

Jarosław Knaga, Małgorzata Trojanowska, Krzysztof Kempkiewicz*
Zakład Energetyki Rolniczej
Akademia Rolnicza w Krakowie
*Vatra S.A.

EFEKTYWNOŚĆ POMPY CIEPŁA ZE SPIRALNĄ SPRĘŻARKĄ

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki wstępnych badań prototypowej pompy ciepła typu woda-woda o mocy 35 kW ze sprężarką spiralną wyprodukowaną przez firmę Vatra S.A. W szczególności opracowano model opisujący efektywność energetyczną tej pompy w zależności od temperatury górnego i dolnego źródła ciepła.

Słowa kluczowe: alternatywne źródła energii, pompy ciepła, efektywność energetyczna

Wstęp

Zmniejszające się zasoby paliw kopalnianych sprowadzają potrzebę racjonalnego gospodarowania zasobami tych paliw, a w dalszej perspektywie zastąpienia ich alternatywnymi źródłami energii. Spośród alternatywnych źródeł energii na szczególną uwagę zasługują pompy ciepła. Pozwalają one na korzystanie z ciepła zgromadzonego w gruncie, wodach powierzchniowych i gruntowych, a także z ciepła odpadowego, transportując je na wyższy poziom energetyczny.

Produkowane pompy ciepła dzielą się na sprężarkowe, absorpcyjne i termoelektryczne. Obecnie najczęściej stosowane są pompy ciepła typu sprężarkowego, a przykłady ich wykorzystania w rolnictwie i przetwórstwie rolno-spożywczym można znaleźć w licznych publikacjach [Kupczyk 1995, Nawrocki i Myczko 1998a, Nawrocki i Myczko 1998b, Zimny i in. 1998, Paliwoda 2001]. Producenci tych urządzeń ciągle jeszcze bazują na podzespołach urządzeń chłodniczych, m. in. na sprężarkach tłokowych posiadających pewne ograniczenia, o których mowa w artykule Kuleszy [2000].

Ostatnie lata przyniosły jednak nowe rozwiązanie konstrukcyjne hermetycznej sprężarki, w której sprężanie czynnika ziębniczego następuje pomiędzy dwoma współpracującymi spiralami o zarysie ewolwentowym, przy czym jedna z nich jest ruchoma, a druga nieruchoma [www.vatra.pl].

Sprężarki tego typu nazywane spiralnymi posiadają wysoką sprawność termiczną, dzięki wyeliminowaniu strat ciśnienia związanych z pracą zaworów i strat związanych z przestrzeniami szkodliwymi, umożliwiającymi rozprężanie gazu. W porównaniu ze sprężarkami tłokowymi gabaryty sprężarek spiralnych są mniejsze. Znacznie mniejszy jest też zakres temperatury odparowania – skraplania i przesunięty w kierunku wyższych temperatur, co wydaje się korzystniejsze przy zastosowaniu w pompach ciepła.

Cel pracy

Celem pracy było przeprowadzenie rozruchu oraz wstępnych badań prototypowej pompy ciepła ze sprężarką spiralną wyprodukowaną przez firmę Vatra S.A. Otrzymane wyniki badań posłużyły do opracowania modelu opisującego efektywność energetyczną (COP) tej pompy.

Przedmiot i metodyka badań

Przedmiotem badań była sprężarkowa pompa ciepła typu woda – woda o mocy 35 kW. Badanie pompy przeprowadzono na stanowisku badawczym zlokalizowanym w zakładzie producenta tj. Vatra S.A. zgodnie z normą PN-EN 255 obowiązującą dla pomp ciepła. Badana pompa jest wyposażona w dwa wymienniki płytowe firmy Friga-Bohn o mocy 40 kW każdy i agregat sprężarkowy o mocy znamionowej silnika 12,5 kW. W ramach badań wykonywano pomiary parametrów zarówno dolnego jak i górnego źródła energii, a w szczególności mierzono strumień objętości płynu w dolnym i górnym źródle, temperaturę na wlocie i wylocie do/z wymiennika dolnego i górnego źródła ciepła, ciśnienie na zasilaniu i powrocie z wymienników ciepła, temperaturę przegrzanych par czynnika chłodniczego oraz moc elektryczną pobieraną przez agregat sprężarkowy. Pomiary parametrów dolnego i górnego źródła oraz wielkości elektrycznych przeprowadzono przyrządami laboratoryjnymi o klasie dokładności 1, a otrzymane wyniki rejestrowano na komputerze. Pomiary wykonywano w warunkach pracy ustalonej. Wydajność grzewczą pompy ciepła wyznaczono metodą bezpośrednią, na podstawie pomiaru strumienia cieczy (pobierającego lub oddającego ciepło) i różnicy temperatur na wlocie i wylocie wymiennika ciepła. Obliczenia wykonano w programie STATISTICA, a wszystkie hipotezy statystyczne zweryfikowano na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Wyniki badań

W oparciu o wyniki badań sprężarkowej pompy ciepła typu woda-woda o mocy 35 kW wyznaczono jej ważniejsze parametry eksploatacyjne, a w szczególności współczynnik efektywności energetycznej, określający ilość energii wydzielonej na skraplaczu przy włożeniu w układ sprężania pracy równej 1 kWh energii elektrycznej [Szlachta 1999]. W praktyce współczynnik COP najczęściej obliczany jest z zależności:

$$COP = \frac{\dot{Q}_g}{P_e} \quad (1)$$

gdzie:

- \dot{Q}_g – moc górnego źródła ciepła [kW],
- P_e – moc pobierana przez sprężarkę [kW].

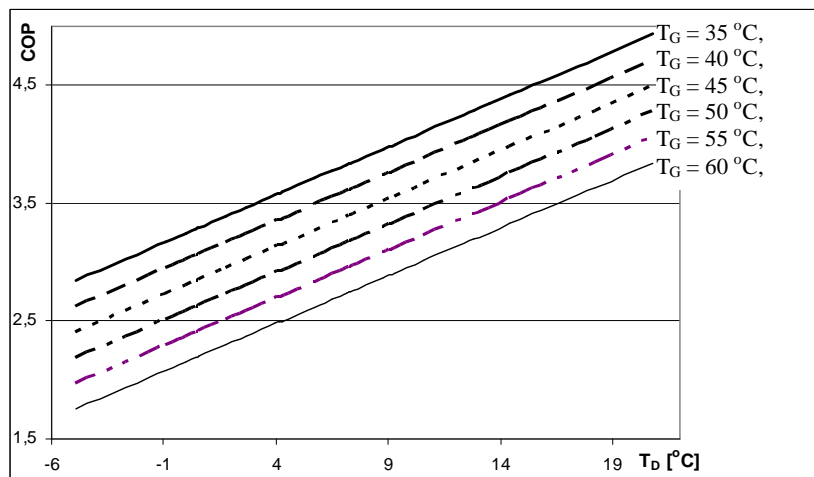
W wyniku przeprowadzonej analizy statystycznej ustalono, że istotny wpływ na efektywność energetyczną sprężarkowej pompy ciepła ma zarówno temperatura dolnego jak i górnego źródła ciepła. Wpływ tych czynników na COP dobrze opisuje równanie regresji liniowej dwu zmiennych, które wyznaczono przy współczynniku determinacji $R^2=0,96$:

$$COP = 4,77 + 0,081 \cdot T_D - 0,044 \cdot T_G \quad (2)$$

gdzie:

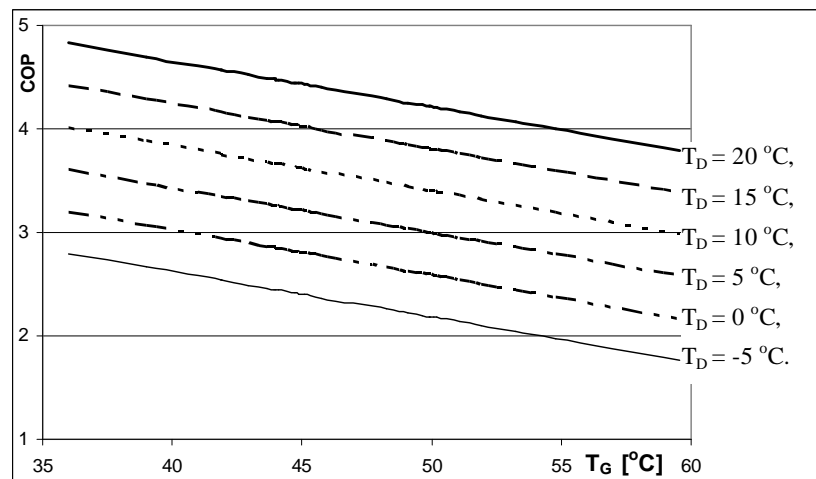
- T_D – temperatura dolnego źródła ciepła [°C],
- T_G – temperatura górnego źródła ciepła [°C].

W celu zobrazowania wpływu temperatury tak dolnego jak i górnego źródła ciepła na wielkość COP opracowano na podstawie zależności 2 diagramy (rys. 1, 2). Z przedstawionej zależności 2 oraz rysunków 1 i 2 wynika, że temperatura dolnego źródła ciepła ma odmienny wpływ na współczynnik efektywności energetycznej niż temperatura źródła górnego. Ze wzrostem temperatury dolnego źródła współczynnik COP wzrasta - zmiana temperatury o 10°C powoduje zmianę tego współczynnika o 0,81.



Rys. 1. Wpływ temperatury dolnego źródła T_D na współczynnik efektywności energetycznej COP pompy ciepła ze spiralną sprężarką

Fig. 1. Effect of the downstream source temperature T_D on the power efficiency coefficient COP of the heat pump with spiral compressor



Rys. 2. Wpływ temperatury górnego źródła T_G na współczynnik efektywności energetycznej COP pompy ciepła ze spiralną sprężarką

Fig. 2. Effect of the upstream source temperature T_D on the power efficiency coefficient COP of the heat pump with spiral compressor

Natomiast wzrost temperatury górnego źródła o 10°C powoduje obniżenie tego współczynnika o 0,44. Znacznie słabsze oddziaływanie temperatury górnego źródła niż temperatury dolnego źródła ciepła jest szczególnie korzystne z punktu widzenia eksploatacji pompy ciepła do przygotowania ciepłej wody użytkowej czy ogrzewania pomieszczeń mieszkalnych.

Analiza przedstawionych wykresów (rys. 1, 2) pozwala na dokładne określenie współczynnika COP w zależności od temperatury T_D i T_G . Wykres przedstawiony na rysunku 1 jest szczególnie przydatny przy wyznaczaniu współczynnika efektywności energetycznej układu grzewczego ze zmiennotemperaturowym kolektorem na dolnym źródle np. gruntowym, który z upływem sezonu grzewczego wychładza się. Natomiast wykres z rysunku 2 jest przydatny przy analizie efektywności układów ze stałotemperaturowym kolektorem na dolnym źródle ciepła.

Podsumowanie

Pompa ciepła ze sprężarką spiralną jest nowym rozwiązaniem konstrukcyjnym nadającym się do wykorzystania w technice chłodniczej. Zastosowanie takiej sprężarki pozwala na zwiększenie żywotności pompy, jej odporności na zalanie cieczami, cichobieżności przy stosunkowo wysokich parametrach eksploatacyjnych, a w szczególności na zwiększenie jej współczynnika efektywności energetycznej COP.

Na podstawie przeprowadzonych badań określono jakościowy i ilościowy wpływ temperatury zarówno dolnego, jak i górnego źródła ciepła na współczynnik efektywności energetycznej pompy ciepła ze spiralną sprężarką. Wpływ ten opisano za pomocą równania regresyjnego, które może być szczególnie przydatne przy analizach opłacalności zastosowania układów grzewczych opartych na sprężarkowej pompie ciepła.

Bibliografia

- Kulesza J. 2000. Efektywność i zakres zastosowania sprężarek w pompach ciepła. Ogólnopolskie Forum Odnawialnych Źródeł Energii.
- Kupczyk A. 1995. Pompy ciepła – odzysk ciepła odpadowego w technologii produkcji surowego mleka. Technika Rolnicza 1.
- Nawrocki L., Myczko A. 1998a. Pompy ciepła w chlewni. Trzoda chlewna. Problemy Inżynierii Rolniczej 2.

Nawrocki L., Myczko A 1998b. Odzysk ciepła z podłoża tuczarni. Problemy Inżynierii Rolniczej 4.

Paliwoda A. 2001. Zastosowanie pomp ciepła w przemyśle spożywczym. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego 1.

Szlachta J. 1999. Niekonwencjonalne źródła energii. Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Wrocław.

www.vatra.pl.

Zimny J., Knaga J., Kempkiewicz K. 1998. Zastosowanie pomp ciepła w obiektach rolniczych. Ogólnopolskie Forum Odnawialnych Źródeł Energii Gdańsk

EFFICIENCY OF HEAT PUMP WITH SPIRAL COMPRESSOR

Summary

The paper presents results of preliminary examination of a prototypic heat pump of water-water type, power output 35 kW, provided with spiral compressor, manufactured by Vatra SA. In particular, a model was developed to describe power efficiency of the pump, depending on the temperatures of the upstream and downstream heat sources.

Key words: alternative energy sources, heat pumps, power efficiency