

Резултати от изследване коефициента на трансформация на реверсивна термопомпа „вода – вода“

Валентин Бобилов, Георги Генчев,
Пламен Мушаков, Пенчо Златев, Живко Колев

Investigation results of the Coefficient of Performance of Reversible water–water Heat Pump: In this paper investigation results of COP of Reversible water–water Heat Pump in winter and summer work conditions have been discussed. For the experiments a laboratory Heat Pump Installation has been used. The received COP values have been compared with the theoretical COP values by the Carnot's circle.

Key words: Reversible water–water Heat Pump; Heat Pump Installation; Coefficient of Performance.

ВЪВЕДЕНИЕ

В настоящата работа са представени резултатите от изследването на коефициента на трансформация (COP) на реверсивна термопомпа „вода – вода“ в лабораторна термопомпена инсталация, работеща в режими на отопление и охлаждане. Получените експериментални стойности за COP са сравнени със стойностите за COP, изчислени по цикъла на Карно. За изследването е използвана методиката от [1].

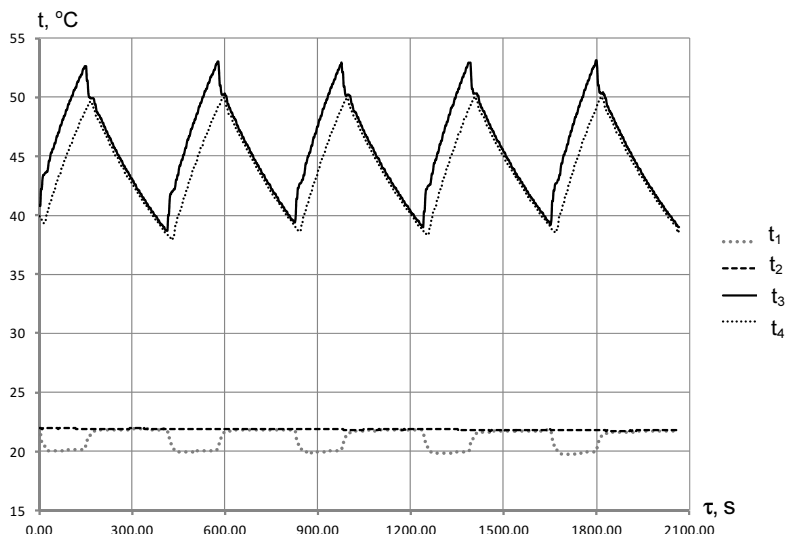
ИЗЛОЖЕНИЕ

Изследванията и в двата режима са извършени при температура на въздуха в помещението $t_{\text{ок.ср.}} = 21^{\circ}\text{C}$.

1. Резултати от изследването в режим „отопление“ (зимен режим)

Изследването в режим „отопление“ е извършено при следните настройки на термопомпата:

- температура на водата на входа на кондензатора $t_4 = 45^{\circ}\text{C}$;
- настройка за включване и изключване на термопомпата по температурен хистерезис $t_4 = 45 \pm 2^{\circ}\text{C}$.



Фиг.1. Изменение на температурите по време на експеримента при режим „отопление“

На фиг.1 е показано изменението на температурите на топлата и студената вода, съответно на двата входа и двата изхода на термопомпата, при режим „отопление“. Температурите са както следва:

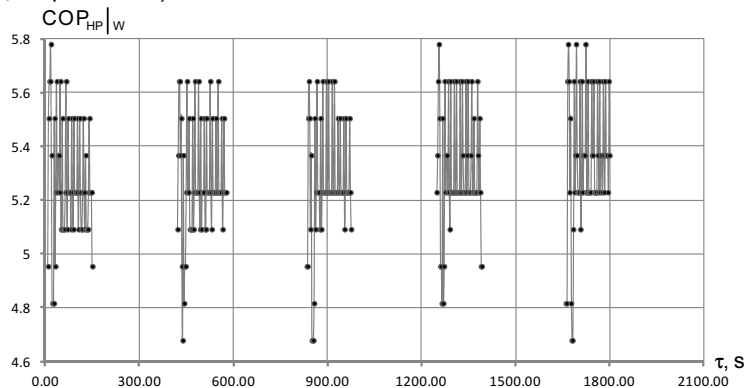
t_1 – температура на студената вода на изхода на изпарителя на термопомпата (вход към буферния съд);

t_2 – температура на студената вода на входа на изпарителя (изход от буферния съд);

t_3 – температура на топлата вода на изхода на кондензатора (вход към конвектора);

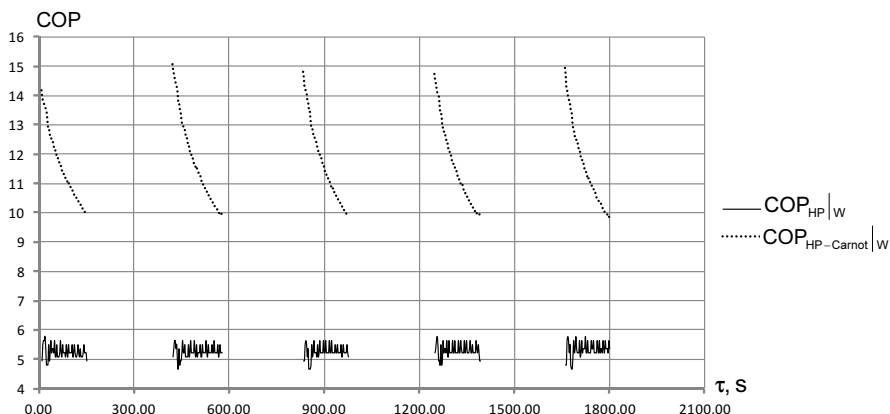
t_4 – температура на топлата вода на входа на кондензатора (изход от конвектора).

На фиг.2 е изобразено изменението на $COP_{HP|W}$ (COP се определя само при работеща термопомпа).



Фиг.2. Изменение на коефициента на трансформация по време на експеримента при режим „отопление“

На фиг.3 е представено сравнение между изменението на $COP_{HP|W}$ и на теоретичния коефициент $COP_{HP-Carnot|W}$.



Фиг.3. Сравнение между изменението на действителния коефициент на трансформация и на теоретичния COP на Карно при режим „отопление“

От фиг.1 се вижда, че температурите на студената вода t_1 и t_2 постепенно се понижават, което се дължи на затворената схема на циркулация на водата през външния кръг на инсталацията (буферния съд и изпарителя на термопомпата).

От показаните резултати за изменението на температурата на водата на входа на кондензатора (фиг.1) се вижда, че термопомпата включва при $t_4 \approx 39^\circ\text{C}$ (при настройка $t_4 = 43^\circ\text{C}$) и изключва при $t_4 \approx 49^\circ\text{C}$ (при настройка $t_4 = 47^\circ\text{C}$). Тоест се получават известни разлики между настройките и измерените температури. Тези разлики се дължат на сравнително малкия обем вода във вътрешния (конвекторния) кръг на инсталацията, което довежда до по-резки промени на нейната температура и до по-бавно реагиране на контролера на термопомпата.

От фигури 2 и 3 следва, че за разлика от изменението на $\text{COP}_{\text{HP}|W}$, който варира в определени граници, теоретичния коефициент $\text{COP}_{\text{HP-Carnot}|W}$ има тенденция на понижение през дадения период на работа на термопомпата, което се дължи на постепенно увеличаващата се температурна разлика ($T_3 - T_1$).

Изчислените средни стойности на действителния коефициент на трансформация и на коефициента на трансформация по цикъла на Карно за периода на изследване в режим „отопление“ са съответно $\text{COP}_{\text{HP}|W-m} = 5.29$ и $\text{COP}_{\text{HP-Carnot}|W-m} = 11.66$. Следва, че действителния COP на термопомпата в режим „отопление“ е 2,2 пъти по-малък от теоретичния.

2. Резултати от изследването в режим „охлаждане“ (летен режим)

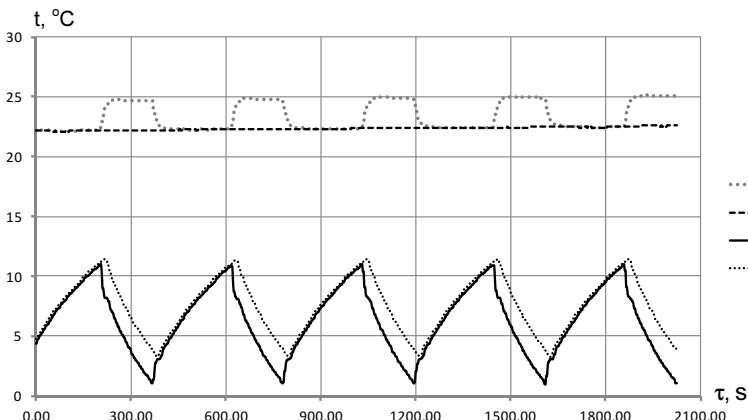
Изследването в режим „охлаждане“ е извършено при следните настройки на термопомпата:

- температура на водата на входа на изпарителя $t_4 = 7^\circ\text{C}$;
- настройка за включване и изключване на термопомпата по температурен хистерезис $t_4 = 7 \pm 2^\circ\text{C}$.

На фиг.4 е показано изменението на температурите на горещата и студената вода, съответно на двата входа и двата изхода на термопомпата, при режим „охлаждане“.

На фиг. 5 е изобразено изменението на $\text{COP}_{\text{HP}|S}$.

На фиг. 6 е представено сравнение между изменението на $\text{COP}_{\text{HP}|S}$ и на теоретичния коефициент $\text{COP}_{\text{HP-Carnot}|S}$.



Фиг.4. Изменение на температурите по време на експеримента при режим „охлаждане“

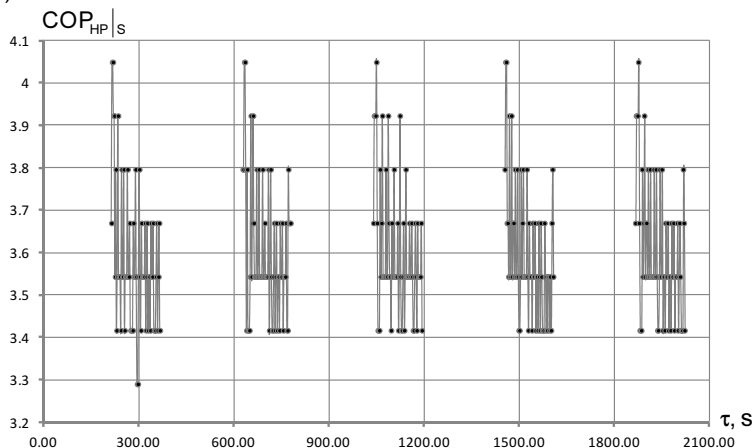
Температурите на фиг.4 са както следва:

t_1 – температура на топлата вода на изхода на кондензатора на термopомпата (вход към буферния съд);

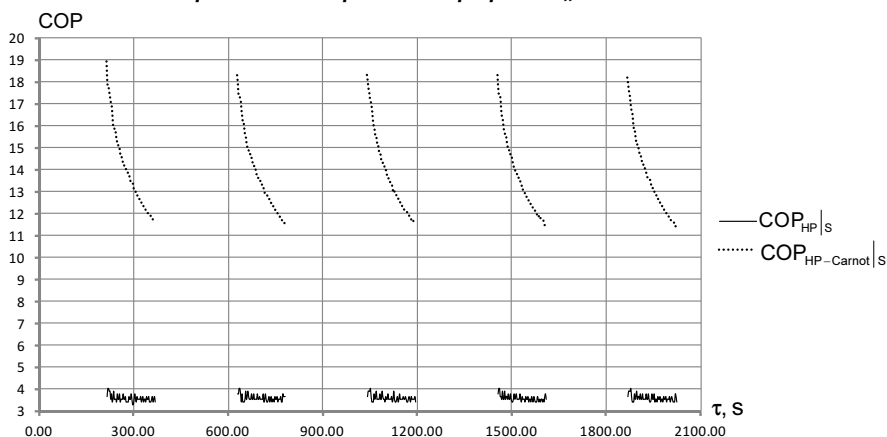
t_2 – температура на топлата вода на входа на кондензатора (изход от буферния съд);

t_3 – температура на студената вода на изхода на изпарителя (вход към конвектора);

t_4 – температура на студената вода на входа на изпарителя (изход от конвектора).



Фиг.5. Изменение на коефициента на трансформация по време на експеримента при режим „охлаждане”



Фиг.6. Сравнение между изменението на действителния коефициент на трансформация и на теоретичния COP на Карно при режим „охлаждане”

От резултатите, изобразени на фиг.4 се вижда, че температурите на топлата вода t_1 и t_2 постепенно се повишават поради затворената схема на циркулация на водата през външния кръг на инсталацията.

От фиг.4 следва, че термopмпата включва при $t_4 \approx 11^\circ\text{C}$ (при настройка $t_4 = 9^\circ\text{C}$) и изключва при $t_4 \approx 4^\circ\text{C}$ (при настройка $t_4 = 5^\circ\text{C}$). Температурните разлики са по-

малки в сравнение с режим „отопление” и се дължат на същата причина, посочена в т.1.

Моментните стойности на $COP_{HP|S}$ се изменят в определени граници и трудно може да се определи тенденцията му на изменение (фиг.5).

На фиг.6 се вижда, че теоретичния коефициент $COP_{HP-Carnot|S}$ има тенденция за понижаване през дадения период на работа на термопомпата, което се дължи на постепенно увеличаващата се температурна разлика ($T_1 - T_3$).

Изчислените средни стойности на действителния коефициент на трансформация и на коефициента на трансформация по цикъла на Карно за периода на изследване в режим „охлаждане” са съответно $COP_{HP|S-m} = 3,59$ и $COP_{HP-Carnot|S-m} = 13,79$. Следва, че действителния COP на термопомпата в режим „охлаждане” е 3,8 пъти по-малък от теоретичния.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От получените средни стойности на коефициента на трансформация в двата режима на работа на лабораторната инсталация и разликите между теоретичния и действителния COP може да се направи извода, че при дадените условия на провеждане на експериментите (сравнително висока температура на водата в буферния съд и температура на въздуха в помещението $t_{ок.ср.} = 21^\circ C$) термопомпата работи по-ефективно в режим „отопление”.

И в двата режима на работа на инсталацията интервалите на работа на термопомпата са сравнително малки, което се дължи на малкия топлинен товар (малката мощност на конвектора) и води до сравнително неефективна работа на термопомпата. Това, обаче позволява да се изследва COP при работа на термопомпата в такива режими.

Лабораторната уредба предлага следните възможности за обучение: студентите да се запознаят с работата на термопомпена инсталация „вода – вода”; да се изследва работата на термопомпена инсталация в силно нестационарен режим - на циклично ограничаване по мощност до пълно изключване и нов цикъл на включване и натоварване по мощност.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Бобилев В., Г. Генчев, Пл. Мушаков, П. Златев, Ж. Колев. Методика за изследване коефициента на трансформация на реверсивна термопомпа „вода – вода”. Научни трудове на РУ „Ангел Кънчев”, Русе, 2011 (под печат).

Представената разработка е във връзка с изпълнение на проект по ФНИ „Моделиране и експериментално изследване на хидравлични и климатични системи”

За контакти:

Доц. д-р Валентин Бобилев, катедра “Топлотехника, хидро и пневмотехника”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 844, e-mail: bobilov@uni-ruse.bg
Гл. ас. Георги Генчев, катедра “Топлотехника, хидро и пневмотехника”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 203, e-mail: ggenchev@uni-ruse.bg
Гл. ас. Пламен Мушаков, катедра “Топлотехника, хидро и пневмотехника”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 304, e-mail: pgm@uni-ruse.bg
Гл. ас. д-р Пенчо Златев, катедра “Топлотехника, хидро и пневмотехника”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 303, e-mail: pzlatev@uni-ruse.bg
Гл. ас. д-р Живко Колев, катедра “Топлотехника, хидро и пневмотехника”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 304, e-mail: zkolev@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.