

**POVEĆANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI TOPLOTNIH PUMPI  
PRIMENOM GASNOG MOTORA ZA POGON RASHLADNIH  
KOMPRESORA  
— PRIMERI IZ PRAKSE —**

Slobodan PEJKOVIĆ - Vladimir ŽIVANOVIĆ  
*Filter Frigo d.o.o., Beograd*

**Abstract**

Jedan od "čistih" primarnih energenata je prirodni - zemni gas čije rezerve i potrošnja u svetu imaju izražen trend rasta i čijom je značajnom primenom završen 20. vek. Ekološki zahtevi i Kyoto Protokol stavljaju prirodni gas ispred ostalih primarnih izvora energije.

Rashladni uređaji i toplotne pumpe koje koriste gasni motor za pogon rashladnih kompresora nastali su u Japanu nakon druge svetske naftne krize 1973. U Japanu je rasla potreba za električnom energijom, a elektrane nisu mogle da isprate potrebe tržišta. 1981. Japansko Ministarstvo za internacionalnu trgovinu i industriju, MITI je pokrenulo asocijaciju za tehnologiju hlađenja gasom povezujući time proizvođače motora sa prirodnim gasom kao pogonskim gorivom, sa proizvođačima opreme za klimatizaciju. Kao rezultat toga u Japanu je 1987. god. počela proizvodnja rashladnih uređaja i toplotnih pumpi sa gasnim pogonom. U to vreme AISIN kao član grupacije TOYOTA počinje proizvodnju gasom pogonjenih rashladnih uređaja i toplotnih pumpi. Kompanija TOYOTA kao veliki proizvođač motora za automobile, razvila je poseban motor koji kao pogonsko gorivo koristi prirodni gas ili TNG - tečni naftni gas za primenu u rashladnim uređajima.

Potrošnja električne energije raste iz godine u godinu zbog promene klimatskih uslova i sve veće potrebe za klimatizacijom poslovnih i stambenih objekata. Potrošnja električne energije u našoj zemlji u letnjem periodu se izjednačila sa potrošnjom u zimskom periodu zbog ugrađenih klimatizera. Ugradnjom, odnosno primenom gasom pogonjenih toplotnih pumpi bi se značajno smanjio trend rasta potrošnje električne energije.

U radu je dat prikaz toplotne pumpe, proizvod firme AISIN iz Japana koja se koristi za klimatizaciju objekta ORSIM u Vrčinu. Ovo je prva takva instalacija izvedena u Srbiji i nalazi se u pogonu od decembra 2008. godine.

Ovaj rad ima za cilj da ukaže na prednosti upotrebe gasom pogonjenih toplotnih pumpi u odnosu na toplotne pumpe sa rashladnim kompresorima pogonjenim elektro motorima.

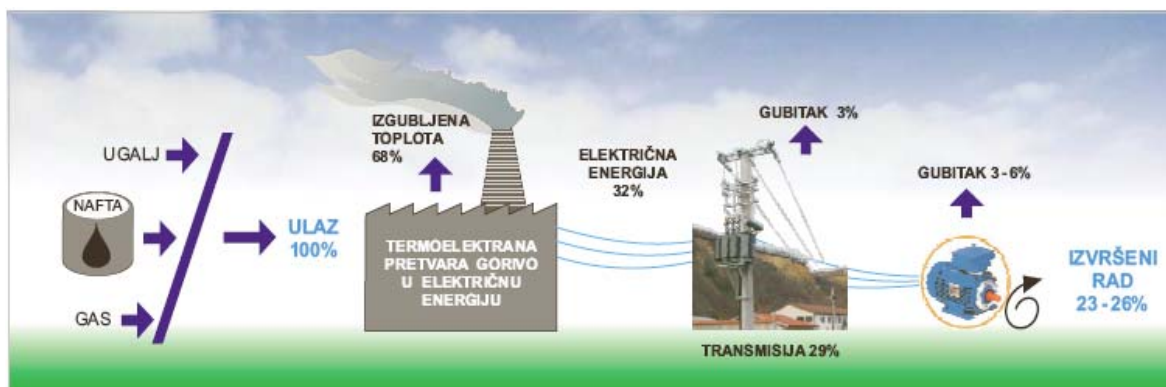
Ključne reči: toplotna pumpa, rashladni kompresor, gasni motor, energetska efikasnost

## Uvod

U svetu danas postoje dva osnovna problema: nestanak fosilnih goriva i zagađenje okoline. Istraživanja su usmerena na rešavanje ovih problema na dva načina:

- a) razvijanje alternativnih energetske izvora (posebno obnovljivih energetske izvora)
- b) poboljšanje energetske efikasnosti opreme koja koristi fosilna goriva.

U aktuelnoj privredno-političkoj situaciji „svi“ čute ili žele da zaborave da termoelektrane za proizvodnju električne energije rade sa stepenom korisnosti 25 – 35% i sa visokom stepenom zagađenja okoline. Na drugoj strani mnogi „stručnjaci“ uzimaju u račun električnu energiju kao „primarnu“. Gorivo se uglavnom pretvara u električnu energiju u termoelektranama, a otpadna toplota se ispušta u okolinu, električna energija se potom prenosi do potrošača (toplotnih pumpi), gde se pretvara u mehanički rad elektro motora. U ovom procesu energija se transformiše dva puta i toplotni gubitci su veliki.

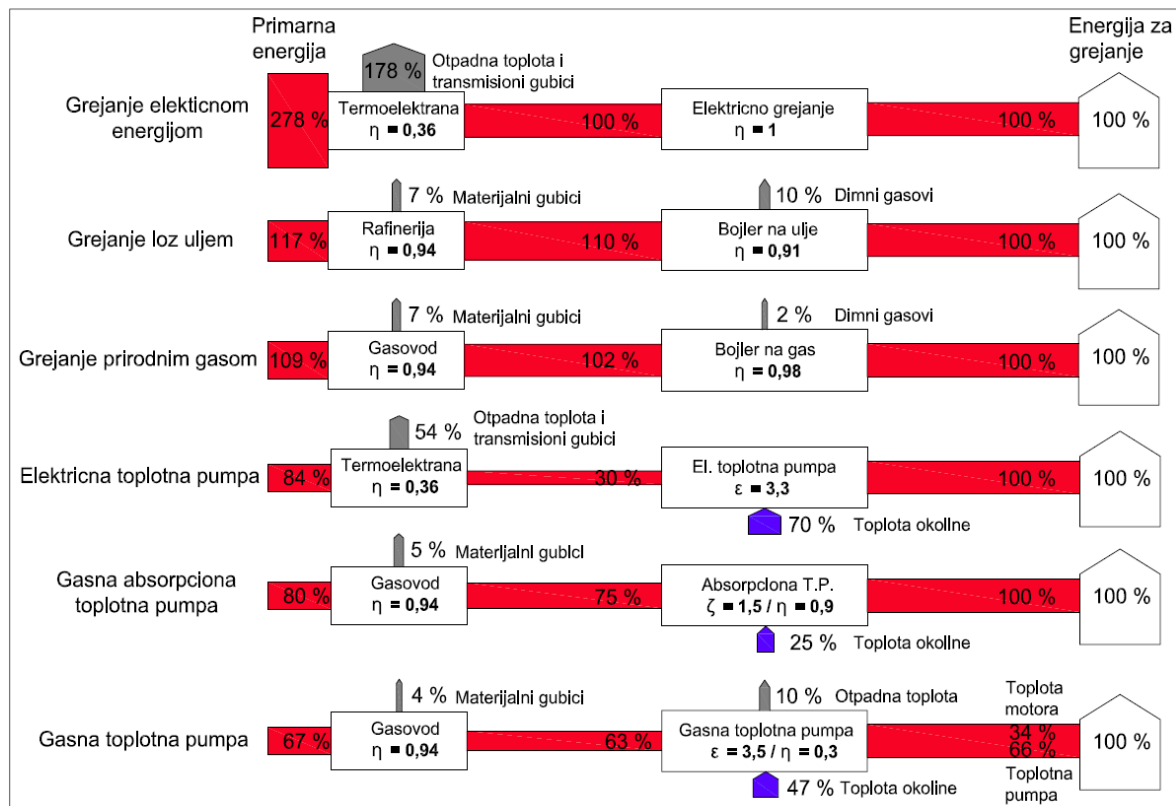


Slika 1. Transformacija i prenos energije

Na slici 1. je dat šematski prikaz transformacije i prenosa energije od primarnog energenta do krajnjeg korisnika.

Energetska efikasnost bi se mogla povećati kada bi se transformisanje goriva moglo „približiti“ mestu gde je energija potrebna, gde bi se toplota oslobođena prilikom sagorevanja goriva mogla efikasno upotrebiti. Gasom pogonjene toplotne pumpe su bliske ovom konceptu.

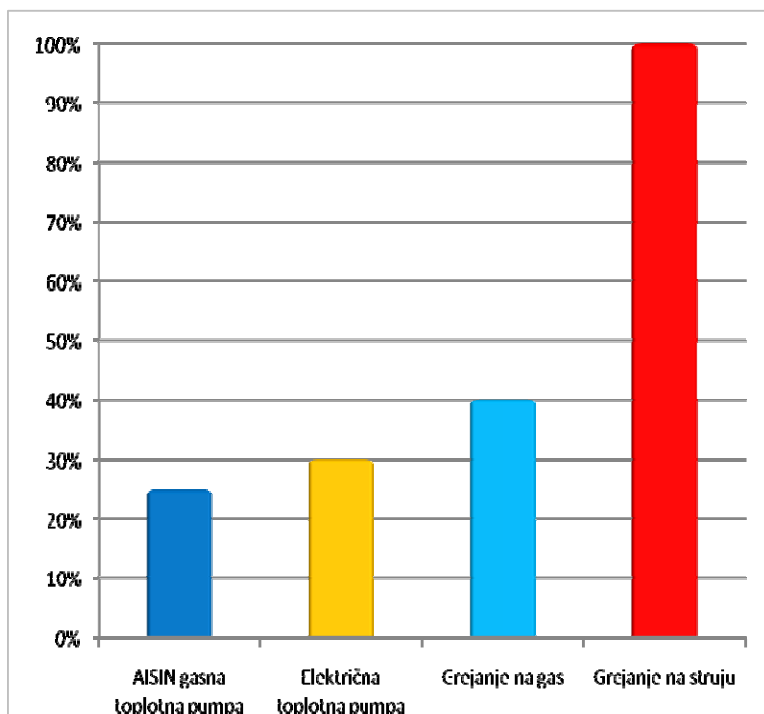
Na slici 2. je šematski prikazano pretvaranje primarne energije, preko različitih oblika transformacije i njihovih gubitaka, da bi se kod krajnjeg korisnika dobila jednaka količina toplote za grejanje.



Slika 2. Pretvaranje primarne energije u korisnu toplotu

Jasno je da su gasne toplotne pumpe najpovoljnije jer je potrebno svega 67% primarne energije za dobijanje potrebne količine toplote.

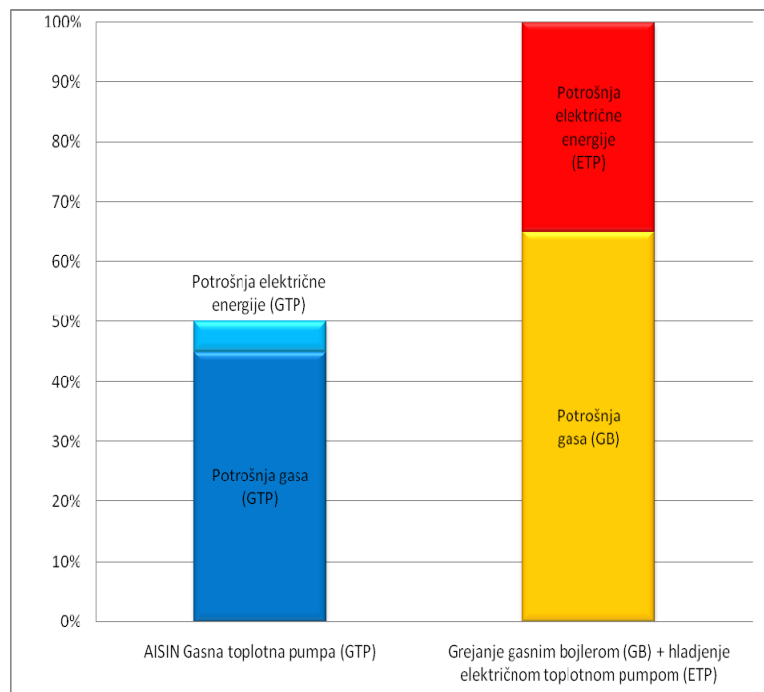
Osnovna razlika između električnih i gasnih toplotnih pumpi je u potrebnoj količini primarne energije i vrsti motora koja se koristi za pogon scroll kompresora. Kod gasnih toplotnih pumpi rashladni kompresori su preko remenog prenosa pogonjeni gasnim motorom sa unutrašnjim sagorevanjem. Iako efikasnost gasnog motora nije velika (oko 30-45%), preko 80% toplote sagorevanja se može iskoristiti. Ovo je glavna prednost gasom pogonjenih toplotnih pumpi. Za rekuperaciju toplote se koristi količina toplote od dimnih gasova (produkata sagorevanja) i količina toplote potrebna za hlađenje motora.



Na slici 3. je grafički prikazana emisija CO<sub>2</sub> u atmosferu kod različitih tipova instalacija.

Emisija CO<sub>2</sub> u atmosferu je čak četiri puta manja prilikom korišćenja gasom pogonjenih toplotnih pumpi u odnosu na grejanje električnom energijom, a 40% manja u odnosu na grejanje kotlom na gas.

Slika 3. Emisija CO<sub>2</sub>



Na slici 4. su grafički prikazani godišnji troškovi za grejanje i klimatizaciju pri upotrebi toplotne pumpe sa pogonom na gas sa jedne strane i gasnog kotla i agregata za hlađenje vode sa elektro pogonom sa druge strane.

Zbog direktnog i efikasnog iskorišćenja otpadne toplote pogonskog motora i izduvnih gasova, kao i upotrebe besplatne energije okoline, mogu da se ostvare uštede do 50%.

Slika 4. Godišnji troškovi za grejanje i klimatizaciju

## Energetska efikasnost gasnih toplotnih pumpi

Količina toplote koju proizvodi toplotna pumpa teoretski obuhvata sumu količine toplote primljene od toplotnog izvora i energije potrebne za ostvarivanje ciklusa - pokretanje kompresora. Kod toplotnih pumpi sa električnim pogonom kompresora koeficijent grejanja COP (Coefficient of Performance) je definisan kao odnos snage grejanja razmenjene u kondenzatoru i ukupne absorbovane snage potrebne za rad agregata.

Za toplotne pumpe pogonjene gasnim motorom energetska efikasnost uređaja PER (primary energy ratio - primarni energetski odnos) se definiše kao odnos dobijene toplotne energije i toplotne energije utrošenog goriva – HHV (higher heating value). HHV - viša grejna vrednost za gorivo obuhvata celokupnu energetsku vrednost kao i količinu toplote produkata sagorevanja (kada se ohlade na 25°C).

Za toplotne pumpe sa električnim pogonom PER se takođe može definisati kao proizvod COP i koeficienta korisnog dejstva.

Prikaz ostvarivih COP i PER za različite tipove toplotnih pumpi na temperaturi isparavanja od 0°C i temperaturi kondenzacije od 50°C dat je u tabeli 1.

Komercijalne toplotne pumpe			Industrijske toplotne pumpe		
Tip toplotne pumpe	COP	PER	Tip toplotne pumpe	COP	PER
Motorni elekto pogon	2.5 ÷ 5.0		Motorni elekto pogon	3.0 ÷ 8.0	
Motorni pogon na gas		0.8 ÷ 2.0	Motorni pogon na gas		1.0 ÷ 2.1
<b>AISIN 25HP AXGP710</b>	<b>3.94</b>	<b>1.56</b>			

Tabela 1.

## Opis sistema klimatizacije i pripreme sanitarne tople vode na objektu ORSIM u Vrčinu

Objekat ORSIM u Vrčinu (slika 5.) je namenjen izradi ortopedskih pomagala i sastoji se od prizemlja i sprata. U prizemlju je administrativno-medicinski deo, proizvodnja i magacin veleprodaje, a na spratu administrativno-medicinski deo.

Administrativno-medicinski deo se prostire na neto površini od 315 m<sup>2</sup> u prizemlju i 320 m<sup>2</sup> na spratu objekta i zauzima neto zapreminu od 2040 m<sup>3</sup>.

Magacin se prostire na neto površini od 245 m<sup>2</sup> i zauzima neto zapreminu od 1030m<sup>3</sup>. Proizvodnja se prostire na neto površini od 185m<sup>2</sup> i zauzima neto zapreminu od 780m<sup>3</sup>.

Ukupna neto površina objekta je 1065 m<sup>2</sup> , a neto zapremina je 3850 m<sup>3</sup>.

Ceo objekat je termički dobro izolovan.



Slika 5. Izgled objekta ORSIM

## PROJEKTNI USLOVI

Spoljna projektna temperatura: leto 35°C / 33%, rel. vlaga  
Zima -18°C.

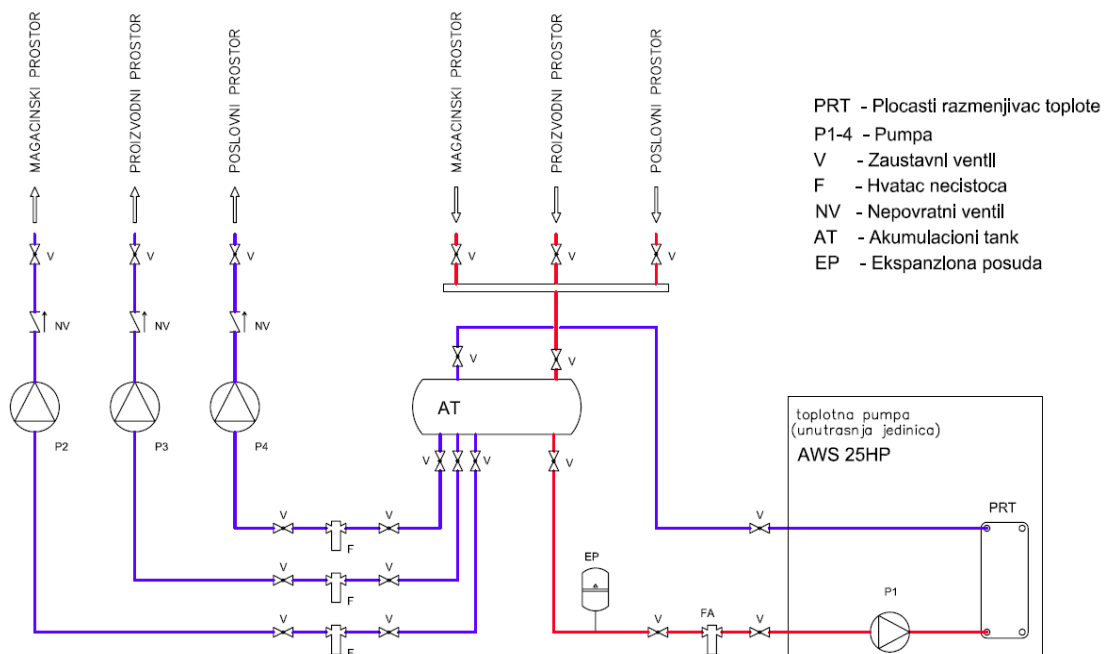
Unutrašnje projektne temperature:

- prodajni prostori i kancelarije: leto 27°C  
zima 20°C
- magacin veleprodaje: leti se ne klimatizuje  
zima 15°C

## PRIKAZ SISTEMA KLIMATIZACIJE

Grejanje i hlađenje kompletnog prostora sem mašinske sale, sanitarnih prostora kao i ostava vrši se ventilator konvektor (fan-coil) aparatima. Fan-coil aparati rade u temperaturskim režimima rada zimi 42/38°C, leti 12/7°C. Usvojeni su fan-coil aparati firme RHOSS-Italija, dimenzionisani prema dobicima toplote leti i gubicima toplote zimi.

U sanitarnim prostorijama predviđeni su aluminijumski radijatori dimenzionisani tako da pokriju transmisionu i ventilacionu gubitke prostorija. Svi radijatori su odvojeni zasebnim cevovodom i ventilima tako da se leti mogu isključiti.



Šema 1. Razvod vode između toplotne pumpe i fan-coil aparata

Sistem za pripremu vode za klimatizaciju objekta (na šemi 1.), sastoji se od spoljašnje i unutrašnje jedinice gasne toplotne pumpe AISIN tip AXGP710 i AWS25HP, akumulacionog tanka i tri pumpe za cirkulaciju vode do fan-coil aparata i radijatora.

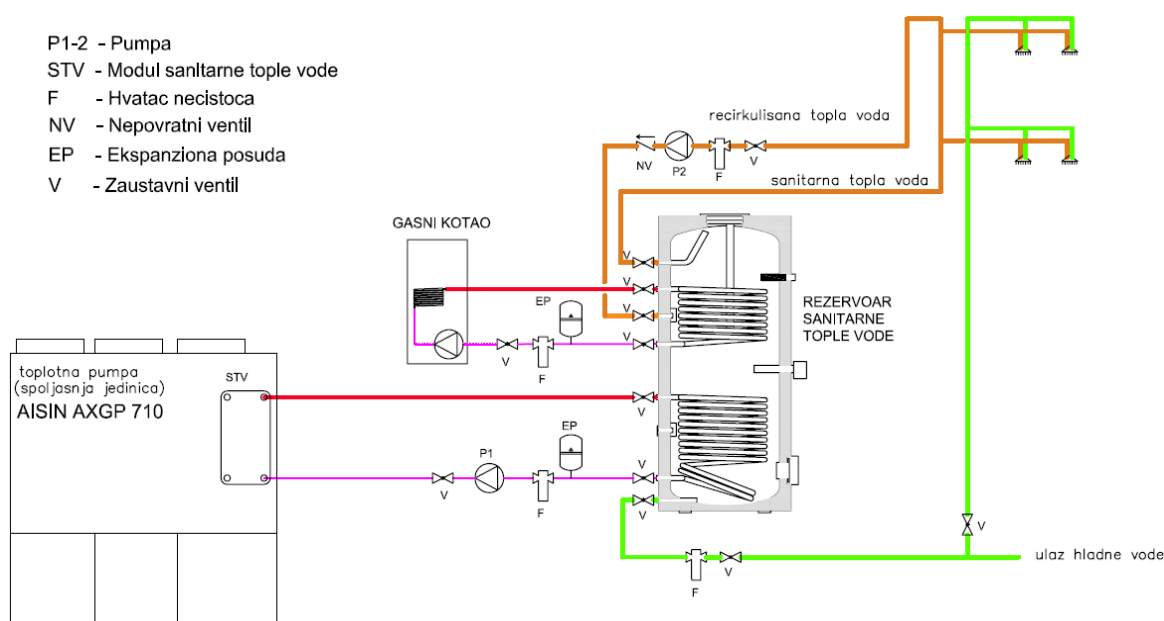
Toplotna pumpa ima nominalnu rashladnu snagu od 71kW pri temperaturi spoljašnjeg vazduha od 35°C, temperaturi vode na ulazu/izlazu iz isparivača od 12/7° i temperaturi unutrašnjeg vazduha od 27°C i nominalnu snagu grejanja od 85kW pri temperaturi spoljašnjeg vazduha od 7°C, temperaturi vode na ulazu/izlazu iz kondenzatora od 38/42° i temperaturi unutrašnjeg vazduha od 20°C.

Svaki od tri dela objekta (administrativno-medicinski deo, proizvodnja i magacin veleprodaje) ima svoju pumpu za cirkulaciju vode do fan-coil aparata. Svaki deo objekta može nezavisno od ostatka sistema da se isključi u slučaju da trenutno nema potrebe za grejanjem, odnosno hladjenjem.

Akumulacioni tank je predviđen da bi se povećala zapremina vode u celom sistemu i time smanjio broj uključenja / isključenja gasne toplotne pumpe kada radi u režimu smanjenog opterećenja.

## PRIPREMA SANITARNE TOPLE VODE

Na šemi 2. prikazan je sistem za pripremu sanitarne tople vode koji se sastoji od akumulacionog rezervoara sanitarne tople vode zapremine 500 l sa dve prohromske cevne zmiije-razmenjivača toplote, gasnog kotla sa pumpom za cirkulaciju vode izmedju gasnog kotla i rezevoara za sanitarnu toplu vodu, dodatnog modula na gasnoj toplotnoj pumpi za pripremu sanitarne tople vode, pumpe za cirkulaciju mešavine vode i etilen glikola izmedju gasne toplotne pumpe i rezervoara za sanitarnu toplu vodu i pumpe za cirkulaciju pripremljene sanitarne vode do potrošača.



Šema 2. Priprema i razvod sanitarne tople vode.

Priprema sanitarne tople vode se odvija na sledeći način. U toku letnjeg režima rada kada gasna toplotna pumpa priprema hladnu vodu za potrebe klimatizacije i u toku zime pri spoljašnjim temperaturama vazduha iznad  $-4^{\circ}\text{C}$ , kada gasna toplotna pumpa priprema toplu vodu za potrebe grejanja, sanitarna topla voda se zagreva na račun otpadne toplote cirkulacijom sekundarnog fluida između rezervoara za pripremu sanitarne tople vode i modula za pripremu sanitarne tople vode (slika 6.) na gasnoj toplotnoj pumpi. Modul za pripremu sanitarne tople vode koristi otpadnu toplotu od hlađenja motora sa unutrašnjim sagorevanjem i od hlađenja izduvnih gasova za zagrevanje sekundarnog fluida kojim se dalje zagreva sanitarna topla voda.



Kada toplotna pumpa radi pod punim opterećenjem snaga grejanja na dodatnom modulu je 25kW pri temperaturi od 75°C.

U ovom režimu rada ostvaruje se velika ušteda energije jer se celokupna potrebna količina sanitarne tople vode zagreva besplatno otpadnom toplotom (25kW) od gasne toplotne pumpe.

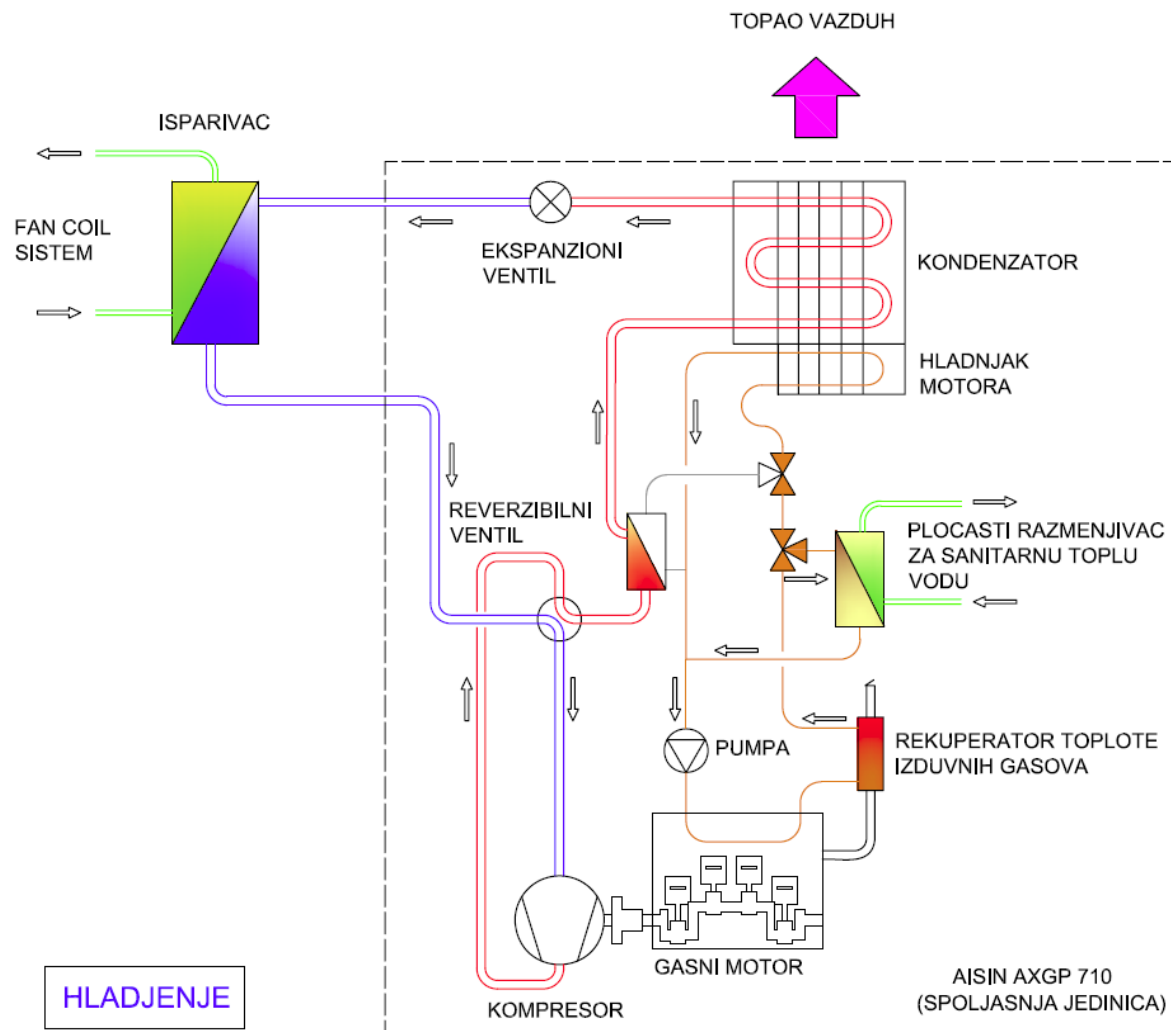
Gasni kotao se koristi za pripremu sanitarne tople vode u sledećim slučajevima:

- u zimskom periodu kada su spoljne temperature vazduha jako niske i gasna toplotna pumpa nema dovoljnu količinu otpadne toplote za pripremu sanitarne vode.
- u prelaznom periodu (proleće, jesen), kada su temperature spoljašnjeg vazduha takve da nije potrebno dodatno ni zagrevati ni hladiti objekat, pa gasna toplotna pumpa nije u funkciji.



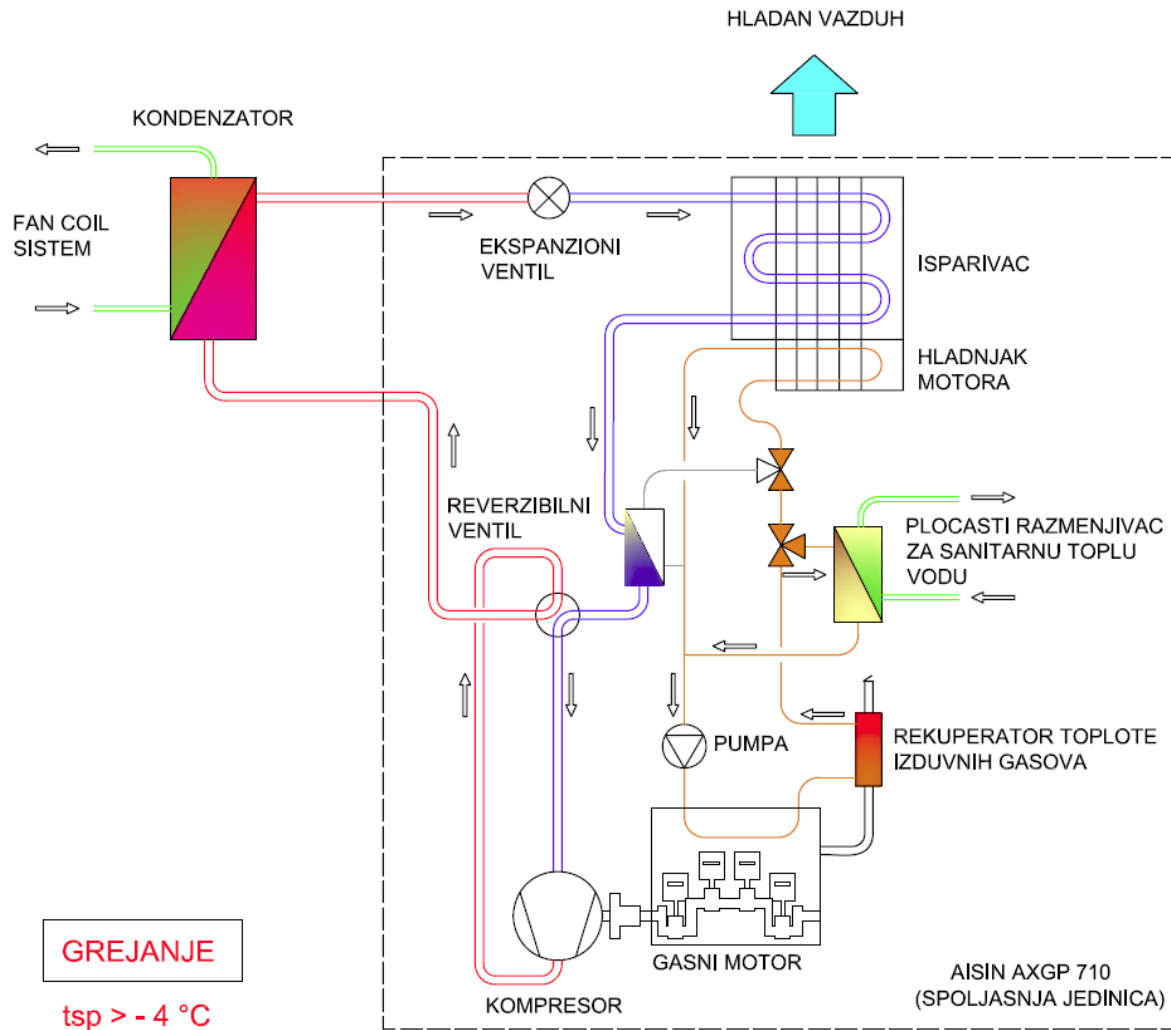
Slika 6. Pločasti razmenjivač toplote za pripremu sanitarne tople vode

Na šemi 3. je dat prikaz rada gasne toplotne pumpe sa osnovnim elementima instalacije i smerovima strujanja fluida u letnjem režimu rada kada gasna toplotna pumpa priprema hladnu vodu za potrebe klimatizacije i kada se otpadna toplota od hlađenja motora i izduvnih gasova koristi za pripremu sanitarne tople vode.



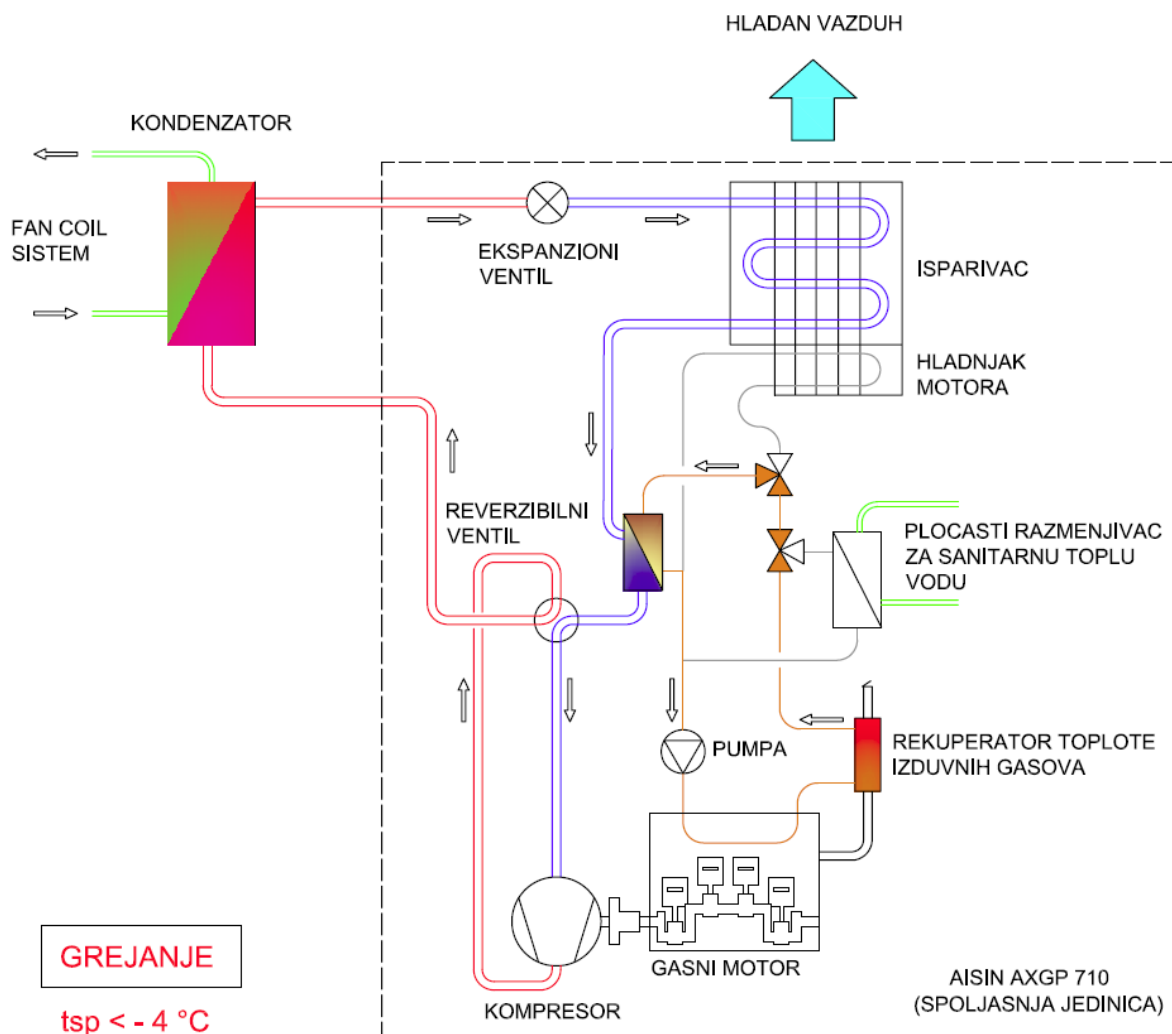
Šema 3. Gasna toplotna pumpa – šematski prikaz režima hlađenja

Na šemi 4. je dat prikaz rada gasne toplotne pumpe sa osnovnim elementima instalacije i smerovima strujanja fluida u zimskom režimu rada pri spoljašnjim temperaturama vazduha iznad  $-4^{\circ}\text{C}$  kada gasna toplotna pumpa priprema toplu vodu za potrebe grejanja i kada se otpadna toplota od hlađenja motora i izduvnih gasova koristi za pripremu sanitarne tople vode.



Šema 4. Gasna toplotna pumpa – šematski prikaz režima grejanja za  $t_{sp} > -4^{\circ}\text{C}$

Na šemi 5. je dat prikaz rada gasne toplotne pumpe sa osnovnim elementima instalacije i smerovima strujanja fluida u zimskom režimu rada pri spoljašnjim temperaturama vazduha ispod  $-4^{\circ}\text{C}$  kada gasna toplotna pumpa priprema toplu vodu za potrebe grejanja i kada se otpadna toplota od hlađenja motora i izduvnih gasova koristi kao izvor toplote za efikasan rad toplotne pumpe. U ovom slučaju se gasni kotao koristi za pripremu sanitarne tople vode.



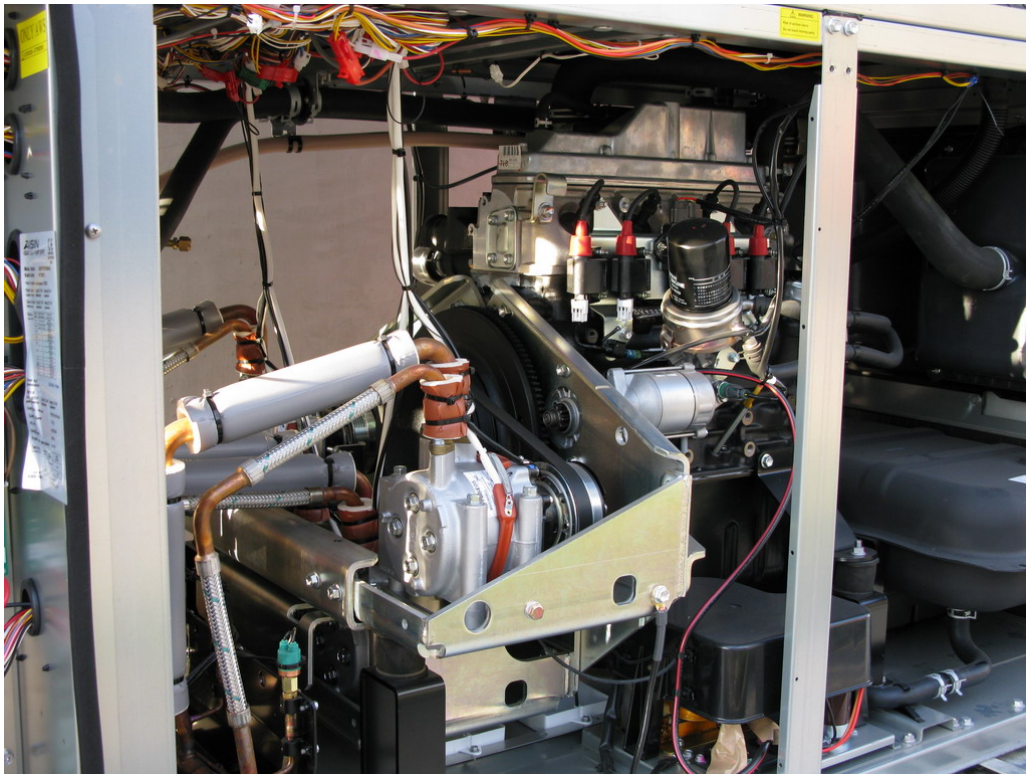
Šema 5. Gasna toplotna pumpa – šematski prikaz režima grejanja za  $t_{sp} \leq -4^{\circ}\text{C}$

## Glavni delovi gasne toplotne pumpe

Gasna toplotna pumpa sastoji se od kondenzatorskog rashladnog agregata i razdvojene isparivačke jedinice koja može biti:

- Za hlađenje vode
- Za hlađenje vazduha

Kondenzatorski rashladni agregat sa vazduhom hlađenim kondenzatorom kao osnovni element ima četvorotaktni gasni motor sa dva, tri ili četiri cilindra u zavisnosti od snage potrebne za pogon rashladnih kompresora.

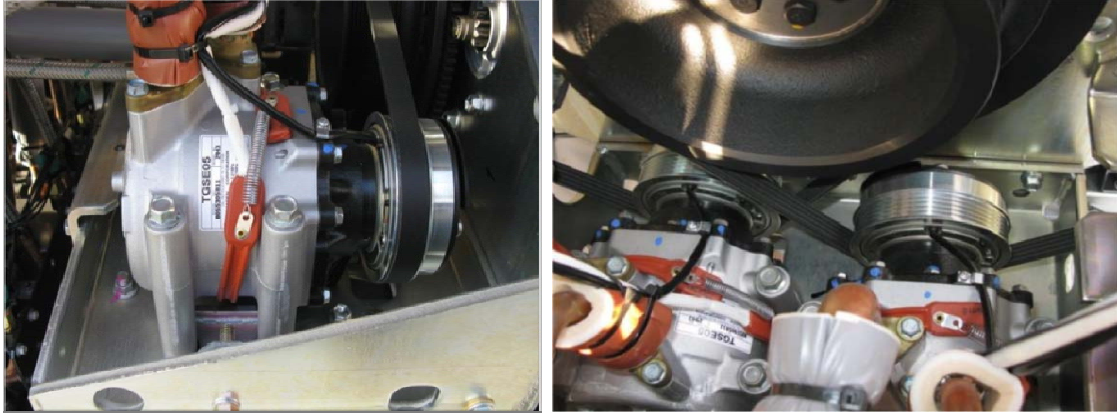


Slika 7. Gasni motor i scroll kompresor AISIN - TOYOTA gasne toplotne pumpe

Na slici 7. se vidi unutrašnji deo kondenzatorskog agregata AISIN gasne toplotne pumpe sa motorom sa unutrašnjim sagorevanjem, scroll kompresorima i ostalim elementima.



Motor pokreće do četiri scroll kompresora preko remenog prenosa i elektromagnetnih spojnika. Rashladno sredstvo je freon R410a. Potrebna količina vazduha za odavanje odnosno uzimanje toplote od okoline ostvaruje se pomoću aksijalnih ventilatora. Kapacitet spoljašnje jedinice se reguliše od 10% do 100% kontinualno.



Slika 8. Scroll kompresori

Na slici 8. se vide scroll kompresori sa elektromagnetnim spojnicama i remenim prenosom.



Slika 9. Deo kondenzatorskog agregata gasne toplotne pumpe



Slika 10. Unutrašnji izgled kondenzatorskog agregata

Elementi rashladnog kruga se podudaraju sa elementima tradicionalnih rashladnih mašina: četvorokraki ventili, termoekspanzioni ventil, filter / sušač, grejač kartera i elementi zaštite i regulacije. Na slici 9. se vidi deo elemenata rashladnog kruga kod AISIN gasne toplotne pumpe.

Kondenzatorski agregat je opremljen dodatnim setom delova kojim se obezbeđuje priprema sanitarne potrošne tople vode. Snaga grejanja se kreće od 15 do 25 kW zavisno od režima rada uređaja.

Sistemi sa gasom pogonjenim toplotnim pumpama postaju energetski efikasniji kada se koriste za istovremeno zagrevanje sanitarne tople vode i prostorija što nije moguće kod električnih toplotnih pumpi.

Na slici 10. se vidi kondenzatorski deo AISIN gasne toplotne pumpe sa dodatnim razmenjivačem vazduh / antifriz i dodatnim modulom za pripremu sanitarne tople vode.

Gasni motori toplotnih pumpi su konstruisani za radni vek od najmanje 40.000 časova (automobilski motori su konstruisani za radni vek od 2.000 do 3.000 časova). Za potrebe klimatizacije vazduha uređaj se najčešće koristi do 4.000 radnih časova godišnje, iz čega sledi da je radni vek motora minimum 10 godina.

Servisni interval za gasne motore toplotnih pumpi je 10.000 časova. Da bi se obezbedili ovako dugački servisni intervali, koje nude gasom pogonjene toplotne pumpe, njihovi motori zahtevaju rezervu ulja (procenjena potrošnja ulja je 3cl/h). Do 50l ulja se nalazi u dodatnom rezervoaru za ulje. Sistem za ulje ima eksternu uljnu pumpu za cirkulaciju od rezervoara za ulje do kartera motora. Motor takođe ima unutrašnju uljnu pumpu kao i kod automobilskih motora. Filter za vazduh je jako sličan filteru za vazduh kod automobilskih motora.

Bitno je napomenuti da ovi gasni motori nisu uzeti iz automobilske industrije, već su specijalno razvijeni za ovu namenu i imaju mogućnost regulacije broja obrtaja. Minimalan broj obrtaja motora je  $800 \text{ min}^{-1}$ , a maksimalan  $2600 \text{ min}^{-1}$ .

Gasne toplotne pumpe imaju nizak nivo buke (51dBA na 1 m od mašine) i nisku vrednost emisije štetnih gasova.

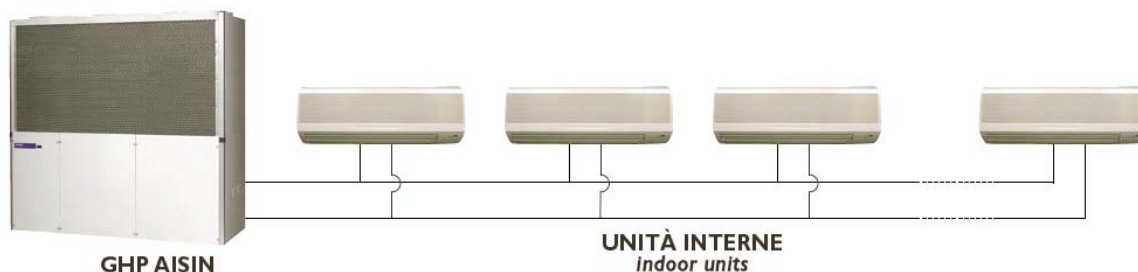
Granični temperaturski uslovi rada su: grejanje od  $-20^{\circ}\text{C}$  do  $+23^{\circ}\text{C}$ ; hlađenje od  $-10^{\circ}\text{C}$  do  $+43^{\circ}\text{C}$ .

Gasne toplotne pumpe se kod svih Japanskih proizvođača rade u veličinama od 22 do 71 kW rashladne snage. Snaga grejanja ovih uređaja je do 85 kW. Za veće potrebe uređaji se mogu povezati paralelno.

AISIN je za 2010. godinu predvideo proizvodnju još 2 modela rashladnih snaga 84kW i 112kW i snaga grejanja 100kW i 134kW.

Spoljašnja jedinica gasne toplotne pumpe je kompresorsko kondenzatorski agregat i može se koristiti u direktnim ili indirektnim sistemima hlađenja.

Kod direktnog sistema (slika 11.) unutrašnje jedinice su sa direktnom ekspanzijom rashladnog sredstva (razmenjivač toplote freon/vazduh) i na jednu spoljnu jedinicu u zavisnosti od kapaciteta se može priključiti maksimalno 60 unutrašnjih jedinica.



Slika 11. AISIN gasna toplotna pumpa i unutrašnje jedinice sa direktnom ekspanzijom

Kod indirektnog sistema (slika 12.), osnovna unutrašnja jedinica (AWS) je sa direktnom ekspanzijom (razmenjivač toplote freon/voda) i može se povezati sa fan-coil aparatima ili vazдушnim sistemima – klima komorama (razmenjivač toplote voda/vazduh).



Slika 12. AISIN gasna toplotna pumpa, AWS unutrašnja jedinica i fan-coil aparati

U oba slučaja spoljašnja jedinica nema potrebe za mašinskim prostorom. Priključak za gas je na spoljašnjoj jedinici i ne zahteva posebne protiv požarne uslove.

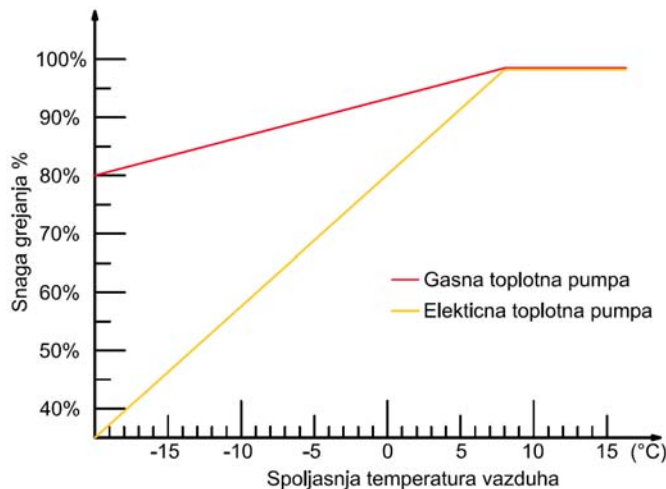
## Prednosti gasnih toplotnih pumpi u odnosu na električne toplotne pumpe

Prednosti gasnih toplotnih pumpi u odnosu na električne toplotne pumpe su:

- Umesto električnog motora za pogon kompresora toplotne pumpe koristi se motor sa unutrašnjim sagorevanjem (SUS), a gorivo može biti prirodni ili tečni naftni gas (TNG).
- U zimskim uslovima rada toplota dobijena hlađenjem SUS motora i toplota dobijena hlađenjem izduvnih gasova koristi se kao izvor toplote potrebne za efikasan rad toplotne pumpe pa je zbog toga moguć rad ove vrste toplotnih pumpi i pri spoljašnjim temperaturama do  $-20^{\circ}\text{C}$ . Otapanje isparivača nije potrebno pa je time dodatno povećana energetska efikasnost ovih uređaja. Za rad sistema nije potreban alternativni izvor energije za potrebe grejanja.
- Strujom se napajaju samo ventilatori, pumpe i upravljačke elektronske jedinice (10% u odnosu na električne toplotne pumpe iste rashladne snage).



- Pri pogonu SUS motora moguć je povrat toplotne energije za pripremu sanitarne tople vode.
- Otapanje spoljašnjeg razmenjivača toplote vazduh / freon u zimskom periodu rada se postiže korišćenjem otpadne toplote od gasnog motora, a ne prebacivanjem ciklusa rada kao kod električne toplotne pumpe. Zbog toga gasna toplotna pumpa može da proizvodi toplotu bez prekida u radu.
- Rekuperacijom toplote od SUS motora, ukupna količina toplote koju daje sistem za grejanje se može povećati i do 25%. Ovo znači da čak i na visokim spoljašnjim temperaturama (do 10°C) količina toplote za grejanje će biti veća od svih tipova toplotnih pumpi sa elektro pogonom.



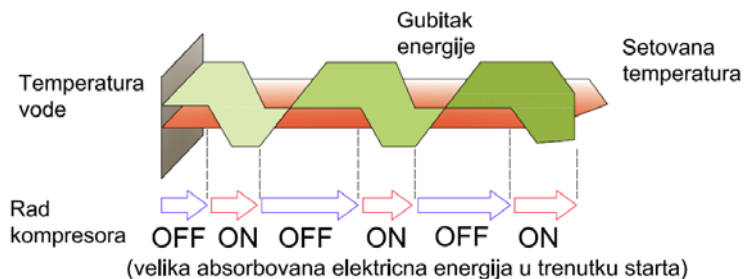
Slika 13. Efikasnost toplotnih pumpi u zavisnosti od spoljašnje temperature

Na slici 13. je prikazan uticaj pada spoljašnje temperature vazduha na promenu snage grejanja toplotnih pumpi sa gasnim i elektro pogonom.

Energetska efikasnost električnih toplotnih pumpi značajno pada sa padom temperature spoljašnjeg vazduha pa je zbog toga za temperature spoljašnjeg vazduha ispod 0°C potrebno predvideti alternativno grejanje.

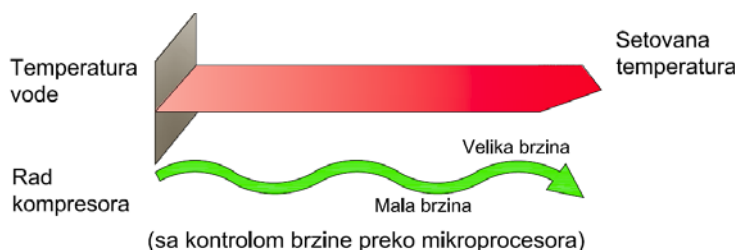
Gasom pogonjene toplotne pumpe u režimu grejanja mogu da obezbede više od 80% nominalne toplotne snage pri spoljnim temperaturama vazduha do -20°C i samim tim nije potrebno obezbediti alternativno grejanje (kotao i sl.).

Prednost gasnih toplotnih pumpi je posebno izražena kod rada na redukovanom opterećenju kod koga se iz pomoć procesora za upravljanje brojem obrtaja gasnog motora i motora ventilatora postiže prilagođavanje kapaciteta toplotne pumpe sa trenutnim toplotnim opterećenjem objekta. Na ovaj način se povećava energetska efikasnost uređaja.



Na slici 13. je prikazan rad toplotne pumpe sa elektro pogonom i gubicima energije koji se javljaju usled čestih uključenja i isključenja.

Slika 13. Toplotna pumpa sa elektro pogonom



Na slici 14. je prikazan rad gasne toplotne pumpe sa regulacijom kapaciteta u zavisnosti od trenutnog toplotnog opterećenja.

Slika 14. Gasna toplotna pumpa

### Isplativost, investicioni i eksploatacioni troškovi

U pogledu investicionih troškova gasne toplotne pumpe su skuplje od električnih toplotnih pumpi u kombinaciji sa gasnim kotlom, ali se ova razlika u ulaganju sa današnjim cenama energenata za nekoliko godina može povratiti.

Vršili smo upoređenje između tradicionalnih sistema sa gasnim kotlom i agregatom za hlađenje vode sa vazduhom hlađenim kondenzatorom i novih sistema sa gasnom toplotnom pumpom.

Cena gasne toplotne pumpe rashladne snage 71kW sa freon-voda modulom i modulom za pripremu sanitarne tople vode košta 33.750 EUR.

Eksploatacioni troškovi pri punom opterećenju uređaja za 1400 h/god grejanja i 600 h/god hlađenja po trenutno aktuelnim cenama iznose 3.420 EUR.

Nasuprot tome tradicionalno rešenje sa gasnim kotlom i agregatom za hlađenje vode iste rashladne snage košta 17.500 EUR.

Sa istim brojem radnih časova i pri punom opterećenju uređaja eksploatacioni troškovi za tradicionalni sistem iznose 5.410 EUR.

Razlika u investicionim troškovima je 16.250 EUR koja se otplati zahvaljujući razlici u eksploatacionim troškovima za 8 god.

Pored ove pogodnosti i troškovi održavanja za gasnu toplotnu pumpu su manji.

Ovom kalkulacijom nisu obuhvaćene prednosti gasnih toplotnih pumpi i uticaj na smanjenje troškova eksploatacije kod rada na redukovanom opterećenju, kao ni troškovi izgradnje kotlarnice i dimnjaka pri izvođenju tradicionalnog rešenja (agregat za hlađenje vode + gasni kotao).

## Pregled ostvarenih rezultata na instalaciji u Vrčinu

Praćenje rada sistema je vršeno u periodu od 22.12.2008. do 22.12.2009. godine.

Ukupna potrošnja gasa na godišnjem nivou je iznosila 6983 Nm<sup>3</sup> za potrebe grejanja, hlađenja i pripreme sanitarne tople vode za objekat površine 1065 m<sup>2</sup> i zapremine 3850 m<sup>3</sup>.

Prema integrisanom brojaču sati rada u ovom periodu gasna toplotna pumpa je radila 1609 sati.

Maksimalna potrošnja gasne toplotne pumpe je 5,57 Nm<sup>3</sup>/h gasa u režimu hlađenja i 5,63 Nm<sup>3</sup>/h gasa u režimu grejanja. Ukoliko zanemarimo utrošenu količinu gasa u gasnom kotlu snage 22 kW za pripremu sanitarne tople vode dobićemo prosečnu potrošnju gasne toplotne pumpe od **4,34** Nm<sup>3</sup>/h gasa.

Prema poznatom broju zaposlenih, njihovom radnom vremenu i zapremini rezervoara za sanitarnu toplu vodu može se proceniti da je gasni kotao radio oko 133 sata za godinu dana i potrošio 366 Nm<sup>3</sup> gasa. Kada od ukupne godišnje potrošnje gasa oduzmemo procenjenu potrošnju gasnog kotla dolazimo do prosečne potrošnje gasne toplotne pumpe od **4,11** Nm<sup>3</sup>/h gasa.

Stvarni eksploatacioni troškovi za gasnu toplotnu pumpu rashladne snage od 71 kW za period rada od godinu dana na objektu ORSIM u Vrčinu iznose 1.890 EUR za gas i 235 EUR za elektricnu energiju.

## Zaključak

Potrošnja električne energije raste iz godine u godinu zbog promene klimatskih uslova i sve veće potrebe za klimatizacijom poslovnih i stambenih objekata. Potrošnja električne energije u našoj zemlji u letnjem periodu se izjednačila sa potrošnjom u zimskom periodu zbog ugrađenih klimatizera. Ugradnjom, odnosno primenom gasom pogonjenih toplotnih pumpi bi se značajno smanjio trend rasta potrošnje električne energije, a samim tim i emisije CO<sub>2</sub>.

Emisija CO<sub>2</sub> u atmosferu je čak četiri puta manja prilikom korišćenja gasom pogonjenih toplotnih pumpi u odnosu na grejanje električnom energijom, a 40% manja u odnosu na grejanje kotlom na gas.

Kako je primena Kyoto Protokola prioritetna u Evropi pa i u celom svetu, to se u Evropskoj Uniji predviđa smanjenje emisije CO<sub>2</sub> za 8% u periodu od 2008. do 2012. god. To je jak motiv za povećanje energetske efikasnosti agregata za hlađenje vode i toplotnih pumpi i primenu gasom pogonjenih toplotnih pumpi.

## Literatura:

- Lazzarin R., Noro M. - District heating and gas engine heat pump: economic analysis based on a case study. Appl Thermal Eng 2006;26:193-9
- Hepbasli A., Erbay Z., Icier F., Colak N., Hancioglu E., - A review of gas engine driven heat pumps (GEHPs) for residential and industrial applications