

W rzeczywistych obiegach sprężarkowych stosowanych w parowych urządzeniach chłodniczych występują z reguły roztwory (mieszanki) czynnika chłodniczego i oleju smarnego. Wpływ oleju na warunki eksploatacji tego typu urządzeń jest na ogół niekorzystny, objawia się spadkiem wydajności chłodniczej, wzrostem oporów przepływu i spadkiem efektywności wymiany ciepła w parowniku i skraplaczu. Istnieje potrzeba ujęcia wpływu zawartości oleju już w fazie obliczeniowej obiegu z czynnikiem zaolejonym. Jest to niezwykle ważny problem, ze względu na stosowanie bardzo zróżnicowanych zespołów czynnika chłodniczego (zwykle proekologicznego substytutu freonów) i olejów (w tym syntetycznych). W opracowaniu przedstawiono wybrane aspekty obliczeniowe obiegów sprężarkowych z czynnikiem zaolejonym.

Wycofanie chlorowcopochodnych czynników chłodniczych (freonów) wywołało konieczność poszukiwania ich substytutów. Z faktem tym wiąże się wiele problemów dotyczących, między innymi, projektowania i eksploatacji parowych sprężarkowych urządzeń chłodniczych.

Wymuszony ruch czynnika chłodniczego w instalacji realizowany jest za pomocą sprężarki chłodniczej. Ruchome części sprężarki, przemieszczające się względem siebie, współpracujące ze sobą w ruchu posuwisto-zwrotnym lub obrotowym muszą być smarowane. Czynnik smarny doprowadzany między trące się powierzchnie ma na celu zmniejszenie tarcia, to znaczy zmniejszenie oporów ruchu oraz wynikających z tego strat mocy. Poza tym ma to określone znaczenie w odbiorze wydzielanego strumienia ciepła i ochronie przed korozją.

Treść niniejszego artykułu poświęcono eksploatacyjnej i obliczeniowej ocenie wpływu zawartości oleju na realizację obiegu chłodniczego.

Wpływ oleju na pracę instalacji chłodniczej sprężarkowej

Problemy wynikające z konieczności smarowania ruchomych elementów sprężarki chłodniczej były już analizowane w przypadku stosowania czynników chlorowcopochodnych i pozostały one w dalszym ciągu otwartym problemem, w odniesieniu do proekologicznych zamienników freonów [1, 2].

Idealnym rozwiązaniem byłoby, gdyby olej mógł pozostać w obrębie sprężarki i nie przedostawać się do instalacji. W rzeczywistych układach chłodniczych zawsze jednak pewna ilość oleju opuszcza przestrzeń wewnętrzną sprężarki, miesza się z czynnikiem chłodniczym i krąży w obiegu. We właściwie zaprojektowanej instalacji jest zachowana zasada bilansu olejowego. Oznacza to, że ilość oleju opuszczającego sprężarkę powraca do niej. Taka „równowaga olejowa” możliwa jest tylko teoretycznie, bowiem w praktyce występuje zaolejenie instalacji (do sprężarki powraca mniej oleju), które wpływa negatywnie na warunki jej pracy, zmniejsza intensywność wymiany ciepła, powoduje spadek wydajności chłodniczej i wzrost nakładów energetycznych. Negatywne oddziaływanie tworzącej się w instalacji mieszanki czynnika chłodniczego i oleju zależy w dużym stopniu od doboru zarówno rodzaju czynnika, jak i oleju.

W rzeczywistym układzie sprężarkowym nie występuje czysty czynnik chłodniczy, lecz roztwór czynnika chłodniczego (mieszanka) z olejem, o zmiennym stężeniu, zależnym od parametrów termodynamicznych, panujących w danym węźle instalacji. Takie postawienie

zagadnienia powoduje rozszerzenie zakresu problematyki zastosowania zamienników freonów, obejmujące nie tylko właściwy dobór czynnika chłodniczego w instalacji, ale także oleju, pod kątem tworzenia roztworu. W przypadku czynników chlorowcopochodnych problem ten obejmował zwykle grupę olejów mineralnych, zaś dla nowych czynników zasięg jest większy (liczba branych pod uwagę olejów syntetycznych jest obecnie znaczna). Wśród właściwości oleju branych pod uwagę przy jego doborze do smarowania sprężarki chłodniczej należy wymienić [3, 4]:

- barwę i przezroczystość;
- lepkość i płynność; właściwości bardzo istotne, zwłaszcza w niskich temperaturach, występuje ścisła zależność lepkości oleju od temperatury; w szerokim zakresie parametrów termicznych pracy instalacji powinny być ustabilizowane określone wskaźniki lepkościowe oleju;
- niska temperatura krzepnięcia i mętnienia; w temperaturze krzepnięcia olej traci praktycznie zdolność płynięcia i dlatego dobiera się oleje o odpowiednio niskiej temperaturze krzepnięcia - w instalacjach jednostopniowych zakres tej temperatury wynosi od -40 do -60°C [3]; przyczyną mętnienia oleju jest, między innymi wytrącanie się cząsteczek parafiny, co w znacznym stopniu utrudnia przepływ czynnika w instalacji i obniża efektywność energetyczną wymiany ciepła;
- wysoka temperatura zapłonu i rozkładu oleju;
- odporność na utlenianie oraz stabilność chemiczna i termiczna;
- mała higroskopijność; zawartość wody w oleju przyspiesza jego starzenie, tworzą się kwasy organiczne, aktywizujące procesy korozyjne; dodatkowo, zawartość wody w oleju stosowanym w sprężarkach hermetycznych przyczynia się do zmniejszenia izolacyjności uzwojenia silników elektrycznych, przyspieszając występowanie przebiegów oraz ich uszkodzenia.

Pojęcia idealnego czynnika chłodniczego oraz idealnego oleju smarnego mają tylko wymiar teoretyczny. W praktyce do smarowania sprężarek chłodniczych stosowane są:

1. oleje mineralne,
 2. oleje syntetyczne,
 3. mieszaniny olejów mineralnych i syntetycznych.
- (...)

Ujęcie wpływu oleju w roztworze z czynnikiem na realizację obiegu chłodniczego

Wykonując obliczenia obiegu chłodniczego sprężarkowego należy mieć na uwadze fakt, że jego realizacja w rzeczywistej instalacji chłodniczej będzie się znacznie różnić od wyników obliczeń. Mając do dyspozycji dane wyjściowe obejmujące wartość wydajności chłodniczej oraz poziomy temperatury czynnika identyfikuje się obieg chłodniczy, który będzie przedmiotem analizy. Zakłada się rodzaj czynnika chłodniczego i przyjmuje typ teoretycznego obiegu porównawczego. Korzystając z bazy danych właściwości termodynamicznych czynnika chłodniczego zestawionych w postaci tablic, wykresu w układzie współrzędnych $\lg p$ - h lub za pomocą opracowanego programu komputerowego oblicza się wielkości przyjętego obiegu według podanych zasad [12]. Obliczenia są prowadzone przy założeniu, że czynnikiem chłodniczym jest czysty, niezaolejony. Występuje tu pewna analogia z obliczeniami silnika spalinowego, pracującego według prawobieżnego obiegu porównawczego Diesla zakładając, że czynnikiem obiegowym jest gaz doskonały. Oczywiście w warunkach rzeczywistych występuje w takim obiegu nie gaz doskonały, lecz rzeczywista mieszanina spalinowa.

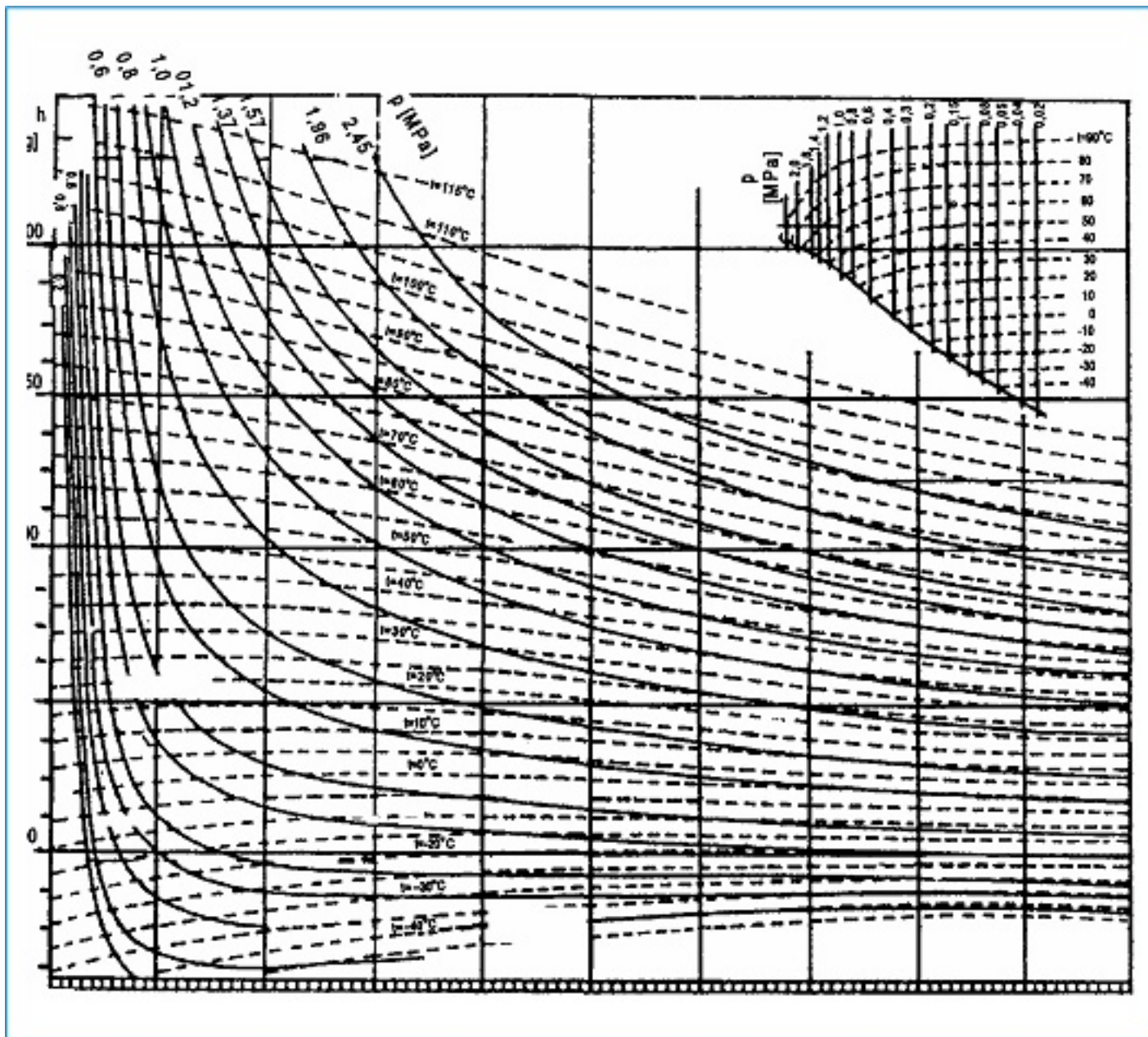
Byłoby bardzo proste, gdyby projektant urządzenia chłodniczego dysponował wykresem

Autor: Tadeusz BOHDAL, Henryk CHARUN
Czwartek, 11 Październik 2007 14:49

podającym parametry termodynamiczne dla konkretnej mieszaniny czynnika chłodniczego i oleju. Niestety dostępny jest aktualnie wykres $h-\zeta$ (entalpia właściwa - stężenie czynnika chłodniczego w roztworze) dla roztworu freonu R12 - olej mineralny opracowany przez G. Bambacha [10] - rys. 2.

Na wykresie pokazanym na rys. 2 symbolem ζ oznaczono stężenie czynnika chłodniczego R12 w roztworze według zależności (1). Przedstawiono na wykresie przebieg izoterm oraz izobar dla roztworu w stanie ciekłym, zaś w prawym górnym rogu - dla pary czystego czynnika R12.

Dotychczas nie są znane publikacje podające wykresy typu $h-\zeta$ dla innych roztworów, np. R134a - olej syntetyczny (należy nadmienić, że czynnik R134a rozpuszcza się w oleju syntetycznym w sposób ograniczony - podobnie jak R22), co w znacznym stopniu utrudnia prowadzenie analizy porównawczej.



Rys. 2. Wykres h-p dla roztworu freon R12 - olej mineralny według G. Bambacha [10]

TRADYCYJNA E. WYDANIE