

DISTRIBUCIJA ELEKTRIČNE ENERGIJE OD INDUSTRIJSKOG DOBA DO DRUŠTVA ZNANJA

Prof. dr. sc. Slavko Kr aj c a r, Zagreb

UDK 621.316.1
PREGLEDNI ČLANAK

Dan je pregled distribucijske djelatnosti od početka primjene električne energije do danas. Osim povijesnih činjenica u članku se opisuju i procesi liberalizacije tržišta električne energije i njihovi utjecaji na budućnost distribucijske djelatnosti. Raspravljaju se smjernice za planiranje razdjelnih mreža kao i smjernice za planiranje usluga koje će se u budućnosti javljati u distribucijskoj djelatnosti.

Ključne riječi: distribucija, razdjelne mreže, liberalizacija, elektroenergetika.

Dug je bio put razvoja elektrotehničke misli od prvih spoznaja o privlačnoj moći magneta i električnom naboju jantara do gradnje prvih električnih postrojenja namijenjenih gospodarski isplativoj eksploataciji. Autori povijesnica opisuju razne značajne datume u razvoju proizvodnje, prijenosa i distribucije električne energije. Svakako je s današnjeg gledišta najznačajnije otkriće električnih i magnetskih polja, te fenomena elektromagnetske indukcije, na kojima se danas zasniva rad svih konvencionalnih izvora električne energije, ali i trošila.

U zadnjoj četvrtini devetnaestog stoljeća započinje razdoblje značajnijeg korištenja električne energije i to najprije s generatorima istosmjerne struje. Glavna su trošila pritom bila električne žarulje, u to vrijeme u konkurenciji s u gradovima raširenom plinskom rasvjetom. Problem ograničenog prijenosa istosmjernom strujom na male udaljenosti rješavao se izgradnjom elektrana (centrala) nedaleko od mjesta potrošnje. Problem prijenosa na veće udaljenosti, ali i distribucije električne energije, riješen je otkrićem generatora izmjenične struje i transformatora krajem 19. stoljeća, čime su se izvori električne energije pomakli iz središta potrošnje prema mjestu gdje se nalazi primarni energent (u to vrijeme najčešće vodotoci). To su prvi začeci elektroenergetskog sustava, odnosno distributivnih sustava kakve danas poznamo.

Razvoju izmjeničnog sustava snažnu je potporu dao izum okretnog magnetskog polja (N. Tesla, 1888. godine izmjenični dvofazni sustav, odnosno kasnije M. von Dolivo-Dobrowolski, trofazni sustav) koji je omogućio značajnu primjenu električne energije za mehaničke potrebe (električni motori). U izum gotovo jednakog značenja možemo ubrojiti i žarulju s volframovom žarnom niti (hrvatski pronalazač F. Hanaman

zajedno s A. Justom -1903. godine), koja je uz neznatna poboljšanja i danas u širokoj uporabi.

Gotovo istodobno sa svijetom i na tlu današnje Hrvatske razvijaju se sustavi za opskrbu potrošača električnom energijom. Govorimo li samo o izmjeničnim sustavima, tada je prvi sustav s jednofaznom izmjeničnom elektranom sagrađen u Rijeci (1892.), a bio je namijenjen za pogon dizaličnih motora u riječkoj luci s generatorskim naponom (2000 V) te transformacijom na 100 V i za rasvjetu. Još poznatiji jest dvofazni sustav na rijeci Krki 1895. godine s prijenosom do Šibenika i distribucijom po samom gradu, pušten u pogon svega nekoliko dana kasnije od poznatog sustava na rijeci Niagari u SAD-u.

Treba napomenuti da je gotovo paralelno s razvojem elektotehnike na ovom području započelo i školovanje kadrova za njeno korištenje. Spomenimo samo nekoliko povijesnih podataka. 1877. godine u Zagrebu je osnovan »Klub inžinira i arhitekata«, 1882. godine osniva se Obrtna škola, koja odgaja znamenite graditelje, 1898. i 1903. godine započelo je osnivanje Tehničke visoke škole u Zagrebu, ali ona s radom započinje tek 1919. godine. Ta škola 1926. godine ulazi kao Tehnički fakultet u sastav Sveučilišta u Zagrebu.

Prvi primjeri javne elektrifikacije u Hrvatskoj javljaju se devedesetih godina devetnaestog stoljeća, desetak godina iza takvih pojava u svijetu. Javna se elektrifikacija u početku odnosila samo na rasvjetu ulica, trgova i obala. Naravno, u to su vrijeme svi ti mjesni sustavi bili odvojeni i tako je ostalo sve do kraja Prvog svjetskog rata. U to su se vrijeme ravnopravno razvijali i istosmjerni i izmjenični sustavi, kao i sustavi s javnom ili mješovitom namjenom. Kraj Prvog svjetskog rata današnja Hrvatska dočekuje s oko 65 MW električne snage. Oko 70% elektrana industrijske je namjene,

10% mješovite, a oko 20% čisto javne namjene. Elektrifikacija se polako širi i do tridesetih godina dvadesetog stoljeća Hrvatska ima instaliranog kapaciteta oko 150 MW u dvjestotinjak pojedinačnih proizvodnih cjelina. Začetkom pravog elektroenergetskog sustava možemo smatrati povezivanje dvije hrvatske elektrane. Međusobno su 1930. godine povezane dvije elektrane: termoelektrana u Zagrebu i hidroelektrana u Ozlju dalekovodom 30 kV, te su izgrađene dvije distribucijske transformatorske stanice 30/10 kV, Kerestina (za Samobor) i Cvetković (za Jastrebarsko). Za potrebe upravljanja, kupnje i prodaje električne energije formirano je poduzeće Udružene električne centrale (UEC). Iako je gospodarska kriza tih godina zahvatila i naše krajeve, posao na elektrifikaciji se, iako usporeno, nastavlja. Tako se 1934. godine u Zagrebu održava Prvi elektrotehnički kongres s ciljem promicanja uporabe električne energije. Zanimljivo je da se već na tom kongresu razmatra utjecaj potrošnje električne energije po stanovniku (iznosio je 56 kWh) na nacionalni proizvod. U to je vrijeme država smatrala električnu energiju luksuzom i veliki je dio cijene za potrošače bio opterećen trošarinama, što je bitno usporavalo priključenje novih potrošača.

Iako uz poteškoće, elektrifikacija se postupno širila. Ulogu planskog širenja preuzima Banovinsko električno poduzeće (BEP, osnovano 1938. godine). Zbog rata i nedostatka sredstava BEP (kasnije DEP) bavi se gotovo isključivo samo izgradnjom distributivnih mreža. Kraj Drugog svjetskog rata dočekuje se s potrošnjom od 224 GWh električne energije, s nekoliko odvojenih elektroenergetskih sustava, s 13% elektrificiranih naselja i 26% elektrificiranih kućanstava.

Godine 1945. ulogu jedinstvenog električnog poduzeća preuzima ELPOH (Električno poduzeće Hrvatske) koji se brine o daljnjoj elektrifikaciji. Snažan zamah u elektrifikaciji daje tadašnja država. To je vrijeme formiranja prvih poduzeća po distributivnim područjima i samorganiziranja na razini naselja i mjesta, a u svrhu elektrifikacije. Godine 1955. potrošnja iznosi 1076 GWh, količina elektrificiranih naselja 36%, a kućanstava 46%. Zbog nagle elektrifikacije, ali ne i istodobne izgradnje izvora javljaju se i prve redukcije. Elektrifikaciju izvode hrvatski stručnjaci obrazovani na hrvatskim visokoškolskim i srednješkolskim ustanovama. Značajna poduzeća koja obavljaju te poslove su: Institut za elektroprivredu, Elektroprojekt, Dalekovod i Končar, te lokalne distribucije. 1956. godine Tehnički se fakultet razdvaja na nekoliko samostalnih fakulteta, među njima i Strojarsko-brodograđevni fakultet i Elektrotehnički fakultet, koji školuje pretežni dio visokostručnih tehničkih kadrova za potrebe elektroprivrede. Krajem 1960. potrošnja je dosegla 1943 GWh (469 kWh po stanovniku), 57% elektrificiranih naselja i 63% kućanstava. Kraj 1965. godine Hrvatska dočekuje s potrošnjom od 3115 GWh, 80% elektrificiranih mjesta i 81% kućanstava.

Prijelaz s planskog na indikativno planiranje, velika inflacija, nerealna cijena električne energije, naftna

kriza, depresija, izgradnja objekata proizvodnje u drugim državama, velike redukcije i sl. osnovne su karakteristike razdoblja od 1965. do 1975. godine. Kraj razdoblja dočekuju: potrošnja 8200 GWh, 98% elektrificiranih naselja i 97% kućanstava. Kraj ovog razdoblja značajan je i po tome što elektroenergetski sustav postaje dio europskog sustava UCPTE. U ovom su razdoblju u Hrvatskoj osnovana tri nova Sveučilišta, 1973. godine u Rijeci, 1974. godine u Splitu i 1975. godine u Osijeku, sa svojim odjelima tehnike.

U razdoblju od 1975. do 1990. godine značajnije se grade izvori za podmirenje potrošnje, smanjuju se redukcije, uvodi se 400 kV napon, uvodi se sustav daljinskog vođenja na razini Hrvatske, uvodi se dugoročno planiranje distributivnih mreža, izgrađuju se dispečerski centri u distribucijskim područjima, planski se poboljšavaju razdjelne mreže bilo interpolacijama novih 110/x kV-nih transformatorskih stanica bilo uvođenjem dvostupanjske transformacije s 10 ili 20 kV-nim naponom te potpuna elektrificiranost. Kraj tog razdoblja dočekujemo s 14800 GWh potrošnje, s 4500 km vodova 35 kV, 27000 km vodova 10 kV i 58000 km niskonaponskih vodova. Ukupna instalirana snaga transformatora u niskonaponskoj mreži iznosi 4600 MVA u skoro 20000 transformatorskih stanica. U tehničkom smislu ovo razdoblje možemo sigurno nazvati »razdoblje tehnički moderne distribucije električne energije«.

Razdoblje od 1990. godine do danas prije svega karakterizira suverenost i neovisnost hrvatske države, pa time i stručna i organizacijska odgovornost hrvatske elektroprivrede kao jedinstvenog poduzeća za proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije. Ovo razdoblje, nažalost, karakterizira i razdoblje Domovinskog rata i štete koje su na svim postrojenjima u područjima ratnih sukoba nastale, smanjenje potrošnje električne energije ali i promjena konzumnih karakteristika, veliki gubici električne energije na distribucijskoj razini i zastarjela mreža. Kraj ovog razdoblja obilježavaju: gotovo 14000 GWh potrošnje električne energije godišnje, 34000 km vodova srednjeg napona i 80000 km vodova niskog napona, 22000 postrojenja srednjeg i niskog napona i gotovo 11000 MVA instalirane snage.

Iako su sva razdoblja koja se navode u ovom kratkom stoljetnom pregledu zasigurno jednako važna i kroz sva se ta razdoblja zadaća distributivnih poduzeća nije bitno mijenjala, a to je da u dovoljnim količinama, pouzdano, kvalitetno i po ekonomski prihvatljivoj cijeni dobavlja električnu energiju, naglasak na jedinu sastavnicu te zadaće ipak se mijenjao kroz razdoblja. Bez da se detaljno razmatra, gotovo da su se naglasci mijenjali upravo slijedom kako su i navedeni dakle, od važnosti količina ka važnosti cijene. Iako se teško može razdvojiti svaku od sastavnica, zbog njihove međusobne prožetosti, ipak možemo količinu, pouzdanost i kvalitetu nazvati pretežno tehničkim sastavnicama, dok cijenu možemo nazvati gospodarskom (ekonomskom) sastavnicom. Važnost ove potonje

obilježila je zadnje desetljeće svjetskih elektroprivreda, a još će značajnije obilježiti budućnost.

Kao što je poznato, u ozračju opće globalizacije svjetske ekonomije i suvremenih trendova liberalizacije i privatizacije, elektroenergetski sustavi širom svijeta prolaze kroz procese temeljitih reformi. Elektroenergetski sustav, od nastanka pa do kraja prošlog stoljeća, konzervativan i strogo reguliran, postaje otvoren prema tržišnim ponašanjima, gdje konkurencija i slobodan odabir čine pretežita načela funkcioniranja. Osnovni motivi liberalizacije su: smanjenje cijene električne energije poticanjem konkurencije, povećanje učinkovitosti sustava ukidanjem subvencija za pojedine djelatnosti, privlačenje kapitala, smanjenje državnih dugova privatizacijom i izbjegavanjem ulaganja kao i svjetski trend. Iako je to globalni proces, motivi u razvijenim i tranzicijskim zemljama su različiti. Dok u razvijenim dominira povećanje učinkovitosti, u tranzicijskim dominiraju privlačenje kapitala, smanjenje zaduženosti i usklađivanje s međunarodnim zahtjevima.

Nerestrukirani elektroenergetski sustav, najčešćeg naziva »okomito integriran elektroenergetski sustav«, sustav je u kojem potrošač (kupac) komunicira jedino sa sustavom. U takvom sustavu elektroprivrednu djelatnost najčešće obavlja jedna tvrtka koja je monopol na svom opskrbnom području, gdje nema konkurencije izvan i unutar tvrtke, vlasnički i/ili poslovno kompanija je pod kontrolom države, poslovanje nije utemeljeno na ekonomskim načelima (posebice cijena električne energije) i cilj je tvrtci isporuka dovoljnih količina električne energije. Za elektroenergetski sustav, prateći tok energije, možemo kazati da je to interaktivni lanac različitih tehnološko-ekonomskih sudionika i to: proizvodnje, veleprodaje, prijenosa, distribucije i maloprodaje električne energije. Pojedini sudionici u tom lancu prirodni su monopol (prijenos i distribucija), dok se na ostale može primijeniti model tržišnog poslovanja. U takvom sustavu elektroprivrednu djelatnost obavlja više tvrtki (mješovitih i/ili privatnih vlasnika), potrošači električne energije postaju kupci, svi sudionici posluju po ekonomskim načelima dok rad sustava nadzire regulatorno tijelo. Takav se sustav naziva »liberalizirani elektroenergetski sustav«. Prijelaz iz stanja okomito integriranog u liberalizirani sustav složen je proces i zahtijeva snažnu regulativu i poželjno je da procesi budu postupni (npr. od uspostave transparentnog poslovanja, preko konkurencije u proizvodnji do postupnog uvođenja konkurencije u opskrbi uz ravnopravan pristup svih elektroprivrednih subjekata infrastrukturi sustava - prijenosu i distribuciji). Iako je proces liberalizacije započeo sa spot tržištem u Norveškoj sedamdesetih godina dvadesetog stoljeća, zatim privatizacijom 1985. godine u Čileu, značajan pomak učinjen je tek 90-tih u Engleskoj i Direktivom o zajedničkom elektroenergetskom tržištu (direktiva 96/92/EC) u Europi. Liberalizacija za Europu postupan je proces koji je započeo 1999. godine (osim za Belgiju, Irsku i Grčku kojima je rok

pomaknut za jednu odnosno dvije godine) i to tako da se tržište najprije otvara za tzv. velike potrošače (26% godišnje potrošnje) pa postupno prema manjima (35% udjela do 2003. godine). Početak primjene Direktive u europskim zemljama zbiva se na razini prijenosa (prosječan potrošač jest onaj koji potroši više od 40 GWh godišnje i spada u kategoriju povlaštenog). U Hrvatskoj taj je problem znatno složeniji jer bi otvaranjem tržišta za 26% potrošnje ta granica bila svega .25 GWh i obuhvatila bi tisuće potrošača na distribucijskoj razini, a ne na prijenosnoj.

Europskom direktivom predviđena su tri modela izravnog pristupa potrošaču preko distributivnog sustava i to: regulirani otvoreni pristup mreži (tarife za distribuciju električne energije su poznate i objavljene), dogovoreni otvoreni pristup (okvirne su tarife poznate i na temelju njih se dogovaraju konačne) i natjecanje za lokalne franšize (natjecanje za pravo opskrbe potrošača električnom energijom na određenom području, a temeljem natječaja. Ovaj se model zbog svog ograničenja često naziva i »natjecanje za tržište«, a ne »tržišno natjecanje«). Najveći broj europskih zemalja odlučio se za regulirani otvoreni pristup mreži, a samo nekoliko za neregulirani (Danska, Njemačka i Grčka). Otvorenost tržišta kreće se od obveznih 26% (Francuska) pa do 100% (npr. Njemačka, Engleska, Finska i Švedska). Pritom ipak treba razlikovati »stvarnost« od same »stvarnosti primjene Direktive«.

Prema direktivi, države su slobodne u odabiru metode za određivanje distribucijskih (i prijenosnih) tarifa. Najjednostavnija je metoda »poštanske marke«, gdje je cijena neovisna o mjestu ulaska i izlaska. Metoda koja bolje reflektira troškove transporta jest metoda koja procjenjuje marginalne troškove prijenosa pomoću poznatog »prijenosnog modela«. Ta se metoda primjenjuje u Engleskoj. U Njemačkoj se pak primjenjuje metoda »kW kilometra«, gdje su troškovi povezani s troškovima puta između prijamne i predajne točke. Naravno, a u ovisnosti od željenog cilja, moguća je primjena i mješovitog modela.

Nastavak primjene Direktive zbiva se Amadmanima na Direktivu 96/92/EC koji predviđaju daljnju liberalizaciju. Zemlje članice EU dužne su do 1. siječnja 2003. godine uskladiti svoje zakonodavstvo i osigurati svim potrošačima mogućnost izbora svog dobavljača električne energije do 1. siječnja 2005. godine.

Budući da je liberalizacija ipak nepovratan proces valja razmisliti koje će zadaće imati distributivna djelatnost u sljedećim godinama, bez obzira na brzinu i način koji izabere Hrvatska. Neosporno je dakle da će se današnja distribucijska djelatnost po sadržaju i zadaćama u budućnosti bitno mijenjati. Neosporno je nadalje i to da će se postojeća distribucijska djelatnost razdvojiti barem na dvije funkcije. Prva, funkcija pružanja infrastrukture za distribuciju električne energije i druga, funkcija maloprodaje električne energije. Slični procesi zbivaju se i u drugim područjima donedavno također monopolističkim (npr. telekomunikacije).

Pod pretpostavkom da je sustav dovoljno izgrađen, te da ne postoje ograničenja za prijenos snage i da su naponske prilike unutar propisanih (što za sada možda u Hrvatskoj nije potpuno ostvareno), zadaće prve funkcije ukratko se mogu opisati kao: »gospodarenje raspoloživošću električne energije (outage management)«, ili »utvrđivanje i provođenje mjera unutar sustava kojima se smanjuje vrijeme u kojem je potrošač bez opskrbe električnom energijom uzimajući u obzir ekonomske čimbenike vezane uz neisporučenu električnu energiju i snagu, te troškove implementacije takvih mjera«. Zbog ukorijenjenog mišljenja, kao posljedice monopola elektroprivredne djelatnosti, zatim nepoticanja ekonomskog pristupa distribuciji električne energije, ova će zadaća stvarati velike poteškoće u dosizanju razine koju nalazimo u razvijenim zemljama, i to kako u potrebnom znanju tako i nužnoj promjeni ponašanja i managementa i razvojnih inženjera. Napuštanjem ideje »najmodernije rješenje i rješenje za desetljeća unaprijed«, uz kvalitetno prenošenje iskustva iz razvijenih zemalja, te nužno dodatno obrazovanje svih zaposlenika može se to vrijeme bitno skratiti. Planiranje razvoja razdjelnih mreža korištenjem modela »najmanjeg troška« zamijenit će model »integralnog (sveobuhvatnog) planiranja«, kojim će biti obuhvaćene i moguće mjere na strani potrošača. Upravljanje poslovanjem distributivnih poduzeća bit će strogo regulirano zbog prirodne monopolističke pozicije.

Liberalizacijom distribucijske djelatnosti otvara se potpuno novo područje pružanja usluga korištenjem razdjelne mreže. Već spomenuta maloprodaja električne energije samo je jedna i to naslijeđena iz osnovne funkcije elektroprivredne djelatnosti. Pozicija te poduzetničke aktivnosti sasvim je nova i nije je nužno uspoređivati s dosadašnjom. U tom će se području javljati sasvim nove usluge koje danas ne možemo ni naslutiti, a koristeći pogodnost da razdjelna mreža dolazi »u svaku kuću«, koji privilegij nema niti jedan drugi distributer. Ono što možemo spoznati za danas jest prijenos informacija, a sutra? Materija? Možda nam u tom smislu mogu poslužiti riječi astronoma Carla Segana: »Predviđanje koje mogu načiniti s najvećom sigurnošću jest činjenica da će najčudesnija otkrića biti ona koja danas ne možemo ni zamisliti«.

LITERATURA

- [1] Z. ZMIJAREVIĆ, S. KRAJCAR, D. ŠKRLEC: "Outage Management", Treći simpozij o elektrodistributivnoj djelatnosti, Zbornik radova, HK CIGRE, Šibenik, travanj 2000.
- [2] V. MULJEVIĆ: "Razvitak i dostignuća tehničkih područja u Hrvatskoj", Zbornik radova, Sveučilište u Zagrebu, rujan 1994.

- [3] Stoljeće Hrvatske elektroprivrede, Monografija, HEP, Zagreb, 1995.
- [4] A. ĆURKOVIĆ: "Uvjeti i način uključivanja samostalnih proizvođača električne energije u hrvatski elektroenergetski sustav", Doktorska disertacija, FSB, Zagreb, siječanj 2001.
- [5] Directive 96/92/Ecof the European Parliament concerning common rules for the internal market in electricity, europa.eu.int, Brussels, 1996.
- [6] Amending Directive 96/92/Ecof the European Parliament concerning common rules for the internal market in electricity, europa.eu.int, Brussels, 2001.

ELECTRIC ENERGY DISTRIBUTION FROM INDUSTRIAL AGE TO A SOCIETY OF KNOWLEDGE

The paper presents an overview of the distribution activities from the beginning of electric energy use until today. Apart from historical facts there is also a description of the electricity markets' liberalisation procedures and their influence on the future of the distribution activities. Discussed are the distribution network's planning guidelines as well as guidelines for future services included in the distribution activities.

DIE STROMVERSORGUNG VON DER INDUSTRIELLEN EPOCHE BIS ZUR WISSENSCHAFTSGESELLSCHAFT

Im Artikel ist die Übersicht der Stromversorgung vom Anfang an bis zur Gegenwart gegeben. Neben den geschichtlichen Umständen werden auch die Vorgänge der Einführung des freien Marktes der elektrischen Energie und deren Einflüsse auf die Zukunft der Stromversorgung. Es werden Richtlinien für die Planung der Versorgungsnetze und die Planung jener Dienstleistungen erörtert, welche künftig in der Stromversorgung vorkommen werden.

Naslov pisca:

Prof. dr. sc. Slavko Krajcar
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Zavod za visoki napon i energetiku
Unska 3
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 2001-04-04.