

Rad po pozivu

ENERGETSKA EFIKASNOST U KONTEKSTU ŠIRE PRIMENE INTELIGENTNIH ELEKTROENERGETSKIH MREŽA

Nikola Rajaković, *Elektrotehnički fakultet u Beogradu*

Sadržaj – Poboljšanje pokazatelja energetske efikasnosti širom primenom inteligentnih mreža prate specifične teškoće i slabosti, ali i šanse i prednosti. Visok nivo uzajamne povezanosti proizvodnje i potrošnje energije, kao polazna pretpostavka za višu energetska efikasnost i ostale pozitivne efekte, svojstven je primeni inteligentnih mreža. Investicione odluke u vezi sa širim korišćenjem inteligentnih mreža treba da se donose u skladu sa regulativom koja uvažava i tehničke i ekonomske aspekte. Upoređenje efekata primene mera direktne energetske efikasnosti na strani potrošnje i mera sistemske energetske efikasnosti primenom inteligentnih mreža, zasnovano je u ovom radu na simulaciji u programskom alatu HOMER. Karakteristični primer uključuje odabrani modul potrošnje sa klima uređajima i proizvodnjom električne energije iz fotonaponskih panela. Rezultati na mesečnom nivou pokazuju pozitivne efekte upravljanja opterećenjem klima uređaja u smeru smanjenja vršne snage i u pogledu razmene energije sa eksternom mrežom (varijanta sa korišćenjem inteligentnih mreža), dok u slučaju direktne primene mera energetske efikasnosti na strani potrošnje (nabavka energetski efikasnijih uređaja) kao tipičan rezultat može da se dobije porast vršnog opterećenja zbog povećanja predate energije mreži, energije koja se proizvede iz fotonaponskih panela.

1. UVOD

Detaljnija analiza energetske efikasnosti, koja ne sagledava samo skup mera na strani proizvođača ili potrošača [3] [4], već efikasnost na celom toku konverzije energije od primarne do finalne, uključujući i gubitke, pokazuje da inteligentne mreže sa svojim velikim potencijalom omogućavaju osetno kvalitetniju primenu mera energetske efikasnosti delom i zato jer se smanjenjem vršnog opterećenja smanjuju gubici u prenosu energije [5], a delom i zato što su nadzor i upravljanje energetskim procesima na osetno višem nivou, posebno na srednjenaponskom i niskonaponskom nivou.

Ključni aspekt primene inteligentnih mreža u cilju poboljšanja energetske efikasnosti može se svesti na zadatak da akvizicija podataka i informacija od strane potrošnje može uspešno da se iskoristi za upravljanje proizvodnjom iz obnovljivih izvora energije s jedne strane, a s druge, inteligentna mreža omogućava da se potrošnjom tako upravlja na dnevnom nivou, da za istu količinu dnevno potrošene energije vršna opterećenja (pikovi potrošnje) budu niža. Uvođenje podsticajnih mera (novčanih naknada za učestvovanje u smanjenju vršnih opterećenja) postaće deo optimalnog funkcionisanja sistema, a od inteligentnih mreža se očekuje da bitno doprinesu poboljšanju performansi energetske efikasnosti i zaštite životne sredine (upravljanje resursima). Drugim rečima energetska efikasnost na strani proizvodnje je spregnuta sa upravljanjem potrošnjom.

Uporedni prikaz osnovnih slabosti, teškoća, šansi i prednosti dobar je način da se sagledaju projekti energetske efikasnosti u kontekstu šire primene inteligentnih mreža na

način kako je to obavljeno u nekim strateškim dokumentima Republike Srbije [6].

1.1. Slabosti i teškoće kod primene projekata energetske efikasnosti

Energetski sektor u savremenim društvima se danas nalazi pred izazovima koji su takvog karaktera da zahtevaju organizovan napor, pošto je manevarski prostor za optimalna rešenja dodatno sužen ograničenjima koja nameću zaštita životne sredine, raspoloživi energetska resursi, ekonomska ograničenja i moderne tehnologije. Mnogi gradovi u Evropi razvili su viziju zadovoljenja budućih potreba za energijom u skladu sa zahtevima da se emisija ugljen-dioksida do polovine XXI veka smanji za 50%. Procene su da samo primenom postojećih tehnologija u velikim gradovima, ovi zahtevi mogu da budu čak i premašeni, odnosno da je moguće potpuno zadovoljenje energetske potreba gradova sopstvenom proizvodnjom energije uz približavanje pojedinih područja tzv. nultoj emisiji ugljen-dioksida. Kod nas su izazovi veći od prosečnih, jer nasleđena niska energetska efikasnost, visoka uvozna energetska zavisnost, visok nivo emisija gasova sa efektom staklene bašte i nizak nivo učešća obnovljivih izvora dodatno opterećuju problem.

Teškoće kod primene mera energetske efikasnosti su nedostatak znanja i informisanosti, zatim neraspoloživost kapitala, troškovi prelaska iz stanja bez u stanje sa primenjenim merama energetske efikasnosti (projekti, izvođači radova, smetnje u normalnom funkcionisanju,...) i konačno pogrešni cenovni signali. Ne može se imati zdrava energetska politika ako se nemaju ekonomski efikasni cenovni signali sa dobrim paritetima među energentima i sa dugoročno ustanovljenim stabilnim trendovima. Savremena ekonomska kriza i duži period recesije otvara pitanje kako pronaći kapital za investiranje u projekte i uređaje energetske efikasnosti u cilju smanjenja potrošnje energije i unapređenja ekonomskih performansi. Energetska efikasnost ne znači gubljenje komfora. Pored toga pitanja sledi i otvoreno pitanje nabavke novih uređaja (npr. uređaja koji pružaju složenije i sofisticiranije usluge), ali koji sa eventualno većom potrošnjom energije postaju pretnja energetske efikasnosti (*rebound* efekat).

Treba uvažiti i slabosti koncepta ostvarivanja energetske efikasnosti na strani potrošnje, jer u odnosu na uštede na strani proizvodnje, gde mali broj eksperata za energetiku donosi odluke, na strani potrošnje učesnici su svi građani. Građani nisu eksperti za energetiku a aktivni su učesnici u procesima primene mera energetske efikasnosti i stoga država mora deo posla da uradi u ime građana i ponudi konkretne programe. Čak i kod postojanja jasnih cenovnih signala otvoreno pitanje je informisanost građana o njima. Uvođenje energetske pasoša kroz novi pravilnik u Srbiji je primer dobro odrađenog posla države, ali otklanjanje barijera za njegovu veću primenu i dalje ostaje. Čisto tržišni pristup u cilju poboljšanja energetske efikasnosti, npr. pristup kroz

isključivo povećanje cena energije, u praksi se pokazao kao neefikasan [7], i takvi koncepti po pravilu ne dovode do značajnijeg povećanja energetske efikasnosti. Stoga sledi da je potrebno porast cena energije uskladiti sa ostvarenim rezultatima u primeni mera energetske efikasnosti tj. pristupiti kombinovanim tržišnim i regulatornim pristupom. Pad cena energije usled liberalizacije tržišta je izvesno jedna od pretnji energetskej efikasnosti.

Teškoće kod donošenja odluka za investiranje u projekte energetske efikasnosti nalaze se i u nedostupnosti efikasnih tehnologija, kako iz tehničkih tako i iz finansijskih razloga, tako da se može desiti da su na tržištu dostupni samo najjeftiniji i najneefikasniji uređaji (*lock in* efekat). Postoje i skriveni troškovi (inercija navika, troškovi energetskog pregleda zgrada i uređaja,...) koji se mogu minimizirati i prevazići širom primenom projekata energetske efikasnosti. Mnogo sistemskih odluka o tome koje rešenje primeniti i koje tehnologije učiniti dostupnim na tržištu je doneto od strane inženjera i političara, a oni koji stvarno plaćaju energetske račune, a to su građani i privreda, retko i nedovoljno učestvuju u donošenju odluka.

Kod projekata energetske efikasnosti važno je ukazati da se projekt u celosti plaća pre bilo kakve ostvarene uštede i na efekte vraćanja uložene investicije se mora strpljivo čekati. Zato su važne kompanije koje su spremne da investiraju a da svoje troškove naplaćuju iz ostvarenih ušteda.

U analizama dijagrama opterećenja u Srbiji se definitivno uočavaju veća vremena korišćenja nekih grupa uređaja, zbog potreba za rastom komfora, što s jedne strane daje šansu za unapređenje energetske efikasnosti, ali s druge postaje i otežavajuća okolnost za energetskej efikasnost.

1.2. Šanse za poboljšanje energetske efikasnosti širom primenom inteligentnih mreža

Kod primene inteligentnih mreža kod upravljanja potrošnjom preko dinamičkih tarifa vrlo je realno u praksi da potrošač troši u nekim okolnostima više energije, ali da za nju manje plaća i obrnuto. Efekti energetske efikasnosti mogu u ovakvim okolnostima da budu i smanjeni, zato što u takvim uslovima vršna opterećenja mogu da porastu. Kupcima električne energije treba obezbediti više informacija i omogućiti učešće u optimizaciji rada inteligentnih mreža, jer upravljanje opterećenjem u funkciji promenljive cene električne energije (cena se menja u funkciji proizvodnih troškova) postaje realnost.

Detaljno sagledavanje pokazuje da mere upravljanja potrošnjom treba posmatrati i sa aspekta energije koju utroši merna i upravljačka oprema (sopstvena potrošnja) pa shodno tome treba na optimalni nivo svesti lokacije na kojima se ova oprema ugrađuje.

Sa aspekta primene u domaćinstvima potrebne su odluke koji su to ključni uređaji čijim će se monitoringom i inteligentnom kontrolom ostvariti najveće uštede. Komunikacija u inteligentnoj mreži takođe treba da je u funkciji energetske efikasnosti, tj. treba da se razmenjuju one informacije koje imaju najveći značaj za povećanje ukupne energetske efikasnosti. Komunikacija treba da omogući koordinirano donošenje odluka između dva partnera, između snabdevača i kupca, pre svega sa gledišta upravljanja opterećenjem. Bez saglasnosti krajnjeg kupca da se ustanovi koji je kvantitet upravljive potrošnje i bez njegove saglasnosti da se tom potrošnjom fleksibilno upravlja, efekti upravljanja

opterećenjem biće manji. Ovakva značajnija fleksibilizacija potrošnje zahteva integraciju različitih aktivnosti krajnjeg korisnika [2]. Pri tome je posebno važan jasan ekonomski interes potrošača da participiraju u složenim procesima uvođenja inteligentnih mreža, uglavnom u cilju upravljanja opterećenjem.

Kupci će u budućnosti imati izbor da li žele da koriste usluge koje nudi inteligentna mreža, ali je za očekivati da će ih ekonomski signali stimulisati da promene svoju poziciju iz pasivne u aktivnu. Bazična pretpostavka za primenu inteligentnih mreža je komunikacija između svih učesnika (elektrane, mreža, potrošači). Komunikaciono i računarsko umrežavanje, sa primenom daljinski upravljivih inteligentnih brojlara sa daljinskim očitavanjem, omogućiće da kupci uključuju svoje uređaje u skladu sa ponuđenom cenom isporuke električne energije. Ipak, veliki tehnološki teret nije realno da kupci sami nose, već aktivna inteligentna mreža treba da automatski vrši uključivanja odnosno isključenja uređaja bez posebnih zahteva i intervencija od strane kupaca, odnosno bez potrebe da mali kupac konstantno prati promene cena električne energije.

Inteligentna mreža moraće izbeći jednovremeno uključivanje enormnog broja uređaja tipa baterija za automobile i drugih, u periodima niske cene, jer se može desiti da raspoložive zelene energije ne bude dovoljno i da se pojave zahtevi za angažovanjem elektrana na fosilna goriva. Dakle, optimalno korišćenje raspoložive *zelene energije* i uključivanje uređaja za skladištenje je definitivno novi izazov koji se tako mora sprovesti da gubici u mrežama ne rastu, odnosno da se ne pogoršaju pokazatelji energetske efikasnosti.

Nema više sumnje da će inteligentna mreža prevladati u budućnosti. Pristižu novi uređaji (potrošači), od kojih su posebno karakteristične baterije električnih automobila. Baterije električnih automobila mogu biti i biće i generatori električne energije, kad za tim postoje potrebe (periodi vršnih opterećenja sistema u okolnostima sa malo raspoložive zelene energije). Pored toga inteligentna brojila su već realnost koja omogućava da potrošači aktivno upravljaju svojom potrošnjom. Inteligentna mreža je pretpostavka da se velike količine zelene električne energije integrišu optimalno u sistem putem upravljanja potrošnjom.

Koncept inteligentne elektroenergetske mreže sa osnovnim karakteristikama energetske, upravljačke, računarske i komunikacione podsystema, sa upravljivim tokovima energije, tokovima mernih i upravljačkih signala i tokovima informacija i sa superpozicijom energetske i informatičke infrastrukture, usmeren ka poboljšanju energetske efikasnosti postaje važan zadatak kod primene inteligentnih mreža.

Strateški motivi za uvođenjem inteligentnih mreža moraju se respektovati, a oni su: (a) ispunjavanje energetske ciljeve Evrope do 2020., (b) obezbeđivanje visokog stepena energetske nezavisnosti, (c) unapređenje sigurnosti i pouzdanosti napajanja, i (d) razvoj i primena novih tehnologija.

Ostvarivanje strateških ciljeva povezanih sa uvođenjem inteligentnih mreža se odnosi na:

- distribuiranu proizvodnju u širim razmerama,
- značajnu upotrebu obnovljivih izvora energije,
- napredne merne infrastrukture (AMI – *Advanced Metering Infrastructure*),

- sisteme za upravljanje daljinski očitanim podacima (MDM – *Meter Data Management*),
- implementacije lokalnih mreža u perspektivi (HAN – *Home Area Network*),
- unapređene DMS (*Distributed Management System*) sa integrisanim SCADA sistemom u centrima upravljanja (SCADA – *Supervisory Control And Data Acquisition*), i vizuelizacijom ključnih objekata i procesa,
- automatizaciju elektroenergetskih objekata, kao i distributivne mreže u celini,
- masovnu primenu vozila na električni pogon,

Sve prethodno neophodno je realizovati uz obezbeđenje visokog stepena pouzdanosti i sigurnosti i sa visokom sajber zaštitom.

Kupcima električne energije treba obezbediti više informacija i omogućiti učešće u optimizaciji rada inteligentnih mreža, jer upravljanje opterećenjem u funkciji promenljive cene električne energije (cena se menja u funkciji proizvodnih troškova) postaje realnost. Elastičnost cena električne energije će značajno porasti, a prognoza buduće potrošnje iskazivaće se kao verovatnoća određenog nivoa potrošnje pri različitim nivoima cena.

Uvođenje podsticajnih mera (novčanih naknada za učestvovanje u smanjenju vršnih opterećenja) postaće deo optimalnog funkcionisanja sistema, a od inteligentnih mreža se očekuje da bitno doprinesu poboljšanju performansi energetske efikasnosti i zaštite životne sredine.

Ekonomska analiza uvođenja inteligentnih mreža (koja je vrlo uslovljena polaznim stanjem mreže) treba da respektuje i direktne koristi kupaca, koristi snabdevača i društva kao celine. Treba ukazati da koncept ultramoderne inteligentne mreže teško može da bude ekonomski opravdan. Naime, ekonomska opravdanost uvođenja inteligentnih mreža je suštinska pretpostavka, a opšte prihvaćeni metodološki koncept za ekonomsku valorizaciju inteligentnih mreža još ne postoji. Pored ovoga važna je i reakcija potrošača, odnosno jasan interes potrošača da participiraju u složenim procesima uvođenja inteligentnih mreža.

1.3. Prednosti sistemske energetske efikasnosti

Energetska efikasnost je jedan od važnijih oslonaca savremene energetike koja je od početnih konceptualnih sagledavanja sa početkom energetske krize u drugoj polovini sedamdesetih prošlog veka, prerasla u konkretne programe i realizacije utemeljene na tri oslonca. Prvi oslonac je svakako tehničko-tehnološki, koji podrazumeva unapređena rešenja i performanse energetske procesa, drugi je regulatorni, koji omogućava pravno administriranje ove oblasti u smislu definisanja minimalnih zahteva i konačno treći je ekonomsko-finanjski, koji podstiče realnu utemeljenost primene projekata energetske efikasnosti.

Poseban aspekt primene inteligentnih mreža je aspekt korišćenja mikro mreža. Ekonomske prednosti mikro mreža bazirane su i na smanjenom baznom opterećenju u ovim mrežama zbog primene uređaja sa boljim performansama energetske efikasnosti, a distribuirana proizvodnja električne energije u eventualnoj kombinaciji sa skladištenjem energije, može se uspešno koristiti za izbegavanje vršnih cena električne energije i čak za ostvarenje prihoda po osnovu prodaje energije mreži, u periodima kada se to ekonomski

isplati. Upravljanje vršnim opterećenjima u takvoj mikro mreži može se praktično realizovati bilo posedovanjem upravljivog distribuiranog generatora (mala hidroelektrana ili kombinovano postrojenja za proizvodnju toplotne i električne energije) ili raspoloživošću upravljivog (termostatskog) opterećenja.

Od ostalih aktuelnih problema danas, pogotovu kod nas, ima se visoka potrošnja električne energije za pripremu tehnološke tople vode pri nižoj tarifi, zatim povećano korišćenje klima uređaja zbog rasta komfora, a što dodatno problematizuje poboljšanje performansi energetske efikasnosti. Klima uređaji imaju visoke faktore jednovremenosti, odnosno praktično sva domaćinstva koriste ih istovremeno. Klima uređaji sa srednjim cenama od svega oko 80 €/kW [9], pokazuju da je oprema na strani potrošnje bar za red veličine jeftinija od opreme na strani proizvodnje električne energije (najjeftiniji načini proizvodnje električne energije se danas ostvaruju u investicionoj fazi sa gasnim elektranama, sa cenama od 1000 €/kW). Na strani potrošnje postoji i daleko jeftinija oprema, tako da se iz ovih sagledavanja vidi kako treba postaviti poreske mere za podizanje energetske efikasnosti.

Ipak, na strani potrošnje, kako je već ukazano, nove ohrabrujuće mogućnosti nudi primena tehnologija inteligentnih mreža, koja omogućava ne samo proizvodnju efikasnijih uređaja već i inteligentnije korišćenje tih uređaja.

U poređenju sa drugim merama smanjenja emisija ugljen-dioksida energetska efikasnost u zgradarstvu je izvesno među najpovoljnijim opcijama [8]. U zgradarstvu se nažalost često išlo u smeru smanjenih investicija (loša energetska efikasnost) koje donose loše energetske posledice jer se dodatno moraju ugrađivati klima uređaji da bi se ostvarili prihvatljivi radni uslovi unutar takvih zgrada. Gradnja novih stanova za tržište nema u ovom momentu velike šanse jer nema realne potražnje (zbog recesije i smanjenog nataliteta) i stoga je potražnja za stanovima manja. S druge strane, građevinska industrija kojoj je motiv energetska efikasnost, odnosno uštede na potrošnji energije za zagrevanje stanova, može da bude značajan faktor razvoja [10].

Dilema da li ulagati u energetska efikasnost ili ulagati u dodatnu proizvodnju električne energije zbog rastućih potreba, je u stvari nepostojeća, jer ulaganja u energetska efikasnost su bolja kako sa stanovišta razvoja domaće građevinske industrije tako i sa aspekta zapošljavanja velikog broja radnika i jačanja trgovine efikasnijim uređajima. Nabavka uređaja sa povišenim energetske performansama, koji su definitivno skuplji, povećan CAPEX, donosi na horizontu od 5 do 10 godina smanjene eksploatacione troškove, smanjen OPEX, i time opravdava skuplju nabavku. Ovde kod donošenja odluka mora da se uvaži i investiciona i eksploataciona komponenta troškova. Isto tako odavde treba da proizilaze signali za oporezivanje energetske neefikasnosti. Drugim rečima mere energetske politike treba upravo usmeravati prema ovim ciljevima.

Aktuelni trenutak je karakterisan stalnim trendom rasta cena električne energije, koji će u jednom momentu usloviti da se ukupni troškovi u sistemu raspodele na drugi način i da potrošači prema svojim navikama (kada troše i koliko) i prema svom sistemu vrednosti (gledajući "šire od utičnice") preuzmu stvarne troškove sistema, a time i donošenje odluka u pogledu tehnologija koje će biti izabrane na strani proizvodnje, ali i na strani prenosa, distribucije i potrošnje energije. Opcije kod donošenja odluka se kreću od

mogućnosti nabavke efikasnijih uređaja u domaćinstvima, a na strani proizvodnje otvara se izbor između tehnologija centralizovane ili distribuirane proizvodnje.

2. METODOLOGIJA

Do sada je programski paket HOMER [11], u Srbiji korišćen radi: upoređenja mernih podataka o solarnoj radijaciji sa modelom NASA-a [12], gde se pokazala opravdanost korišćenja modela i proizvodnje iz krovne fotonaponske elektrane za računanje gubitaka u distributivnoj mreži i njihovog smanjenja izborom lokacija integracije [13]; određivanja optimalne konfiguracije mikromreže povezane na elektroenergetski sistem sa akcentom na optimalnom miksu i na dimenzionisanje obnovljivih izvora energije i postrojenja za kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije uz analizu osetljivosti na rast cena električne energije [14]; sistemskog sagledavanja efekata upravljanja termostatskim opterećenjem za potrebe planiranja proizvodnje u centralizovanom elektroenergetskom sistemu [15].

Posebna primenljivost ovog programskog paketa je u tome što se prilikom donošenja odluka u obzir uzimaju i investicioni (CAPEX) i eksploatacioni (OPEX) troškovi svih scenarija svedeni na sadašnju vrednost.

3. REZULTATI SIMULACIJA

Za poređenje efekata koje donose direktne mere energetske efikasnosti na strani potrošnje, sa efektima koje donosi inteligentno upravljanje opterećenjem, posmatrana su tri scenarija simulirana u programskom paketu HOMER:

1. Referentni scenario,
2. Scenario direktne energetske efikasnosti na strani potrošnje,
3. Scenario inteligentnog upravljanja opterećenjem (sistemska energetska efikasnost).

sa nešto detaljnijim pretpostavkama u daljem tekstu.

3.1. Referentni scenario

Referentni scenario se odnosi na karakteristični primer odabrane gradske zone u Beogradu sa prosečnom godišnjom dnevnom potrošnjom od 6.398 MWh i visokim učešćem fotonaponskih panela (oko 25% od ukupnih potreba za električnom energijom se može proizvesti iz fotonaponskih panela unutar ove gradske zone, pri čemu su paneli distribuirani po čitavoj površini zone). Posmatrana gradska zona se većim delom snabdeva iz distributivne mreže, a preostali deo potreba obezbeđuje distribuirana proizvodnja (fotonaponski paneli). Razlog za ovakav scenario je taj što u takvim uslovima koncept inteligentne mreže ima realnu upotrebljivost. Zbirna snaga fotonaponskih malih izvora iznosi 0,5 MW i nalazi se u vlasništvu kupaca. Električna energija proizvedena iz fotonaponske elektrane prodaje se mreži tek po podmirenju zahteva potrošača u posmatranoj gradskoj zoni.

U ovom radu nisu analizirani ekonomski aspekti snabdevanja ove gradske zone ali je važno ukazati da se energija proizvedena iz fotonaponskih panela koristi za sopstvene potrebe i predaje se mreži samo pri viškovima raspoložive solarne obnovljive energije.

3.2 Scenario sa primenjenim direktnim merama energetske efikasnosti na strani potrošnje

Scenario sa primenjenim direktnim merama energetske efikasnosti predviđa upotrebu efikasnijih aparata u domaćinstvima i snižavanje prosečne godišnje dnevne potrošnje na 5.951 MWh.

3.3. Scenario inteligentnog upravljanja opterećenjem

Scenario inteligentnog upravljanja opterećenjem zasnovan je na pretpostavci da se tokom perioda maj-septembar koriste klima uređaji (sa vršnim opterećenjem od 200 kW) i sa izračunatom upravljivom potrošnjom od prosečno 447 kWh dnevno, saglasno korelacijama sa srednjim mesečnim temperaturama. Ova izračunata upravljiva potrošnja preuzeta je iz širih studijskih analiza. Takođe, pretpostavljeno je da su ovi uređaji korišćeni uniformno u svakom satu dnevnog dijagrama (dok su bili neupravljivi), pa je dijagram opterećenja bez njih istovetan sa smanjenjem od prosečno 447 kWh svakog dana. Iz toga sledi da je prosečna godišnja dnevna potrošnja 5.951 kWh. Na novi dijagram opterećenja dodaje se 447 kWh upravljive potrošnje, uz pretpostavku da će zahtevani komfor ostati nepromenjen. Ukupno opterećenje (upravljivo i neupravljivo) odgovara referentnom scenariju.

Ovaj scenario odgovara širem posmatranju energetske efikasnosti, tj. sistemskoj energetske efikasnosti.

3.4. Komentari rezultata

U ovom radu upoređeni su tehnički efekti kod dva različita primera primene mera energetske efikasnosti na strani potrošnje. Porede se rezultati prethodno uvedenih drugog i trećeg scenarija, pri čemu je prvi scenario referentni slučaj. Dobijeni rezultati su poređeni sa baznim, odnosno referentnim scenarijem. Pokazano je da inteligentno upravljanje opterećenjem, odnosno primena inteligentne mreže u zadatku upravljanja potrošnjom istovremeno predstavlja i meru smanjenja energetske efikasnosti jer smanjuje vršno opterećenje i razmenu energije (kupovinu i prodaju sa mrežom), a time se smanjuju i ukupni gubici u distribuciji električne energije, ako se zadatak sagledava kao sistemsko pitanje.

U Tabeli 1 prikazana je ukupna prodana energija distributivnoj mreži, energija kupljena iz mreže i vršno opterećenje mreže, tokom meseca avgusta za sve scenarije. Pošto je proizvodnja iz fotonaponske elektrane u pojedinim satima veća nego potrošnja, dolazi do prodaje energije u mrežu.

U referentnom scenariju ukupno je prodato mreži 20.196 kWh. Mere primene direktne energetske efikasnosti povećavaju prodaju energije u mrežu za 2.229 kWh i vršno opterećenje za 11 kW (za slučaj prodaje), jer je potrošnja umanjena. Vršno opterećenje u slučaju kupovine energije iz mreže je smanjeno shodno manjoj potrošnji.

Uvođenjem inteligentnog upravljanja opterećenjem prodaja energije mreži se smanjuje na 1.477 kWh, jer upravljivo opterećenje koincidira sa proizvodnjom iz fotonaponskih panela. Maksimalno vršno opterećenje tokom meseca avgusta smanjeno je, u odnosu na referentni scenario, značajnije u slučaju prodaje energije mreži nego u slučaju kupovine. Smanjenje u slučaju prodaje energije odgovara snazi upravljivog opterećenja.

Tabela 1 Poređenje tehničkih efekata za tri odabrana scenarija

	Ukupna kupljena energija kWh	Ukupna prodata energija kWh	Vršno opterećenje (kup./prod.) kW
Referentni scenario	73.254	20.196	253/280
Scenario direktne energetske efikasnosti na strani potrošnje	66.967	22.398	236/291
Scenario inteligentnog upravljanja opterećenjem	66.967	1.477	236/91

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu analizirani su aspekti šireg korišćenja inteligentnih elektroenergetskih mreža u kontekstu poboljšanja pokazatelja energetske efikasnosti. Izabrani su karakteristični scenariji koji su pokazali da upravljanje opterećenjem pomoću inteligentne mreže u principu popravlja i pokazatelje energetske efikasnosti, dok s druge strane, direktna primena energetske efikasnosti na strani potrošnje, koja se svodi na nabavku efikasnijih uređaja, može da rezultira i sa pogoršanjem pokazatelja energetske efikasnosti.

Dalji rad na ovoj problematici treba da ustanovi raspoložive upravljive kapacitete opterećenja u svim oblastima potrošnje i inteligentno upravljanje dovede do široke praktične primene.

5. LITERATURA

- [1] P. Fox-Penner, *Smart Power: Climate Change, the Smart Grid, and the Future of Electric Utilities*: Island Press, 2010.
- [2] S. Healy and I. MacGill, "From Smart Grid to Smart Energy Use," ed, 2012, pp. 29-59.
- [3] I. B. Bjelić, Nikola Rajaković, "The impact of Serbian national energy efficiency action plan (NEEAP) on EU2020 goals," presented at the INDEL, Banja Luka, 2012.
- [4] I. B. Bjelic, N. Rajakovic, R. Elsland, and W. Eichhammer, "Improvements of Serbian-NEEAP based on analysis of residential electricity demand until 2030," presented at the IEWT, Vienna, 2013.
- [5] N. Rajaković, N. Arsenijević, and D. Muškatirović, "Analiza karaktera gubitaka u prenosnoj mreži EPS-a i mere za njihovo smanjenje," *Energija, ekonomija, ekologija*, vol. 5, pp. 153-158, 2000.
- [6] "Нацрт стратегије развоја енергетике Републике Србије за период до 2025. године са пројекцијама до 2030. године," У. у. Б. Р.-г. факултет, Ed., ed. Београд, 2013.
- [7] I. MacGill, S. Healy, and R. Passey, "Chapter 22 - Trading in Energy Efficiency – A Market-Based

Solution to Market Failure, or Just Yet Another Market Failure?," in *Energy Efficiency*, F. P. Sioshansi, Ed., ed Boston: Academic Press, 2013, pp. 563-590.

- [8] N. Rajaković and I. Batas Bjelić, "Smanjenje emisija CO2 u sektoru zgradarstva Republike Srbije," *ZIBL*, 2012.
- [9] (2013). *Tehnomanija - cene klima uređaja - rastuće*. Available: http://www.tehnomaniya.rs/index.php?mod=catalog&op=thm_search&search_type=products&submitted=1&keywords=klima+&as_values_keywords=&sort=price_asc
- [10] A. Kovačević, *Zaglavljani u prošlost : energija, životna sredina i siromaštvo u Srbiji i Crnoj Gori*: Centar za slobodne izvore i demokratiju CeSID, 2008.
- [11] T. Lambert, P. Gilman, and P. Lilienthal, "Micropower system modeling with HOMER," *Integration of alternative sources of energy*, pp. 379-418, 2006.
- [12] T. M. Pavlović, D. D. Milosavljević, and D. S. PirsI, "Simulation of PV systems electricity generation using homer software in specific locations in Serbia," *Thermal Science*, pp. 4-4, 2013.
- [13] I. B. Bjelić, D. Šošić, and N. Rajaković, "Energy loss in distribution network related to placement of solar photovoltaic systems," presented at the The Second International Conference on Renewable Electrical Power Sources, Belgrade, 2013.
- [14] N. Rajaković, I. Babić, and I. B. Bjelić, "Uslovljenost razvoja distribuirane proizvodnje energije u Srbiji cenom elektricne energije," presented at the CIGRE, Zlatibor, 2013.
- [15] I. B. Bjelic, I. Skokljje, T. Pukšec, G. Krajačić, and N. Duic, "Integrating consumer flexibility as virtual storage option in energy system planning," presented at the 8th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, Dubrovnik, 2013.

6. ZAHVALNOST

Ovaj rad finansiran je od strane Ministarstva prosvete i nauke republike Srbije, projekat br. 42009.

Abstract – In this paper the smart grid application in the context of energy efficiency is presented. The smart control of peak demands is analysed by using system approach. Smart grids enable high level of interaction between supply and demand side and their better matching followed by savings. End-use energy efficiency measures and system approach energy efficiency measures are simulated in HOMER and compared. Results for the summer month show positive effects in regard to flexible demand of air conditioning systems. The peak reduction and reduced energy transfers are evident. In the case of end-use energy efficiency measures the increase in peak demand and the increase in total grid energy transfers can be observed.

ENERGY EFFICIENCY IN THE CONTEXT OF THE EXTENSIVE SMART GRID APPLICATIONS

Nikola Rajaković