

Sistemi hlađenja/klimatizacije

Potrebno utvrditi:

- Naznačiti tip sistema hlađenja/klimatizacije (lokalni ili centralni)

Lokalni sistem hlađenja:

- Naznačiti tip sistema (monosplit, multisplit, kompaktni uređaji);
- Navesti broj jedinica (unutrašnjih i spoljašnjih) i označiti njihove pozicije na crtežima/skicama;
- Naznačiti ukupni instalisani rashladni kapacitet;
- Navesti pojedinačne rashladne kapacitete;
- Utvrditi postojanje mogućnosti grejanja;

Potrebno utvrditi:

- Navesti prosečan faktor hlađenja/grejanja (EER/COP);
- Navesti vrstu radnog fluida;
- Opisati regulaciju sistema hlađenja;
- Navesti režim rada sistema hlađenja i evidentirati prekide u hlađenju;
- Opisati način održavanja sistema;
- Navesti starost sistema i njegovo opšte stanje;

Centralni sistem hlađenja

- Naznačiti ukupni instalirani rashladni kapacitet;
- Navesti vrstu rashladnog agregata (kompresorski ili apsorpcioni);
- Evidentirati broj agregata i označiti na crtežima/skicama njihovu poziciju u objektu;
- Zabežiti podatke sa pločice rashladnog agregata (tip, stiaga, efikasnost, temperaturni režim);
- Navesti vrstu rashladnog fluida;
- Navesti starost i opisati stanje rashladnog agregata;
- Naznačiti izvor energije rashladnog agregata;
- Evidentirati postojanje rashladnih kula (navesti njihov broj i označiti poziciju u objektu);

Centralni sistem hlađenja

- Evidentirati postojanje slobodnog hlađenja;
- Evidentirati postojanje evaporativnog hlađenja (navesti protok vazduha, efikasnost zasićenja, PF faktor);
- Utvrditi postojanje mogućnosti grejanja
- Evidentirati postojanje toplotne pumpe (navesti izvor i ponor, broj pumpi i njihovu poziciju u objektu);
- Zabeležiti podatke sa pločice toplotne pumpe (tip, kapacitet hlađenja/grijanja, EER/COP);
- Navesti starost i opisati stanje toplotne pumpe;
- Evidentirati postojanje klima komora (navesti broj komora, tip, godinu proizvodnje, ukupnu instaliranu električnu snagu i kapacitet sistema);
- Utvrditi postojanje filtera, ovlaživača, grejača, hladnjaka i navesti njihov tip, kapacitet i izvor energije;
- Navesti podatke o cirkulacionim pumpama (tip, snaga, stanje) i načinu njihove regulacije;
- Navesti podatke o ventilatorima (tip, snaga, stanje) i načinu njihove regulacije;

Centralni sistem hlađenja

- Utvrditi postojanje sistema za rekuperaciju toplote i navesti tip i efikasnost sistema;
- Označiti na crtežima/skicama položaj klima komore u objektu;
- Opisati stanje klima komore;
- Naznačiti vrstu nosioca energije (voda, vazduh);
- Opisati kanalski razvod (presek, materijal, izolacija, regulacione klapne);
- Opisati cevni razvod (dvocevni ili četvorocjevni, materijal, izolacija);
- Naznačiti starost i opisati stanje kanalskog/cevnog razvoda;
- Evidentirati terminalne jedinice (navesti vrstu, broj, instaliranu snagu, kao i označiti njihove pozicije na crtežima/skicama)
- Opisati sistem regulacije rada rashladnih agregata i terminalnih jedinica;
- Utvrditi postojanje zona sa različitim temperaturama hlađenja;
- Evidentirati mogućnost praćenja veličina koje se regulišu;
- Navesti režim rada sistema hlađenja i evidentirati prekide u hlađenju;
- Opisati način održavanja sistema;

Aktivnosti nakon posete objektu

- Nakon posete lokaciji auditor treba da vrednuje sve informacije do kojih je došao tokom aktivnosti u fazama pripreme i obilaska objekta, a zatim da identifikuje mesta neefikasne potrošnje energije i predloži mere za poboljšanje energetske efikasnosti, uz njihovu analizu i predstavljanje u formi izvještaja o izvršenom energetskom pregledu.

Analiza prikupljenih podataka

- Odmah nakon završene posete lokaciji auditor treba da protumači svoje beleške i popuni podatke u kontrolnim listama koje nije imao vremena da popuni tokom pregleda.
- Takođe, sve crteže, skice i šeme napravljene za vreme posete, potrebno je organizovati, zajedno sa ispunjenim kontrolnim listama i fotodokumentacijom, po kategorijama (spoljašnji omotač/sistem grejanja/ventilacija/STV/hlađenje/rasveta/razni potrošači) u cilju lakšeg sagledavanja tehničkih i energetske svojstava i dalje analize podataka.

Odabir odgovarajućih mera za povećanje energetske efikasnosti pojedinih energetske sistema

U sklopu ove analize potrebno je predložiti sve prepoznate mjere koje se mogu svrstati u 3 grupe:

- Mere energetske efikasnosti koje imaju za cilj uštedu energije i/ili vode uz zadržavanje ili poboljšanje uslova komfora i koje rezultiraju uštedom u potrošnji energije i/ili vode, troškova za energiju i/ili vodu, kao i smanjenjem emisije gasova sa efektom staklene bašte;
- Mere ekonomske efikasnosti koje ne rezultiraju energetske uštedama, već imaju za cilj uštedu novčanih sredstava;
- Mere u cilju povećanja komfora i zadovoljenja minimalnih propisanih tehničkih uslova definisanih propisima i pravilnicima koje mogu rezultirati povećanjem potrošnje energije i/ili vode;
- i koje ne predstavljaju nužno mere energetske i ekonomske efikasnosti.

Sistemi hlađenja

Zamena postojećeg rashladnog agregata (čilera) efikasnijim:

- Čileri visoke efikasnosti su projektovani sa poboljšanim upravljanjem, povećanim i poboljšanim kondenzatorskim sekcijama i kompresorima visoke efikasnosti.
- Vazduhom hlađeni sistemi eliminišu potrebu za rashladnim kulama, što umanjuje instalacione troškove, kao i troškove održavanja. Sa druge strane, vodom hlađeni čileri su znatno efikasniji od vazduhom hlađenih čilera.

Sistemi hlađenja

Optimizacija čilera

- Optimizacija čilera u smislu poboljšanja kontrole se uglavnom zasniva na dva principa:
 - regulaciju temperature polazne vode tako da se ona podešava na najveću moguću vrijednost u uslovima datog toplotnog opterećenja,
 - i snižavanje temperature kondenzacije čime se povećava efikasnost kondenzacije i na taj način smanjuje potrošnja energije.

Sistemi hlađenja

Evaporativno hlađenje

- Potrošnja električne energije potrebne za mehaničko hlađenje može da se smanji korišćenjem vode u rashladnim sistemima sa evaporativnim hlađenjem. Energija toplog spoljašnjeg vazduha koristi se za isparavanje vode raspršene u komorama specijalno dizajniranog pada, pri čemu voda preuzima toplotu vazduha, a vazduh izlazi iz uređaja ohlađen. Evaporativnim kulerima nije potrebna dodatna energija za isparavanje vode, niti hemijski reagensi poput freona za hlađenje, već samo snažan ventilator i mala pumpa.

Sistemi hlađenja

Korišćenje otpadne toplote sa kondenzatora rashladnih agregata za grejanje

- U objektima u kojima postoje istovremeni zahtevi za grejanjem i hlađenjem moguće je koristiti otpadnu toplotu kondenzacije za predgrijavanje ili zagrijavanje radnog fluida koji se koristi kao grejni fluid. Kod instalacija rashladnog sistema sa vodomhlađenim kotidestilatorom, zagrijana voda koja je primila toplotu kondenzacije, može se direktno koristiti u zatvorenom krugu grijanja (npr. u predgrijaču). U slučaju sistema sa čilerom koji ima vazduhom hlađeni kondenzator, može se koristiti dodatni izmjenjivač toplote (rekuperator vazduh - voda) za korišćenje otpadne toplote kondenzacije.

Sistemi hlađenja

Primena inverterskih uređaja za hlađenje prostora

- inverterska tehnologija troši manje energije i postiže veću energetska iskoristivost (ušteda energije do 50%), brže postiže željenu temperaturu i omogućava precizniju kontrolu temperature.

Optimizacija rada više ćilera

- Godišnji tok toplotnog opterećenja, kriva učestalosti spoljnih temperatura, kao i trajanje dnevnog pogona predstavljaju osnov za podelu ukupnog rashladnog kapaciteta, odnosno korišćenje više rashladnih agregata u cilju boljeg prilagođavanja trenutnom opterećenju rashladnog sistema. Pravilnom podelom i odgovarajućom elektronskom regulacijom ostvaruju se energetske uštede, a postiže se i veća pogonska sigurnost.

/// Sistemi ventilacije

Ugradnja sistema rekuperacije toplote iz otpadnog vazduha u sistemima ventilacije i klimatizacije

U cilju povećanja temperature spoljnog vazduha pre ulaska u dogrijač u sistemima ventilacije/klimatizacije, može se koristiti toplota sadržana u otpadnom vazduhu ventilacionog/klimatizacionog sistema. Na ovaj način se za predgreavanje ne koristi topla voda iz kotlarnice, čime se smanjuje potrošnja primarnog goriva, a takođe se doprinosi i očuvanju životne sredine. Smanjenje potrošnje primarnog goriva je ekvivalentno rekuperisanoj toploti iz otpadnog vazduha.

Zamena/čišćenje filtera

Nečistoće i prašina koja se nakupi na filterima može uticati na temperaturu koju registruju senzori u ventilacionom sistemu.

Balansiranje ventilacionih kanala

U sistemu koji nije izbalansiran javljaju se razlike u potrebnim količinama vazduha u pojedinim delovima ventilisanog prostora, tj. negde ga ima više, a negde manje nego što je potrebno. Kao rezultat se javljaju previše visoke ili previše niske temperature u pomenutim delovima prostora, a takođe se kao posledica može javiti i ustajali vazduh. Balansiranjem sistema se ova situacija izbegava, i na taj način se pored ispunjavanja uslova termičke ugodnosti štedi i energija.

Frekventna kontrola ventilatora

Frekventno regulisani pogoni kao alternativa klasičnim pogonima sa konstantnom brzinom i prigušnim uređajima omogućavaju programirano "meko" startovanje i zaustavljanje čime se izbegava mehanički stres i produžava život elektromotora, veliki opseg promene brzine i snage čime se postiže precizna kontrola, veću energetska efikasnost elektromotora i uštede energije.

Čišćenje razmenjivača toplote

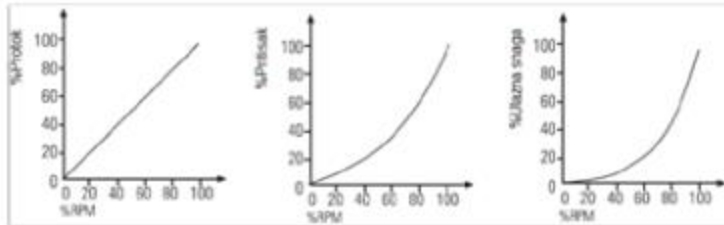
Naslage kamenca od magnezijuma, kalcijuma i silicijum dioksida iz napojne vode koje se formiraju na izmenjivačima toplote predstavljaju izolaciju izmenjivača i usporavaju prenos toplote, što za posledicu ima pregreavanje ili slabljenje izmenjivača, smanjenje energetske efikasnosti i habanje i trošenje sistema.

Mera : Frekventna kontrola ventilatora

Ventilatori, pumpe i kompresori se često koriste bez kontrole brzine. U tom slučaju protok se reguliše sa ventilima ili prigušivanjem na druge načine. Kada se protok kontroliše bez regulacije brzine, motor radi sa punom brzinom. Sistemi grejanja, hlađenja i ventilacije (HVAC) retko zahtevaju maksimalan protok, već on zavisi od brojnih faktora, kao što su npr. spoljna temperatura, itd.

Upotrebom ventila i prigušivača prigušuje se protok, i sistem tokom najvećeg dela vremena bespotrebno troši energiju.

U poređenju sa mehaničkim načinima upravljanja po protoku frekventni regulator ima velike prednosti i donosi velike uštede energije, naročito u ventilatorskim i pumpnim postrojenjima. Protok je direktno proporcionalan sa brzinom, dok je pritisak proporcionalan kvadratu brzine. Sa stanovišta uštede energije, najznačajnije je to što je snaga koja se troši proporcionalna trećem stepenu brzine. Na primer, pogon koji radi sa polovinom brzine troši samo 12.5% nominalne snage.



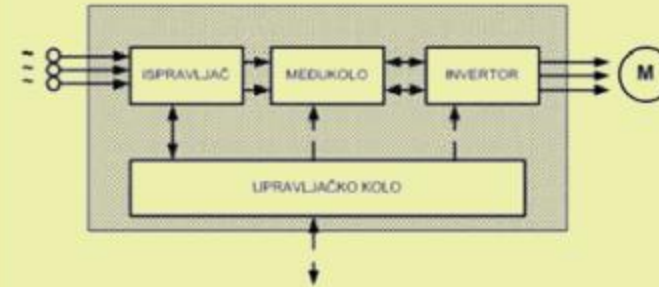
Pored ostvarivanja velikih ušteda u energiji, korišćenje frekventnog regulatora nudi i brojne druge prednosti:

- Broj startovanja i zaustavljanja mašine može se punom kontrolom brzine drastično smanjiti;

- Korišćenjem laganog ubrzanja i usporavanja, izbegavaju se naprezanja i nagli udari u mašinskim sklopovima;
- Smanjuju se troškovi održavanja.

TEORIJA

Frekventni regulatori su elektronski uređaji koji omogućavaju upravljanje brzinom asinhronih i sinhronih motora pretvarajući mrežni napon i frekvenciju, koji su fiksirane vrednosti, u promjenljive veličine. Mnogo toga se promenilo od pojave prvog frekventnog regulatora, koji je sadržavao u sebi tiristore, do pojave današnjeg mikroprocesorski upravljanog, ali je osnovni princip ostao isti.



Frekventni regulator se sastoji od četiri glavne komponente, kao što je prikazano na slici.

Ispravljač je spojen s mono/trofaznim naizmeničnim napajanjem i generiše pulsirajući jednosmerni napon.

Međukolo zavisno od tipa stabilizuje pulsirajući jednosmerni napon ili konvertuje jednosmjerni napon ispravljača u promjenljiv naizmjenični napon.

Invertor na izlazu generiše naizmenični napon potrebne (promjenljive) frekvencije za napajanje motora.

Upravljačko kolo šalje i prima signale iz ispravljača, međukola i invertora.

Mera : Ugradnja sistema rekuperacije toplote iz otpadnog vazduha u sistemima ventilacije

Umesto da se za predgrevanje svežeg vazduha u ventilacionom sistemu koristi topla voda iz kotlarnice, a time troši i primarno gorivo, može se koristiti toplota sadržana u otpadnom vazduhu ventilacionog sistema. Na ovaj način se direktno ostvaruje ušteda primarnog goriva, koja je ekvivalentna rekuperisanoj toploti iz otpadnog vazduha, a takođe se doprinosi i očuvanju životne sredine.

Kada i kako koristiti sisteme rekuperacije toplote u postojećim objektima?

Odgovor na ovo pitanje zavisi od niza faktora, i za svaki slučaj pojedinačno je potrebno sprovesti analizu njegove ekonomske opravdanosti:



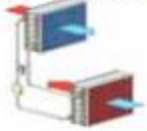

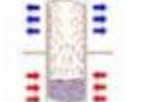
- ▶ potreba izraženih u fizičkom prostoru i rastojanju između elemenata sistema,
- ▶ temperature i količine otpadne toplotne energije,
- ▶ protoka vazduha,
- ▶ efikasnosti opreme za rekuperaciju energije,
- ▶ dodatne energije potrebne za funkcionisanje sistema za rekuperaciju energije, i
- ▶ mogućnosti prilagođavanja postojećih sistema.

Ekonomičnost primene sistema za rekuperaciju toplote u ventilacionim sistemima

Pri analizi ekonomičnosti sistema za rekuperaciju toplote, potrebno je preći četiri važna koraka:

1. **odrediti radne parametre za protok i temperaturu vazduha** (svežeg i otpadnog), vreme rada sistema, vrstu i cenu goriva koje ventilacioni sistem koristi i efikasnost odabrane opreme;
2. **odabrati tip sistema za rekuperaciju energije**, utvrditi njegovu efikasnost i količinu rekuperisane energije;
3. **proračunati količinu uštedenog goriva** u određenom periodu vremena (godinu dana);
4. **odrediti troškove** uvođenja sistema.

Neke informacije koje mogu biti od pomoći pri određivanju prethodno navedenih parametara u cilju procene odgovarajućeg sistema za povrat toplote, date su u sljedećoj tabeli.

	Dovodni i odvodni vazduh vode se zajedno	Izmena materije je moguća	Postoje pokretni mehanički delovi	Step en rekuperacije toplote	Ukupni troškovi uključujući instalaciju u EUR po m ³ /h	Spe cifična zapremina izmenjivača u m ³ po 10.000 m ³ /h vazduha
Pločasti izmenjivač sa unakrsnim protokom 	da	ne	ne	45-65 %	0,35-0,65	1,00-1,80
sa suprotnosmernim strujanjem 						
Sistem cirkulacije vode 	ne	ne	da	40-70%	0,70-1,40	0,80-1,40
Rotacioni izmenjivač bez higroskopske slojevitosti 	da	da (malo)	da	65-80%	0,50-0,80	1,00-1,60
sa higroskopskom slojevitošću	da	da (dobro)	da	65-80%	0,60-0,90	1,10-1,60
Toplotna cev 	da	ne	ne	35-70%	0,70-1,20	0,80-1,40

TEORIJA

Za ocjenu efikasnosti sistema za povrat otpadne toplote koriste se veličine: stepen povrata toplote, stepen povrata vlage i pad pritiska.

Koeficijent povrata toplote se odnosi na povrat osjetne toplote i izražen na strani spoljašnjeg vazduha je jednak:

Koeficijent povrata vlage se odnosi na povrat latentne toplote i izražen na strani spoljašnjeg vazduha je jednak:

pri čemu su:

θ_{11} – temperatura otpadnog vazduha na ulazu u uređaj [°C]

θ_{21} – temperatura spoljašnjeg vazduha na ulazu u uređaj [°C]

θ_{22} – temperatura spoljašnjeg vazduha na izlazu iz uređaja [°C]

x_{11} – sadržaj vlage u otpadnom vazduhu na ulazu u uređaj [kgw/kgSZ]

x_{21} – sadržaj vlage u spoljašnjem vazduhu na ulazu u uređaj [kgw/kgSZ]

x_{22} – sadržaj vlage u spoljašnjem vazduhu na izlazu iz uređaja [kgw/kgSZ]

Ovi izrazi važe za jednake masene protoke struja.

Zavisno od vrste uređaja, moguća je razmena samo osjetne toplote, pri čemu dolazi do promene temperature struja, ili razmene osjetne i latentne toplote, pri čemu dolazi do promene temperature i vlage struja vazduha. Uređaj za povrat osjetne toplote naziva se **rekuperator**, a uređaj za povrat ukupne toplote (osjetne i latentne) **regenerator**.

Osim rekuperativnog i regenerativnog postupka razmene energije, postoji i postupak sa toplotnom pumpom. Ovaj način rekuperacije toplote nešto je skuplji i bira se samo kada nije moguća primena drugih tipova izmjenjivača,

kao i pri uvećanoj ekonomičnosti (visokim troškovima goriva, povoljnim tarifama struje, velikom broju godišnjih pogonskih časova sa grijanjem zimi i hlađenjem ljeti).

Informacija o režimu rada sistema za ventilaciju:

- ▶ Naznačiti kada se sistem za ventilaciju uključuje da radi na podešenoj vrednosti unutrašnje temperature tokom sedmice (radnim danima i vikendom).

/// Opis mere

Navesti tip i osnovne karakteristike (stepen rekuperacije) predloženog uređaja za rekuperaciju toplote iz otpadnog vazduha.

Navesti i sve ostale izmene/pripreme koje je potrebno izvršiti na ostalim delovima postojećeg sistema u cilju ugradnje uređaja za rekuperaciju toplote.

Izračunati investiciona ulaganja i buduće eksploatacione troškove za primjenu predloženog rekuperatora toplote. Obratiti pažnju na dodatne potrošače električne energije (veći napor postojećih ventilatora, nova cirkulaciona pumpa).

Izračunati moguće uštede toplote ugradnjom rekuperatora, kao i vreme povrata investicije.

/// Procena investicije

0,35-1,40 EUR/ m³/h, zavisno od tipa sistema za povrat toplote (uključena montaža)

/// Potencijali ušteda

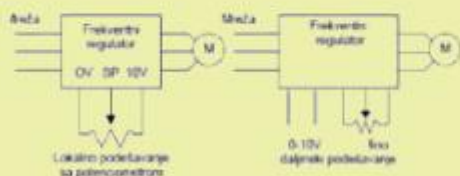
40-80% utrošene energije za ventilaciju

TEORIJA

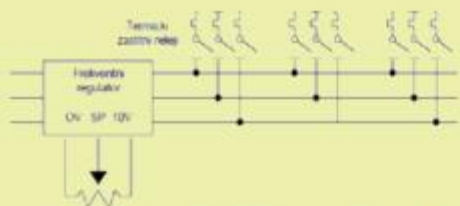
Osnovni tipovi sistema na bazi frekventnih regulatora

Jedan motor – jedan frekventni regulator

Najjednostavniji sistem sadrži jedan motor regulisan jednim frekventnim regulatorom, pri čemu se podešavanje brzine obavlja sa lokalnog potencijometra. Alternativno podešavanje brzine može da se izvede iz udaljenog izvora sa, pretpostavimo, potencijetrom za fino podešavanje brzine.

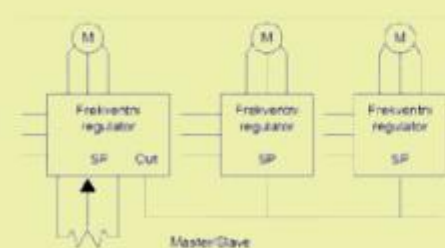


Više motora – jedan frekventni regulator



Više motora – više frekventnih regulatora

Odredene aplikacije zahtevaju da se određeni broj motora obrće istom brzinom ili da im brzine stoje u nekom podešenom odnosu.



Ovakav master/slave sistem je uobičajen u aplikacijama sa većim brojem transportera bez mehaničke sprege.



/// Opis postojećeg stanja

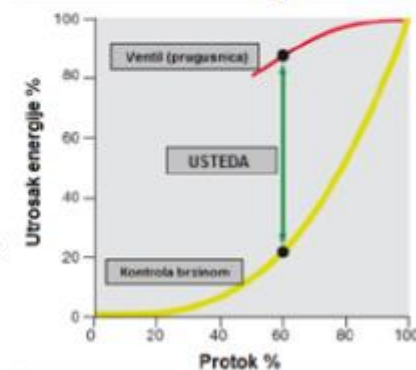
Potrebno je detaljno se upoznati sa raspoloživom projektnom dokumentacijom objekta, sa posebnim osvrtom na mašinski i elektro dio instalacija.

Upoznati se na licu mesta sa sistemima greanja, hlađenja i ventilacije, ali i sa drugim elektromotornim pogonima ukoliko postoje u objektu (npr. pumpna postrojenja, proizvodni pogoni i sl).

Precizno utvrditi da li postoji i da li ispravno funkcioniše frekventna regulacija kompresora, pumpi, ventilatora i generalno svih asinhronih i sinhronih motora u pomenutim sistemima.

/// Opis mere

Celokupan sistem grjanja, hlađenja i ventilacije (HVAC sistem) se dimenzioniše prema najvećim zahtevanim vrednostima procesnih promenljivih (protok, pritisak, temperatura...) što znači da su pumpe, ventilatori i kompresori predimenzionisani tokom najvećeg dela radnog vremena. Na slici prikazan je tipičan radni ciklus pumpe ili ventilatora. Tokom 90% radnog vremena zahtevani protok je ispod 70%.

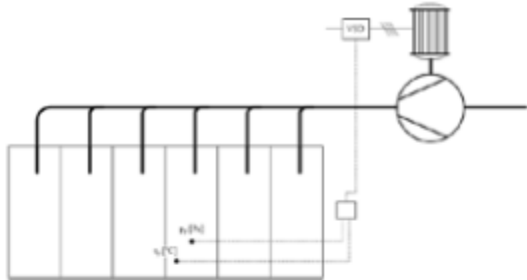


Kontrolisanjem brzine motora pumpe ili ventilatora mogu se postići značajne uštede energije.

PRIMER

- ▶ U više paralelno povezanih prostorija koristi se ventilator za ubacivanje pripremljenog vazduha.
- ▶ Nominalna snaga ventilatora je 20 kW.
- ▶ Zadana je temperatura i nadpritisak u prostorijama.
- ▶ Merenjem je ustanovljeno da je protok zagreanog vazduha za zadovoljenje potreba greanja znatno manji od maksimalnog.
- ▶ Promena protoka vazduha se vrši prigušivanjem.
- ▶ Ustanovljeno je da sistem radi u proseku 10 sati dnevno.

Izmerena potrošnja električne energije postojećeg sistema (bez frekventne regulacije) u toku 24h iznosi 145,5 kWh.



Nakon ugradnje sistema sa frekventnom regulacijom izmerena potrošnja električne energije u toku 24h iznosi 47,85 kWh. Ako se sistem koristi samo u zimskoj sezoni i ako je ukupan broj dana korišćenja 150, tada je godišnja potrošnja energije za pogon ovog sistema iznosi:

$$E = 145,5 \times 150 = 21.825 \text{ kWh/god}$$

U slučaju primene frekventne regulacije, godišnja potrošnja će iznositi:

$$E_{\text{vsd}} = 47,85 \times 150 = 7.177,5 \text{ kWh/god.}$$

/// Procena investicije

Ušteda u utrošenoj električnoj energiji u navedenom primeru iznosi 14.647,5 kWh. Ako je cena električne energije 0,1 €/kWh, onda su godišnje uštede 1464,7 €.

Procena vrijednosti investicije:

1. Kupovina frekventnog regulatora:	3000 €
2. Cena dodatne opreme:	500 €
3. Troškovi povezivanja i instalacije:	600 €

Ukupno:	4100 €
---------	--------

/// Vreme povrata investicije

Prost period povrata investicije iznosi $4100/1464,7 = 2,79$ godine.

Napomena:

Na primeru je analiziran proračun izveden na osnovu merenja potrošnje energije u toku 24h. Međutim, u praksi je preporučljivo napraviti analizu na nivou jedne kalendarske godine, ili jedne sezone greanja kako bi se dobili pouzdaniji podaci.

Vreme povrata investicije kreće se u rasponu od jedne do nekoliko godina zavisno od konkretnog slučaja, obično ne više od 3-4 godine, tako da spada u veoma isplative EE mjere.

/// Potencijali uštede

Korišćenjem frekventnog regulatora za kontrolisanje brzine motora može se uštedeti i do 70% energije.

/// Postupak i period održavanja

Frekventni regulatori ne zahtevaju posebno održavanje.