

PAMETNI SISTEMI GREJANJA

Milan Stefanović¹ Dr Slobodan Stefanović²

Rezime: Pametan dom je opremljen inteligentnim uređajima, kojima se pretvara klasičan dom u pametan. Ovi inteligentni uređaji međusobno su povezani komunikacionom mrežom, omogućavajući razmenu podataka i automatizovano upravljanje resursima u koje spadaju i napredna kontrolna rešenja koja imaju za cilj transformaciju zgrade u inteligentan sistem sa aspekta uštede energije

Ključne reči: : pametne mreže, pametna kuća, inteligentni uređaji, pametni termostat, aktivni kontroler.

SMART HEATING SYSTEMS

Abstract: A **smart home** is equipped with **intelligent devices** that transform a traditional home into a smart one. These intelligent devices are interconnected through a **communication network**, enabling **data exchange** and **automated resource management**. This includes **advanced control solutions** aimed at transforming the building into an **intelligent system**, with a focus on **energy savings**.

Key words: Water jet processing, abrasion, cutting.

1. UVOD

Pametna mreža predstavlja inteligentni elektroenergetski sistem čiji je cilj efikasnije upravljanje i distribucija energije na isplativiji i održiviji način u poređenju s tradicionalnim mrežama. Međutim, kako bi dom mogao da se poveže na pametnu mrežu, mora biti prilagodljiv i sposoban za dvosmernu komunikaciju. Drugim rečima, govorimo o konceptu **pametne kuće**.

Pametna kuća integriše četiri ključna sistema:

1. **Sistem automatizacije zgrada.**
2. **Telekomunikacioni system.**
3. **Sistem automatizacije prostorija.**
4. **Računarski sistem za upravljanje objektima.**

Jednostavno rečeno, pametan dom je opremljen inteligentnim uređajima, među kojima je **Smart HEMS** (Home Energy Management System) najvažniji. On objedinjuje različite usluge koje pretvaraju klasičan dom u pametan.

Ovi inteligentni uređaji međusobno su povezani komunikacionom mrežom, omogućavajući razmenu podataka i automatizovano upravljanje resursima. U poslednje vreme, razvoj pametnih tehnologija doživeo je značajan rast, uključujući **pametna brojila, pametne termostate, senzore i druge inteligentne sisteme**, koji doprinose energetskej efikasnosti i komforu u domu.

2. NAPREDNE HVAC KONTROLE

Trenutni tehnološki razvoj omogućava predlaganje naprednih kontrolnih rešenja koja imaju za cilj transformaciju zgrade u inteligentan sistem.

U oblasti napredne HVAC kontrole, **OOHC (Sjedinjene Američke Države)** nastoji da razvije korisnički orijentisane sisteme grejanja i tehnologije hlađenja zasnovane na podacima iz savremenih sistema za detekciju. Cilj je uspostavljanje inovativnog pristupa koji uključuje:

¹ Faculty of Applied Sciences, Niš; milanstefanovic0705@gmail.com

² Academy of Technical Educational Vocational Studies, Niš; slobodanstef@gmail.com

- Preciznu procenu trenutne i predviđene popunjenosti prostora,
- Nove koncepte omotača zgrade koji poboljšavaju brzinu i efikasnost odgovora na promene u popunjenosti,
- Napredne sisteme grejanja i hlađenja prilagođene dinamičnim uslovima u objektu.

Ovaj pristup doprinosi optimizaciji potrošnje energije i poboljšanju komfora korisnika.

Napredne HVAC kontrole (Heating, Ventilation, and Air Conditioning – grejanje, ventilacija i klimatizacija) predstavljaju sofisticirane sisteme upravljanja HVAC uređajima koji koriste automatizaciju, senzore i veštačku inteligenciju za optimizaciju rada ovih sistema.

Ključne karakteristike naprednih HVAC kontrola:

1. Prilagođavanje uslovima u realnom vremenu

- Korišćenje senzora temperature, vlažnosti, kvaliteta vazduha i popunjenosti prostora za preciznu regulaciju grejanja i hlađenja.
- Automatsko prilagođavanje rada sistema u zavisnosti od prisustva ljudi i spoljašnjih vremenskih uslova.

2. Energetska efikasnost

- Smanjenje potrošnje energije kroz optimizovanu distribuciju toplote i rashladnog vazduha.
- Integracija sa pametnim mrežama i obnovljivim izvorima energije za još efikasniji rad.

3. Automatizacija i prediktivna analiza

- Upotreba algoritama mašinskog učenja za predviđanje potreba za grejanjem i hlađenjem.
- Samostalno donošenje odluka zasnovano na podacima iz različitih senzorskih sistema.

4. Integracija sa pametnim zgradama

- Povezanost sa sistemima automatizacije zgrada (BAS – Building Automation Systems).
- Mogućnost daljinskog upravljanja putem mobilnih aplikacija ili centralizovanih kontrolnih sistema.

5. Poboljšanje komfora korisnika

- Precizna kontrola temperature i vlažnosti u različitim zonama prostora.
- Pametno prilagođavanje sistema individualnim preferencijama korisnika.

Prednosti naprednih HVAC kontrola:

- Smanjena potrošnja energije i niži troškovi.
- Manje emisije ugljen-dioksida.
- Poboljšan kvalitet vazduha u zatvorenom prostoru.
- Veća udobnost i bolje iskustvo korisnika.

Ukratko, napredne HVAC kontrole (HEMS je ključni element **pametnih kuća** koji omogućava efikasno upravljanje energijom, smanjuje troškove i povećava udobnost. Kroz automatizaciju i integraciju sa pametnim mrežama, HEMS predstavlja budućnost energetske efikasnosti u domaćinstvima) omogućavaju efikasnije, inteligentnije i održivije upravljanje sistemima grejanja, hlađenja i ventilacije, što doprinosi ekološkoj i ekonomskoj održivosti objekata.

Pošto je grejanje glavni potrošač energije u stambenom sektoru , očigledno je da je pametni termostat veoma važna komponenta u HEMS sistemu u kući.³

Istraživanje **Nest Labs-a** pokazalo je da korisnici pametnih termostata u proseku troše **15% manje energije za grejanje i oko 11% manje za hlađenje**, što im donosi godišnju uštedu od približno **140 dolara**.

Šta su pametni termostati?

Definicija pametnog termostata varira u zavisnosti od modela i funkcionalnosti. Ključna razlika između običnih programabilnih i pametnih termostata je u načinu prilagođavanja rada:

- **Programabilni termostat** – podešava temperaturu prema unapred definisanom rasporedu.
- **Pametni termostat** – automatski prilagođava rad na osnovu stvarnih uslova korišćenja i potreba korisnika.

"**Termostati za komunikaciju**" imaju prednost povezivanja na Internet i omogućavaju **daljinsku kontrolu** putem mobilnih aplikacija. Oni koriste podatke iz različitih senzora, kao što su:

- **Senzori prisustva** – detektuju kada su korisnici prisutni i prilagođavaju temperaturu.
- **Meteorološka stanica** – prilagođava rad na osnovu vremenskih uslova.
- **GPS sistem** – prepoznaje kada se korisnik približava kući i automatski podešava temperaturu.

Ovi termostati takođe koriste **mašinsko učenje** kako bi analizirali životne navike korisnika i optimizovali raspored grejanja.

Kako pametni termostat optimizuje grejanje?

Pametni termostati se oslanjaju na **napredne metode kontrole**, uzimajući u obzir faktore kao što su:

- Prisustvo korisnika i njihov raspored aktivnosti.
- Vremenske prilike i spoljašnja temperature.
- Termičke karakteristike objekta (toplotna izolacija, brzina zagrevanja i hlađenja)

Jedan od izazova u sistemima grejanja je **dugo vreme potrebno za postizanje željene temperature**. Zato pametni termostati koriste **prediktivne metode** kako bi unapred procenili potrebu za grejanjem i postigli optimalan nivo komfora bez nepotrebne potrošnje energije.

Pametni termostati predstavljaju ključni element energetske efikasnosti domova, omogućavajući **veće uštede, poboljšan komfor i smanjenje uticaja na životnu sredinu**. Njihova sposobnost da uče i prilagođavaju se korisničkim navikama čini ih nezaobilaznim delom **savremenih pametnih kuća**.



Slika 1- Pametni ili smart termostati^{4, 5}

³<https://www.researchgate.net/publication/320083433>

⁴ KROV. rs

Jedan od ključnih izazova pametnog termostata je **precizno određivanje trenutka kada ukućani napuste dom**, kako bi se **HVAC sistem** mogao efikasno isključiti.

Problem: Konstantan ulazak i izlazak može dovesti do toga da se HVAC sistem prerano isključi, uzrokujući:

- **Nelagodnost za stanare** zbog neodgovarajuće temperature.
- **Povećanu potrošnju energije** zbog prečestog uključivanja i isključivanja uređaja.
- **Smanjenje životnog veka opreme** usled prekomernog ciklusa rada.

S druge strane, **previše konzervativan pristup** može dovesti do **nepotrebnog grejanja ili hlađenja praznih prostora**, što opet znači **rasipanje energije**.

2.1. Rešenje: Hidden Markov Model (HMM)

Kako bi pronašao **idealnu ravnotežu**, pametni termostats koristi **Skriveni Markovljev Model (HMM)** za **predviđanje statusa doma**. Ovaj model procenjuje **verovatnoću da se dom nalazi u jednom od tri stanja**:

1. **Odsutnost** – kada je dom potpuno prazan.
2. **Aktivnost** – kada je dom zauzet i bar jedan stanovnik je budan.
3. **Spavanje** – kada svi ukućani spavaju.

Sistem detektuje **prelazak između ovih stanja** sa visokom verovatnoćom i prilagođava temperaturu u skladu sa tim.

Skrivena promenljiva (it), koja predstavlja distribuciju preko glavne ploče termostata, može biti u jednom od sledećih stanja:

- **Gostima** – kada su prisutni povremeni posetioци.
- **Aktivno** – kada su ukućani budni i koriste prostor.
- **Spavanje** – kada je cela kuća u stanju mirovanja.

2.2. Kako HMM poboljšava rad termostata?

- **Optimizuje potrošnju energije** tako što precizno prepoznaje kada treba uključiti ili isključiti HVAC sistem.
- **Smanjuje trošenje opreme** sprečavajući prečeste cikluse rada.
- **Povećava komfor korisnika** održavajući optimalnu temperaturu u skladu sa njihovim navikama.

Pametni termostats sa **HMM algoritmom** omogućava **precizno i efikasno upravljanje grejanjem i hlađenjem**, uz minimalnu potrošnju energije i maksimalnu udobnost korisnika. Integracija naprednih prediktivnih modela postavlja **nove standarde u HVAC industriji**, čineći pametne domove još **inteligentnijim i energetske efikasnijim**.

3. AKTIVNI KONTROLER

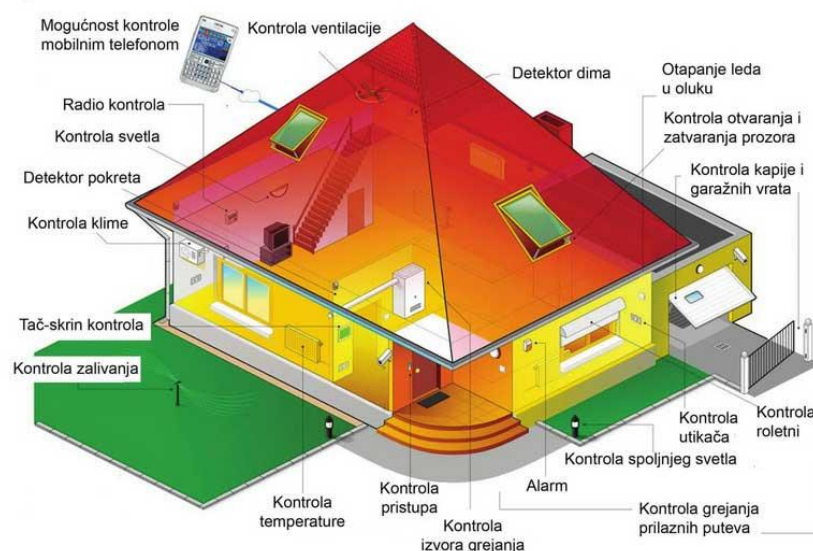
U **pametnoj mikromreži**, signal koji označava **višak snage (Psurplus)** generiše lokalni kontrolni entitet i prenosi ga putem komunikacionog sistema svim krajnjim korisnicima i njihovim **aktivnim kontrolerima**.

⁵ Intelligent SHOP

Šta je višak snage? - Višak snage predstavlja razliku između:

- **Proizvodnje energije iz obnovljivih izvora** (solarne, vetroelektrane itd.).
- **Trenutne potrošnje električne energije** u mikromreži.

Ovaj signal se zatim prenosi na **sistem merenja krajnjih korisnika** ili **sistem za upravljanje energijom u domaćinstvu (HEM)**, koji prosleđuje informacije **aktivnom kontroleru** u kući.



Slika 2 - Pametna kuća⁶

3.1. Kako funkcioniše aktivni kontroler? - Aktivni kontroler reguliše rad HVAC sistema (grejanje i hlađenje) na osnovu:

- **Internih podešenih vrednosti** (željenih temperatura).
- **Eksternog signala** o višku snage iz mikromreže.

Iako aktivni kontroler može biti povezan sa većinom potrošača električne energije u domaćinstvu, **u sistemu grejanja on koristi 24-časovnu standardnu devijaciju viška snage** kako bi optimizovao temperaturu.

3.2. Podešene tačke u sistemu aktivnog kontrolera:

1. T_{desired} – željena temperatura ($^{\circ}\text{C}$).
2. T_{real} – stvarna temperatura ($^{\circ}\text{C}$).
3. T_{min} – minimalna prihvatljiva temperatura ($^{\circ}\text{C}$).
4. T_{max} – maksimalna prihvatljiva temperatura ($^{\circ}\text{C}$).
5. R_{amphigh} – nagib između T_{desired} i T_{max} ($^{\circ}\text{C}^{-1}$), određuje brzinu zagrevanja.
6. R_{amplow} – nagib između T_{desired} i T_{min} ($^{\circ}\text{C}^{-1}$), određuje brzinu hlađenja.
7. σ_{min} – standardna devijacija viška snage za T_{min} .

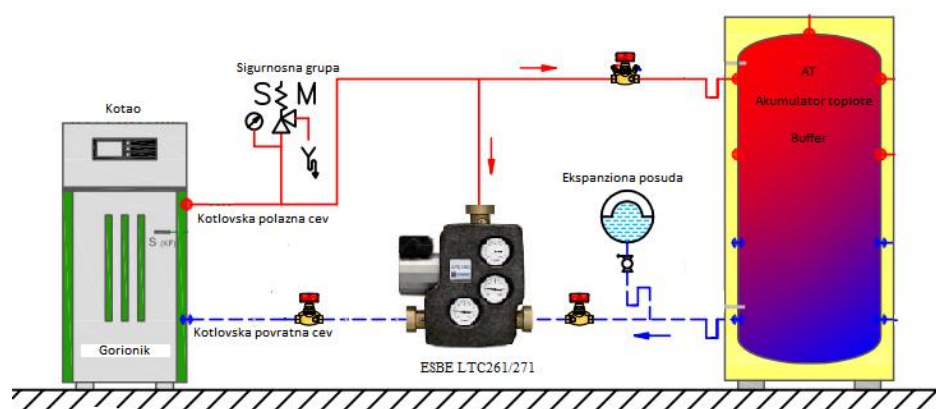
⁶ Interfom

8. $\sigma_{\max}$ – standardna devijacija viška snage za $T_{\max}$.

3.3. Prednosti aktivnog kontrolera u mikromreži:

- **Optimizacija potrošnje energije** – prilagođava rad HVAC sistema prema dostupnoj energiji.
- **Bolja iskorišćenost obnovljivih izvora** – smanjuje oslanjanje na konvencionalne izvore struje.
- **Povećanje energetske efikasnosti** – smanjuje gubitke i balansira opterećenje mreže.
- **Smanjenje troškova električne energije** – koristi višak energije kada je dostupan, umesto da se plaća skupa struja iz mreže.

Kombinacija **pametne mikromreže, sistema za upravljanje energijom (HEM) i aktivnog kontrolera** omogućava dinamičku optimizaciju potrošnje struje u domaćinstvima. Ovaj pristup doprinosi **energetskoj efikasnosti, smanjenju troškova i boljoj integraciji obnovljivih izvora energije** u modernim domovima.



Slika 3. Automatski sistem grejanja⁷

4. ZAKLJUČAK

Korišćenjem **smart uređaja** postiže se **veći nivo korisnosti**, jer ovi uređaji omogućavaju veći stepen automatizacije i personalizacije u svakodnevnom životu. Uz to, **sloboda korisnikovog kretanja** postaje lakša i prirodnija, jer pametni sistemi mogu da obavljaju zadatke u pozadini, oslobađajući korisnika od potrebe za stalnim manuelnim podešavanjima.

Jedno od ključnih pitanja je: **Mogu li se opustiti i verovati informacijama koje dolaze sa uređaja?** Da, možemo odgovoriti apsolutno, sve dok su **senzori ispravni**. Iako **greške u senzorima** mogu da se dogode, one su obično brzo uočljive i mogu se brzo ispraviti. S obzirom na **prirodu modernih pametnih sistema**, greške se često detektuju i automatski se šalju obaveštenja korisnicima, što omogućava pravovremene korekcije.

Na osnovu svega prethodno rečenog, dolazimo do zaključka da bilo koji **sistem može postati pametan**, čime se korisnicima olakšava svakodnevni život. Ovaj napredak omogućava veći **komfor u domu** i **značajne uštede energije**, čime doprinosimo većoj energetskoj efikasnosti i održivosti u domaćinstvima.

⁷ <https://stsrđjan.blogspot.com/2018/08/akumulator-toplote-at-buffer-u-sistemu.html>

5. LITERATURA

- [1] Smart Home, Smart HEMS, Smart heating: An Overview of the Latest Products and Trends, https://www.researchgate.net/publication/320083433_Smart_Home_Smart_HEMS_Smart_heating_An_Overview_of_the_Latest_Products_and_Trends (25.01.2023).
- [2] KROV. Rs
- [3] Intelligent SHOP
- [4] Interfom
- [5] <https://stsrđjan.blogspot.com/2018/08/akumulator-toplote-at-buffer-u-sistemu.html>
- [6] Radonjić A; "Pametni sistemi grejanja, pregled, istraživanja u svetu", Seminarski rad, MF Niš, 2023.
- [7] <https://stsrđjan.blogspot.com/2018/08/akumulator-toplote-at-buffer-u-sistemu.html>