

EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA PODKRYTYCZNYCH OBIEGÓW NA DWUTLENEK WĘGLA, WYPOSAŻONYCH W SPRĘŻARKI SPIRALNE FIRMY COPELAND

Okolo 69% przemysłowego zużycia energii w krajach „starej piętnastki” Unii Europejskiej przypada na urządzenia wyposażone w silniki elektryczne. Z kolei 14% z nich stanowią sprężarki i wentylatory urządzeń chłodniczych [1]. Potencjalne możliwości zaoszczędzenia energii są tu ogromne – szczególnie wtedy, gdy optymalizacji poddane zostaną nie tylko poszczególne podzespoły, ale także całe skomponowane z nich układy. Prowadzona aktualnie debata na temat globalnego ocieplenia dodaje do tej problematyki kwestię wyboru optymalnego czynnika chłodniczego.

W technice chłodniczej i klimatyzacyjnej widoczna jest tendencja do zastępowania dwutlenkiem węgla (CO₂) szeroko obecnie wykorzystywanych syntetycznych, fluorowanych czynników chłodniczych z grupy HFC. Dzieje się tak z uwagi na zmiany klimatyczne, do których substancje te się przyczyniają.

Większość gazów cieplarnianych, emitowanych do atmosfery z tytułu działalności człowieka stanowi dwutlenek węgla, którego roczną produkcję na świecie szacuje się na 22 mld ton. Udział czynników grupy HFC w ogólnej ilości gazów cieplarnianych wzrasta i w 2050 roku sięgnie 3% [2]. Pomimo tej stosunkowo małej wartości, na technikę chłodniczą i klimatyzacyjną wywiera się coraz większy nacisk w kierunku wprowadzania zamienników tych powszechnie wykorzystywanych substancji fluorowanych.

Jest to zadanie o tyle trudne, że jedynymi dostępnymi obecnie alternatywnymi czynnikami chłodniczymi są substancje naturalne, a konkretnie amoniak, węglowodory i dwutlenek węgla. Posiadają one istotne wady, jak toksyczność w przypadku amoniaku, palność dotycząca węglowodorów, czy wysokie ciśnienie robocze CO₂. W dodatku, istotna jest też kwestia efektywności energetycznej urządzeń napełnionych tymi płynami, gdyż należy zwracać uwagę nie tylko na bezpośredni udział danego czynnika chłodniczego w tworzeniu efektu cieplarnianego, ale również na wpływ pośredni, uzależniony od zapotrzebowania energii napędowej dla układu chłodniczego.

EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA

W celu całościowego ujęcia wpływu czynników chłodniczych na tworzenie efektu cieplarnianego, wprowadzono całkowity równoważnik efektu cieplarnianego TEWI.

Wskaźnik TEWI uwzględnia zarówno potencjał tworzenia efektu cieplarnianego samego czynnika chłodniczego, jak i wpływ pośredni, wynikający z emisji dwutlenku węgla podczas produkcji energii niezbędnej do pracy urządzenia. Innymi słowy – układ o większej efektywności energetycznej konsumuje mniej energii napędowej, a tym samym przyczynia się do emisji mniejszej ilości CO₂ do atmosfery.

Na wartość wskaźnika TEWI, określanego w odniesieniu do konkretnej instalacji, wpływają przede wszystkim: potencjał tworzenia efektu cieplarnianego (GWP) czynnika chłodniczego, efektywność energetyczna układu oraz sposób wytwarzania energii napędowej. Duże zużycie energii do napędu danego urządzenia może łatwo zniweczyć korzyści ekologiczne wynikające z napełnienia go czynnikiem o niskiej wartości wskaźnika GWP. W tym kontekście należy zwrócić uwagę na Dyrektywę Unii Europejskiej w sprawie „F-gazów” (nr 842/2006), która akcentuje znaczenie szczelności układów chłodniczych – wartość wskaźnika GWP nie odgrywa istotnej roli, o ile czynnik chłodniczy znajduje się w szczelnej instalacji i nie przedostaje się do atmosfery. Natomiast do efektywności energetycznej układów przywiązuje się ogromne znaczenie i odgrywa ona decydującą rolę podczas doboru czynnika chłodniczego do konkretnego zastosowania.

WYBÓR CZYNNIKA CHŁODNICZEGO

Stojąc w obliczu aktualnej sytuacji, odpowiedzialni producenci podzespołów instalacji chłodniczych nie mogą ograniczać swojego zainteresowania jedynie do czynników o niskim potencjale tworzenia efektu cieplarnianego GWP. Muszą mieć na względzie efektywność energetyczną układu, a także jego całkowity „koszt życia”, na który składają się koszty inwestycji oraz eksploatacji urządzenia. Rozwijane są metody [3], które dzięki kombinacji wskaźników ekonomicznych i ekologicznych pozwalają na porównawczą ocenę proponowanych układów chłodniczych.

Taką analizę należy również przeprowadzić w odniesieniu do urządzeń na dwutlenek węgla – korzystna wartość wskaźnika GWP dla CO₂, będąca przyczyną nacisków na powszechne wprowadzenie tego czynnika, przesłania zazwyczaj kwestie efektywności układów oraz kosztów ich zakupu i eksploatacji. Można wskazać przykłady nowych

urządzeń przeznaczonych do pracy z CO₂, rozwijanych w połączeniu z udoskonalaniem całych układów chłodniczych tak, aby pod względem efektywności energetycznej dorównać obecnym rozwiązaniom, jednak znajdują się one jeszcze we wczesnej fazie opracowania. Wielu producentów włącza do swoich programów rozwojowych urządzenia na dwutlenek węgla wierząc, że każdy czynnik chłodniczy ma rację bytu, o ile odpowiada wymogom prawnym, a układy dlań projektowane nie stanowią kroku wstecz pod względem ekologicznym i technicznym.

Należy ponadto pamiętać o postanowieniach Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2037/2000, wycofujących z użycia „uniwersalny” czynnik chłodniczy R 22, który jako płyn typu HCFC przyczynia się do zubożania warstwy ozonowej, a którego tysiące ton wciąż znajdują się w eksploatacji na całym świecie. Nadal istnieje problem poszukiwania alternatywnych wobec niego czynników chłodniczych i przezbrajania układów pracujących dotychczas z R 22. Jest to kolejny aspekt komplikujący zagadnienie doboru „idealnego” czynnika chłodniczego.

SPRĘŻARKI SPIRALNE DWUTLENKU WĘGLA

Sprężarka odgrywa kluczową rolę w zakresie zużycia energii przez układ chłodniczy. Przykładowo, w supermarkecie około 30% energii konsumują właśnie sprężarki, co stanowi większy udział niż przypadający na oświetlenie i pracę innych urządzeń. Producenci sprężarek muszą zatem z dużą ostrożnością dokonywać wyboru czynnika chłodniczego [4].

Przykładem jest tu postawa lidera na rynku sprężarek spiralnych, firmy Copeland: „Można wykorzystywać różne czynniki chłodnicze, z wyjątkiem palnych i trujących. Oznacza to, że z uwagi na względy bezpieczeństwa, nie stosujemy w supermarketach amoniaku ani węglowodorów. Natomiast atrakcyjną opcję stanowią płyny typu HFC oraz dwutlenek węgla, pod warunkiem, że zapewniają one osiągnięcie wymaganej efektywności energetycznej.” – wyjaśnia dr Eric Winandy, dyrektor działu wdrożeń firmy Copeland – „Postrzegamy wykorzystanie CO₂ w obiegach podkrytycznych i w niskotemperaturowych układach kaskadowych, jako praktyczną alternatywę wobec urządzeń napełnionych czynnikami grupy HFC. Nasze zainteresowanie dwutlenkiem węgla w obiegach nadkrytycznych, realizowanych np. w pompach ciepła, jest mniejsze, z uwagi na wyraźnie gorszą efektywność. Jakkolwiek wciąż istnieją możliwości jej polepszenia poprzez wykorzystanie takich rozwiązań, jak np. wtrysk pary czynnika chłodniczego.”

PODKRYTYCZNE OBIEGI DWUTLENKU WĘGLA

Firma Copeland opracowała nowy typoszereg agregatów sprężarkowych do dwutlenku węgla, przeznaczonych

do pracy w obiegach podkrytycznych. Są to modele ZO 34, ZO 45, ZO 58 oraz ZO 104 o nominalnej wydajności chłodniczej od 8 do 22 kW. Ich największą zaletą jest zwarta konstrukcja i małe wymiary (rys. 1). W porównaniu do agregatów tłokowych o analogicznej wydajności, masa nowych sprężarek spiralnych jest o 30 do 60 % niższa. Łatwiejszy jest zatem ich transport, montaż i obsługa. Również konstrukcja zespołów sprężarkowych jest w tym przypadku bardziej zwarta.

Kolejną istotną cechą sprężarek spiralnych jest mniejsza wrażliwość na zassanie kropeł ciekłego czynnika. Unikalna konstrukcja agregatów Copeland Scroll™ zapewnia ich ochronę poprzez rozprężenie spiral w przypadku dostania się kropeł cieczy do przestrzeni roboczej. Obecność cieczy w zasysanej parze przyczynia się ponadto do pogorszenia własności smarnych oleju. Fakt ten również uwzględniono w konstrukcji typoszeregu ZO, projektując specjalne panewki łożysk i wykonując je z odpowiednich materiałów.

Sprężarki dwutlenku węgla Copeland Scroll™ oferują także zadowalającą efektywność energetyczną – współczynnik wydajności chłodniczej jest podobny lub nawet wyższy niż w przypadku niskotemperaturowych urządzeń kaskadowych ze sprężarkami tłokowymi. Dodatkowo, stosunkowo wysoki dopuszczalny dla agregatów typoszeregu ZO zakres temperatury skraplania (rys. 2) pozwala na optymalne zaprojektowanie układu kaskadowego, biorąc pod uwagę efektywność pracy stopnia dolnego i górnego.

Hermetyczna budowa agregatu minimalizuje ryzyko wycieku czynnika chłodniczego.

OBIEGI NADKRYTYCZNE

Następne wyzwanie, stojące przed firmą Copeland, to rozwój sprężarek spiralnych dla nadkrytycznych obiegów dwutlenku węgla. Ich adresatem mogą być średniotemperaturowe układy chłodnicze i pompy ciepła. Ocena możliwości technologicznych wskazuje, że również w tych przypadkach spodziewane są korzyści energetyczne, a odpowiednio zaprojektowane sprężarki spiralne mogą wytrzymać ciśnienie do 120 bar oraz duże różnice ciśnienia.

Oczekiwane polepszenie efektywności związane jest z wykorzystaniem wtrysku pary czynnika chłodniczego. Wszakże rozwój tych urządzeń jest jeszcze w toku, a ich wciąż ograniczona dostępność nie pozwala wyciągnąć jednoznacznych wniosków na temat szans dwutlenku węgla na zastąpienie czynników typu HFC w chłodnictwie handlowym.

Z kolei w przypadku pomp ciepła napełnionych dwutlenkiem węgla nie wydaje się być możliwe osiągnięcie efektywności zbliżonej do urządzeń z fluorowanymi czynnikami syntetycznymi. Jedyne w instalacjach wody technologicznej, CO₂ może być potencjalnie interesującym rozwiązaniem, z uwagi na wysoki poziom temperatury.

PODSUMOWANIE

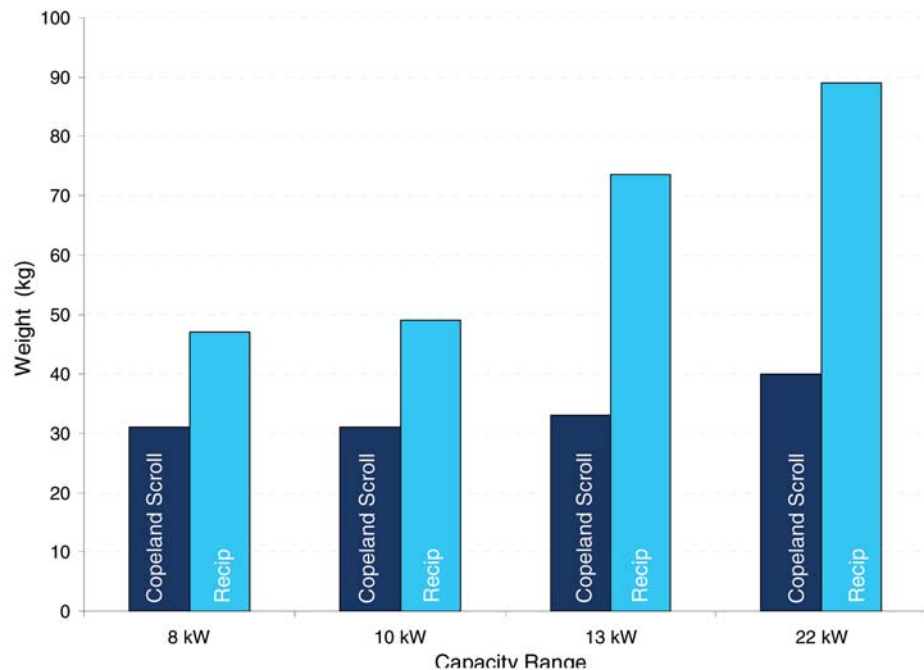
Wspierając techniczny rozwój branży, firma Copeland jako najważniejszy obszar wykorzystania dwutlenku węgla postrzeża obiegi podkrytyczne, realizowane w urządzeniach niskotemperaturowych, a to przede wszystkim z uwagi na atrakcyjne wartości wskaźnika TEWI oraz efektywność energetyczną układów chłodniczych. Jest to obszar zastosowań, w którym dokonano największego postępu i istnieje wiele praktycznych aplikacji.

W porównaniu do sprężarek tłokowych, agregaty spiralne wykazują w układach niskotemperaturowych wiele zalet: wyższą efektywność i niezawodność, a także mniejsze wymiary i koszt. W odniesieniu do obiegów nadkrytycznych postęp dopiero się dokonuje i koncentruje się na średniotemperaturowych urządzeniach chłodniczych oraz niektórych zastosowaniach pomp ciepła – np. w instalacjach wody technologicznej. Prace rozwojowe koncentrują się na zapewnieniu odpowiedniego smarowania, odporności na zassanie kropli cieczy oraz na podwyższeniu efektywności energetycznej poprzez wtrysk pary czynnika.

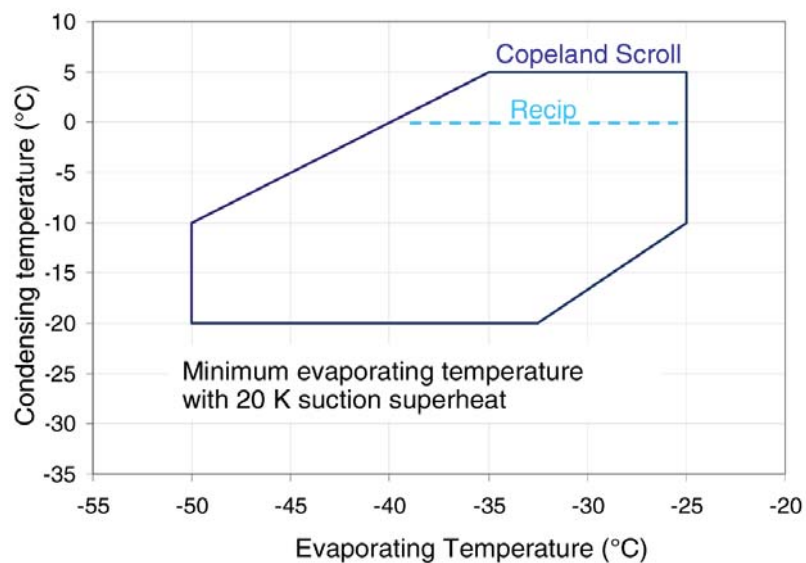
Innym ważnym problemem związanym z wykorzystaniem dwutlenku węgla w sprężarkach spiralnych jest odporność na wysokie ciśnienie robocze. W tej dziedzinie firma Copeland może się już pochwalić bogatym doświadczeniem, nabytym podczas prac z wysokociśnieniowym czynnikiem chłodniczym R 410A.

LITERATURA:

- [1] Energieeffizienz ist herausragendes Thema für Allgemeine Lufttechnik in Deutschland, Presseinformation VDMA, 20/03/2007
- [2] Refrigerants for Commercial Refrigeration Applica-



Rys. 1. Porównanie masy agregatów spiralnych na CO₂ (Scroll) z tłokowymi (Recip), w zależności od ich wydajności chłodniczej



Rys. 2. Obszar zastosowania spiralnych sprężarek dwutlenku węgla w obiegach podkrytycznych: *Evaporating Temperature* – temperatura parowania, *Condensing temperature* – temperatura skraplania, *Recip* – graniczna temperatura skraplania dla sprężarek tłokowych

- tions, Emerson Climate Technologies™, 02/2007
- [3] Jakobs, R Dr., Latest developments with respect to the EU-F-Gas Regulation, 6th Int. Conference On Compressors And Coolants, Papiernicka, Sep. 2006
- [4] Lorenzen, D., Energieaudit und Effizienzverbesserung in bestehenden Anlagen der Gewerbekühlung, KK-Fachtagung Bingen, Germany, 02/2007

Tłumaczenie:
Waldemar TARGAŃSKI