

Praćenje, monitoring i kontrola potrošnje električne energije u domaćinstvima

Marko Dimitrijević, Miona Andrejević Stošović i Vančo Litovski

Apstrakt— U potrazi za rešenjima koja omogućavaju veću energijsku efikasnost uočava se porast potrebe za uređajima koji generišu informacijsku povratnu spregu potrošačima električne energije u domaćinstvima, državnim organizacijama i privredi. Ovi sistemi omogućavaju detaljno predstavljanje potrošnje električne energije korisnicima koje snabdeva elektroprivreda. Najvažniji cilj koji se time postiže jeste skretanje pažnje potrošača odnosno omogućavanje veće svesti o njihovoj potrošnji sa ciljem da se motivišu da štede električnu energiju na dobrobit svoju i celog društva.

Tržište za takve proizvode je relativno novo i još uvek malo ali će rasti brzo saglasno rastu cene električne energije, saglasno sa raspoloživošću tih sistema i saglasno rastu obaveštenosti korisnika o njihovim mogućnostima.

Ova studija ima za cilj da analizira uslove za nastanak i primenu takvih sistema; da stavi na raspolaganje čitaocu informacije vezane za tržište električne energije; da prikaže svojstva aparata koji troše električnu energiju kao i njihovih vlasnika; da opiše postojeća rešenja na svetskom tržištu; i da da odgovore koji će potencijalnom investitoru omogućiti da donese odluku o pokretanju avanture ulaska u istraživanje, razvoj, proizvodnju i marketing ovih uređaja.

Ključne reči—Energetska efikasnost, domaćinstva, elektronika za monitoring.

I. UVOD

Proizvod o kome je reč u ovoj studiji odnosi se na štednju u potrošnji električne energije u domaćinstvima i industrijskim pogonima sa mogućnošću merenja, praćenja, monitorisanja i kontrole potrošnje.

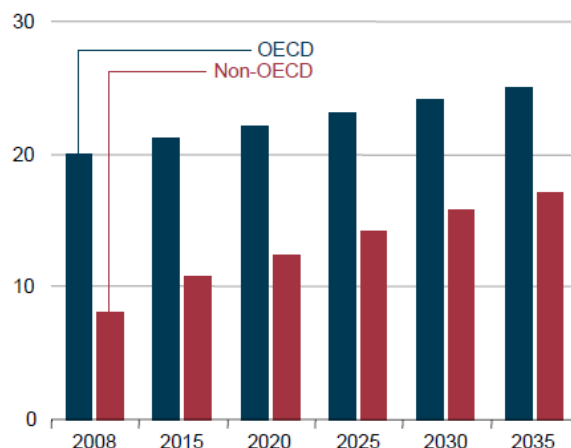
Da bi se stekla slika o problemu kome se obraćamo, u ovom odeljku biće prikazane osnovne informacije koje se odnose na potrošnju električne energije u domaćinstvima. Kada se radi o potrošnji stambenih objekata i objekata vezanih za komercijalni sektor očekuje se rast od 1,1% godišnje tako da će ukupna potrošnja da poraste sa 15,2 milijardi MWh u 2008. na 20,2 milijardi MWh 2035. godine [1]. Porast potrošnje električne energije u domaćinstvima najvećim delom dolazi od rasta u ne-OECD zemljama gde se usled brzog ekonomskog rasta povećava potražnja za energijom u domaćinstvima. Jedan od razloga rasta potrošnje električne energije u domaćinstvima kod ne-OECD zemalja jeste napuštanje tradicionalnih izvora energije (drva i otpad) i priključivanje na mrežu (bilo da se radi o električnoj ili gasnoj) radi kuvanja i grejanja. U ne-OECD zemljama potrošnja energije u domaćinstvima raste sa stopom od 1,9%, a u OECD zemljama sa stopom od svega 0,3%. Naravno, na ove

Marko Dimitrijević – Univerzitet u Nišu, Elektronski Fakultet, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija (e-mail: marko.dimitrijevic@elfak.ni.ac.rs).

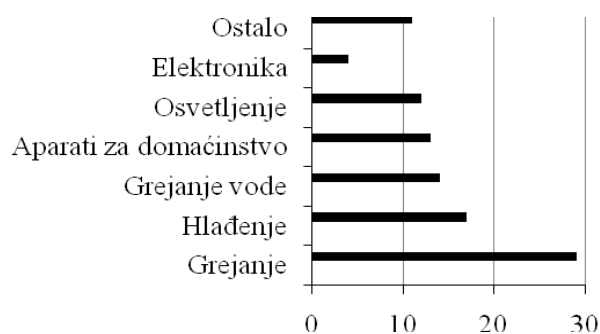
Miona Andrejević Stošović – Univerzitet u Nišu, Elektronski Fakultet, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija (e-mail: miona.andrejevic@elfak.ni.ac.rs).

Vančo Litovski – NiCAT –Klaster naprednih tehnologija Niš, 18000 Niš, Srbija (e-mail: vanco.litovski@elfak.ni.ac.rs).

brojke ima uticaj i priraštaj broja stanovnika koji je neuporedivo veći u ne-OECD zemljama. Tome treba dodati i stalno povećanje energijske efikasnosti (najčešće kroz zamenu energijski neefikasnih boljim aparatima za domaćinstvo) što utiče na smanjenje rasta potrošnje, a time i potražnje u OECD zemljama. Stanje i trendovi u ovom sektoru prikazani su na Sl. 1.



Sl. 1. Isporučena energija i predviđanje za komercijalne potrebe (Ordinata u milijardama Btu, 1 Btu=0,293 Wh)



Sl. 2. Struktura potrošnje energije u domaćinstvu (%)

Od primarnog interesa za ovu studiju je analiza potrošnje u domaćinstvu. Domaćinstva u svetu troše jednu petinu ukupne energije jedne zemlje s tim što je 60% od te potrošnje u obliku električne energije. Dakle **trenutno stanje je takvo da 12% od ukupne energije koja se troši globalno otpada na električnu energiju za domaćinstva**. Sl. 2. ilustruje strukturu potrošnje energije u domaćinstvu.

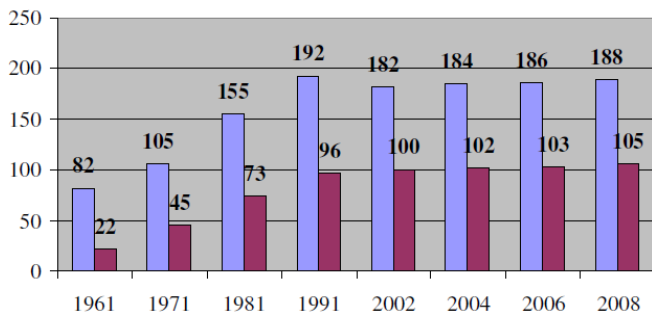
Na osnovu ovih podataka već možemo da izvodimo zaključke o značaju smanjenja potrošnje električne energije u domaćinstvima, komercijalnom sektoru i industriji.

Primeru radi, kao što se vidi sa Sl. 2, preko 50% energije u domaćinstvima se troši na grejanje i hlađenje. Zato donošenje pravilnih odluka oko upravljanja vezanog za grejanje i hlađenje može da dovede do znatnog smanjenja troškova domaćinstva.

S druge strane, proizvođači i distributeri se suočavaju sa

problemom vršne energije pri čemu 10% proizvodnih kapaciteta se stalno drže u rezervi kako bi se aktivirale prilikom prekoračenja vršne snage. Zato je razumljivo da se mogu postići značajne uštede podizanjem energijske efikasnosti i unapređenjem upravljanja potrošnjom električne energije. To bi svakako smanjilo ukupne društvene troškove uključujući i one vezane za održavanje postojećih i izgradnju novih proizvodnih kapaciteta.

Kada se radi o Srbiji stambeni i tercijarni sektor obuhvata 37436,97 GWh ili 3,219 Mtoe (millions of tons of oil equivalent) odnosno oko 39% ukupne finalne potrošnje energije u 2008. god. [2]. Prilikom sastavljanja ovakvih izveštaja zbog nedostatka pravilne metodologije veoma je teško razlučiti između podataka o potrošnji koja se odnosi na domaćinstva i one koja se odnosi na usluge, a još je teže napraviti razliku između javnih i komercijalnih usluga. Ipak, procenjeno je za 2008. god. da domaćinstva nose oko 70% (26202,39 od 37436,97 GWh), a ostalih 30% (11234,58 od 37436,97 GWh) nose komercijalni i javni uslužni sektori i poljoprivreda.



Sl. 3. Ukupna stambena površina u Srbiji po popisima od 1961. do 2008. god. (u hiljadama metara kvadratnih; leva kolona ukupno, desna gradska)

Stambeni, komercijalni i sektor javnih usluga beležili su stalni rast u poslednjim decenijama. Sl. 3. ilustruje rast površine stambenog prostora u Srbiji koji je svojevrsan uzrok porasta potrošnje energije. Uočava se stalni rast stambenog prostora što je, zbog veoma česte izgradnje višenamenskih stambeno-komercijalnih objekata, indirektni pokazatelj i rasta površine poslovnog prostora u Srbiji.

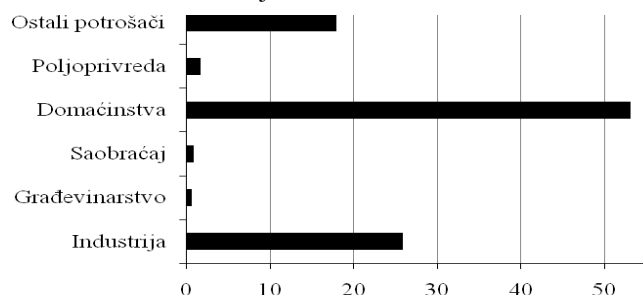
Prema energijskom bilansu Republike Srbije za 2010. god. [3] ukupna potrošnja električne energije u Srbiji iznosila je 27569 GWh. Od toga, kako se vidi sa Sl. 4., preko polovine troše domaćinstva što je srpski specifikum. Pri tome, treba imati u vidu da je sledeći najveći potrošač sektor industrije gde takođe, verovatno, postoje velike mogućnosti za uštedu.

Smatra se da je jedan od razloga za ovakvo stanje niska cena električne energije za domaćinstva što navodi potrošače da je koriste i za grejanje (hlađenje se podrazumeva). Smatra se, međutim da ovakva cena električne energije neće potrajati što će biti dodatni stimulans malim potrošačima da preduzimaju mere štednje.

Može se lako zaključiti da najpre treba tražiti mogućnosti za uštedu u sektoru domaćinstava i tercijarnom sektoru. Saglasno tome, na sajtu Agencije za Energetsku efikasnost može se naći pamflet sa uputstvima za štednju energije u domaćinstvu.

U daljem tekstu, ilustracije radi, daćemo pregled mera koje se nude srpskom društvu [2] da bi se postigle uštede u potrošnji električne energije odnosno mere koje se nude za povećanje energijske efikasnosti elektro-sektora. Tabela I.

odnosi se na stambene objekte.



Sl. 4. Struktura potrošnje električne energije u Srbiji u 2010. god. (%)

TABELA I. MERE KOJE SE PREDLAŽU ZA POVEĆANJE ENERGIJSKE EFIKASNOSTI (E.EF.) STAMBENIH OBJEKATA

Br.	Naziv	Akcija/efekt
Kategorija: Dobrovoljni sporazum i instrumenti saradnje		
1.	Poboljšanje ili zamena spoljne stolarije i toplotne izolacije stambenih zgrada	Smanjenje instalisanih kapaciteta sistema grejanja
2.	Zamena klasičnih sijalica sa vlaknom E.EF. sijalicama	Smanjenje potrošnje električne energije
3.	Promovisanje korišćenja E.EF. uređaja za domaćinstvo	Smanjenje potrošnje zamenom starih aparata za domaćinstvo
4.	Smanjenje korišćenja električne energije za grejanje	-Korišćenje opreme za grejanje veće E.EF. -Uvođenje alternativnih izvora energije
Kategorija: Primene novih propisa i standarda		
5.	Nova pravila projektovanja i izgradnja zgrada	Smanjenje instalisanih kapaciteta sistema grejanja, ventilacije i klimatizacije i povećanje E.EF. sistema grejanja
Kategorija: Finansijski instrumenti		
6.	Naplata na osnovu stvarne (izmerene) potrošnje energije za potrošače priključene na sistem daljinskog grejanja	Smanjenje potrošnje toplotne energije obezbeđivanjem pojedinačnog merenja potrošnje toplotne energije uz moguću regulaciju
7.	Osnivanje fonda za energijsku efikasnost	Obezbeđenje finansijske pomoći za projekte povećanja E.EF
8.	Uvođenje kreditnih linija za E.EF. i kreditnih linija za primenu obnovljivih izvora energije	Obezbeđenje kreditnih linija

Analizom gornjih mera lako se može ustanoviti da se ne pominje primena dinamičkih koncepata za smanjenje potrošnje električne energije u domaćinstvima, javnim objektima i pogonima koji se razmatraju u ovoj studiji.

Ostatak studije ići će za tim da se najpre sagleda dinamički profil potrošnje električne energije u domaćinstvu kako bi se stekao uvid u problem koji razmatramo sa merne i sa strane mogućnosti regulacije. Zatim će biti data kratka analiza (poređenje) svojstava nekih aparata za domaćinstvo kako bi se stekla predstava o značaju odnosa ukupne i potrošnje po jednom osiguraču (strujnom kolu). Na osnovu toga biće učinjeni predlozi za odlučivanje o pristupanju proizvodnji sopstvenog aparata i nastupa na domaćem tržištu.

II. STRUKTURA I DINAMIKA POTROŠNJE U DOMAĆINSTVIMA

Struktura i dinamika potrošnje električne energije u domaćinstvima određena je od strane mnogo faktora kao što su: broj članova domaćinstva, standard domaćinstva, broj zaposlenih, broj dece i starih ljudi u domaćinstvu, mesto stanovanja (kuća, zgrada i sl.), deo grada u kome se stan ili kuća nalazi, godišnje doba, čak i zanimanje nekih članova domaćinstva. Sve to ima za posledicu različite dnevne potrošačke profile kada se radi o električnoj energiji.

Kada se radi o potrošnji domaćinstava ilustracija na Sl. 5. govori o profilu merenom na jedan minut. Može se uočiti da dijagram ima dve komponente. Jedna se odnosi na tok srednje vrednosti potrošnje, a druga na šiljkove koji nastaju prilikom kratkoročnog uključanja nekih od potrošača u domaćinstvu. Kada se izuzmu šiljkovi prepoznamo tri karakteristična perioda: jutarnji sa najmanjom potrošnjom, podnevni sa najvećom i popodnevni/večernji sa umereno velikom potrošnjom. Sa stanovišta ove studije od važnosti su najpre ustaljeni nivoi jer oni određuju srednju vrednost potrošnje, a smanjenje potrošnje može da se postigne najvećim delom njihovom redukcijom. Ipak, od velikog su značaja i šiljkovi potrošnje i njihovo trajanje jer u tim kratkim intervalima može da se desi prekoračenje dozvoljene vršne vrednosti i da se pristupi tarifi koja je znatno skuplja.



Slika 5. Merena snaga potrošnje jednog stana

Dijagram prikazan na Sl. 5. menja se sa vremenom, odnosno sa godišnjim dobom. Praznični i vikend dani imaju svoje profile. Dani kada se dešavaju neke značajne javne manifestacije društvenog ili sportskog karaktera, takođe imaju svoj profil.

Dnevni životni ritam je značajna karakteristika potrošnje električne energije. Dnevni ritam stanovništva određuje potrošnju iz sata u sat. Na primer, kada se ljudi bude u zimskom periodu odmah pale svetla, pa to dovodi do prvog skoka potrošnje. Pošto većina ljudi ujutru napušta stan i odlazi u školu ili na posao, potrošnja se pomera iz domaćinstva u poslovni prostor bilo da je to ustanova ili proizvodni pogon. Prema tome, kućna potrošnja u tom vremenskom periodu određena je od strane ljudi koji su ostali kod kuće. Posle kraja radnog vremena, kada se većina vrati kući, uključuju se kućni aparati.

Potrošnja električne energije za grejanje u najvećoj meri zavisi od spoljne temperature i od načina grejanja: na primer direktno grejanje ili termoakumulacija. Saglasno tome potrošnja električne energije za grejanje zavisi u najvećoj meri od godišnjeg doba. U Srbiji, zbog niske cene električne energije ali i zbog izbegavanja plaćanja, potrošnja električne energije zimi je znatno veća. Na žalost, zbog sve toplijih leta i rasta standarda dela stanovništva, potrošnja zbog provetranja i hlađenja prostorija u letnjim mesecima takođe je uvećana.

Da bi predstava o značaju podataka o kojima smo govorili u ovom odeljku bila potpunija razmatrali smo „Cenovnik Elektroprivrede Srbije od 03.03.2011. god.“ U Srbiji, s obzirom da tržište nije deregulisano, cena električne energije se sporo menja odnosno određena je od strane političkih tela, a ne na tržištu i, saglasno tome, ne odslkava troškove i profit proizvođača. Sa strane potrošača koji redovno plaća račune za električnu energiju, međutim, ovaj je dokument od velikog značaja.

Analizom ovog dokumenta, na primer, da bi potrošač iz jednog domaćinstva smanjio svoj račun za električnu energiju treba da se trudi da:

- a. Pripadne zelenoj zoni
- b. Koristi nižu tarifu i
- c. Nikako ne prekorači potrošnju koja ga vodi u crvenu zonu.

Tako, domaćinstvo koje je imalo dvotarifno merenje, kada pređe u crvenu zonu u periodu više tarife, plaća 12 puta više za aktivnu energiju.

Komentar o tome koliko je važan uređaj koji će potrošaču da skrene pažnju da se bliži crvenoj zoni nije potreban. Nije potreban ni komentar o tome kolike bi bile društvene uštede ako se što manji broj potrošača nađe u „crvenom“.

Situacija u komercijalnom i sektoru javnih usluga kao i u industrijskim pogonima nije nimalo različita. Razumljivo je da su profili potrošnje drugačiji ali je svakako ulazak u „crveno“ opasnost od koje se treba ozbiljno čuvati.

III. PROFIL POTROŠNJE NEKIH APARATA U DOMAĆINSTVU

Električne aparate za domaćinstvo možemo da podelimo na više kategorija: aparati za održavanje higijene (lične i kućne), aparati za kuvanje, aparati za informaciju i zabavu, telekomunikacioni aparati, medicinski aparati i sl. Koje aparate ćemo sresti u jednom domaćinstvu zavisi od potreba i od standarda porodice.

Dalje približavanje spoznaji ponašanja aparata za domaćinstvo možemo da postignemo merenjem njegovog ponašanja u aktivnom radu. Naime, postoje aparati koji dok su uključeni troše konstantnu energiju kao što je bojler, ringla, rerna i ostali aparati koji su uglavnom namenjeni grejanju vode ili kuvanju. Postoje, međutim, i aparati sa ugrađenim programom koji zavisi od okolnosti ili od same funkcije menjaju potrošnju. Tako, klima uređaji se povremeno uključuju saglasno temperaturi okoline koju dobijaju iz odgovarajućeg senzora, a veš mašina prati unapred ugrađeni program za tip pranja koji je korisnik izabrao.

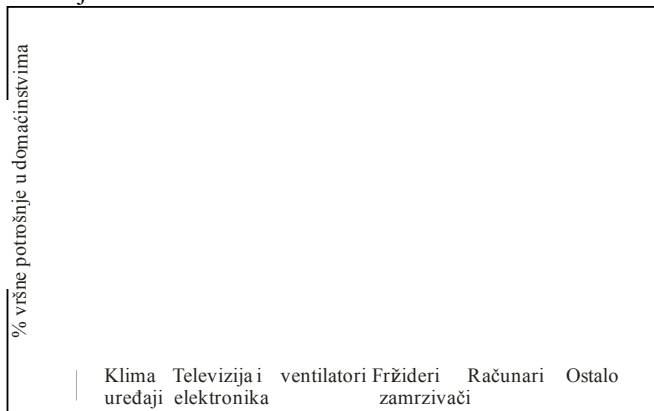
Pored trenutnih, od interesa su i informacije o potrošnji pojedinih aparata za domaćinstvo na duži period. Tabela II. daje pregled triju najvećih potrošača energije na godišnjem nivou u jednom domaćinstvu. Pri razmatranju ove tabele treba da se ima u vidu da je ukupna energija koju potroši jedan aparat određena snagom istog, vremenom uključanja i frekvencijom uključivanja. Tako, ispostavi se da je osvetljenje najveći potrošač, a da je odmah iza njega frižider.

TABELA II. NAJVEĆI POTROŠAČI ENERGIJE U DOMAĆINSTVU

Rang uređaja po potrošnji energije	Približna godišnja potrošnja energije za prosečno domaćinstvo u kWh	Tipična vršna snaga aparata u domaćinstvu u kW
Najveći	Osvetljenje: 717	Električni šporet: 6,5 Pećnica: 2,5 Roštilj: 2,5
Drugi najveći	Frižider sa zamrzivačem: 500	Čajnik: 2,5 Sušač veša: 2,5
Treći najveći	Mašina za pranje sudova: 400	Mašina za pranje veša: 2,2 Mašina za sudove: 2,2

Od veoma je velikog interesa koji su to aparati koji najviše doprinose vršnoj vrednosti snage koja se angažuje u jednom domaćinstvu. Takva informacija može da bude dragocena sa stanovišta štednje s obzirom da omogućuje donošenje odluke o isključenju nekog od uređaja u kritičnom

(crvenom) trenutku. Slika 6. prikazuje jedan takav histogram. Vidi se da se praktično (sem u slučaju frižidera) rang ne menja u vremenu.



Slika 6. Procentualno učešće pojedinih potrošača u domaćinstvu u vršnoj vrednosti potrošnje za tri dekade (s leva udesno: klima uređaji, televizori i elektronika, ventilatori, frižideri i zamrzivači, računari i ostalo)

Na ordinati ove slike prikazan je procenat snage koju troši aparat koji je naveden na dnu stuba u trenutku vršne potrošnje. Merenja su data za tri godine – 1992. (sasvim levo), 2002. (sredina) i 2012. god. (desno). Čitalac je odmah prepoznao da je ovo merenje obavljeno u najtoplijem letnjem mesecu ali je dijagram važan sa stanovišta definisanja funkcija aparata koji korisniku opisuje njegovo domaćinstvo u trenutku maksimalne potrošnje električne energije. Ovakav je dijagram neophodan za korisnika kako bi se zaštitio od prekoračenja crvene linije i prelaska na najskuplju tarifu.

IV. POSTOJEĆI KONCEPTI I NJIHOVO POREĐENJE

Monitoring potrošnje električne energije na nivou domaćinstva i pogona predstavlja jedno moderno napredno dostižno u domenu energijske efikasnosti. Postojeće analize pokazuju da neposredno posmatranje potrošnje električne energije (dakle, u realnom vremenu) vodi ka značajnoj uštedi pri čemu se ponegde račun za struju može da smanji i za svih 15%. Primena ovih koncepata omogućava otklanjanje mnogih zabuda u vezi sa potrošnjom električne energije. Naime, kako smo ilustrovali u prethodnom odeljku, kada se pojedini uređaji karakterišu sa stanovišta potrošnje obično se iskazuje njihova nominalna snaga u uključenom stanju. Potrošnja *energije* (koju plaćamo), međutim, zavisi od vremena koliko je jedan uređaj uključen. Tako rerna od 3 kW za dva sata potroši 6 kW, a frižider od 100 W, za dan (obično radi 12 časova) potroši 1,2 kW. Ako imamo u vidu da je frižider uključen 365 dana u godini dobijamo neverovatno veliku energiju koja njemu treba u odnosu na energiju koju oduzima rerna koja se uključi tridesetak puta godišnje. Na osnovu ovoga zaključujemo da bi frižider koji bi trošio samo 20W manje, znatno doprineo budžetu domaćinstva. Monitor potrošnje električne energije može da nam dâ energijski profil svakog aparata pa i frižidera i da nas tako uputi na štednju (Povećati temperaturu unutar frižidera, na primer). S druge strane, međutim, u nekim delovima dana elektrodistribucija nameće ograničenje u odnosu na maksimalnu *snagu* koju jedan potrošač sme da troši. U takvim situacijama, monitor potrošnje će nam na vreme skrenuti pažnju da isključimo onaj potrošač čija je nominalna snaga najveća. Time se može postići najveća ušteda u budžetu za električnu

energiju. Tehnika da se sa strane potrošača upravlja potrošnjom električne energije poznata je pod terminom „Demand side management“. U ovom odeljku biće dato nešto više detalja o primeni ovih ideja.

A. Zašto praćenje pomaže?

Za većinu od nas elektricitet je nevidljiv, a „računi za struju“ su u najboljem slučaju šifrovani, a u najgorem tajnoviti. Uređaji za monitoring čine potrošnju električne energije opipljivom na način na koji termometar čini toplotu vidljivom. Naravno, kao i termometar, i naš monitor ne smanjuje potrošnju po sebi već jednostavno nas podstiče da delujemo. Kada je napolju hladno mi stavljamo rukavice. Kada monitor pokazuje znatno uvećanje potrošnje električne energije mi potražimo uzrok i isključimo onaj veliki potrošač čije isključenje smatramo opravdanim. U nekim situacijama je, međutim, poželjno da se, saglasno unapred propisanim pravilima, preveliki potrošači privremeno isključuju na automatski način. Dodajmo tome da nama odgovara da potrošnju pratimo nezavisno od toga jesmo li prisutni ili udaljeni od prostora gde se potrošnja prati ili kontroliše.

B. Šta to radi monitor potrošnje električne energije?

- On pomaže da se ustanovi prekomerna potrošnja (energija) na nivou stana ili pogona.
- On pomaže da se identifikuje aparat koji najviše doprinosi prekomernoj potrošnji (snaga) u datom trenutku.
- On pomaže da se dugoročno odrede aparati koji troše najviše energije nezavisno od njihove nominalne snage.
- On pomaže da se identifikuju aparati koji su nepotrebno uključeni.
- On može da pošalje poruke ili alarme o svim gornjim slučajevima.
- On može da automatski isključi neki od aparata za koji se po unapred propisanoj proceduri dozvoljava automatsko isključenje.

U nekim situacijama može da doprinese povećanju bezbednosti i zaštite električnih uređaja koje koristimo.

V. POSTOJEĆI TIPOVI APARATA ZA PRAĆENJE POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U DOMAĆINSTVIMA I PRIVREDI

Postoji više tipova monitora potrošnje električne energije:

1. Instrument kojim se karakteriše samo jedan aparat - Utični tip.
2. Instrument koji pokazuje ukupnu snagu kuće, stana ili pogona u poslednjoj minuti - Tip trenutnog merenja ukupne potrošnje.
3. Instrument koji meri ukupnu snagu stana, kuće ili pogona u datom trenutku i prati predistoriju potrošnje (energiju) - Tip trenutnog i trajnog merenja ukupne potrošnje.
4. Instrument koji meri pojedinačnu snagu svake grane vezane za svaki osigurač kao i ukupnu snagu stana, kuće ili pogona u datom trenutku i prati predistoriju potrošnje (energiju) - Tip potpunog monitoringa.

Razmotrimo ove instrumente sada sa više detalja:

1. Utični tip monitoriše samo jedan aparat odnosno jednu utičnicu (ako je za utičnicu vezan kabl aparata koji karakterišemo). Primer jednog instrumenta prikazan je na Sl. 7. Ovakvim se instrumentom, podešavanjem vremena trajanja merenja, može veoma efikasno pratiti snaga i energija svakog aparata ili mašine i mogu se spoznati njegova svojstva.

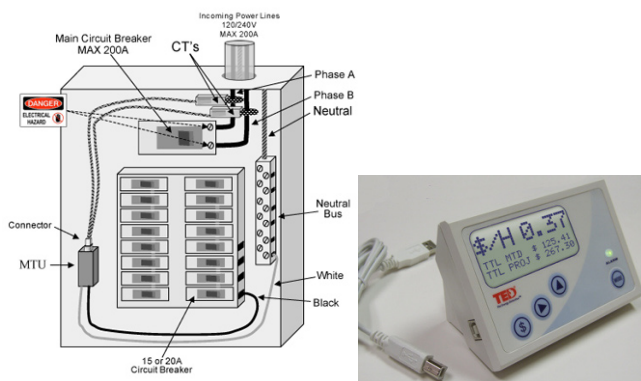
2. Tip trenutnog merenja ukupne potrošnje predstavlja značajni napredak u odnosu na uređaj koji meri potrošnju samo jednog aparata u domaćinstvu ili pogonu. Ovaj uređaj ponaša se kao merač potrošnje električne energije – „strujomer“ s tim što pokazuje snagu, a ne energiju. Broj merenja sa ovakvim uređajima može da bude veliki tako da se može formirati informacija o profilu potrošnje.



Sl. 7. Utični tip monitora potrošnje električne energije

3. Tip trenutnog i trajnog merenja ukupne potrošnje predstavlja korak dalje ka kompletnoj karakterizaciji potrošnje električne energije u domaćinstvu ili u pogonu. Ovakvi uređaji su u stanju da mere potrošnju energije na dnevnom ili mesečnom nivou što korisnicima omogućava da pokušaju da postavе svoje ciljeve u pogledu smanjenja potrošnje. Neki od ovih uređaja omogućavaju pamćenje i grafičko prikazivanje istorije potrošnje. Pored toga, kod nekih je moguće da se radio ili fizičkom vezom podaci prenose u računar i koriste za duže vreme. Time se omogućava korišćenje i nekih softverskih paketa za ekološka izračunavanja. Na Sl. 8. ilustrirana je montaža i jedan tip monitora sa opisanom primenom.

4. Tip potpunog monitoringa omogućava da se dobije kompletna slika i svi njeni detalji vezani za potrošnju električne energije u domaćinstvu ili u pogonu. To je omogućeno time što se merenja odvijaju u razvodnoj kutiji na svakoj grani mreže (svakom kolu) odnosno po svakom osiguraču. U prvoj varijanti merenja se obavljaju u razvodnom ormanu i sumarni izveštaj se radio vezom šalje nadzornom uređaju – računaru ili specijalno konstruisanom monitoru.

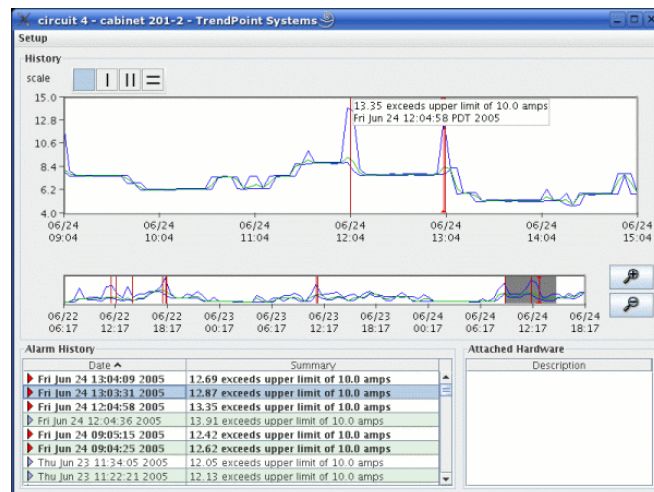


Sl. 8. Montaža mernog dela i stoni monitor kod jednofaznog merača ukupne potrošnje. MTU= Measuring Transmitting Unit

Sl. 9. prikazuje jedan od izveštaja koji se mogu dobiti upotrebom sofisticiranih softvera (aplikacija) koji se mogu

naći na tržištu ili se prodaju zajedno sa hardverom.

Moderna privatna kuća obično ima oko dvadeset posebnih električnih kola koja se preko posebnih osigurača vezuju za jednofazni ili trofazni priključak mreže. Električna kola obično pokrivaju pojedine prostorije, pojedine grupe aparata ili, u nekim slučajevima, samo po jedan značajniji aparat kao što je bojler ili mašina za pranje. Instrument koji obavlja potpuni monitoring u stanju je da monitoriše trenutnu i dugoročnu potrošnju za ceo stan ili pogon, po pojedinim fazama ali i za svako električno kolo - za svaki osigurač pojedinačno.



Sl. 9. Istorija potrošnje jednog kola (osigurača)

U alternativnoj tehnološkoj varijanti merenja se obavljaju na nivou utičnice. Za tu svrhu na svakoj utičnici mora da se doda komponenta slična instrumentu tipa utičnica (bez monitora i sposobnosti obrade podataka) u koji se utiče potrošač. U ovu komponentu ugrađen je merni i komunikacioni deo tako da je omogućeno da se ona poveže u kućnu senzorsku mrežu kojom upravlja odgovarajući računarski podsistem. Pri tome se najčešće koristi ZigBee tehnologija uz FCC (Fast (Ethernet) Communications Controller). U ostalim performansama ovakav sistem ponaša se kao i prva varijanta gde je merenje bilo u razvodnoj kutiji.

Nezavisno od varijante primene, na ovaj način je omogućeno znatno sofisticiranije upravljanje potrošnjom od strane korisnika. Naime, pored toga što se identifikuju najveći potrošači i vremena kada se može smanjiti potrošnja bez suštinske neprijatnosti po korisnika, mogu se uočiti i uređaji koji su stalni potrošači, a da nisu u funkciji - tzv. fantomski potrošači. Naime veliki broj elektronskih uređaja troši i u "isključenom" stanju pa kada se gleda na duži vremenski period ta potrošnja može da postane i značajna.

Čini se da je ovakav uređaj neophodan da bi korisnik do kraja osmislio štednju energije u svom domu. Saglasno tome on omogućava najefikasniju uštedu. Naravno, za njegovu pravilnu eksploataciju potrebno je i da korisnik ima izvesna osnovna znanja o električnim uređajima.

Između ostalog od interesa je i spoznaja o mogućoj maksimalnoj uštedi po aparatu. Takva informacija data je na Sl. 10. Kao što se vidi kod nekih potrošača postoje veoma velike mogućnosti uštede. Pri tome treba imati na umu da je ovaj dijagram generisan za nemačke klimatske uslove.

Levi stubac trenutna potrošnja
Desni stubac minimalna potrošnja
— Potencijal uštede

Sl. 10. Mogućnosti uštede pri eksploataciji pojedinih aparata za domaćinstvo. S leva udesno: frižider, zamrzivač, šporet, mašina za pranje sudova, mašina za pranje veša, mašina za sušenje veša, osvetljenje, televizor, zabava, računar i pretača oprema, ostalo.

Kada se radi o cenama one zavise od sofisticiranosti uređaja koji je primenjen. One se u maloprodaji kreću od \$80 za najjednostavnije do oko \$1000 za najsofisticiranije. Pri tome treba imati na umu, međutim, da ušteda od samo 10% za srpsko domaćinstvo koje u proseku mesečno plaća struju u visini od između 2500 i 3500 dinara, na godišnjem nivou, dostiže polovinu cene prosečnog instrumenta za praćenje i kontrolu potrošnje. Kada govorimo o velikim objektima cena od \$1000 može da se rehabilituje na intervalu od samo nekoliko meseci. Važno je imati na umu da se modernim zakonodavstvom ograničava ukupna potrošnja energije po kvadratnom metru stana što može da bude jedan od ključnih razloga za investiciju u ovakvu opremu.

Tabela III. daje strana iskustva uvođenja sistema praćenja i monitoringa potrošnje električne energije na Floridi. Rezultate treba uzeti sa rezervom s obzirom da se Florida zimi ne greje tako da su najveće potrošnje leti za hlađenje.

TABELA III. UŠTEDE POSTIGNUTE NA FLORIDI

Mesto	Datum instal.	Potrošnja pre instal. (kWh)	Potrošnja posle instal. (kWh)	Smanjenje (%)	Smanjenje usled promene vremena (%)	Apsolutna vrednost smanjenja (kWh)
C1	Maj 06	49,9	52,1	-4,4%	1,36%	-2,2
C2	Feb. 06	41,3	41,3	-0,2%	1,20%	-0,1
F2	Maj 06	113,3	92,2	18,6%	1,36%	21,1
T1	Avg.06	138,4	114,1	17,5%	3,56%	24,3

Ukupno od 20 merenja		50,4	45,8	9,1%	1,80%	4,6

Iz tabele se lako pročitati da je moguće ostvariti značajne uštede, čak do 20%. Kao što se očekivalo, međutim, nije se svaki potrošač ponašao štedljivo pa su neki čak povećali potrošnju. Ipak, ustanovljena je prosečna dnevna ušteda od 4,6 kWh po potrošaču odnosno od svih 9,1% što je izvanredan rezultat posle samo jedne godine implementacije sistema. Ovde treba imati na umu da je potrebna i kvalitetna edukacija potrošača kojima je svakako neophodno saopštiti

dijagram sa Sl. 10.

VI. ZAKLJUČAK

Štednja električne energije u domaćinstvu jedan je od mnogobrojnih načina uspostavljanja koncepta energijske efikasnosti. U ovom radu razmotreni su uslovi i tehnologije za praćenje, monitoring, i kontrolu potrošnje električne energije od strane vlasnika domaćinstava na dinamički način. Time je ukazano da pored metoda koji se preporučuju od strane zvaničnih savetodavaca iz domena energijske efikasnosti, postoje i dinamički metodi koji mogu značajno da utiču na štednju.

VII. ZAHVALNICA

Ova istraživanja su delimično finansirana od strane Ministarstva Prosvete Nauke i Tehnološkog Razvoja u okviru ugovora TR32004.

LITERATURA

- [1] U.S. Energy Information Administration, "International Energy Outlook 2011", <http://www.eia.gov/forecasts/ieo/>
- [2] -, Prvi akcioni plan za energetske efikasnost republike Srbije za period od 2010. do 2012. god., http://www.ssl-link.com/mre/cms/mestoZaUploadFajlove/NEEAP_2010.pdf
- [3] -, "Bilans električne energije za 2010", http://www.media.srbija.gov.rs/medsrp/dokumenti/energetski_bilansi_2010.pdf

VIII. ABSTRACT

In the quest for solutions enabling higher energy efficiency one may recognize an increase of the necessity to implement equipment being capable to generate information and feed-back about the demand in households, enterprises and governmental institutions. Such equipment may deliver detailed information about the electricity demand to the customers. The paramount goal that may be achieved by these technologies is to raise the awareness of the customers about their capacity to effectively use the electrical energy especially in households but for the benefit of the society as a whole.

The market for such products is new and relatively small but it is expected to rise according to the rise of the energy prices, according to the availability of such products, and according to the information spread among the potential customers about their capabilities.

This study was targeting the conditions for development and implementation of such systems. It also had a goal to make the information available to broader auditorium of specialists; to describe the properties of the contemporary available equipment at the market; and to help a potential investor to make a decision about the technology, research, development, production, and marketing.

Tracking, monitoring, and control of the electricity demand in households

Marko Dimitrijević, Miona Andrejević Stošović i Vančo Litovski