

Upravljanje potrošnjom u pametnoj kući sa instaliranim PV sistemom

Ana Lepović, Kristina Džodić
Studenti prvog ciklusa studija
Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet
Beograd, Srbija
ana.lepovic@gmail.com, kristinadodi1@gmail.com

Sažetak— Sa klimatskim promenama koje je velikim delom uzrokovala i proizvodnja električne energije iz elektrana na fosilna goriva, na značaju je dobila proizvodnja iz obnovljivih izvora energije (OIE). Istovremeno, porast životnog standarda i razvoj pametnih tehnologija je doveo do toga da se svakodnevne aktivnosti obavljaju na što jednostavniji i brži način. Ovakve promene imaju uticaj i na zahteve koje treba da zadovolji električni sistem savremenog domaćinstva. U ovom radu prikazani su osnovni elementi budućih pametnih kuća, koje pored povećanja komfora i luksuza života ljudi omogućavaju i upravljanje potrošnjom pomoću kojeg se dijagram potrošnje dodatno može korelisati za dijagramom proizvodnje iz intermitentnog fotonaponskog sistema instalisanog na krovu objekta. Na ovaj način se postiže veća samoodrživost objekta u energetske smislu. Predložena rešenja biće implementirana na realnoj kući u okviru međunarodnog studentskog takmičenja Solar Decathlon Middle East (SDME) 2018 na kojem učestvuju studenti sa Univerziteta u Beogradu.

Ključne reči – obnovljivi izvori energije; pametne kuće; upravljanje potrošnjom

I. UVOD

Proizvodnja električne energije iz konvencionalnih termoelektrana dovela je do značajnih klimatskih promena uzrokovanih emisijom štetnih gasova. Ovaj problem, kao i ograničena količina fosilnih goriva, doveli su do povećanja proizvodnje električne energije iz OIE. Očekuje se da će razvoj ovakvog načina proizvodnje dati odgovor na bitne zahteve, kao što su ekološki prihvatljiva proizvodnja, održiv razvoj i pouzdanost u snabdevanju električnom energijom. Međutim, pojava OIE donela je neke nove teškoće sa aspekta upravljanja elektroenergetskim sistemom koje nastaju zbog njihove intermitentne prirode, usled čega je dosta teže održavati balans između proizvodnje i zahtevane potrošnje. Da bi se ovaj problem rešio, zahteva se daleko viši nivo monitoringa, automatizacije i kontrole sistema u odnosu na već postojeće konvencionalne elektroenergetske sisteme. Moguće rešenje viđeno je u postojanju interaktivne mreže, popularno nazvane smart grid ili pametne mreže. Pametna mreža povezuje komunikacione i informacione tehnologije sa infrastrukturom elektroenergetskog sistema. Ona objedinjuje aktivnosti svih učesnika koji su na nju priključeni: izvora, sistema za skladištenje i potrošača sa ciljem da se obezbedi sigurno i ekonomično snabdevanje uz kontrolisanje opterećenja. Ovakva mreža snabdevena je pametnim mernim uređajima (smart meters) koji obezbeđuju preciznije podatke.

Tokom poslednjih decenija značajno se povećao udeo potrošnje električne energije u sektoru domaćinstava u ukupnoj potrošnji. Male proizvodne jedinice u obliku PV sistema su, zbog lake montaže, pouzdanosti i toga što ne proizvode buku, našle svoju primenu upravo na krovovima stambenih objekata. Zato, primena upravljanja potrošnjom u sektoru domaćinstava može značajno smanjiti troškove i doprineti efikasnosti sistema.

Višak električne energije proizvedene iz fotonaponskih sistema može se ili skladištiti ili prodati eksternoj mreži. Proizvodnja iz fotonaponskih sistema svoj maksimum dostiže u toku dana, kada je i potrošnja maksimalna, pa se može očekivati da će vlasnik fotonaponskog sistema na svojoj kući električnu energiju prodati po najvećoj ceni. Međutim, sa povećanjem ukupnih instaliranih kapaciteta PV sistema, proizvodnja električne energije u toku dana biće sve veća, što će vremenom dovesti do pada cene električne energije na tržištu u momentima kada je najveća proizvodnja iz PV sistema. Zbog toga, potrošačima se više neće isplatiti da električnu energiju prodaju po maloj ceni, već tu energiju da skladište i koriste je onda kada je cena električne energije na tržištu veća. Međutim, sistemi za skladištenje energije dovode i do određenih gubitaka, zbog čega se pokazuje da je najisplativije potrošnju pomerati u sate kada je i proizvodnja iz PV sistema maksimalna. Na taj način, potrošači primaju istu količinu električne energije za svoje potrebe, ali u različitim vremenskim trenucima. Da bi sve ovo bilo moguće, struktura električnih instalacija i uređaja u stambenim objektima mora da se prilagodi ovim zahtevima i omogućiti naprednije upravljanje. Kao odgovor na to, pojavile su se pametne kuće, ili sistemi kućne automatike, koje doprinose kvalitetu života i udobnosti, što je razmatrano u literaturi [1]. Istraživanje potencijala i mogućnosti upravljanja potrošnjom dato je u [2].

Potrošnju nije moguće pomerati u domaćinstvu kako mi želimo. Neki potrošači se stoga mogu smatrati neupravljivim. Da bi se i oni mogli snabdevati električnom energijom, bitna je mogućnost skladištenja električne energije. Najčešće primenjivane su akumulatorske baterije. Ovo je od značaja zbog promenljivosti sunčevog zračenja i potrošnje. Upotrebom baterija i odgovarajućom kontrolom kućnih uređaja moguće je postići poklapanje između dijagrama proizvodnje i potrošnje, čime se ostvaruje optimalno iskorišćenje i minimizacija gubitaka što je analizirano u [3]. Literatura [4] opisuje način realizacije ovakvog sistema, i na osnovu simulacija i stvarnih eksperimenata analizira uticaj skladištenja energije. Primena

metoda za premeštanje rada pojedinih uređaja i efekti tih metoda opisani su u literaturi: frižider [5], [6], klima uređaj [7], bojler [8] i mašine za pranje [9] i [10].

U ovom radu, prikazani su osnovni elementi pametnog sistema koji će pored upravljanja potrošnjom povećati i komfor i luksuz života ljudi koji borave u objektu u kome je implementiran dati pametni sistem. Grupa studenata sa Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu radi na projektovanju samoodržive pametne kuće koja će se najvećim delom napajati iz PV sistema, a priključena je i na eksternu mrežu. Zadatak je da se primenom modernih tehnologija, i pravljenjem algoritama za optimalno upravljanje uređajima postigne maksimalna efikasnost, i da se u što većoj meri ostvari nezavisnost od spoljašnje mreže. Pritom, treba održati uslove udobnosti i funkcionalnosti i omogućiti što jednostavnije kontrolisanje aplikacija i uređaja u kući. Ovakva kuća predstavlja samo jedan primer realnog pametnog sistema koji će se implementirati u stvarnosti. U IV delu ovog rada biće prikazane ideje koje će tim realizovati na stvarnom objektu. Takvo rešenje biće predstavljeno na takmičenju SDME u Dubaiju, 2018. Ovo takmičenje podiže svest o ekološkom pristupu projektovanju, očuvanju životne sredine i tehnološkim inovacijama primenjenim u pametnim objektima.

II. PAMETNE KUĆE

Pametna kuća je električni sistem u domaćinstvu koji omogućava lakše i brže upravljanje električnim uređajima i svim ostalim komponentama. Funkcionisanje pametne kuće se zasniva na informacionim i komunikacionim tehnologijama koje postoje u svim prostorijama, uređajima i sistemima, i koje se na osnovu podataka dobijenih od korisnika prilagođavaju životnim navikama i potrebama. Pored udobnosti i funkcionalnosti obezbeđuju i ekonomičnu upotrebu energije. Pametna kuća za cilj ima poboljšanje životnog standarda što se, između ostalog, ostvaruje daljinskom kontrolom i automatizacijom uređaja i unapređenim bezbedonosnim sistemom. Takođe, mogućnost upravljanja opterećenjem pametne kuće, kao krajnjeg čvora u elektroenergetskom sistemu, dozvoljava da domaćinstvo odgovori na trenutne tokove snaga u sistemu, prilagodi se različitim tarifama ili promenljivoj proizvodnji iz nekog od obnovljivih izvora energije.

Infrastruktura sistema pametne kuće sastoji se od kontrolne i multimedijalne mreže. Kontrolna mreža povezuje kontrolere, senzore i aktuatora za razmenu naredbi i informacija, a multimedijalna mreža je zadužena za prenos zvučnih i video signala.

Kućnim aparatima se može upravljati korišćenjem bežičnih tehnologija kao što su Zigbee, Infrared, Bluetooth, Wi-Fi i druge. Aktuatorima se upravlja signalima koji mogu biti poslani sa aplikacija pametnih telefona, tablet računara, SMS porukom, glasovnom ili ručnom naredbom. Sistem pametne kuće treba da omogući kompatibilnost različitih komunikacionih tehnologija i njihovo istovremeno pravilno funkcionisanje. Upravljački sistem u svakom trenutku ima

informacije o statusu uključenosti svakog aparata, dobija podatke od senzora koji prate rad uređaja i upravlja njihovom aktivnostima.

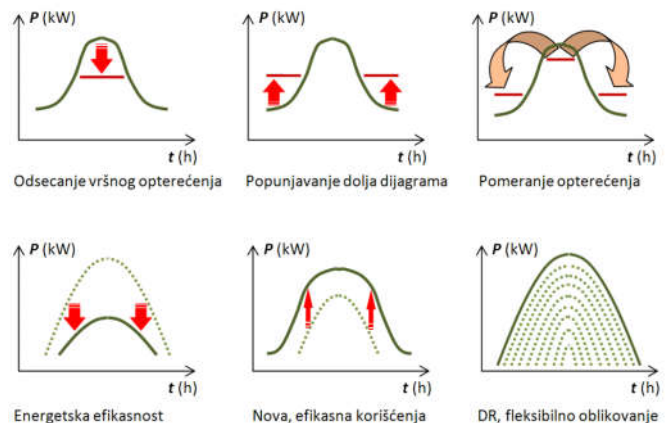
Neophodne komponente pametnog sistema su pametni uređaji, odnosno aparati čijim se programiranjem prilagođava njihov rad aktuelnom stanju u kući i potrebama korisnika. Vršiti se nadzor rada svih uređaja, posredstvom senzora, i kontroliše njihova potrošnja. Svi uređaji i aplikacije su međusobno povezani i ovakav tehnički sistem fizičkih objekata koji imaju ugrađene elektronske uređaje, senzore i mogućnost razmene informacija zove se Internet stvari (Internet of Things, IoT).

Sistem pametne kuće treba da sadrži mogućnosti upravljanja sledećim sistemima: bezbedonosnim, za osvetljenje, sistemima za grejanje, hlađenje i ventilaciju, nizom aplikacija koje se odnose na povećanje komfora u kući, a od najvećeg značaja je mogućnost upravljanja potrošnjom prethodno navedenih sistema i ostalih kućnih aparata.

III. UPRAVLJANJE POTROŠNJOM

Upravljanje potrošnjom (Demand Side Management, DSM) obuhvata planiranje, primenu i nadzor nad aktivnostima potrošača električne energije, koje su osmišljene tako da izazovu željene promene u obliku dijagrama opterećenja. Tipične promene opterećenja prikazane su na slici 1.

Osnovna dva načina upravljanja su indirektni i direktni. Indirektno upravljanje se ostvaruje podsticajnom politikom, različitim tarifama, popustima itd. Ovakve metode imaju za cilj smanjenje potrošnje u periodima vršnog opterećenja, tako što će potrošači premestiti svoju potrošnju u drugo vreme. Mana ovih metoda je nesigurno ponašanje potrošača i željene promene u dijagramu se ne moraju desiti. Kod direktnog načina upravljanja potrošnjom postoji upravljački sistem koji komanduje svim uređajima i reguliše njihov rad. Ovakve metode daju pouzdanije rezultate, ali zahtevaju primenu skuplje infrastrukture i uređaja.

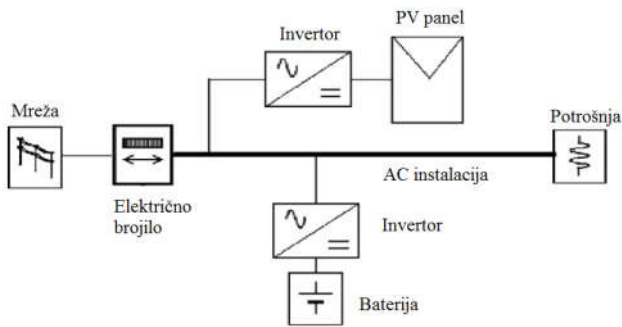


Slika 1: Osnovni vidovi promene dijagrama opterećenja [2]

Direktno upravljanje potrošnjom posebno je značajno sa aspekta integracije intermitentne proizvodnje iz obnovljivih

izvora energije u elektroenergetski sistem, jer se na taj način omogućava bolja korelacija dijagrama proizvodnje sa potrošnjom.

Algoritmi koji su do sada razvijani i koji će biti razvijani za potrebe takmičenja se zasnivaju na podacima o potrošnji električne energije korisnika, trenutnoj proizvodnji energije iz PV sistema i ukoliko postoje baterije za skladištenje energije o trenutnom stanju punjenja baterije. U instalaciji koja je povezana na distributivnu mrežu, baterije skladište energiju tokom sunčanih sati, da bi je koristile u satima kada nema proizvodnje iz PV sistema.



Slika 2: Topologija AC sistema u kući sa PV sistemom

Tokovi snaga u periodima punjenja, odnosno pražnjenja baterije, opisani su sledećim jednačinama:

$$P_{mr} = 0 \tag{1}$$

$$P_{pot} \leq P_{PV} \rightarrow P_{bat} = P_{pot} - P_{PV}; P_{PV,pot} = P_{load} \tag{2}$$

$$P_{pot} > P_{PV} \rightarrow P_{bat} = P_{pot} - P_{PV}; P_{PV,pot} = P_{PV} \tag{3}$$

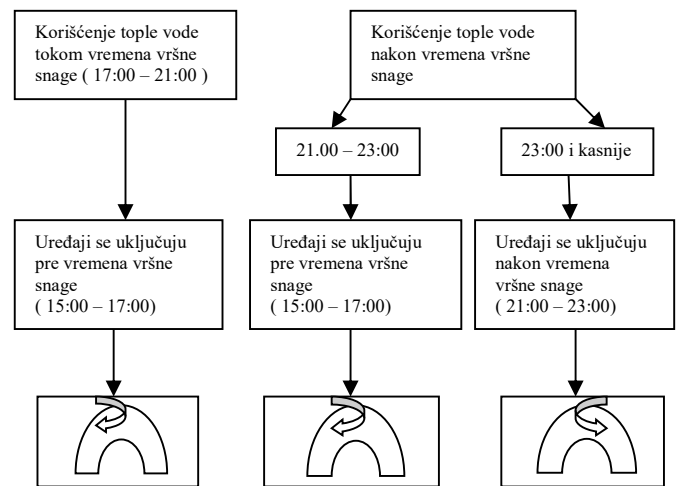
gde je P_{mr} snaga koja se preuzima iz mreže, P_{load} je snaga potrošnje, P_{PV} je snaga PV sistema, P_{bat} je snaga preuzeta iz baterije, pri čemu se baterija u jednom slučaju puni, a u drugom prazni, a $P_{PV,pot}$ je snaga PV sistema koja namiruje potrošnju.

Ulazni podatak biće i vremenska prognoza za predstojeći vremenski period, na kojoj će se zasnivati pravljenje rasporeda rada aparata prema očekivanoj proizvodnji. Jedno od energetski najefikasnijih rešenja predstavlja sinhronizovanje profila potrošnje sa profilom proizvodnje, tj. menjanje dijagrama potrošnje tako da se ona maksimalno poveća u periodima u kojima je proizvodnja iz obnovljivih izvora, u ovom slučaju iz solarnih panela, najveća, a da se smanji kada se proizvodnja smanji ili kada je nema.

Bitno je ispravno odabrati uređaje čijim će se radom upravljati. To moraju da budu aparati čiji se rad sme pomerati u vremenu, a da to ne utiče na korisnike. Postoje uređaji čiji se rad može pomerati, ali se retko koriste, i male su snage. Zato je bitno da udeo odabranih uređaja u ukupnoj potrošnji bude

znatan, da bi rad DSM sistema imao dovoljno dobar učinak. Kada se ovo uzme u obzir, termostatski uređaji su dobri kandidati za upravljanje potrošnjom. To bi bili frižideri i zamrzivači, zatim mašine za pranje sudova, mašine za pranje i sušenje veša i uređaji za zagrevanje vode kao što je bojler.

U [8] se govori o mogućim dnevnim programima rada uređaja za grejanje vode, s obzirom na to da su oni velikim delom odgovorni za maksimume u potrošnji koji se dostižu u večernjim satima, jer ih potrošači uglavnom uključuju neposredno pred korišćenje, tj. uglavnom u periodu između 17h i 22h. Cilj pomeranja rada ovih uređaja je da se oni mogu uključiti u toku bilo kod dela dana, a da u isto vreme bude zagarantovana dovoljna količina tople vode za upotrebu u domaćinstvu. Pokazano je da ako je DSM program pažljivo dizajniran, to je moguće obezbediti. Na primer, ukoliko se oni uključe između 21h i 23h, i tri osobe se tuširaju jedna za drugom, i sledećeg jutra će biti dovoljno vode za bar još jedno tuširanje. Neke od ostalih mogućnosti pomeranja u vremenu su prikazane na slici.



Slika 3: Pomeranje vremena uključivanja bojlera

Sistemi za hlađenje uglavnom rade na sličan način. Njihov glavni zadatak je da im unutrašnja temperatura ostane u određenim granicama. Da bi se ovo postiglo, hladnjak treba da radi dok se temperatura ne spusti na minimum, a onda se isključuje i ne radi sve dok temperatura ne dostigne maksimum [5]. U [6] su predstavljene strategije upravljanja frižiderima. Jedna od mogućnosti je da se pre vremena vršne snage frižideru da signal za uključivanje, da bi postepeno počela da opada njegova unutrašnja temperatura, a zatim drugi signal, da bi se isključio tokom vremena vršne snage. Umesto signala za uključivanje i isključenje, moguće je i upravljati promenljivim granicama unutrašnje temperature frižidera (T_{min} i T_{max}), modifikovanjem temperatura pri kojoj će se isključiti i uključiti, tako da termalna energija bude uskladištena duži vremenski period. To se postiže tako što nekoliko sati pre vremena vršne snage logički kontroler smanjuje vrednost T_{max} , i ona se postepeno približava T_{min} . Na ovaj način se povećava verovatnoća da se frižider uključi ($T > T_{max}$) i uskladišti više termalne energije, a rezultat je da srednja unutrašnja

temperatura frižidera (T) postaje niža. Neposredno pre vremena vršne snage parametar T_{max} se postepeno vratio na originalnu vrednost, a parametar T_{min} se povećava tako da se približava T_{max} , pa se povećava verovatnoća da se frižider isključi ($T < T_{min}$), oslobađajući uskladištenu termalnu energiju. Kao rezultat, srednja unutrašnja temperatura frižidera (T) postaje viša. Nakon što se T_{min} vrati na originalnu vrednost, frižider nastavlja sa radom na konvencionalan način.

Slično se može postupati i sa klima uređajima, samo što je kod njih opseg u kome se menja temperatura manji, oko 1°C . Tada se može, pre perioda smanjene proizvodnje delovati na zadatu temperaturu i povećati njena vrednost za $0,5^{\circ}\text{C}$. Ove vrednosti mogu biti veće ili manje, u zavisnosti od toga koliko ćemo električne energije iz PV sistema imati na raspolaganju, ali takve da nemaju osetno dejstvo na korisnike. Nakon što prođe period tokom kog se upravlja, vrednost zadate temperature se postepeno vraća na početnu vrednost. Postepeno, jer bi restartovanje klima uređaja dovelo do značajno veće potrošnje. Zato je neophodna kontinualna kontrola rada i nakon što prođe kritični period. [7].

Kod uređaja kao što je mašina za pranje veša treba voditi računa i o tome da ciklus pranja ne sme da se prekida. Jedan od mogućih načina upravljanja ovakvim aparatima je opisan u [9]. Ono podrazumeva korišćenje aplikacije na tabletu koji je povezan sa mašinom i koja, kada korisnik uključi mašinu, nudi dve opcije: „sada“ i „najbolje“. „Najbolje“ predstavlja optimalno vreme da mašina počne da radi, u zavisnosti od vrste programa pranja, proizvodnje energije iz PV sistema i predviđene potrošnje. Korisnik može da definiše „najranije“ vreme da počne pranje i „najkasnije“ vreme da se ono završi, i na kraju, izborom opcije „najbolji početak“ obezbedi da se mašina automatski uključi u „najbolje vreme“. U proceni optimalnog vremena, aplikacija koristi vreme izlaska i zalaska sunca i prognozu oblačnosti, a takođe prikazuje i procenjenju količinu energije uzete iz mreže i iz PV sistema za dva moguća vremena uključivanja mašine. Aplikacija na svakih 30 minuta prima trenutne podatke o ukupnoj proizvodnji i potrošnji energije i vremenskoj prognozi i ažurira očekivano optimalno vreme za početak rada mašine, koje je u skladu sa „najranijim“ i „najkasnijim“ vremenom, definisanim od strane korisnika.

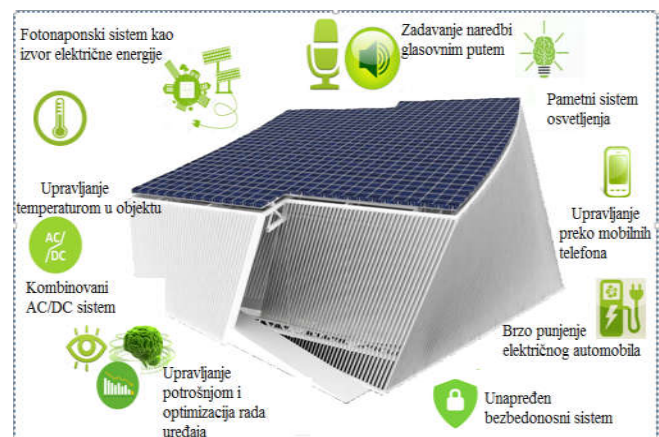
Istraživanja [10] su pokazala da postoje još neki aspekti planiranja o kojima treba voditi računa. Pogodno je uzeti u obzir i aktivnosti koje slede nakon određene radnje. Na primer, nakon pranja veša, neophodno je da se taj veš i osuši, a opciono, i da se ispegla. Kontra – produktivno bi bilo da se ove aktivnosti izvršavaju kasnije, kada je proizvodnja smanjena.

IV. ELEKTRIČNI SISTEM KUĆE ZA MEĐUNARODNO TAKMIČENJE SDME 2018

Zadatak grupe studenata sa Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu je da napravi pametni sistem, kao i kompletne električne instalacije za kuću na kojoj rade u saradnji sa

drugim fakultetima Univerziteta u Beogradu, a koja će koristiti energiju dobijenu iz solarnih panela i biti energetski samoodrživa, što zahteva upotrebu pametnih uređaja. Ovi uređaji, pored toga što doprinose većem komforu prvenstveno služe da bi se dobijena energija iskoristila na najefikasniji način. Nakon razvoja algoritama za upravljanje potrošnjom, studenti će ih i implementirati, tako da ovi kućni aparati rade po zadatim programima. Glavni cilj DSM sistema je da napravi raspored po kome će se, tokom dana, izvršavati različite aktivnosti koje zada korisnik. Aktivnosti se mogu podeliti u dve različite grupe: one koje se mogu i one koje se ne mogu premeštati. Prvu grupu čine one aktivnosti čije se izvršenje može desiti unutar određenih vremenskih granica (npr. veš mašina mora da počne sa radom između 11:00 i 16:00 časova, ali svakako da završi pre 18:00). S druge strane, druga grupa aktivnosti se mora izvršiti u trenutku koji korisnik zada (npr. uključivanje televizora). Sistem za upravljanje potrošnjom radi sa prvom grupom aktivnosti i treba da nađe vreme u koje će se svaki takav zadatak izvršiti, a da se postigne optimalni učinak sa aspekta utroška energije. S drugom grupom aktivnosti se ne manipuliše, njihovi zahtevi moraju trenutno da budu zadovoljeni, ali i to se mora uzeti u obzir, kod pravljenja najboljeg rasporeda.

Spisak uređaja kojima će se upravljati i koji će biti instalirani u kući, prikazan je u tabeli I, zajedno sa snagom i prosečnim brojem sati tokom kojih radi svaki od njih prema informacijama iz [11]. Za potrebe takmičenja, rad ovih uređaja mora da zadovolji kriterijume koji su zadati propozicijama (kao što su temperature frižidera, zamrzivača, vode u mašini za pranje veša itd.).



Slika 4: Twistbox kuća sa prikazanim funkcijama

Da bi upravljački sistem mogao da radi, korisnik mora da obezbedi informacije o tome koji uređaji treba da rade u naredna 24 časa, vremenski raspon u kome te radnje treba da se izvrše i da zada režim po kome želi da uređaji rade. Od korisnika se očekuje da je uključen u rad DSM sistema dajući ove podatke i da pristaje na fleksibilnost po pitanju trenutka izvršenja operacija. Opciono, korisnik može da da naredbu za trenutno izvršavanje radnji, ali tada upravljanje potrošnjom nema uticaj. Pored onih koje zadaje korisnik, još i prognoza proizvodnje iz PV sistema i ako ima skladištenja, stepen

napunjenosti baterije. Nakon što dobije sve potrebne informacije, sistem počinje da planira raspored izvršavanja tako da se energija dobijena iz sunca iskoristi u što većoj meri, a da se interakcija sa mrežom svede na minimum.

TABELA I.

Kućni aparati kojima se upravlja		
Naziv uređaja	Snaga [W]	Broj sati tokom dana koliko uređaj radi
Veš mašina	1600	2
Mašina za sušenje veša	3000	2
Mašina za pranje sudova	1800	1
Frižider	180	24*
Zamrzivač	200	24*
Klima uređaj	2600	5
Električni bojler	4000	3

*Periodično se pali i gasi u toku dana

Pored toga, biće omogućeno i upravljanje osvetljenjem. Ideja je da se sve komande zadaju preko glavnog displeja u kući, a u ove svrhe se mogu koristiti i tablet računari i telefoni. Tako, na primer, korisnik mobilnim telefonom može da uključi bojler ili klima uređaj dok se vraća kući. Jedna od sposobnosti pametnog sistema je i da se prilagođava trenutnoj situaciji. Kada nema nikog kod kuće isključuju se svetla u prostorijama, klima se gasi ako su prozori otvoreni, a leti kada greje sunce roletne se same spuštaju. Sigurnosni sistem kuće je još jedan bitan segment. Automatsko zaključavanje vrata, obaveštavanje korisnika putem mejla o tome ko je dolazio i u koliko sati, uključivanje alarma kao zaštita od obijanja kuće su neke od pogodnosti. Takođe, simulacija prisustva vlasnika kada se kuća napušta na duže vreme može biti dobar vid zaštite od potencijalnih provalnika. U slučaju požara ili poplave sistem može automatski da isključi ventilaciju ili dovod vode kako bi sprečio nastanak veće štete.

V. ZAKLJUČAK

U ovom radu su predstavljene ideje za upravljanje potrošnjom u okviru sistema pametne kuće koja se napaja iz solarnih panela. Opisane su aplikacije i mogućnosti smart home sistema. Dat je pregled literature u kojoj su detaljnije razrađene metode upravljanja pojedinim uređajima i simulacije koje prikazuju efekte primenjenih postupaka. Algoritmi koji će dalje biti razvijani treba da budu usklađeni sa kriterijumima takmičenja, a da budu i primenljivi u stvarnim stambenim objektima. Cilj svih primenjenih rešenja je samoodrživost.

ZAHVALNICA

Zahvaljujemo se profesoru Željku Đurišiću i asistentu Dimitriju Koturu sa Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu na korisnim savetima i sugestijama prilikom izrade rada.

LITERATURA

- [1] R. Kadam, P. Mahamuni, Y. Parikh, "Smart Home System", International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering ISSN: 2349-2163 Vol. 2 Issue 1 (January 2015)
- [2] V. Šiljkut, "Upravljanje potrošnjom u inteligentnim energetskim mrežama sa varijabilnom proizvodnjom", doktorska disertacija
- [3] R. Kallel, G. Boukettaya, L. Krichen, "Demand side management of household appliances in stand-alone hybrid photovoltaic system", Renewable Energy 81 (2015) 123-135
- [4] M. Castillo-Cagigal, E. Caamano-Martín, E. Matallanas, D. Masa-Bote, A. Gutierrez, F. Monasterio-Huelin, J. Jimenez-Leube, "PV self-consumption optimization with storage and Active DSM for the residential sector", Solar Energy 85 (2011) 2338-2348
- [5] M. Alparslan Zehir, M. Bagriyanik, "Demand Side Management by controlling refrigerators and its effects on consumers", Energy Conversion and Management Volume 64 (2012) 238-244
- [6] G. Niroa, D. Salles, M. V.P. Alcântara, L. C.P. da Silva, Large-scale control of domestic refrigerators for demand peak reduction in distribution systems, Electric Power Systems Research, Volume 100, 2013, p 34-42
- [7] X. Hu, B. Wang, S. Yang, T. Short, and L. Zhou, A Closed-Loop Control Strategy for Air Conditioning Loads to Participate in Demand Response, Energies 2015, 8, 8650-8681
- [8] U. Atikol, A simple peak shifting DSM (demand-side management) strategy for residential water heaters, Energy, Volume 62, 2013, p 435-440
- [9] Jacky Bourgeois, Janet van der Linden, Gerd Kortuem, Blaine A. Price, Christopher Rimmer, Conversations with my Washing Machine: An in-the-wild Study of Demand Shifting with Self-generated Energy
- [10] R. Shipman, M. Gillott, E. Naghiyev, SWITCH: Case studies in the demand side management of washing appliances, Energy Procedia, Volume 42, 2013, p 153-162
- [11] EnergyUseCalculator. (2014, Apr.) Electricity usage of home appliances. Online: <http://energyusecalculator.com/index.htm>

ABSTRACT

Climate changes, mostly caused by electrical power generation from fossil fuels, increased the significance of Renewable Energy Sources. At the same time, with the improvement in the living standards and development of smart technologies daily activities became easier and faster. These changes influenced home electrical system of modern household. This paper presents basic elements of future smart homes, which offer better comfort and life luxury. Besides that, they also provide load management which allows to schedule the electricity demand in order to adapt to intermittent PV generation of panels installed on the roof of the house. In this way, greater energy sustainability will be achieved. Presented ideas will be applied in real object during international student competition Solar Decathlon Middle East 2018, where students from University of Belgrade participate.

DEMAND SIDE MANAGEMENT IN SMART HOMES WITH PV SYSTEM

Ana Lepović, Kristina Džodić

