

**UPRAVLJAČKE STRATEGIJE U POSLOVNO-STAMBENIM OBJEKTIMA****CONTROL STRATEGIES FOR BUILDINGS**Miroslav Korica, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Rad se bazira na analiziranju i upravljanju HVAC sistemima. Upravlja se ventilacijom i klimatizacijom u zgradama i rešavaju se određeni problemi koji mogu da se pojave tokom izvođenja radova na zgradi. Sagledavaju se koraci u pripremi projekata zgrade, izvođenju radova, puštanju sistema u rad, prikupljanju i analizi podataka kao i održavanje zgrade za što duži životni vek..

**Ključne reči:** *Fancoil, BMS, temperature, projektovanje, puštanje u rad*

**Abstract** – *The work is based on the analysis and management of HVAC systems. It is managed by ventilation and air conditioning in buildings and certain problems are solved which can occur during the execution of works on the building. It is based on the preparation of building projects, the execution of works, the commissioning of the system, the collection and analysis of data as well as the maintenance of the building for a longer life.*

**Keywords:** *Fancoil, BMS, temperature, designing, commissioning*

**1. UVOD**

Sistemi klimatizacije, grejanja i hlađenja-KGH, tj. HVAC (eng. Heating, Ventilation and Air Conditioning) igraju centralnu ulogu u regulisanju unutrašnjih uslova komfora i zdrave sredine za ljude u zgradi.

HVAC sistemi su važni i veoma popularni u projektovanju srednjih i velikih poslovno-stambenih zgrada jer obezbeđuju povoljne uslove za rad. Pod povoljnim uslovima za rad podrazumeva se održavanje željene temperature vazduha, željene vlažnosti vazduha itd. Ovaj deo se bavi strategijama kontrole za kompletne zgrade (građevine). Strategija za kompletan HVAC sistem mora uzeti u obzir interakcije među podsistemima. Sistem može funkcionisati u nekoliko različitih modova i uslovi svakog podsistema u svakom posebnom modu moraju biti specificirani. Praktične i teorijske tehnike projekata su opisane, što može koristiti za predviđanje kontrolisanih performansi u (pod) različitim uslovima.

BMS je bitan izvor informacija, koje se mogu preneti u druge aplikacije. Performanse zgrade i potrošnja energije se analiziraju softverom za nadzor i ciljanje energije, kao pomoć u efikasnom upravljanju energijom. Informacije iz BMS-a se koriste kao deo upravljanja postrojenjima, uključujući administraciju planiranog održavanja.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Velimir Čongradac, vanr. prof.**

Važnost dobrog planiranja je naglašena kako bi sistem bio dobro specificiran, instaliran i pušten u rad. Rad i održavanje sistema kontrole nakon predaje je takođe obrađen. Finansijska korist investicije u BMS se može analizirati korišćenjem metoda troška životnog ciklusa opisanim u poslednjem odeljku.

**2. OPERATIVNI MODOVI**

Opis strategija kontrole podsistema indicira mnoge interakcije koje je neophodno uvrstiti u strategije kontrole. Prilikom projekata HVAC i kontrolnog sistema za novu zgradu, postoje nesumnjivo kombinacije podsistema koje ranije nisu bile dokumentovane i ključno je da se projekat teorijski preispita (izazove) po principu različitih „šta ako“ scenarija. Raznovrsnost mogućih, očekivanih i neočekivanih situacija je potrebno planirati i predviđene reakcije sistema kontrole ispratiti, kako bi se osiguralo da nema neočekivanih efekata.

Operativni modovi za HVAC sistem:

- Niska spoljna temperatura vazduha, blokiranje (za zaštitu postrojenja)
- Niska temperatura povratne vode, blokiranje (za zaštitu sistema)
- Isključenje postrojenja
- Optimalni start grejanja
- Optimalni start hlađenja
- Noćno hlađenje (Freecooling)
- Požar

Dokumentacija kompletne strategije kontrole sastoji se iz sledećeg:

- Šematski dijagram postrojenja
- Opis postrojenja
- Strategija kontrole
- Klauzule specifikacije
- BMS kontrolna lista
- Rezime operacije postrojenja
- Kontrolni dijagram

Važno je odabrati HVAC sistem i sistem kontrole koji su odgovarajući za zahteve zgrade (građevine) i operacije koje podržava. Nema prednosti u posedovanju sofisticiranog BMS-a niti u akumuliranju informacija koje nisu neophodne i neće biti upotrebljene. Neke proste kontrole, možda spremne postojeće kontrole isporučene od proizvođača postrojenja, mogu imati adekvatne performanse, njih treba koristiti osim ako ne postoji dobar razlog za instalaciju kontrolnog sistema po narudžbini. Snaga i fleksibilnost modernog BMS-a omogućava praktično implementaciju bilo koje strategije kontrole i kasniju

modifikaciju iste. Promene u zahtevima korisnika, razvoj u HVAC tehnologiji i razvijajuće politike o očuvanju energije osiguravaju da su inovacije i promene u projekatu gradnje kontinuiran proces.

Zahtevi očuvanja energije i želja da se umanjili ili eliminiše potreba za klimatizacijom su doveli do projekata zgrada koje su namenjene da funkcionišu na granici svojih mogućnosti u periodu predviđenih vremenskih uslova; više nije prihvatljivo da se osiguravamo od problema kroz predimenzioniranje fabrike.

Ovo je dovelo da raznovrsnosti zgrada, opsega od kompletno klimatizovanih, zatvorenih zgrada do onih sa kompletnom prirodnom ventilacijom. U mnogim slučajevima, ipak, javila se potreba za uvođenjem pomoćne opreme za prevazilaženje specifičnog vremena ili operativnih uslova [1][2].

### 3. FAN COIL JEDINICE

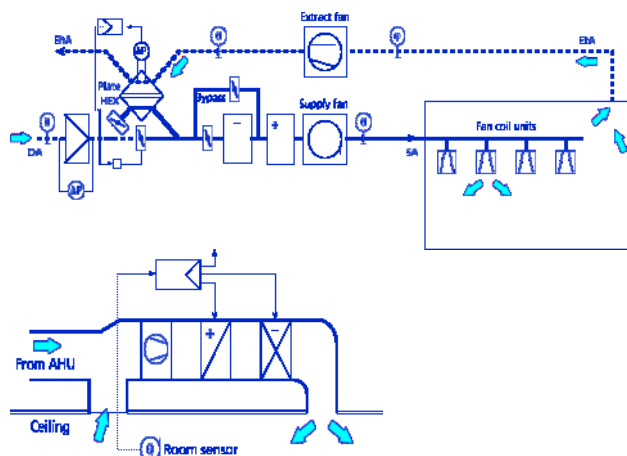
Fan coil jedinice su raspoložive u velikom rasponu konfiguracija, uključujući i one ispod podova, konzole projekatirane za na zid ili ispod prozora, do uobičajenih koje se ugrađuju na plafon. Jedinice su povezane na dovod tople i hladne vode. Distribucija vode u zgradi je jednostavnija i zauzima manje prostora od distribucije tretiranog vazduha. Ovo omogućava fleksibilniju instalaciju fan coil jedinica od VAV sistema. FCU se nalaze u svim tipovima zgrada i sistem kontrole se razlikuje od lokalne kontrole termostata ventilatora do potpuno integrisanih kompletnih sistema za zgrade.

Sam FCU recirkulira vazduh iz prostorije, grejanje ili hlađenje je neophodno za održavanje definisane tačke vazduha. Svež vazduh je obezbeđen kroz centralnu jedinicu koja dovodi 100% spoljni vazduh na kontrolisanoj temperaturi i uobičajeno kontrolisanoj vlažnosti. Uključivanje temperature primarno obezbeđenog vazduha u strategiju kontrole omogućuje uštedu energije kroz kontrolu operacije na izmenjivaču toplote koji se koristi za besplatno hlađenje. Fan coil jedinice nemaju potrebu za odvlaživanjem osim kondenzacije vlage na izmenjivaču. Fan coil jedinice zato moraju imati kondenzacionu tacnu i mogućnost otklanjanja kondenzata. Poželjan metod je da se reši odvlaživanje primarnog spoljnog vazduha na kontrolisanu unutrašnju vlažnost na željenom nivou, ovo je obično dovoljno da spreči kondenzaciju na FCU u hlađenju. Uobičajena praksa je da se kanališe primarni vazduh u svaki FCU, gde se meša sa recirkuliranim sobnim vazduhom u ventilacionoj jedinici.

U integrisanom sistemu, svaka inteligentna fan coil jedinica sadrži svoj kontroler koji komunicira sa BMS-om. Definisane temperature prostorije i raspored rada mogu biti podešeni daljinski za svaku jedinicu ili grupu jedinica koje rade zajedno. Jedna od mana fan coil jedinica je potencijalni nivo održavanja neophodan i remećenje prilikom identifikacije i servisiranja jedinica u kvaru koje su u prostoru u upotrebi. BMS se koristi da pruži upozorenje za kvarove ili potrebu za rutinskim održavanjem, poput potrebe za promenom filtera.

Slika 1 pokazuje jedinicu za vazduh za sistem fan coil, koji isporučuje 100% spoljnog vazduha za sve jedinice u prostoriji. Izmenjivač toplote je postavljen za predaju toplote između izbacnog i svežeg vazduha koji se uzima.

Vazduh se uzima konstantnim protokom za vreme perioda zauzetosti; ventilator za izvlačenje je vezan da radi u isto vreme. Vlažnost dostavljenog vazduha se kontroliše da bi se održala na nivou koji je komforan i treba sprečiti, ili bar minimizovati, kondenzaciju fan coil-a.



Slika 1. Integrisan sistem fan coil jedinica. Temperatura ubacnog vazduha je podešena prema spoljnoj temperaturi.

### 4. INFORMACIONE TEHNOLOGIJE

Velika opravdanost za instalaciju BMS-a je u prevenciji gubitka energije. Ispravan i efikasan HVAC ce doprineti efikasnoj upotrebi energije ali dodatno je neophodno da energetski menadžer prima tačne i pravovremene informacije o utrošku energije u zgradama za koje je odgovoran. Pristup generalno usvojen u UK se naziva *nadzor i ciljanje energije* (M&T). Termin nadzor i ciljanje u suštini ne impliciraju upotrebu BMS-a ili bilo koje opreme za prikupljanje podataka i analizu. M&T zahteva da se podaci o potrošnji energije redovno prikupljaju, sumiraju i porede sa planiranim(ciljanim) ciframa potrošnje. Kompjuterizovano prikupljanje i analiza podataka čine M&T snažnim oruđem za kontrolu i smanjenje potrošnje energije [3].

#### 4.1. Nadzor i ciljanje

M&T ima dve vodeće funkcije:

- kontrola trenutne upotrebe energije, nadzorom potrošnje i poređenjem sa istorijskim podacima i relevantnim podacima za slične zgrade
- poboljšanje u efikasnosti potrošnje energije podešavanjem budućih ciljeva.

U velikim zgradama ili kompleksima, efektivno upravljanje energijom zahteva da se uspostave oblasti računanja, nazivaju se centri računanja energije (EAC). Računanje implicira i odgovornost za potrošenu energiju i nadležnost za kontrolisanje potrošnje. Potrošnja energije za EAC treba da bude

- merljiva
- upravljiva
- u odnosu sa merenim aktivnostima.

EAC može biti deo, proizvodni proces energetski intenzivan, iznajmljeni deo zgrade ili pojedinačna zgrada na parceli. Standardizovane performanse energije se inicijalno utvrđuju za svaki EAC, koje postavljaju

potrošnju energije u odnosu na odgovarajuće varijable, kao stepen-dani(degree-days) ili rezultat proizvodnje.

Nadzorni deo M&T procesa uključuje četiri faze:

*Prikupljanje podataka.* Podaci o potrošnji energije se prikupljaju. Kompletan sistem uključuje merače za struju, gas i vodu na svakom EAC-u, osposobljene za slanje podataka u centralnu bazu. Raspoloživost drugih relevantnih podataka mora se uzeti u obzir, npr. podaci o stepen-danima ili vrednosti proizvodnje.

*Analiza podataka.* Podaci primljeni od računara se kontrolišu na greške i skladište u formi adekvatnoj za dalju analizu. Analiza se sprovodi u skladu sa potrebama sistema, uobičajeno sa nedeljnim i mesečnim sumama. Svaki rezultat koji je indicija problema ili kvara trebalo bi da odmah pokrene upozorenje.

*Izveštavanje.* Sistemski menadžment izveštaji koji prikazuju potrošnju energije za svaki EAC uporedo sa ciljevima.

*Akcije.* Esencijalno je da postoji struktura rukovođenja koja će efikasno upotrebiti izveštaje koje generiše M&T sistem.

Da bi M&T sistem bio efikasan, sve četiri faze moraju biti implementirane. Prikupljanje podataka, koliko god ispravno, koje se ne prati niti izaziva neku akciju ne služi ničemu. Efikasan M&T zahteva punu podršku menadžmenta. Otprilike, M&T može se očekivati da umanji račun za energiju za oko 5%, veće uštede su moguće tamo gde su prepoznati kvarovi opreme ili ozbiljni propusti u kontroli kao rezultat podataka merenja. Ova cifra dozvoljava da se odabere odgovarajuć nivo M&T-a u odnosu na ukupni trošak energije. Sistem upravljanja energijom ima mnoge karakteristike kao BMS. U zgradi sistem instaliran za nadzor energije i ciljanje može deliti opremu sa BMS-om i može se upravljati sa istog terminala i od strane istog osoblja. Ipak, oni nisu isto. BMS pruža kontrolu u realnom vremenu servisa u zgradi, dok se M&T sistem bavi prikupljanjem podataka i analizom istorijata.

## 5. UPRAVLJANJE ZGRADOM

Forma nabavke definisana od strane klijenta može imati važan uticaj na način kako će se kontrole projektovati i instalirati. Bez obzira na način nabavke, možemo definisati glavne učesnike u procesu izgradnje kao:

- *Klijent:* kupac za koga se zgrada nabavlja i ko snosi trošak.
- *Izvodjači:* kompanije koje grade zgradu. Mogu postojati firme koje proizvode i instaliraju specijalne podsisteme i rade kao podizvodjači za glavnog izvođača.
- *Konsultanti:* firme koje pružaju projekat i servis kontrole troškova i nezavisne su od komercijalnih interesa izvođača

### 5.1 Projektovanje i gradnja

U ovoj varijanti, klijent ugovara samo jednog izvođača koji ima odgovornost i za projekat i izgradnju. Klijent može ovlastiti savetnika koji radi kao zaposleni agent, daje savete u pripremi dokumentacije, procenama tendera i pružanju nezavisnih saveta u toku projekta. Projektovanje i gradnja ima prednosti:

- Klijent ima jednu tačku odgovornosti od jedne organizacije.
- Kako izvodjač ima odgovornost za projekat i izvođenje, uštede bi trebale biti moguće.

Dobro napisana klijentova dokumentacija je osnova za postizanje zadovoljavajućih rešenja kontrole u završenoj zgradi. Nedovoljno detaljna inicijalna dokumentacija može uzrokovati da izvodjač dostavi minimalnu specifikaciju. Poznata je varijanta razvoj i izvođenje, gde klijent koristi konsultanta za projekat da pruži opšti projekat, pre pribavljanja tendera od izvođača koji razvijaju i dovršavaju projekat i potom grade zgradu.

Jedna firma je ovlašćena za projekat, rukovođenje i predaju projekta. Ovo je slično kao projektovanje i gradnja, samo što ovaj izvođač ne izvodi gradnju, već koristi ugovorenog izvođača. Uobičajene varijante projektovanja i rukovođenja su:

- *Izvodjač.* Organizacija za projekat i rukovođenje koja projektuje i vodi radove, generalno za naknadu, i predaje projekat zapošljavajući druge da projektuju i/ili grade.
- *Konsultant.* Organizacija koja je klijentov agent projektuje, vodi radove i obezbeđuje izvođače koji dalje ulaze u direktan odnos sa klijentom.

## 6. PROJEKAT I SPECIFIKACIJA SISTEMA KONTROLE

Prvi korak je da klijent postavi zahteve za zgradu kao projektantski koncept. Što su zahtevi jasnije postavljeni u projektantskoj dokumentaciji, bolje će biti kontrolisan ceo projekat. Šematski projekat procesa treba da uzme u obzir operativne zahteve krajnjih korisnika i opšti nivo kontrole i IT sisteme. Klijent može imenovati savetnika u ovoj fazi da pruži nezavisne savete sada i kasnije u toku projekta. Upotreba savetnika može biti ključna za uspeh projekta gde klijent ima malo iskustva u materiji. Kada je projekat dogovoren, projekat se prosleđuje konsultantima, čiji je posao da pripreme finalni projekat koji će biti osnova za ugovor o izgradnji. Za kompleksnu zgradu, kontrolni projekat će verovatno raditi konsultant specijalista, ili nezavisna firma ili grupa specijalista u okviru M&E konsultanata. Nivo detalja zavisi od projekta do projekta, može biti kompletna specifikacija, ili prosta specifikacija performansi, koja ostavlja da specijalista kontrole odradi detaljan projekatantski rad i odabere dobavljače.

Podela odgovornosti među izvođačima mora biti jasna u specifikacijama. Primer relevantan za kontrolu su kablovi. Kablovi za struju i signalni kablovi mogu biti od različitih izvođača i signali za BMS mogu delom biti preneti preko deljene IT mreže.

## 7. PUŠTANJE U RAD

Ispravno puštanje u rad je glavno za zadovoljavajuću operaciju HVAC sistema i ključno je da se za ovaj zadatak opredeli dovoljno vremena i resursa. Kako je puštanje u rad poslednja velika operacija u procesu izgradnje i sistem kontrole je poslednji koji se pušta u rad, postoji velika opasnost da će se odvijati pod velikim vremenskim pritiskom ili čak nakon što je zgrada useljena. Iskustvo je pokazalo da ovo može stvoriti mnoge probleme, sa neprihvatljivo velikim postotkom zgrade koja ne

funkcionira ispravno, sa posledicama velike potrošnje energije i nezadovoljstvom korisnika. Ovaj deo naglašava važnost da puštanje u rad mora imati svoje adekvatno mesto u procesu nabavke od početka planiranja projekta.

Puštanje u rad kontrolnog sistema je zavisno od zadovoljavajućeg rada električnih i mehaničkih usluga. Sistem takođe može imati interakciju sa specijalnim uslugama kao što je obezbeđenje, kontrola pristupa i IT sistem. Što je veći stepen integracije, više planiranja je neophodno i pažnje da se definišu polja odgovornosti [4]. Zapisi svih faza pre puštanja u rad i puštanja u rad svih drugih aspekata zgrade moraju biti izdati pre puštanja u rad automatskog sistema kontrole. Tabela 1 sumira faze procesa nabavke i aktivnosti relevantne za puštanje u rad kontrolnog sistema.

Tabela 1. Aktivnosti puštanja u rad za vreme procesa nabavke

Faza	Aktivnost
Tehnička dokumentacija	Ciljevi puštanja u rad Imenovati menadžera za puštanje u rad
Projekat	Smanjiti potrebu za puštanjem u rad Projekat za puštanje u rad
Instalacija	Pre-puštanja u rad Puštanje u rad
Predaja	Svedočenje O&M dokumentacija Obuka korisnika
Rad	Nadzor i izveštvanje Potvrda sistema Fino podešavanje Ponovno puštanje

Originalna tehnička dokumentacija će biti osnova za organizaciju puštanja u rad. Ovo je faza u kojoj se organizacija celog procesa nabavke odlučuje. Za velike projekte, imenovanje menadžera za puštanje u rad treba razmotriti, sa odgovornošću da se osigura da su zahtevi za puštanje u rad uzeti u obzir u svim fazama. Menadžer će biti odgovoran za imenovanje tima i da osigura da su adekvatni resursi za puštanje u rad uneti u specifikaciju. Pre početka puštanja u rad, sva oprema mora biti instalirana i pripremljena za puštanje u rad. Sve kontrole koje se povezuju na BMS treba da su puštene u rad, ili da se puštaju paralelno sa BMS-om. HVAC postrojenje takođe treba da je pušteno u rad, sve stavke pod kontrolom BMS moraju biti puštene u rad i sistem očišćen i ventiliran. Sve elekto-motorne sigurnosne blokade i sigurnosni uslovi moraju biti implementirani i operativni. Puštanje u rad BMS-a sastoji se od dve glavne aktivnosti:

- provera da kontrolni sistem radi
- podešavanje svih parametara i prekidača na odgovarajuće vrednosti, uključujući kontrolne petlje za podešavanje.

## 8. ZAKLJUČAK

Nekoliko tehnika je raspoloživo da se predvide performanse zgrade, ili analogno modelovanje, maketa u punoj razmeri, ili razne tehnike matematičkog modelovanja. Modelovanje može predvideti potencijalne probleme kontrole i omogućiti da se isprave u fazi projektovanja.

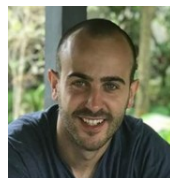
BMS se može koristiti kao podrška menadžmentu i ciljanju energije kroz merenje komponenti potrošnje energije i slanjem podataka u M&T aplikacioni paket.

Kada su HVAC i kontrolni sistem instalirani, efikasno puštanje u rad je ključno. U modernim kompleksnim zgradama, kontrolni sistem je u interakciji sa drugim sistemima i pažnja je neophodna u planiranju procesa puštanja u rad i podeli područja odgovornosti.

## 9. LITERATURA

- [1] Honeywell *Engineering manual of automatic control* SI ed Minneapolis: Honeywell Inc.) (1995)
- [2] Siemens *MSR Planungshandbuch* (CD-ROM) (Karlsruhe: Siemens AG) (1997)
- [3] ETSU *Computer-aided monitoring and targeting for industry* Good Practice Guide 31 (Harwell: ETSU) (1991)
- [4] Wild L J *Commissioning HVAC systems. Division of responsibilities* AG 3/89 (Bracknell: Building Services Research and Information Association) (1989)

### Kratka biografija:



**Miroslav Korica**, rođen je 24.12.1991. godine u Velebitu. Osnovnu školu „Jovan Jovanović Zmaj“ završio je u Kanjiži. Srednju tehničku školu je pohađao u Subotici, smer elektrotehničar računara koju završava 2010. godine. Iste godine upisuje Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, smer Računarstvo i automatika. Kasnije se usmerava na Automatiku i upravljanje sistemima gde je diplomirao u junu 2015. godine i zatim upisuje master akademske studije na Fakultetu Tehničkih Nauka.