

► Marek Miara

Wydajność, sprawność, a może efektywność? Ograniczona wymowa współczynnika SPF

Słowa sprawność, wydajność i efektywność używane są w języku potocznym często jako synonimy. W świecie techniki może prowadzić to (i często prowadzi) do błędnych lub zakłamanych interpretacji. Na przykład w ocenie danej technologii lub procesu. Technologia pomp ciepła jest dobrym przykładem na pokazanie różnic między tymi pojęciami. Poniższy artykuł ma na celu przedstawienie i usystematyzowanie wspomnianych pojęć w odniesieniu do technologii pomp ciepła oraz pokazanie ważnych aspektów i ograniczeń powszechnie używanych współczynników oceny tej technologii.

Definicja pojęć

Idąc za radą Konfucjusza: „zanim zaczniecie się spierać, wyjaśnijcie pojęcia”, należy zacząć od ich zdefiniowania.

Sprawność to zgodnie z definicją w „Małym ilustrowanym leksykonie technicznym” skalar na bezwymiarowa wielkość fizyczna określająca, w jakim stopniu urządzenie, organizm lub proces przekształca energię występującą w jednej postaci w energię w innej postaci. Sprawność wyrażana jest jako ułamek, często w zapisie procentowym. Z zasady zachowania energii, której wyrazem w termodynamice jest pierwsza zasada termodynamiki, wynika, że sprawność nie może być większa od jedności, czyli od 100%.

W odniesieniu do elektrycznych, sprężarkowych pomp ciepła, sprawność oznaczałaby, w jakim stopniu pompa ciepła jest w stanie przekształcić energię elektryczną w energię

cieplną. „Problem” w tym, że pompy ciepła wykorzystują dodatkowo energię środowiska, nieuwzględnianą w tym równaniu, przez co obliczeniowa „sprawność” jest zawsze większa od jedności, a więc z definicji nie może być nazywana sprawnością.

Z tego powodu, w przypadku pomp ciepła powinno mówić się raczej o **wydajności**, wyrażającej stosunek ilości energii cieplnej dostarczonej przez pompę ciepła do ilości energii elektrycznej niezbędnej do jej działania.

Dwie stosowane wielkości to odpowiednio:

- COP – współczynnik wydajności (ang: coefficient of performance, niem: Leistungszahl) opisujący wydajność chwilową przy określonych warunkach pracy, oraz

- SPF – sezonowy współczynnik wydajności (ang: seasonal performance factor, niem: Arbeitszahl) opisujący wydajność mierzoną w dłużym okresie czasu (często jednego roku) przy zmiennych warunkach pracy.

Efektywność definiowana jest ogólnie jako stopień osiągnięcia celu. Dla przykładu, efektywność energetyczna, czyli efektywne wykorzystanie energii, ma na celu zmniejszenie ilości energii potrzebnej do dostarczenia produktów i usług (na przykład ciepła). Dobrym przykładem zdefiniowania celów jest powołany w 2008 roku program Unii Europejskiej 20-20-20 do roku 2020. Jego założenia to zmniejszenie o 20% emisji gazów cieplarnianych, zwiększenie udziału odnawialnych źródeł energii o 20% oraz zwiększenie o 20% efektywności energetycznej do roku 2020.

Mając jasno sprecy-

zowane cele, można ocenić stopień ich osiągnięcia. Efektywność jest więc pojęciem szerszym od wydajności. Zasadne jest również pytanie, czy zwiększenie wydajności musi zawsze prowadzić do polepszenia efektywności? Poniższy przykład pozwala na to pytanie odpowiedzieć.

Ograniczona wymowa współczynnika SPF

Do oceny technologii pomp ciepła najczęściej używaną wielkością jest wspomniany wyżej współczynnik SPF, czyli sezonowy współczynnik wydajności. Czy jest to jednak zawsze właściwy parametr do oceny tej technologii? Współczynnik SPF informuje – zgodnie z definicją – jedynie o wydajności z jaką dostarczono energię cieplną. Nie informuje natomiast czy energia ta została dostarczona zgodnie z zapotrzebowaniem oraz ile energii zostało dostarczone.

SPF w 2 budynkach: przeciętnym i pasywnym

Dla lepszego zrozumienia, warto przyrzeć się zapotrzebowaniu na energię cieplną dwóch przykładowych budynków oraz na podział tej energii na energię do celów ogrzania budynku oraz do ogrzania wody użytkowej. W obu budynkach zainstalowano pompę ciepła. Dla uproszczenia przyjęto, że oba budynki mają system ogrzewania podłogowe-



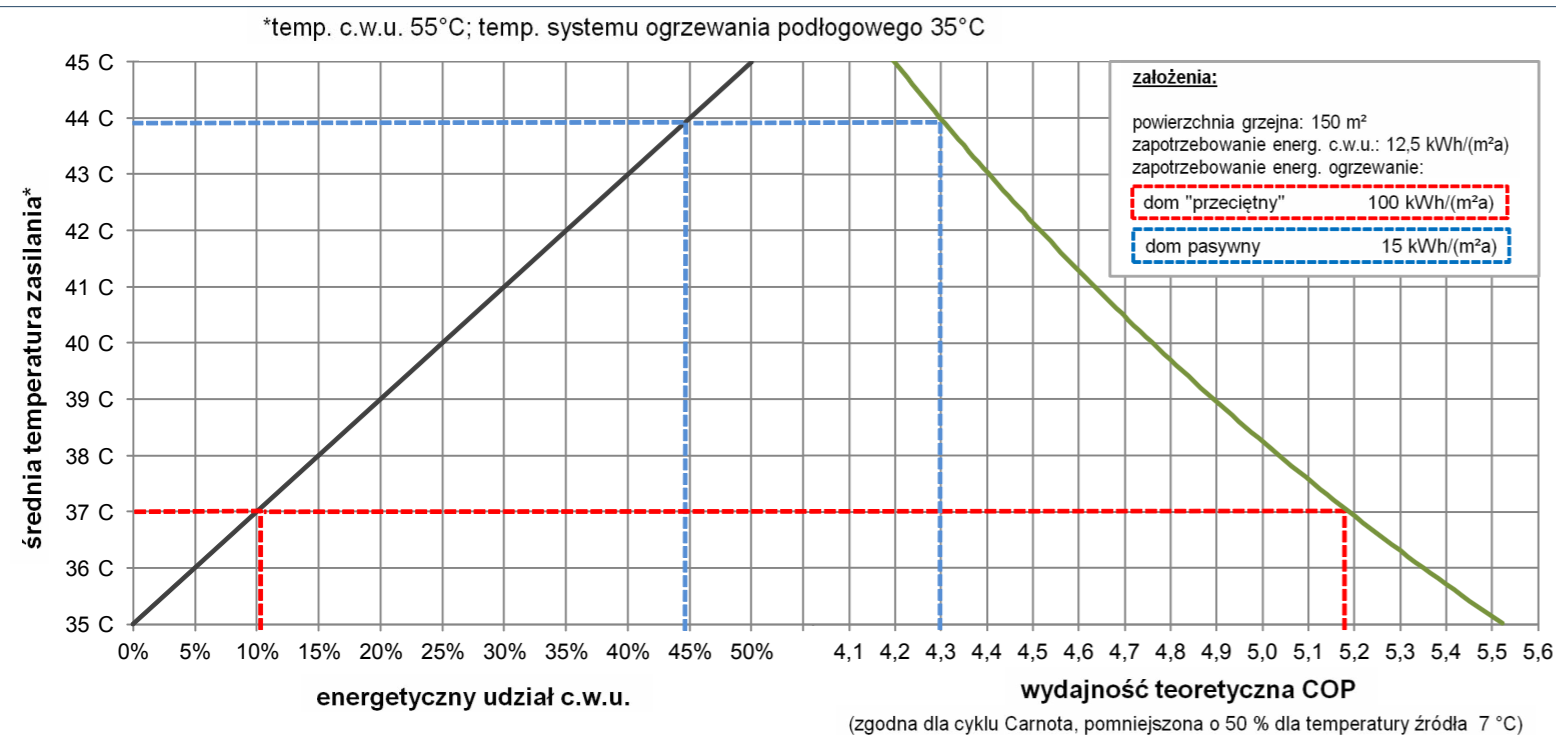
Marek Miara
Instytut Fraunhofera

Pracownik naukowy i Head of Group „Pompy Ciepła” w Instytucie Fraunhofera ISE we Freiburgu (Niemcy), odpowiedzialny za projekty badawcze pomp ciepła w Niemczech „WP-Effizienz”, „WP Monitor” oraz europejski projekt monitoringowy „SEPEMO”.

Członek gremiów normowych „VDI 4650” oraz „VDI 4645”. Przedstawiciel Niemiec w Annex 32 i Annex 39 w ramach Heat Pump Programme (HPP) International Energy Agency (IEA).

Członek PORT PC (Polskiej Organizacji Rozwoju Technologii Pomp Ciepła), EHPA (European Heat Pump Association), ASHRAE (American Society of Heating,

Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) oraz DKV (Deutsche Kälte- und Klimatechnische Verein). Doktorant Politechniki Wrocławskiej z zakresu metod oceny efektywności pomp ciepła.



Średnia temperatura zasilania, udział energetyczny c.w.u. oraz wynikająca z tego wydajność teoretyczna dla dwóch typów budynków mieszkalnych

go, powierzchnia grzejna wynosi 150 m², a temperatura zasilania 35°C. Temperatura zasilania bufora z ciepłą wodą użytkową również w obu przypadkach wynosi 55°C. Następnym założeniem jest jednakowe w obu budynkach, średnie zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową (12,5 kWh na m² i rok). Wielkością różniącą od siebie oba te budynki jest zapotrzebowanie na energię grzewczą. W pierwszym z nich wartość ta wynosi 100 kWh/m²a i odpowiada przeciętnemu nowo budowanemu budynkowi mieszkalnemu. Drugi budynek jest doskonale zaizolowany termicznie, a jego zapotrzebowanie na energię grzewczą wynosi jedynie 15 kWh/m²a, co odpowiada standardowi budynków pasywnych. Przeanalizujmy teoretyczną wydajność pomp ciepła w obu budynkach (rysunek powyżej). Należy zaznaczyć, że wydajność pomp ciepła zależna jest w dużej mierze od średniej

temperatury zasilania systemu grzewczego. Biorąc pod uwagę wcześniej podane dane, udział ciepłej wody użytkowej (c.w.u.) w domu z gorszą izolacją termiczną (na rysunku kolor czerwony) wynosi 11%, jednocześnie oznacza to, że średnia temperatura zasilania jaką musi zapewnić pompa ciepła wynosi 37°C. Odpowiednio dla domu pasywnego z doskonałą izolacją termiczną (na rysunku kolor niebieski) udział c.w.u. wynosi 44%, a średnia temperatura zasilania 44°C. Po prawej stronie rysunku przedstawiona została krzywa symbolizująca teoretyczną wydajność (COP) pomp ciepła dla poszczególnych wartości temperatury zasilania (kolor zielony). Posłużono się przy tym teoretyczną wydajnością (sprawnością) cyklu Carnota pomniejszoną o 50% dla temperatury źródła ciepła 7°C (obie wartości pochodzą z wyników programów monitoringowych opisywanych we wcześniejszych numerach In-

stal Reportera dla gruntowych pomp ciepła). Dzięki tej krzywej można odczytać teoretyczną wydajność pomp ciepła pracujących w obu przykładowych domach. I tak, wydajność pompy ciepła w domu z gorszą izolacją termiczną wynosi 5,2; natomiast wydajność pompy ciepła w domu pasywnym „tylko” 4,3! Jest to związane oczywiście z tym, że pompa ciepła pracująca w tym domu, przez blisko połowę czasu pracuje w punkcie roboczym, nie pozwalającym na uzyskanie wysokiej wydajności (wysokie temperatury zasilania). Jednocześnie zapotrzebowanie na energię grzewczą dla domu pasywnego jest znacznie mniejsze, ilość niezbędnej do pracy pompy ciepła energii elektrycznej również jest znacznie mniejsza, a co za tym idzie również niższe są koszty jej eksploatacji. Zestawienie wszystkich porównywanych danych przedstawiono w tabeli.

Jak widać z obliczeń, koszty ogrzewania z pompą ciepła w domu z doskonałą izolacją termiczną (domu pasywnym), pomimo wyraźnie mniejszej wydajności, wynoszą ponad trzykrotnie mniej niż w domu z pompą o wyższej wydajności. Co za tym idzie, również w odniesieniu do emisji gazów cieplarnianych oraz zużycia energii pierwotnej pomimo mniejszej wydajności odniesiono znaczne korzyści. Inaczej mówiąc pomimo mniejszej wy-

dajności w większym stopniu osiągnięto wyznaczone cele, a więc większą efektywność!

Wydajność jest ważna, ale efektywność znacznie ważniejsza!

Pierwszym krokiem na drodze ku systemowi zaopatrywania w energię jutra jest jasne i konkretne sprecyzowanie celów. Przykładem może tu być program Unii Europejskiej 20-20-20 do 2020 r. Cele w nim zawarte to zmniejszenie o 20% emisji gazów cieplarnianych, zwiększenie udziału odnawialnych źródeł energii o 20% oraz zwiększenie o 20% efektywności energetycznej do roku 2020. Kolejnym krokiem, co zapewne nikogo nie dziwi, znacznie trudniejszym, jest realizacja tych celów. Zwiększenie udziału pomp ciepła na rynku instalacji grzewczych może niewątpliwie w tym pomóc. Wydajność pomp ciepła jest z pewnością wskaźnikiem bardzo ważnym, ale przy ocenie ich działania nie powinien to być aspekt jedyny. Pod każdym względem, korzystniej jest zużywać mniej energii, czasami nawet z mniejszą wydajnością podczas procesu jej przetwarzania niż ją marnować z dużą wydajnością. Krótko mówiąc, wydajność jest ważna, ale efektywność znacznie ważniejsza! ■

	dom „przeciętny”	dom pasywny (doskonała izolacja termiczna)
zapotrzebowanie na energię niezbędną do ogrzania pomieszczeń	100 kWh na m ² i rok	15 kWh na m ² i rok
zapotrzebowanie na energię do c.w.u.	12,5 kWh na m ² i rok	12,5 kWh na m ² i rok
udział c.w.u. w całkowitej energii grzewczej	11%	44%
średnia temperatura zasilania	37°C	44°C
teoretyczna wydajność pompy ciepła	5,2	4,3
ilość energii grzewczej niezbędnej w ciągu roku	16 875 kWh	4125 kWh
ilość energii elektrycznej niezbędnej w ciągu roku	3245 kWh	959 kWh
koszty ogrzewania i c.w.u. (zakładając 0,55 zł/kWh)	1785 zł	527 zł

Porównanie różnych typów energii, temperatury oraz kosztów dla dwóch typów budynków mieszkalnych