

Nenad KAŽIĆ¹

JEDAN POSTUPAK ODREĐIVANJA SEZONSKOG FAKTORA GRIJANJA TOPLOTNE PUMPE (*HSPF*)

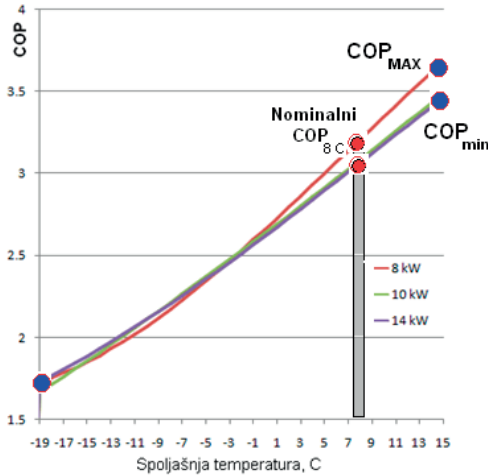
Sažetak: Kako se efikasnost toplotne pumpe tokom grejne sezone mijenja u prvom redu kao posledica promjene temperature toplotnog izvora (vazduh ili voda), tako se i njena „srednja sezonska efikasnost” – sezonski faktor grijanja (*HSPF*), koja se koristi u izračunavanjima mijenja u skladu sa tim. Postoje manje ili više složeni postupci kojima se određuje *HSPF* ali svi oni zahtijevaju prilično opsežna izračunavanja. U radu je dat jedan pojednostavljeni postupak određivanja *HSPF*, koji se zasniva na pretpostavci o sinusnoj prirodi toplotnih gubitaka objekta tokom grejne sezone. Prema ovom prilazu da bi odredili *HSPF*, potrebno je poznavati efikasnost toplotne pumpe pri srednjoj minimalnoj (najhladniji period grejne sezone) i maksimalnoj (kraj grejne sezone) temperaturi toplotnog izvora.

Ključne riječi: *grijanje, toplotna pumpa, efikasnost, sezonski faktor grijanja*

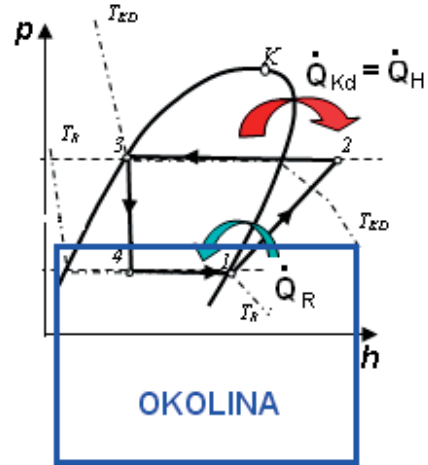
UVOD

Kada se koristi kao toplotni izvor bilo „grijne” bilo „rashladne” energije koristi Toplotna Pumpa – TP (Rashladni Uređaj – RU), neizbježno se pri energetske analizi procesa javlja kao problem efikasnost TP. Naime, efikasnost toplotne pumpe (COP – Coeficient Of Performance) u značajnoj mjeri zavisi od temperature isparivača, odnosno temperature toplotnog izvora-okoline od koga TP uzima toplotu (Sl.1b). Ako je u pitanju vazduh kao izvor toplote, tada tokom grejne sezone (proces grijanja uz pomoć TP) temperatura ambijenta (vazduha) se značajno mijenja a samim tim i COP ima vrijednosti između COP_{MAX} i COP_{min} (Sl. 1a) [2]. U tom slučaju za proračun je mjerodavan neki „srednji” COP ili Sezonski COP, odnosno tkzv. HSPF (Heating Seasonal Performance Factor).

¹ Prof. dr Nenad Kažić, Mašinski fakultet Podgorica



Slika 1a



Slika 1b

Analogna je situacija u slučaju hlađenja, samo što tada umjesto COP imamo EER (Energy Efficiency Ratio), odnosno sezonski EER se označava kao SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio).

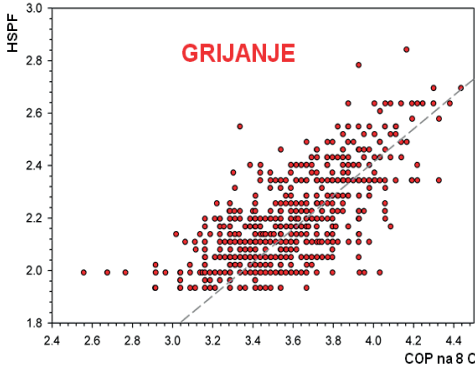
HSPF, SEER.

Očigledno je da se kao mjerodavna vrijednost ne može koristiti deklarirana-nominalna vrijednost COP koja se daje za temperaturu vazduha 8 C (Sl.1a)..

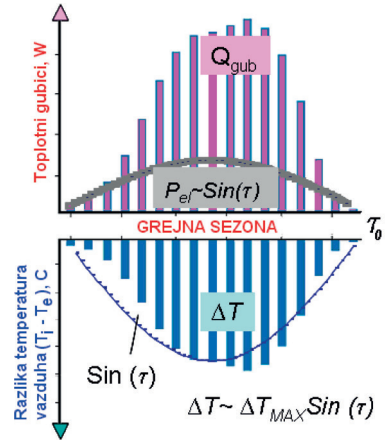
ODREĐIVANJE HSPF

Istraživanja [1] su pokazala da je teško uspostaviti vezu između nominalnog COP_{8C} i HSPF što se jasno vidi sa Slike 2. Čak i uređaji koji imaju iste nominalne vrijednosti COP_{8C} u načelu imaju različite vrijednosti HSPF, tako da je jednoznačno uspostavljanje korelacije između ova dva parametra veoma nesigurno.

Očigledno je da se izračunavanje HSPF mora povezati sa promjenama temperature ambijenta. Jedan od prilaza se zasniva na tkzv. BIN metodi gdje se statistički određuje učešće određenih temperatura ambijenta tokom godine, odnosno njihovo trajanje u časovima, kao i toplotni gubici konkretnog objekta u tim intervalima. Nakon toga se za svaku konkretnu određenu TP i Objekat određuje efikasnost TP na nivou sezone. Deklarisane vrijednosti proizvođača predstavljaju ustvari COP za neku, obično veću od 8 C, temperaturu ambijenta, pa samim tim skoro da i nema neki veći značaj u primjeni tokom određivanja efikasnosti sistema grijanja. Jasno je da ovakav prilaz predstavlja jednu dosta komplikovanu proceduru određivanja HSPF, koja u znatnoj mjeri umanjuje njenu primjenu u praksi.



Slika 2



Slika 3

Dakle problem se može svesti na pitanje: koliki je uticaj, odnosno koja vrijednost COP kontroliše vrijednost HSPF tokom grejne sezone? Odgovor na ovo pitanje mora biti robusan da bi imao neki značaj u praktičnoj primjeni.

Pridimo problemu izračunavanja HSPF na malo drugačiji način.

Nije teško utvrditi da u nekoj osrednjennoj meteorološkoj statistici, temperatura vazduha tokom grejne sezone prati približno oblik sinusne funkcije (Sl. 3). Isto se može reći i za električnu snagu koja pokreće TP, stim što su oni fazno pomjereni za $\pi/2$ u odnosu na funkciju temperature objekta. Prema tome promjena temperature spoljnjeg vazduha i električna snaga TP mogu biti predstavljene u obliku

$$\Delta T = \Delta T_{MAX} \sin(t) \quad P_{el} \approx P_{MAX} \sin(t) \quad (1)$$

gdje je ΔT_{MAX} amplituda promjene temperature vazduha tokom grejne sezone, a P_{MAX} maksimalna električna snaga pumpe tokom grejne sezone.

Kako COP zavisi od spoljnje temperature vazduha, to i njegova promjena ima oblik sinusne funkcije, tj.

$$COP = COP_{MAX} - \Delta COP * \sin(t) \quad (2)$$

gdje je $\Delta COP = COP_{MAX} - COP_{min}$

Sa druge strane, imajući u vidu izraz za COP koji je po definiciji jednak količniku između grejne snage (toplote) i električne snage (rada) TP, slijede relacije za trenutni COP, odnosno grejnu snagu

$$COP = \frac{\dot{Q}_H}{P_{el}} \Rightarrow \dot{Q}_H = COP \cdot P_{el} \quad (3)$$

Ukupna toplota grijanja tokom grejne sezone dobija se integraljenjem izraza (3) tokom tog perioda, tj.

$$Q_H = \int_0^{\tau_0} COP \cdot P_{el} d\tau, \text{ tj.} \quad (4a)$$

$$Q_H = \int_0^{\tau_0} (COP_{MAX} - DCOP \cdot \sin\left[\frac{p}{t_0}t\right]) \cdot P_{MAX} \sin\left[\frac{p}{t_0}t\right] dt, \quad (4b)$$

gdje je τ_0 period grijanja.

Sa druge strane, po definiciji HSPF je posredno dat relacijom

$$Q_H = SHPF \cdot \bar{P}_{el} \cdot \tau_0 \Rightarrow SHPF = \frac{Q_H}{\bar{P}_{el} \tau_0}, \quad (5)$$

gdje je
$$\bar{P}_{el} \tau_0 = \int_0^{\tau_0} P_{MAX} \sin\left(\frac{\pi}{\tau_0} \tau\right) d\tau = P_{MAX} \frac{2}{\pi} \tau_0. \quad (6)$$

Nakon integraljenja (4b) njegove zamjene u (5), a sobzirom na (6), izraz (5) nakon sređivanja dobija oblik

$$SHPF = (0.215 * COP_{Max} + 0.785 * COP_{min}). \quad (7)$$

Dobijeni rezultat pokazuje da je SHPF dominantno kontrolisan vrijednošću COP_{min} , dakle vrijednošću COP u najhladnijem periodu grejne sezone.

Međutim da bi se došlo do tačnije vrijednosti SHPF potrebno je izvršiti dodatnu korekciju dobijene vrijednosti [3]. Naime COP toplotne pumpe zavisi ne samo od temperature spoljnog vazduha, već i od djelimičnog opterećenja u određenom trenutku definisanog faktorom $0 >= PL <= 1$ (Partial Load factor). Kao dodatni parametar se uvodi tkzv. Faktor degradacije ($0 >= Cd <= 1$). Korekcionni faktor K ima oblik

TP Vazduh – Vazduh $K(C_d, PL) = 1 - C_d * (1 - PL)$, gdje je $C_d = 0.25$ dok je mjerodavno opterećenje zbog sinusne promjene $PL = 0.7$; tako se dobija vrijednost $K = 0.925$, odnosno

$$SHPF_{Kor} = 0.925 (0.215 * COP_{Max} + 0.785 * COP_{min}).$$

TP Vazduh – Voda $K(C_d, PL) = \frac{PL}{1 - C_d(1 - PL)}$, gdje je $C_d = 0.9$ dok je mjerodavno opterećenje zbog sinusne promjene $PL = 0.7$; tako se dobija vrijednost $K = 0.96$, odnosno

$$SHPF_{Kor} = 0.96 (0.215 * COP_{Max} + 0.785 * COP_{min}).$$

ZAKLJUČAK

Predstavljena procedura u značajnoj mjeri pojednostavljuje proceduru određivanja SHPF toplotne pumpe u odnosu na postojeće procedure. Za određivanje SHPF potrebno je samo poznavanje minimalne i maksimalne vrijednosti COP, što se relativno lako nalazi u podacima proizvođača za minimalnu i maksimalnu temperaturu vazduha u grejnoj sezoni. Dobijeni izraz pokazuje da SHPF dominantno zavisi od vrijednosti koje se javljaju u najhladnijem dijelu grejne sezone, odnosno da je vrijednost SHPF dominantno kontrolisana minimalnim vrijednostima.

LITERATURA

- [1] Philip Fairey at all: Climate Impacts on Heating Seasonal Performance Factor (HSPF) and Seasonal Energy Efficiency Ratio (SEER) for Air Source Heat Pumps, *Florida Solar Energy Center (FSEC) & Berkeley Solar Group, Berkeley, California*, FSEC-PF-413-04
- [2] Nibe Products Catalog
- [3] H. Henderson, Y. J. Huang, D. Parker : Residential Equipment Part Load Curves for Use in DOE-2, LBNL-42175, Feb. 1999

ONE PROCEDURE OF CALCULATION THE HEATING SEASONAL PERFORMANCE FACTOR OF HEAT PUMP (HSPF)

Abstract: As the efficiency of the heat pump during the heating season changes primarily as a result of changes in temperature of heat source (air or water), its „average seasonal efficiency” – heating seasonal performance factor (HSPF), used in calculations vary according to that. There are more or less complex procedures for assessment of the HSPF but all of them require a fairly extensive calculations. In this paper, a simplified procedure for determining the HSPF, which is based on the assumption of a sine wave nature of heat loss building during the heating season, is presented. According to this approach to determine the HSPF, it is necessary to know the efficiency of the heat pump at the secondary minimum (coldest period of the heating season) and maximal (end of season) temperature heat source, only.

Key words: *heating, heat pump, efficiency, heating seasonal performance factor*

