalno kretanje svjetskog stanovništva, energetske potrošnje te potrošnje električne energije od početka stoljeća pa do danas te prognoze do 2030. godine*, 2016.
- [4] Gonen T. i Mahmoud A. A.: Bibliography of Distribution System Planning, *IEEE Trans. Power Apparatus and Systems*, PAS-102(6), 1983., str. 1778-1787.
- [5] Amory B. Lovins, *Reinventing Fire. Bold Solutions for the New Energy Era*, Rocky Mountain Institute, USA, 2011.
- [6] WEC-CESI, *Variable renewables integration in electricity system: how to get it right*, [http://cesi.it/ideas/ideas/Documents/Variable-Renewables-Integration-in-Electricity-System-2016-How-to-get-it-right\\_-Full-Report-1.pdf](http://cesi.it/ideas/ideas/Documents/Variable-Renewables-Integration-in-Electricity-System-2016-How-to-get-it-right_-Full-Report-1.pdf), 2016.
- [7] Višković A.: Europska integracija i nova paradigma konkurencije: reformirati elektroprivredna poduzeća, PIFT, Zagreb, 2018.

<sup>12</sup>engl. *digital innovation*; primjena novih tehnologija u poslovanju

## Transformation of the electro-energy sector – new business model

*Alfredo Višković, Damir Crnković*

**Abstract:** At the global level, the power sector takes a leading role in the field of development, transformation and innovation. In recent years, technological development and ever-expanding use of information and communication technologies have led to so-called ‘energy transition’, a phenomenon that creates new market opportunities, and revolves traditional and entrenched business models. The power sector expects a brilliant and stimulating future thanks to the increasingly significant progress of technology.

**Keywords:** climate change, energy transition, electricity systems, renewables integration, sustainability.