

Ćwiczenie nr 6

BADANIE WYDAJNOŚCI KOMPRESOROWEJ POMPY CIEPŁA

CEL I ZAKRES ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest badanie efektywności pompy ciepła. Ćwiczenie polega na dokonaniu pomiarów temperatur i ciśnień podczas pracy parownika i skraplacza w układzie woda – woda.

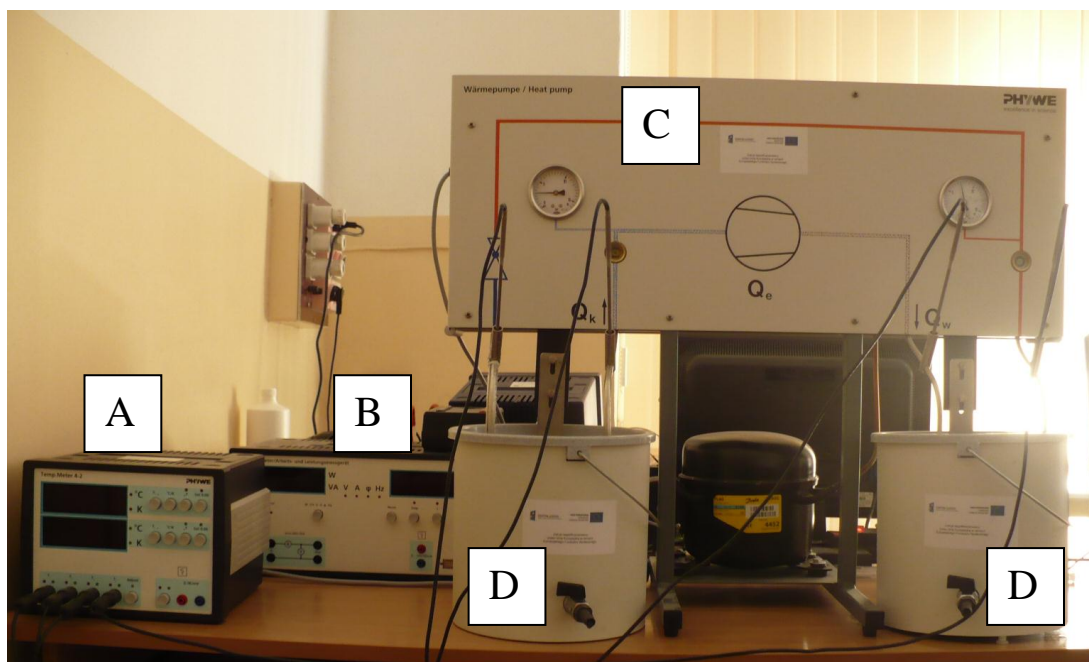
ZAGADNIENIA TEORETYCZNE

1. Budowa i zasada działania pompy ciepła.
2. Współczynnik efektywności pompy ciepła.
3. I i II zasada termodynamiki.

LITERATURA

1. Wrześniński Z., *Termodynamika*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008.
2. Grygiel P., Sodolski H., *Laboratorium Konwersji Energii*, skrypt, Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej, Politechnika Gdańska 2006.
3. W. Zalewski, *Pompy ciepła. Podstawy teoretyczne i przykłady zastosowań*, Wyd. Politechniki Krakowskiej 1995.

APARATURA I PRZYRZĄDY



Fot. 1. Stanowisko pomiarowe ćwiczenia nr 6

Fot. 1 przedstawia stanowisko pomiarowe, na którym:

- A – miernik temperatury,
- B – miernik mocy elektrycznej,
- C – pompa ciepła,
- D – pojemnik parownika i skraplacza.

WARTOŚCI DO PRZYJĘCIA W OBLICZENIACH

ciepło właściwe wody $c_w = 4200 \text{ J/kgK}$

masa wody $m = 4,2 \text{ kg}$

WYKONANIE ĆWICZENIA

1. Napełnić wodą wodociągową oba zbiorniki do zaznaczonego poziomu, tak aby obie spirale były całkowicie zanurzone.
2. Wstawić termometry do obu zbiorników.
3. Zapisać wartości następujących parametrów:

p_1 – ciśnienie za skraplaczem,

p_2 – ciśnienie za parownikiem,

T_1 – temperatura wody w zbiorniku skraplacza,

T_2 – temperatura wody w zbiorniku parownika,

T_{c1} – temperatura czynnika chłodzącego na wejściu parownika (sonda 1), na elektronicznym mierniku temperatury,

T_{c2} – temperatura czynnika chłodzącego na wyjściu parownika (sonda 2), na elektronicznym mierniku temperatury,

T_{c3} – temperatura czynnika chłodzącego na wejściu skraplacza (sonda 3), na elektronicznym mierniku temperatury,

T_{c4} – temperatura czynnika chłodzącego na wyjściu skraplacza (sonda 4), na elektronicznym mierniku temperatury.

4. Włączyć pompę i stoper. Miernik mocy elektrycznej uruchomi się automatycznie.
5. Wykonać ok. 20 pomiarów zapisując wartości parametrów wymienionych w pkt. 3 co 2 min. Za każdym razem należy najpierw zamieszać starannie wodę w zbiornikach.
6. Po pomiarach należy wyłączyć pompę, odczytać wartość z miernika mocy elektrycznej i zresetować go.
7. Wodę ze zbiorników należy zlać do zlewki i następnie do zlewu.
8. Sporządzić wykres wszystkich czterech mierzonych temperatur w zależności od czasu we wspólnym układzie współrzędnych.
9. Obliczyć natężenie przepływu ciepła oddawanego przez skraplacz:

$$S_s = mc \frac{\Delta T}{\Delta t},$$

gdzie: m – masa wody, c – ciepło właściwe wody, iloraz $\frac{\Delta T}{\Delta t}$ należy wyznaczyć na podstawie wykresu $T_1(t)$ dla $t=10 \text{ min}$.

10. Obliczyć maksymalny współczynnik efektywności pompy korzystając z zależności:

$$\varepsilon = \frac{S_s}{P},$$

gdzie: P – moc elektryczna silnika sprężarki.

11. Na podstawie równania:

$$S_p = mc \frac{\Delta T}{\Delta t}$$

obliczyć natężenie przepływu ciepła przez parownik S_p wyznaczając iloraz $\frac{\Delta T}{\Delta t}$ na podstawie wykresu $T_2(t)$ dla $t=10$ min.

12. Oszacować niepewność pomiarową współczynnika efektywności pompy.

13. Obliczyć natężenie przepływu czynnika roboczego przez sprężarkę na podstawie zależności:

$$N = v \frac{S_p}{h_1 - h_3},$$

gdzie: v - objętość właściwa par czynnika roboczego, h_1 – entalpia właściwa par, h_3 – entalpia właściwa czynnika w stanie ciekłym. Wielkości te należy odczytać z zamieszczonej na końcu instrukcji tabeli pomocniczej.

14. Obliczyć rzeczywiste natężenie przepływu czynnika roboczego przez sprężarkę:

$$N_r = v \frac{S_p}{h_1 - h_3},$$

gdzie: v - objętość właściwa par czynnika roboczego, h_1 – entalpia właściwa pary, h_3 – entalpia właściwa cieczy. Wartości te należy odczytać z tabeli zamieszczonej na końcu instrukcji. Na podstawie wyników dla czasu $t = 10$ min. należy odczytać wartość ciśnienia p_1 za skraplaczem i odpowiadającą mu wartość h_3 oraz ciśnienie p_2 za parownikiem i odpowiadające mu h_1 i v .

15. Obliczyć geometryczne natężenie przepływu przez sprężarkę:

$$N_g = Vf,$$

gdzie: V – pojemność skokowa sprężarki wynosząca $5,08 \text{ cm}^3$, f – częstotliwość obrotów tłoka sprężarki wynosząca 1450 min^{-1} (dane z katalogu PHYWE).

16. Obliczyć efektywność objętościową sprężarki na podstawie zależności:

$$\eta = \frac{N_r}{N_g}.$$

17. Oszacować niepewności pomiarowe wyznaczonych wielkości.

Sprawozdanie powinno zawierać:

- stronę tytułową (według dołączonego wzoru),
- cel i zakres ćwiczenia,
- tabelę z wynikami,
- obliczenia wyznaczanych wielkości,
- wykresy zależności temperatury od czasu,
- oszacowanie niepewności pomiarowych.

Tabela 1. Dane dla czynnika roboczego pompy: T – temperatura, p – ciśnienie, v – objętość właściwa pary, h_3 – entalpia właściwa cieczy, h_1 – entalpia właściwa pary, (Katalog PHYWE)

T [°C]	p [MPa]	v [m ³ /kg]	h_3 [kJ/kg]	h_1 [kJ/kg]
θ °C	P MPa	v m ³ /kg	h kJ/kg	h kJ/kg
-30	0.08436	0.22896	161.10	380.45
-20	0.13268	0.14744	173.82	386.66
-10	0.20052	0.09963	186.78	392.75
-8	0.21684	0.09246	189.40	393.95
-6	0.23418	0.08591	192.03	395.15
-4	0.25257	0.07991	194.68	396.33
-2	0.27206	0.07440	197.33	397.51
0	0.29269	0.06935	200.00	398.68
2	0.31450	0.06470	202.68	399.84
4	0.33755	0.06042	205.37	401.00
6	0.36186	0.05648	208.08	402.14
8	0.38748	0.05288	210.80	403.27
10	0.41449	0.04948	213.53	404.40
12	0.44289	0.04636	216.27	405.51
14	0.47276	0.04348	219.03	406.61
16	0.50413	0.04081	221.80	407.70
18	0.53706	0.03833	224.59	408.78
20	0.57159	0.03603	227.40	409.84
22	0.60777	0.03388	230.21	410.89
24	0.64566	0.03189	233.05	411.93
26	0.68531	0.03003	235.90	412.95
28	0.72676	0.02829	238.77	413.95
30	0.77008	0.02667	241.66	414.94
32	0.81530	0.02516	244.55	415.90
34	0.86250	0.02374	247.47	416.85
36	0.91172	0.02241	250.41	417.78
38	0.96301	0.02116	253.37	418.69
40	1.0165	0.01999	256.35	419.58
42	1.0721	0.01890	259.35	420.44
44	1.1300	0.01786	262.38	421.28
46	1.1901	0.01689	265.42	422.09
48	1.2527	0.01598	268.49	422.88
50	1.3177	0.01511	271.59	423.63
60	1.6815	0.01146	287.49	426.86
70	2.1165	0.00867	304.29	428.89