

Dokument techniczny

Retrofit i czynniki chłodnicze o wysokim poślizgu temperaturowym

Oświadczenie firmy Danfoss

— Norbert Blatz, Global Application Excellence Manager;

John Broughton, Global Application Expert, chłodnictwo komercyjne;

Rasmus Damgaard Poulsen, specjalista, globalna technologia laboratoryjna, dr chemii;

Thierry Legay, Application Excellence Manager.

Danfoss Cooling, wrzesień 2016 r.

Niniejszy zbiór dokumentów ma na celu przedstawienie ogólnych i szczegółowych informacji oraz instrukcji dotyczących retrofitu i czynników chłodniczych o wysokim poślizgu temperaturowym w poszczególnych zastosowaniach.

Ze względu na to, że ten temat będzie obecny w branży chłodnictwa i klimatyzacji przez kilka lat, w niniejszym zbiorze zawarto najbardziej ogólne informacje, jak to możliwe. Dlatego wszystkie przedstawione przykłady należy traktować jako neutralne przykłady na potrzeby omówienia kwestii technicznych.

Firma Danfoss oferuje szeroką gamę produktów dla czynników chłodniczych o niskim potencjale tworzenia efektu cieplarnianego (niski wskaźnik GWP). Skontaktuj się z odpowiednim przedstawicielem firmy Danfoss, aby uzyskać najnowsze informacje.

Temat retrofitu dotyczy tylko istniejących systemów, w których należy zastosować alternatywny czynnik chłodniczy. Powody, dla których warto rozważyć wymianę czynnika chłodniczego:

1. typ czynnika chłodniczego nie jest dozwolony;
2. typ czynnika chłodniczego jest już niedostępny;
3. wymiana całej instalacji jest zbyt droga.

Należy zawsze pamiętać, że nowy układ z nowoczesnym czynnikiem chłodniczym o niskim wskaźniku GWP powinien być bardziej wydajny i mieć niższy koszt eksploatacji niż stary układ po retrofitie.

1. Szybka kontrola przed modernizacją (Norbert Blatz)

Przed rozpoczęciem retrofitu układu należy upewnić się, że w układzie można zastosować dany czynnik chłodniczy. Może być konieczne wprowadzenie kilku dodatkowych zmian.

2. Retrofit czynnika chłodniczego — zgodność chemiczna elementów (Rasmus Damgaard Poulsen)

Rozwinięcie tematu „Szybka kontrola” i bardziej szczegółowe omówienie scenariuszy, w których możliwa jest wymiana czynnika chłodniczego, oraz jej znaczenia dla elementów i materiałów.

3. Procedura retrofitu układu (Norbert Blatz, Thierry Legay)

Wskazówki krok po kroku dotyczące wykonywania retrofitu czynnika chłodniczego. Przykład małego układu, który można zastosować na większą skalę w bardziej złożonych układach.

4. Retrofit układów z zastosowaniem czynników chłodniczych z poślizgiem temperaturowym (Norbert Blatz, John Broughton)

Większość czynników chłodniczych używanych do retrofitu, jak również do projektowania nowych układów, to czynniki chłodnicze będące mieszaninami o względnie wysokim poślizgu temperaturowym. W tej części szczegółowo opisano czym jest poślizg temperaturowy i co oznacza on dla układu i aplikacji, w miarę możliwości w odniesieniu do praktyki.

1. Szybka kontrola przed modernizacją

— Norbert Blatz, Global Application Excellence Manager

Sprężarka:

- Czy sprężarka może pracować z nowym czynnikiem chłodniczym?
- Sprawdzić, w jakim stopniu ulegnie zmianie wydajność chłodnicza.
- Czy koperta pracy dla aplikacji jest nadal prawidłowa? Sprawdzić wartości graniczne temperatury i ciśnienia.
- W większości przypadków olej należy wymienić na nowy.

Skraplacz:

- Sprawdzić, czy wydajność odpowiada nowej wydajności sprężarki. Cynniki chłodnicze z poślizgiem temperaturowym wymagają większej powierzchni ze względu na niższą średnią różnicę temperatur. Może to spowodować wzrost temperatury skraplania.

Parownik:

- Sprawdzić, czy wydajność będzie nadal spełniać wymagania dotyczące przechowywania pod względem wilgotności. Cynniki chłodnicze z poślizgiem temperaturowym mogą powodować wzrost współczynnika wysuszenia.

Zawory:

- W zaworach elektromagnetycznych oraz zaworach innego typu z uszczelkami gumowymi należy zamontować nowe uszczelki. Jest to spowodowane częstym wnikiem oleju / czynnika chłodniczego do materiału, co może skutkować pęceniem. Zastosowanie nowego oleju / czynnika chłodniczego spowoduje wypłukanie starych płynów i brak szczelności uszczelki, co po pewnym czasie może skutkować wyciekami do otoczenia.

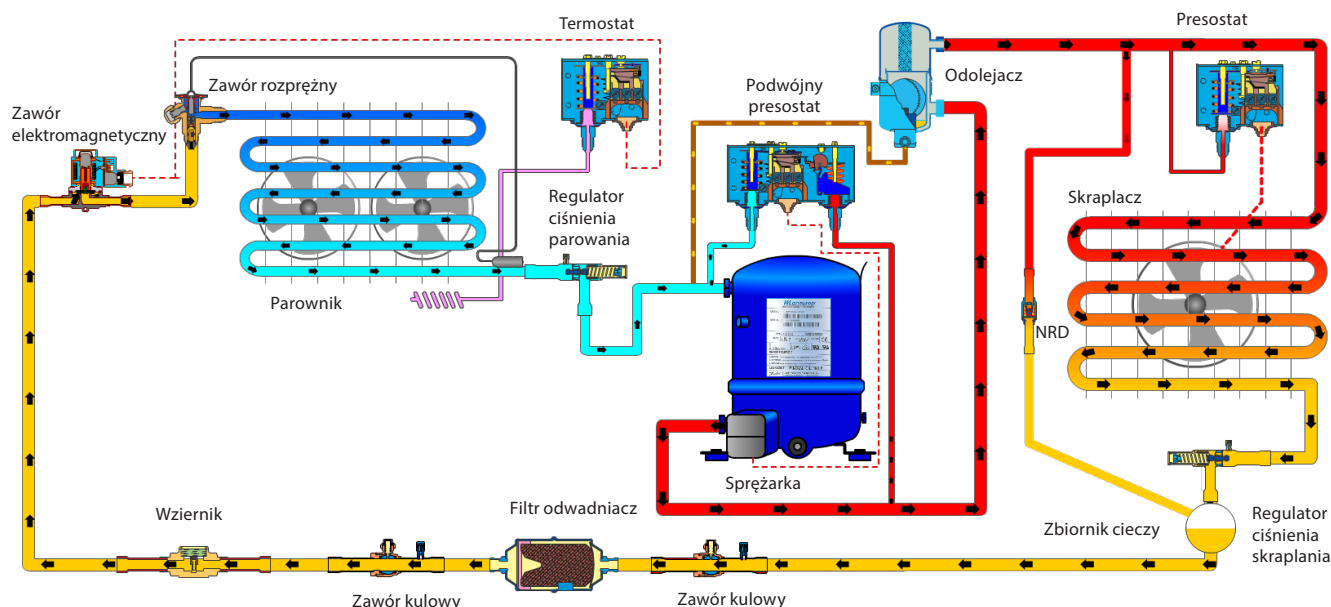
- Termostatyczne zawory rozprężne, w których element termostatyczny jest napełniony dla określonego czynnika chłodniczego, nie mogą być używane z nowym typem czynnika chłodniczego. W pierwszej kolejności należy porównać krzywą zależności ciśnienia i temperatury nowego i starego czynnika chłodniczego. Jeśli zawór można wyregulować, a różnica przy żądanej temperaturze nie wynosi więcej niż 3 K, zmiana nastawy dla nowych warunków jest możliwa. W razie wątpliwości należy skontaktować się z pracownikami firmy Danfoss.
- Inne zawory regulacyjne, takie jak zawory regulacji ciśnienia, mogą wymagać zmiany nastaw. Sprawdzić, czy zakres nastaw zaworu i maksymalne ciśnienie robocze układu są nadal prawidłowe do zastosowania nowego czynnika chłodniczego.

Orurowanie:

- Sprawdzić wymiary rur. Nowy czynnik chłodniczy może mieć inne wartości gęstości i entalpii (transport ciepła). Skutkuje to występowaniem różnic prędkości i spadkiem ciśnienia w przypadku zachowania istniejącego orurowania. Punkt krytyczny może stanowić rurociąg ssawny i powrót oleju!

Sterownik:

- Sprawdzić, czy sterownik wymaga regulacji. Nastawa regulatora przegrzania musi być dokonana w oparciu o nowy typ czynnika chłodniczego. Może być również konieczne dokonanie innych zmian ustawień temperatury lub ciśnienia.



2. Wymiana czynnika chłodniczego — zgodność chemiczna elementów

— Rasmus Damgaard Poulsen, specjalista, globalna technologia laboratoryjna, dr chemii

Retrofit układów chłodniczych jest definiowany w tym kontekście jako zmiana czynnika chłodniczego i/lub oleju w bieżącym układzie roboczym. Powszechnie wiadomo, że konsekwencje dotyczą głównie zgodności uszczelnień, co prowadzić może do nieszczelności lub nieprawidłowego działania układu, jak również ustawień poszczególnych elementów (na przykład zaworów rozprężnych i innych komponentów w układzie chłodniczym). Ten artykuł jest poświęcony problemom dotyczącym zgodności materiałów, które mogą wystąpić podczas modernizacji elementów w układach chłodniczych. Pominęto problemy dotyczące sprężarki, zmiany wydajności i sprawności ze względu na nowe dane termodynamiczne lub zmiany funkcjonalności, takie jak regulacja przegrzania zaworów rozprężnych.

Powodem do niepokoju dotyczącym zgodności jest fakt, że zmiana substancji chemicznych w przypadku zmiany jednej mieszaniny czynnika chłodniczego/oleju na inną, wpłynie znacząco na działanie uszczelnień, co może prowadzić do nieszczelności lub nieprawidłowego

działania komponentów Danfoss. Z technicznego punktu widzenia ryzyko dotyczy głównie problemów związanych ze zmianą objętości i sprężaniem w przypadku zwykłych uszczelnień niedynamicznych, gdzie oprócz innych parametrów, powodem do niepokoju są również inne właściwości, takie jak twardość, lepkość, wydłużenie, możliwość pracy przy maks. i min. temperaturze.

To ryzyko jest dobrze znane, a producenci uszczelnień i czynników chłodniczych twierdzą obecnie, że w przypadku wymiany czynnika chłodniczego na inny, należy wymienić wszystkie uszczelnienia. Dobrze wiadomo również, że w przypadku wielu uszczelnień stosowanych w układach chłodniczych, różne typy oleju mogą w różny sposób zmieniać właściwości materiału uszczelnień. Ogólna obawa podczas wymiany czynnika chłodniczego dotyczy możliwości uwolnienia cząstek stałych i osadów, które przed modernizacją przywierały do wewnętrznych ścianek układu chłodniczego. Mogą one zanieczyścić modernizowany układ lub powodować problemy mechaniczne.

Rozważając retrofit, należy wyróżnić trzy główne przypadki, retrofit typu 1, 2 i 3, które należy uwzględnić w odniesieniu do problemów związanych ze zgodnością:

Typ retrofitu	Typ czynnika chłodniczego	Typ oleju	Przyczyna zmiany właściwości	Ocena ryzyka
1	z HFC na HFC / HFO	z POE na POE z PVE na PVE	Stary oraz nowy czynnik chłodniczy musi mieć podobne właściwości chemiczne.	Bardzo niskie
2	z HCFC na HFC / HFO	z MO na MO z AB na AB	Stary oraz nowy czynnik chłodniczy mają różne właściwości chemiczne.	Niewielkie
3	z HCFC na HFC / HFO	z MO na POE / PVE z AB na POE / PVE	Stary oraz nowy czynnik chłodniczy mają różne właściwości chemiczne pod względem zgodności chemicznej z uszczelnieniami. Zmiana oleju może powodować występowanie różnych właściwości.	Duże

Uwaga: Powyższa ocena ryzyka jest ważna tylko wtedy, gdy wymieniono wszystkie uszczelnienia. W dalszej części przedstawiono szczegółową ocenę.

Uwaga: Nazewnictwo: chlorofluorowęglowodory (HCFC); fluorowęglowodory (HFC); wodorofluoroolefiny (HFO); olej poliestrowy (POE); olej poliwinylesterowy (PVE); olej mineralny (MO); olej alkilobenzenowy (AB)

Zmiana czynnika chłodniczego — zgodność chemiczna elementów (ciąg dalszy)

Typ retrofitu nr 1

Wymiana czynników chłodniczych na czynniki o podobnych właściwościach pod względem zgodności i wymiana oleju na olej tego samego typu

- Wymiana czynnika chłodniczego nie powinna skutkować zmianą właściwości uszczelnień, ponieważ może być z tym związane poważne ryzyko.
- Możliwy typ wymiany z HFC na HFC / HFO przy zachowaniu oleju POE. Nie stanowi powodu do obaw związanych z ryzykiem, jeśli charakterystyka temperatury i ciśnienia jest podobna.
- W przypadku wymiany uszczelnień ryzyko jest niskie, ponieważ cały czynnik chłodniczy zostaje usunięty. Olej pozostały w układzie będzie reagować podobnie do nowego oleju po retrofocie, o ile olej nie uległ rozkładowi lub zniszczeniu w starym układzie.
- Ryzyko komplikacji jest bardzo niskie, co potwierdzają również dane historyczne.

Typ retrofitu nr 2

Wymiana czynników chłodniczych na czynniki o różnych właściwościach pod względem zgodności i wymiana oleju na olej tego samego typu

- Zmiana czynnika chłodniczego może powodować problemy związane z kurczeniem się lub nadmiernym zwiększeniem objętości uszczelnień po retrofocie.
- Możliwy typ modernizacji z HCFC na HFC / HFO przy zachowaniu oleju typu MO. Stanowi to niewielki powód do obaw związanych z ryzykiem, jeśli specyfikacja temperatury i ciśnienia jest podobna.
- Obecnie jedną z największych obaw jest użycie uszczelnień z dużą ilością zmiękczaczy, które mogły zostać wypłukane przez pierwotny czynnik chłodniczy lub czynnik chłodniczy po wymianie. Ryzyko nieprawidłowego działania lub nieszczelności zależy od zgodności wymienianego czynnika chłodniczego w stosunku do pierwotnego czynnika chłodniczego pod kątem składu chemicznego układu.
- W przypadku wymiany uszczelnień ryzyko jest niskie, ponieważ cały czynnik chłodniczy zostaje usunięty. Olej pozostały w układzie będzie reagować podobnie do nowego oleju po retrofocie, o ile olej nie uległ rozkładowi lub zniszczeniu w starym układzie.
- Ryzyko komplikacji jest niskie, co potwierdzają również dane historyczne.

Typ retrofitu nr 3

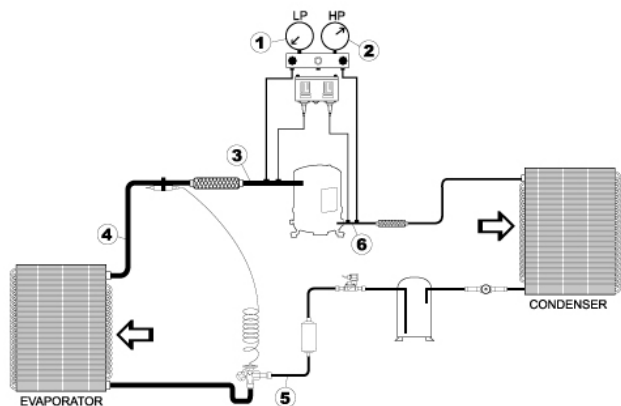
Wymiana czynnika chłodniczego i oleju, na czynnik i olej innego typu o innych właściwościach

- Wymiana czynnika chłodniczego spowoduje zmianę właściwości uszczelnień, z czym związane jest poważne ryzyko.
- Możliwy typ modernizacji z HCFC na HFC / HFO oraz zmiana typu oleju z MO na POE. Stanowi poważny powód do obaw związanych z ryzykiem. Ryzyko jest większe, gdy specyfikacja temperatury i ciśnienia nie jest zbliżona.
- W przypadku wymiany uszczelnień ryzyko jest niskie. Dotyczy to wyłącznie czynnika chłodniczego, jeśli cały czynnik chłodniczy zostanie usunięty.
- Problem stanowi brak zgodności dwóch olejów obecnych w układzie, które mają różną zgodność z materiałami uszczelnień. W efekcie, mimo że skład chemiczny układu mógł być zatwierdzony do użytku z czynnikiem chemicznym HFC / HFO z olejem POE, obecność oleju typu MO może prowadzić do innych zmian dotyczących zgodności materiału uszczelnień, prowadząc do nieszczelności lub nieprawidłowego działania. Z tego względu należy również rozważyć zastosowanie innego termostatycznego zaworu rozprężnego, jak również wziernika i odwadniacza, ponieważ nierozpuszczalny olej może spowodować zmianę właściwości mechanicznych i chemicznych.
- W przypadku wymiany uszczelnień i czynnika chłodniczego w sposób opisany powyżej główne ryzyko jest związane ze zmianą typu oleju. Jeśli możliwa jest wymiana 100% oleju, ryzyko będzie równie niskie jak w przypadku retrofitu nr 2. Jednak w rzeczywistości najczęściej nie jest możliwa wymiana całego oleju. Środki ostrożności, takie jak ulepszony układ powrotu oleju, mogą zmniejszyć ryzyko obiegu mieszanki oleju w całym układzie. Jednak jest to zależne od systemu i nie jest możliwe do określenia.
- Ponadto niektóre czynniki chłodnicze do retrofitu zawierają pewne węglowodory, w których olej MO jest rozpuszczalny. Z teoretycznego punktu widzenia powinno to umożliwiać transport oleju typu MO w układzie.
- Ryzyko wystąpienia komplikacji jest poważne, ponieważ istnieje wiele różnych scenariuszy zależnych od procentowej ilości wymienionego oleju, jak również od typu czynnika chłodniczego do retrofitu. Dane historyczne nie są znane. Ponadto zmiany specyfikacji układu, takich jak temperatura i ciśnienie, mogą skutkować zwiększeniem ryzyka.

3. Procedura retrofitu układu

— Norbert Blatz i Thierry Legay, Global Application Excellence Manager

Krok 1 - Kontrolowanie parametrów roboczych



Zmierzyć:

1. Ciśnienie na ssaniu sprężarki
2. Ciśnienie na tłoczeniu sprężarki

Zmierzyć:

3. Temperaturę ssania sprężarki (tj. całkowite przegrzanie)
4. Temperaturę ssania na wylocie parownika (tj. przegrzanie parownika)
5. Temperaturę cieczy na wlocie zaworu rozprężnego (tj. dochłodzenie cieczy)
6. Temperaturę tłoczenia sprężarki

Zmierzyć:

7. Napięcie i prąd zasilania
8. Sprawdzić przepływ czynnika chłodniczego do parownika przez każdą rurkę rozdzielacza (dokładnie sprawdzić pod kątem rurek zapchanych przez brud i osad).

Ważne uwagi:

- Układy zawierające łatwopalne czynniki chłodnicze (klasy bezpieczeństwa A2, A2L, A3) należy serwisować i konserwować zgodnie z dobrymi praktykami chłodniczymi z uwzględnieniem zmian dotyczących narzędzi, urządzeń i procedur. Inżynierowie pracujący z układami zawierającymi łatwopalny gaz powinni być odpowiednio przeszkoleni!
- Narzędzia powinny być przeznaczone do użytku w Strefie 2 i odpowiednio przetestowane pod kątem użytku z łatwopalnymi czynnikami chłodniczymi.
- Stanowisko pracy musi być dobrze wentylowane, a w promieniu 3 m od układu nie mogą znajdować się źródła zapłonu. Gaśnica proszkowa lub CO₂ musi być dostępna na miejscu.
- Przed przystąpieniem do rozszczelnienia układu łatwopalny czynnik chłodniczy musi zostać całkowicie usunięty z układu, a układ należy przedmuchać azotem.

Krok 2 - Usuwanie czynnika chłodniczego

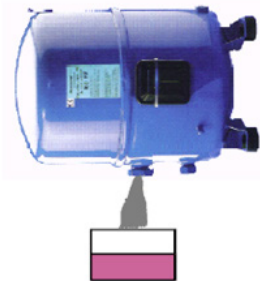
Należy użyć urządzenia do odzyskiwania czynnika chłodniczego.



- Zamknąć zawór odcinający zbiornika cieczy lub dowolny element na rurociągu cieczowym odpowiedni do użytku w celu odessania.
- Pozwolić układowi pracować aż do wyłączenia sprężarki przez presostat niskiego ciśnienia.
- Wyłączyć bezpiecznik główny.
- Odizolować (jeśli to możliwe) stronę wysokiego ciśnienia sprężarki od układu, zamykając zawór wylotowy Rotolock.
- Usunąć czynnik chłodniczy po stronie wysokiego ciśnienia z układu przy użyciu dowolnego złącza lub zaworu znajdującego się na rurociągu cieczowym.
- Po przeniesieniu czynnika chłodniczego po stronie wysokiego ciśnienia do zbiornika do odzysku należy otworzyć urządzenie izolacyjne po stronie niskiego ciśnienia.
- Zanotować masę odzyskanego czynnika chłodniczego.

Procedura retrofitu układu (ciąg dalszy)

Krok 3 - Spuszczanie oleju sprężarkowego



*Sprężarki tłokowe
Danfoss Maneurop®*



*Duże sprężarki
spiralne Danfoss*

- Otworzyć króciec ssawny lub port wziernika (jeśli jest zainstalowany).
- Powoli ustawić sprężarkę w pozycji poziomej i odzyskać olej przez króciec ssawny lub port wziernika oleju.
- Uwaga: Duża sprężarka spiralna jest wyposażona w przyłącze spustowe oleju i można opróżnić ją z oleju w pozycji pionowej. W takim przypadku należy doprowadzić ciśnienie po stronie niskiego ciśnienia sprężarki (przy użyciu suchego azotu).
- W razie potrzeby należy pobrać próbkę oleju do analizy.
- Przed ponownym montażem sprężarki lub wymianą wziernika należy wymienić uszczelki na nowe (króciec ssawny i wylotowy, uszczelka wziernika). Sprawdzić zakwaszenie starego oleju przy użyciu zestawu do testowania zakwaszenia.
- Zainstalować nowy filtr odwadniacz. Jeśli wynik testu zakwaszenia jest dodatni, należy zastosować filtr odkwaszający, taki jak „DAS” lub „DCR-DA”. Filtr odkwaszający należy usunąć po kilku dniach, gdy układ jest już odkwaszony.

Ważne:

Ze względu na to, że niewielka ilość oleju może pozostać w układzie (rurach, wymienniku ciepła itp.) nie można jej usunąć za pomocą tego procesu. W celu zmniejszenia ilości starego oleju zalecana jest ponowna wymiana oleju po kilku dniach pracy urządzenia.

Krok 4 - Olej: instrukcje napełniania

Poniższa procedura opisuje sposób dodawania oleju do sprężarek zamontowanych w układzie.

1. Pierwsze kroki i wymagane narzędzia



- Obniżyć ciśnienie po stronie niskiego ciśnienia do ciśnienia atmosferycznego. Zachować ostrożność, aby nie wytworzyć podciśnienia i zapobiec wnikaniu powietrza i wilgoci do sprężarki podczas procedury napełniania.
- Użyć nowego, uszczelnionego zbiornika z olejem i ręcznej pompy oleju. Wąż pompy powinien mieć wymiar dostosowany do złączy ze śrubunkiem 1/4" i być wyposażony w trzpień odblokowujący zawór na końcu, który otworzy zawór Schrader portu serwisowego sprężarki.
- Zatwierdzony typ oleju podano na tabliczce znamionowej sprężarki. Należy upewnić się, że informacje na opakowaniu z olejem są zgodne z typem oleju na tabliczce znamionowej sprężarki. Należy upewnić się, że informacje na opakowaniu z olejem są zgodne z typem oleju na tabliczce znamionowej sprężarki.

2. Odpowietrzanie pompy i węża



- Pompę ręczną (podobną do przedstawionej na rysunku) należy umieścić w zbiorniku z olejem — należy upewnić się, że pompa jest czysta — w ostatniej chwili, aby zbiornik był otwarty do atmosfery przez jak najkrótszy czas (użyć zestawu adaptera korka, aby dodatkowo zmniejszyć narażenie oleju na działanie atmosfery).

Procedura retrofitu układu (ciąg dalszy)

- Za pomocą kilku ruchów pompą usunąć całe powietrze z pompy i węża. Odpowietrzenie pompy jest niezbędne do całkowitego oczyszczenia węża z oleju nasyczonego wilgocią pozostałego po poprzednim użyciu.
- Podłączyć wąż do złącza Schrader sprężarki natychmiast po odpowietrzeniu, aby zapobiec zanieczyszczeniu wilgocią.

3. Pompowanie oleju do sprężarki



- Wpompować oszacowaną ilość oleju, lub pompować olej aż do momentu gdy we wzierniku będzie widoczny prawidłowy poziom.

Uwaga: W przypadku utraty nadmiernej ilości oleju ze sprężarki niewyposażonej we wziernik nie można zmierzyć ani obserwować poziomu oleju. Jedynym sposobem pozwalającym mieć pewność, że w układzie znajduje się prawidłowa ilość oleju, jest opróżnienie sprężarki i napełnienie jej nowym olejem. W takim przypadku sprężarkę należy usunąć z instalacji.

Zalecenia dodatkowe

- Po dodaniu oleju należy pozwolić sprężarce pracować pod pełnym obciążeniem przez 20 minut, a następnie sprawdzić ponownie poziom oleju we wzierniku. Ten poziom powinien mieścić się w zakresie od $\frac{1}{4}$ do $\frac{3}{4}$.
- Należy uważać, aby nie dodać więcej oleju niż jest to konieczne. W przypadku nadmiernej ilości oleju mogą występować następujące niekorzystne warunki:
 - Awaria zaworów i tłoków lub spiral sprężarki scroll ze względu na osadzanie oleju
 - Nadmierne przenoszenie oleju
 - Zmniejszenie wydajności parownika ze względu na wzrost poziomu oleju po stronie niskiego ciśnienia w układzie.

Krok 5 - Procedura próżniowania i osuszania

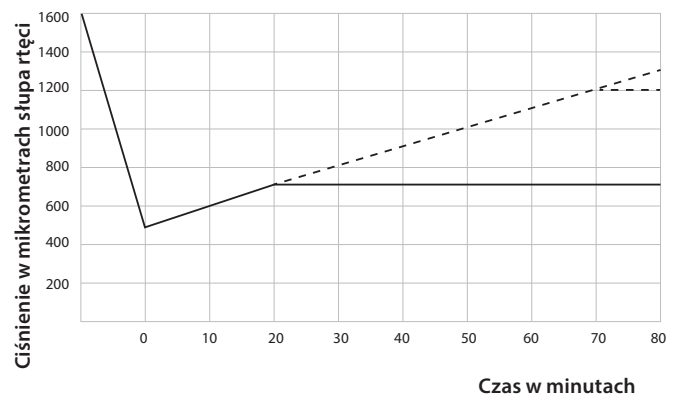
Podczas wykonywania retrofitu po zmianie elementów układu (np. filtra odwadniającego, zaworu rozprężnego itp.) oraz ponownym montażu sprężarki, obieg chłodniczy musi zostać całkowicie opróżniony.

Ten rozdział zawiera najlepsze praktyki stosowane podczas osuszania układu za pomocą podciśnienia. Zawartość wilgoci w układzie jest dosyć trudna do zmierzenia. Dlatego postępowanie zgodnie z niniejszą procedurą jest najlepszym sposobem, aby osiągnąć bezpieczny i dopuszczalny poziom przed uruchomieniem instalacji.

Wilgoć utrudnia prawidłowe działanie sprężarki i układu chłodniczego. Powietrze i wilgoć skracają okres eksploatacji i zwiększają ciśnienie skraplania. Powodują one również nadmierne wysokie ciśnienie tłoczenia i temperaturę, co może doprowadzić do utraty właściwości smarnych oleju. Powietrze i wilgoć zwiększają również ryzyko powstawania kwasu powodującego uszkodzenia uzwojeń i izolacji silnika. Wszystkie te zjawiska mogą spowodować awarię mechaniczną i elektryczną sprężarki. W celu wyeliminowania tych czynników zalecane jest próżniowanie układu zgodnie z poniższą procedurą.

Procedura

Jeśli to możliwe (jeśli zamontowane są zawory odcinające), należy odizolować sprężarkę od układu. Istotne jest, aby podłączyć pompę próżniową do stron niskiego i wysokiego ciśnienia w celu opróżnienia całego układu.



1. Po wykrywaniu nieszczelności:
2. Odsysać obieg chłodniczy przy użyciu podciśnienia o wartości 500 $\mu\text{m Hg}$ (0,67 mbar).
3. Po osiągnięciu poziomu podciśnienia wynoszącego 500 $\mu\text{m Hg}$ obieg należy odizolować od pompy.
4. Odczekać 30 minut.
5. Gwałtowny wzrost ciśnienia oznacza, że obieg nie jest szczelny. Znaleźć i naprawić nieszczelności. Wznówić wykonywanie czynności od kroku 1.
6. Jeśli ciśnienie wzrasta powoli, oznacza to, że w obiegu znajduje się wilgoć. Wypełnić próżnię azotem i ponownie wykonać kroki 2, 3 i 4.

Procedura retrofitu układu (ciąg dalszy)

Sprężarka wyposażona w zawory odcinające

7. Podłączyć sprężarkę do układu, otwierając zawory.
8. Powtórzyć kroki 2, 3 i 4 (oraz 5 lub 6, jeśli to konieczne)
9. Wypełnić próżnię azotem.
10. Powtórzyć kroki 2, 3 i 4 dla całego obiegu.

Sprężarka bez zaworów odcinających

7. Wypełnić próżnię azotem.
8. Powtórzyć kroki 2, 3 i 4 (oraz 5 lub 6, jeśli to konieczne)

Osiągnięte podciśnienie 500 $\mu\text{m Hg}$ (0,67 mbar) należy utrzymać przez 4 godziny. Pozwoli to mieć pewność, że obieg jest szczelny i pozbawiony wilgoci. To podciśnienie musi być mierzone w układzie czynnika chłodniczego, a nie na manometrze pompy próżniowej.

Pompa próżniowa

Należy użyć dwustopniowej pompy próżniowej z balastem gazowym (stałe podciśnienie 0,04 mbar) o wydajności odpowiadającej objętości układu. Zalecane jest użycie przyłączy o dużej średnicy i podłączenie ich do zaworów odcinających, a nie do złącza Schrader sprężarki. Ma to na celu uniknięcie nadmiernego spadku ciśnienia.

Poziom wilgoci

Podczas uruchamiania zawartość wilgoci w układzie może wynosić do 100 ppm. Podczas pracy filtr odwadniacz musi zmniejszyć tę wartość do poziomu mieszczącego się w zakresie od 20 do 50 ppm.

Punkty do zapamiętania

- Podczas początkowego opróżniania układu/obiegu obniżenie ciśnienia poniżej 500 $\mu\text{m Hg}$ powoduje występowanie ryzyka zamrożenia wilgoci obecnej w układzie (wilgoć w postaci cieczy uwięziona w małych przestrzeniach przekształci się w lód i nie odparuje). Osiągnięte niskie podciśnienie może zostać mylnie zinterpretowane jako układ pozbawiony wilgoci, gdy w rzeczywistości, lód jest nadal obecny. To ryzyko staje się poważne w przypadku użycia stosunkowo dużej pompy próżniowej w układzie o małej objętości. Pojedyncze odessanie próżniowe przy 0,33 mbar (250 $\mu\text{m Hg}$) nie zagwarantuje wystarczająco niskiego poziomu wilgotności.
- Niska temperatura otoczenia (poniżej 10°C) wokół urządzenia utrudnia usuwanie wilgoci.
- Należy podjąć środki zaradcze i podłączyć zasilanie grzałek karтеру sprężarki.
- Zastosowanie powyższej procedury jest jeszcze ważniejsze w przypadku czynników chłodniczych HFC i oleju poliestrowego niż w przypadku czynników chłodniczych HCFC (R22) lub CFC i oleju mineralnego.

Ostrzeżenie

Podczas występowania próżni nie należy używać megaomomierza ani podawać zasilania do sprężarki. Może to spowodować uszkodzenie uzwojenia silnika. Nigdy nie uruchamiać sprężarki, gdy występuje podciśnienie, ponieważ może to spowodować spalanie silnika sprężarki.

Krok 6 - Napełnianie czynnikiem chłodniczym

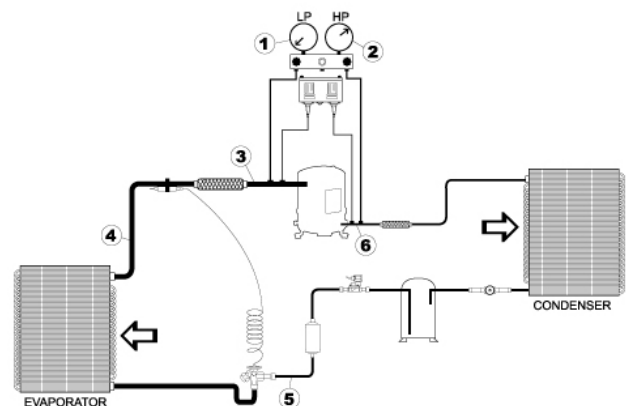
Napełnianie mieszaninami zeotropowymi i „prawie azeotropowymi” czynnikami chłodniczymi, takimi jak R407C i R404A, musi zawsze odbywać się w fazie ciekłej. Podczas pierwszego napełnienia sprężarka musi być wyłączona, a zawory serwisowe sprężarki muszą być zamknięte. Przed uruchomieniem sprężarki należy napełnić układ czynnikiem chłodniczym w ilości jak najbliższej ilości znamionowej układu.

Następnie należy powoli napełniać układ czynnikiem chłodniczym w fazie ciekłej po stronie niskiego ciśnienia, jak najdalej od pracującej sprężarki.

Ostrzeżenie

- Gdy używany jest zawór elektromagnetyczny na rurociągu cieczowym, należy zredukować podciśnienie po stronie niskiego ciśnienia przed podłączeniem zasilania do układu.
- Ilość czynnika chłodniczego musi być odpowiednia do pracy w okresie zimowym i letnim. Informacje na temat limitów napełnienia czynnikiem chłodniczym można znaleźć w broszurach z wytycznymi dotyczącymi zastosowań sprężarek.

Krok 7 - Kontrola po uruchomieniu



Zmierzyć i zanotować:

1. Ciśnienie na ssaniu sprężarki
2. Ciśnienie na tłoczeniu sprężarki
3. Temperaturę ssania sprężarki (tj. całkowite przegrzanie)
4. Temperaturę ssania na wylocie parownika (tj. przegrzanie parownika)
5. Temperaturę cieczy na wlocie zaworu rozprężnego (tj. dochłodzenie cieczy)
6. Temperaturę tłoczenia na wylocie sprężarki

Sprawdzić, czy zmierzone dane mieszczą się w oczekiwanym/dopuszczalnym zakresie oraz w zakresie koperty pracy elementów w układzie.

W przypadku stosowania czynników chłodniczych z wysokim poślizgiem temperaturowym występują pewne szczególne warunki. Skutki tych warunków oraz zapobieganie im omówiono w kolejnym rozdziale:

4. Retrofit układów z zastosowaniem czynników chłodniczych z poślizgiem temperaturowym

— Norbert Blatz, Global Application Excellence Manager i

John Broughton, Global Application Expert, chłodziwo komercyjne

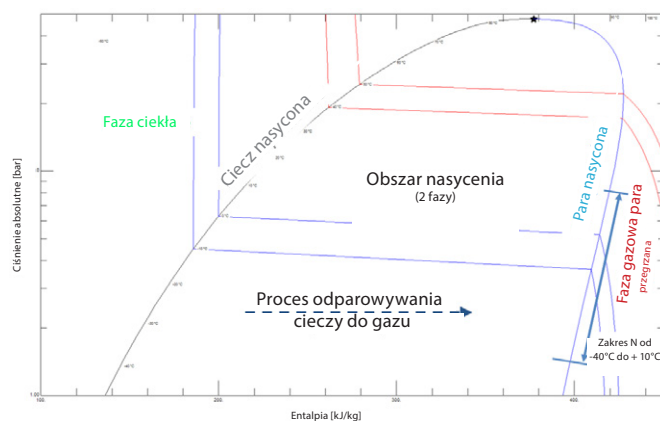
W efekcie rozporządzenia dotyczącego gazów F dotyczącego obniżania wskaźnika GWP czynników chłodniczych na rynek trafi wiele typów syntetycznych czynników chłodniczych. Większość z nich to zeotropowe mieszaniny o dużym poślizgu temperaturowym.

W celu wizualizacji różnic względem azeotropowych (bez poślizgu temperaturowego) czynników chłodniczych wybrano wykres $\log(p) / h$ oraz wykres p / t .

Wszystkie odmienne stany występujące w różnych warunkach są widoczne na wykresie $\log(p) / h$. Oś x odpowiada entalpii właściwej, a oś y odpowiada ciśnieniu, zwykle w skali logarytmicznej. Od lewej do prawej strony przechodzi od stanu ciekłego przez krzywą nasycenia (ciecz nasycona), za którą zaczyna się proces odparowywania (faza nasycenia), następnie przechodzi przez krzywą nasycenia (para nasycona) za którą znajduje się obszar pary. W fazie nasycenia obecne są oba stany — ciekły i gazowy. Im więcej dostarczanej energii, tym większa jest entalpia i tym większa jest ilość odparowywanej cieczy, aż do punktu rosy, gdzie cała ciecz zmienia stan na gazowy. Po przekroczeniu punktu rosy gaz ulega przegrzaniu.

Wartość przegrzania jest mierzona jako różnica temperatur między temperaturą punktu rosy i temperaturą przegrzanego gazu przy tym samym ciśnieniu, np. na wylocie z suchego parownika zasilanego ciśnieniowo. Jako przykład pododano zakres zastosowania termostatycznego zaworu rozprężnego Danfoss - „Zakres N”.

Wykres nr 1



W obszarze nasycenia temperatura zależy bezpośrednio od ciśnienia. W przypadku jednorodnych czynników chłodniczych (brak mieszaniny np. R134a) i mieszanin azeotropowych temperatura będzie taka sama w całym procesie odparowywania. W przypadku mieszanin z poślizgiem temperaturowym, czyli mieszanin zeotropowych, temperatura zmienia się znacząco podczas procesu odparowywania lub skraplania, jednak ciśnienie pozostaje stałe.

Przyczyną tego poślizgu temperaturowego, w dużym uproszczeniu, jest fakt, że czynnik chłodniczy o najniższej temperaturze odparowywania odparowuje jako pierwszy, a czynnik chłodniczy o najwyższej temperaturze odparowywania odparowuje jako ostatni. W celu wizualizacji efektu poślizgu przedstawiono standardowy obieg suchy zasilany ciśnieniowo na uproszczonym wykresie $\log(p) / h$. Różnica temperatur na wymiennikach ciepła wynosi 10 K w stosunku do temperatury otoczenia i temperatury w komorze chłodniczej.

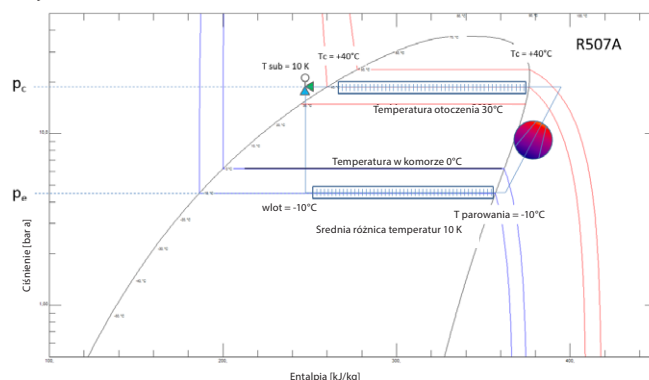
Przykład czynnika chłodniczego bez poślizgu, mieszanina azeotropowa, R507A:

Temperatura skraplania i odparowywania pozostaje taka sama przy tym samym ciśnieniu.

p_c = ciśnienie skraplania i

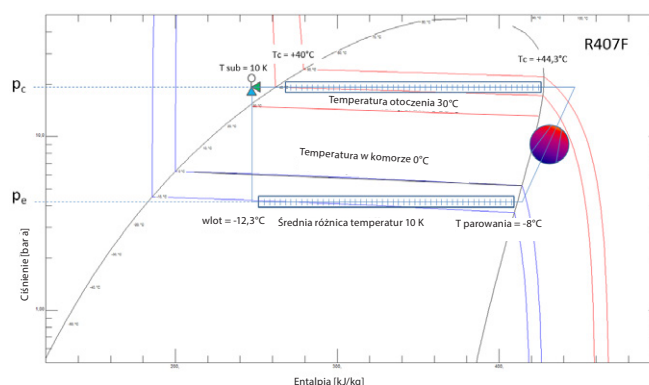
p_e = ciśnienie parowania.

Wykres nr 2



Ten sam układ, ale z czynnikiem zeotropowym R407F: W celu uzyskania różnicy temperatur wynoszącej 10 K temperatura odparowywania zmienia się z -12,3°C na wlocie na -8°C w punkcie rosy.

Wykres nr 3



Zmiana temperatury odparowywania i jej skutki dla wymiennika ciepła i urządzenia rozprężnego zostaną omówione w kolejnym rozdziale.

Retrofit układów z zastosowaniem czynników chłodniczych z poślizgiem temperaturowym (ciąg dalszy)

Wpływ użycia czynnika chłodniczego z dużym poślizgiem temperaturowym na zastosowanie.

Ze względu na zmiany temperatury, różnica temperatur między powietrzem i wymiennikiem ciepła również będzie ulegać zmianie i należy to uwzględnić podczas doboru rozmiaru wymiennika ciepła.

Skraplacz:

Średnia różnica temperatur między powietrzem i skraplaczem będzie niższa i będzie wymagać zastosowania większego skraplacza.

Podczas retrofitu może to powodować wzrost temperatury skraplania, jeśli sprężarka ma taką samą wydajność jak wcześniej.

Parownik:

Średnia temperatura wzrośnie i wpłynie do dodatnio na wydajność. Jednak istnieją dwie krytyczne kwestie, o które należy zadbać — urządzenie rozprężne i zmiana współczynnika osuszania.

Najpierw omówmy w skrócie zależność między przegrzaniem i wydajnością wymiennika ciepła.

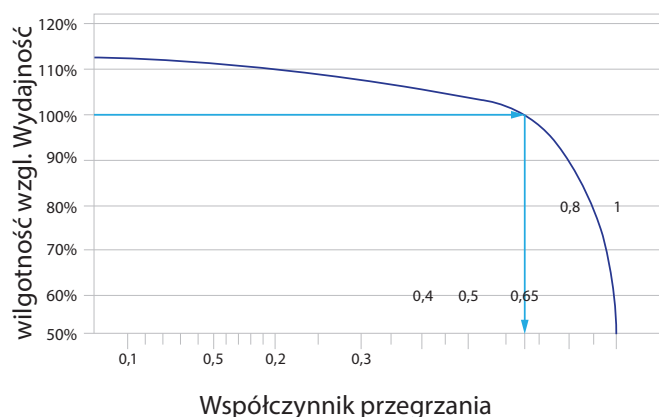
Regulacja przegrzania:

Wydajność parownika lamelowego jest określana na podstawie temperatury wlotowej powietrza, wartości DT1 i wartości przegrzania.

Wartość DT1 została określona jako różnica temperatur między temperaturą na wlocie powietrza i temperaturą odparowywania w punkcie rosy.

Np. wlot powietrza = 0°C, temperatura odparowywania w punkcie rosy = -10°C → DT1 = 10 K.

Wykres nr 4



W celu uzyskania 100% wydajności parownika docelowe przegrzanie jest definiowane jako współczynnik DT1 x przegrzanie: 10 K x 0,65 = 6,5 K.

Z punktu widzenia regulacji wartość 0,65 jest bliska optymalnej i jest określona w normie EN 328 jako wartość docelowa dla chłodnic powietrza. Wykres nr 4 ilustruje, że nawet nieznaczny wzrost (wyższa wartość SH) tej wartości może spowodować ogromne straty związane z wykorzystaniem powierzchni parownika.

Z kolei zmniejszenie przegrzania powoduje względnie niewielki wzrost wydajności.

Porównanie wartości przegrzania parownika na wykresach nr 2 i 3 wskazuje inne wartości. Średnia różnica temperatur parownika na wykresach nr 2 i 3 jest taka sama. Ze względu na poślizg temperaturowy czynnika R407F na wykresie nr 3 wymagana wartość przegrzania jest niższa. Powodem tego jest fakt, że temperatura odparowywania w punkcie rosy wynosząca -8,1°C jest o 2 K wyższa niż w przypadku czynnika R507A na wykresie nr 2. $DT1 = 0^\circ\text{C} - (-8,1^\circ\text{C}) = 8,1\text{ K}$. Dlatego docelowe przegrzanie = $8,1\text{ K} \times 0,65 = 5,3\text{ K}$.

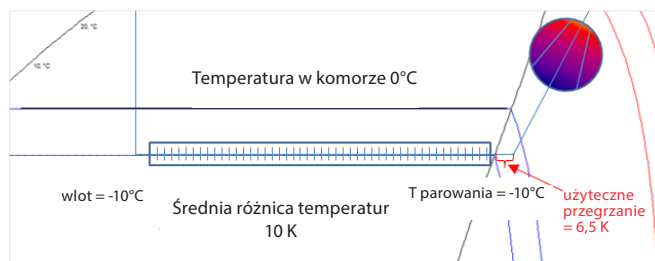
Czynniki chłodnicze o wysokim poślizgu temperaturowym i zawory rozprężne

Urządzenia rozprężne regulują poziom przegrzania na wylocie z parownika przy użyciu ciśnienia i temperatury. Jedynym prawidłowym punktem odniesienia do regulacji przegrzania jest linia punktu rosy (100% odparowania). Element termostatyczny zaworu rozprężnego jest wypełniony czynnikiem, który zapewnia niemal taką samą różnicę temperatur w szerokim zakresie (np. czynnik z zakresem N firmy Danfoss: od -40°C do +10°C).

Z tego względu można określić przegrzanie w odniesieniu do punktu rosy.

Na przykład na wykresie nr 2 w przypadku czynnika R507A do wykorzystania 100% wydajności parownika niezbędna jest wartość przegrzania wynosząca 6,5 K. Została ona określona na podstawie średniej różnicy temperatur wynoszącej 10 K.

Wykres nr 2, szczegóły



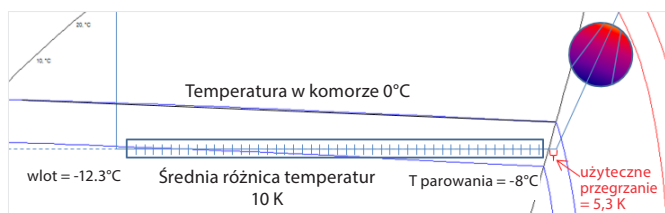
Retrofit układów z zastosowaniem czynników chłodniczych z poślizgiem temperaturowym (ciąg dalszy)

Dlaczego przegrzanie TZR może wymagać ponownej regulacji?

1. Ze względu na poślizg temperaturowy:

Na wykresie nr 3 pod wpływem poślizgu temperaturowego czynnika chłodniczego R407F temperatura punktu rosy wynosi około $-8,1^{\circ}\text{C}$, a tym samym parownik wymaga nastawy przegrzania wynoszącej 5,3 K, aby możliwe było

Wykres nr 3, szczegóły

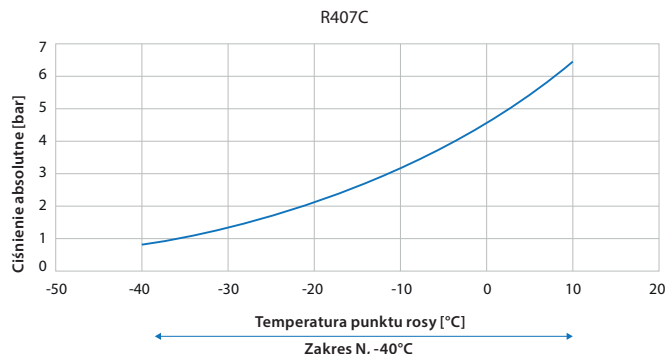


wykorzystanie 100% wydajności również przy różnicy temperatur równej 10 K.

2. W przypadku wymiany czynnika chłodniczego, TZR z odpowiednim napełnieniem może być niedostępny:

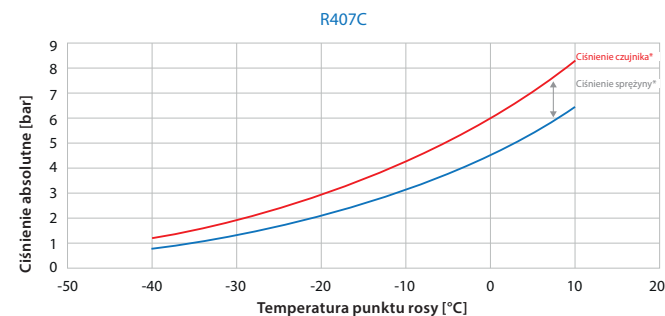
Poniżej przedstawiono krzywą punktu rosy, jak na wykresie nr 1, ale przekształconą na dobrze znany wykres zależności ciśnienia od temperatury:

Wykres nr 5



W celu zwiększenia wymaganej temperatury czujnika (przegrzanie) i otwarcia zaworu dodano sprężynę działającą przeciwnie do ciśnienia czujnika: ciśnienie czujnika + „ciśnienie” sprężyny = przegrzanie

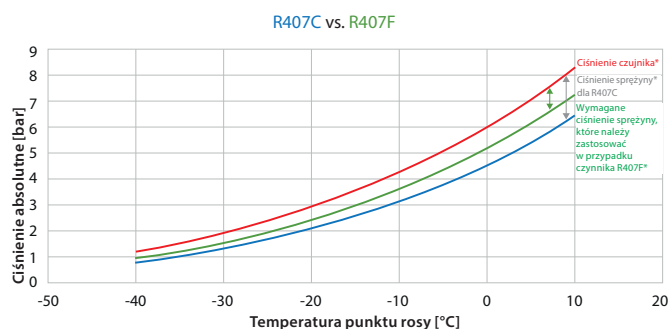
Wykres nr 6



*Uproszczone w celu zilustrowania zasady

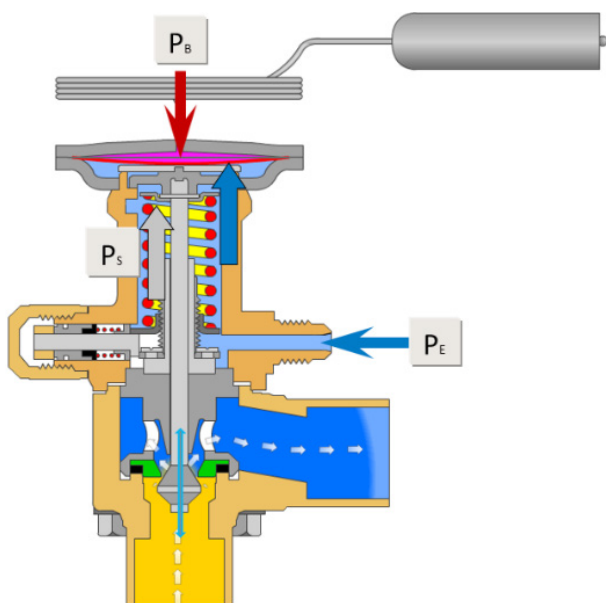
Retrofit na R407F przy zachowaniu TZR dobrego dla czynnika R407C. Ciśnienie wewnątrz czujnika + siła/ciśnienie sprężyny spowoduje nadmierne zwiększenie wartości przegrzania. Z tego względu należy zmniejszyć siłę sprężyny: W tym celu należy obracać śrubę nastawy SH w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara.

Wykres nr 7

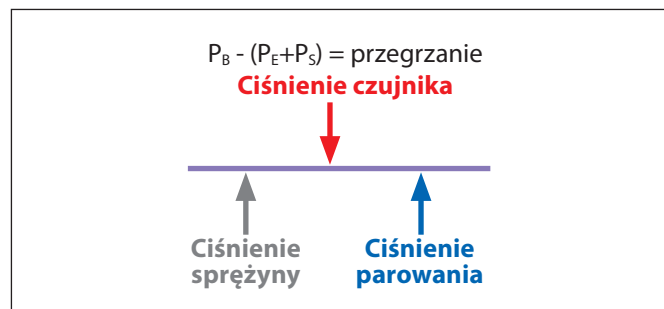


*Uproszczone w celu zilustrowania zasady

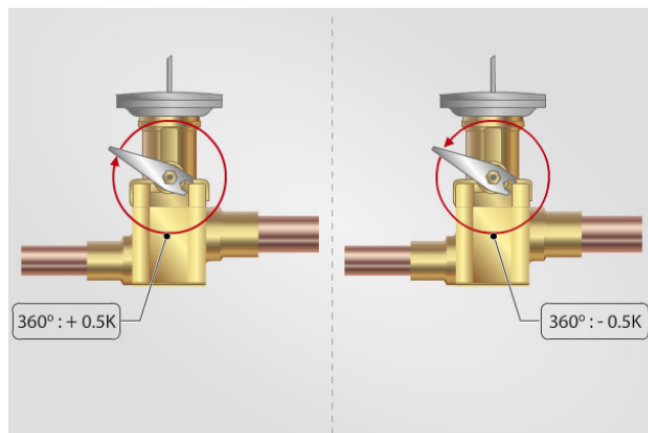
Siły działające na zawór i sposób resetowana przegrzania statycznego



Ciśnienie czujnika P_B musi być większe niż ciśnienie odparowywania P_E + ciśnienie sprężyny P_S . Zmniejszenie ciśnienia sprężyny przez regulację nastawy SH umożliwia dostosowanie zaworu do czynnika chłodniczego, do użytku z którym nie jest przeznaczony.



TE 5~55 superheat



Uwaga! Jeśli korekta przekracza ok. 3 K, jakość regulacji może się pogorszyć. Zalecany jest wybór innego typu napęnlennia o wartości bliższej wartości docelowej.

Przykład:

Przegrzanie statyczne $SS = 4\text{ K} / 7,2^\circ\text{F}$ (ustawienie fabryczne)

Przegrzanie otwarcia $OS = 4\text{ K} / 7,2^\circ\text{F}$

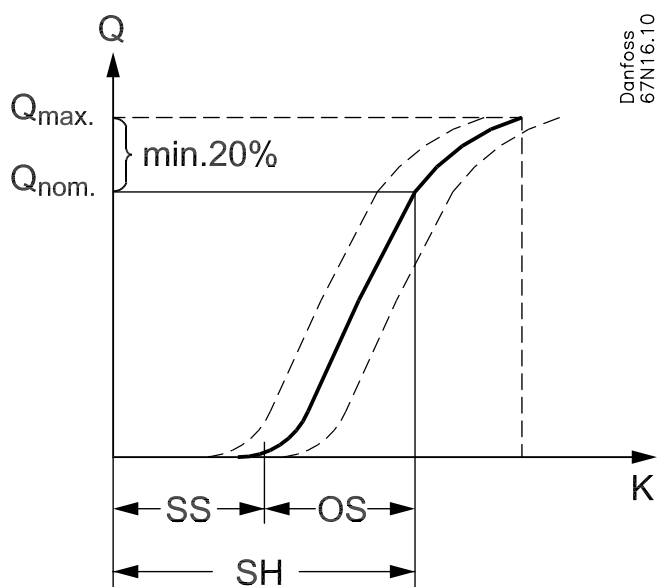
Przegrzanie otwarcia wynosi 4 K, tj. od punktu, w którym zawór zaczyna się otwierać, do wydajności nominalnej.

Przegrzanie otwarcia jest zależne od budowy zaworu i nie może zostać zmienione.

Przegrzanie całkowite $SH = SS + OS$

$$SH = 4 + 4 = 8\text{ K} / 14,4^\circ\text{F}$$

Przegrzanie całkowite SH można zmienić przez zmianę przegrzania statycznego SS (przy użyciu trzpienia nastawczego)



Wydajność parowników z zastosowaniem czynników chłodniczych z poślizgiem temperaturowym i wpływ na zastosowania

Ze względu na poślizg temperaturowy temperatura na części powierzchni parownika będzie niska, co może potencjalnie przyspieszyć osuszanie.

Spójrzmy na przykładowe początkowe wartości:

(patrz wykres nr 2)

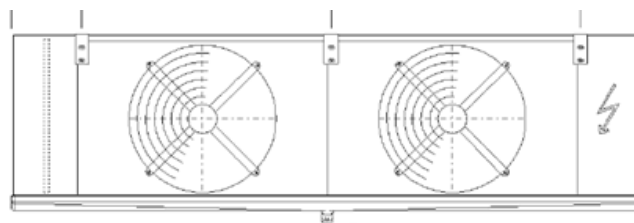
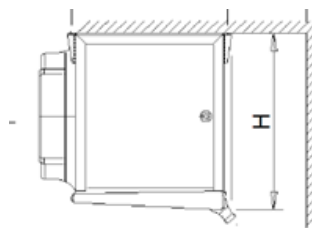
Komora chłodnicza, R507A, warunki w komorze 0°C,

80% wilg. wzgl., średnia różnica temperatur 10 K.

Wydajność chłodnicza może wynosić 10 kW.

Wybrano typ sufitowy o powierzchni 32,7 m²

z 2 wentylatorami o wydajności 6280 m³/h.



Szczegółowe wyniki

R507A	Wydajność	Δt_m	DT1	T parowania punktu rosy	Użyteczne przegrzanie	Czas pracy
	10,1 kW	10 K	10 K	-10°C	6,5 K	18 h/d
Parownik:	2 wentylatory / 32,7 m ²					
Wlot powietrza:	0°C	wilg. wzgl. 80%				
Wylot powietrza:	-3,8°C	wilg. wzgl. 95%				
Przepływ powietrza:	6280 m ³ /h					
Osuszanie	47,75 kg/d					

Retrofit na R407F

Krok pierwszy: Nastawa przegrzania będzie taka sama, jak wcześniej: 6,5 K

Średnia różnica temperatur wynosząca 12 K prowadzi do zwiększenia wydajności do 12,5 kW i skrócenia czasu pracy. Negatywny aspekt, to szybkość osuszania, która znacznie wzrosła. Może to być niekorzystne w przypadku świeżych produktów bez opakowań.

R407F	Wydajność	Δt_m	DT1	T parowania punktu rosy	Użyteczne przegrzanie	Czas pracy
	12,5 kW	12 K	10 K	-10°C	6,5 K	14,3 h/d
Parownik:	2 wentylatory / 32,7 m ²					
Wlot powietrza:	0°C	wilg. wzgl. 80%				
Wylot powietrza:	-4,7°C	wilg. wzgl. 95%				
Przepływ powietrza:	6280 m ³ /h					
Osuszanie	60,96 kg/d					

Krok drugi: ponowna regulacja zaworu rozprężnego do wartości przegrzania wynoszącej 5,3 K.

Przegrzanie zostało zmniejszone do wartości 5,3 K, a temperatura odparowywania punktu rosy zwiększona do -8,1°C w celu uzyskania różnicy temperatur wynoszącej 10 K (zobacz również wykres nr 3).

R407F	Wydajność	Δt_m	DT1	T parowania punktu rosy	Użyteczne przegrzanie	Czas pracy
	10,8 kW	10 K	8,1 K	-8,1 °C	5,3 K	16,6 h/d
Parownik:	2 wentylatory / 32,7 m ²					
Wlot powietrza:	0°C	wilg. wzgl. 80%				
Wylot powietrza:	-4,1 °C	wilg. wzgl. 95%				
Przepływ powietrza:	6280 m ³ /h					
Osuszanie	53,32 kg/d					

Ważna uwaga:

Wyniki te pokazują, że w zastosowaniach, gdzie osuszanie jest parametrem o kluczowym znaczeniu, średnia różnica temperatur powinna być niższa niż w przypadku jednorodnych czynników chłodniczych lub będących mieszaniną azeotropową.

Szczegółne skutki:

Zauważono, że w niektórych większych zastosowaniach niskotemperaturowych, w których stosowany jest czynnik chłodniczy o dużym poślizgu temperaturowym, czynnik w fazie ciekłej był zasysany do sprężarki. Konieczne było wykonanie czynności odwrotnych do opisanych powyżej. Nastawa przegrzania musiała zostać zwiększona w celu ochrony sprężarki. W przypadku czynników chłodniczych o niskim poślizgu temperaturowym lub bez niego w zastosowaniach niskotemperaturowych nie występują takie skutki.

Podsumowanie:

Elementy do użytku z czynnikami chłodniczymi o dużym poślizgu temperaturowym muszą być odpowiednio dobrane na podstawie średniej różnicy temperatur. Ze względu na poślizg temperaturowy może być konieczna ponowna regulacja nastawy SH.

Zastosowanie czynnika chłodniczego odpowiedniego do użytku przy jednym poziomie temperatury nie oznacza zawsze, że będzie on właściwy również dla innego poziomu temperatury (np. klimatyzacja a zastosowanie niskotemperaturowe). Działanie każdego mechanicznego zaworu rozprężnego zostało zoptymalizowane pod kątem użycia z określonym czynnikiem chłodniczym. Zastosowanie innego czynnika chłodniczego oznacza, że zawór nie będzie działać dokładnie w ten sam sposób lub z takim samym poziomem kontroli.

Aby ograniczyć ryzyko występowania problemów z układem i zachowania najlepszej, stabilnej regulacji układu, warto rozważyć zastosowanie nowego termostatycznego zaworu rozprężnego lub elektronicznego zaworu rozprężnego. EZR oferuje również większą elastyczność projektowanego układu, jeśli regulator przegrzania umożliwia regulację dla wybranego czynnika chłodniczego. Firma Danfoss zawsze modernizuje regulatory pod kątem aktualnie dostępnych, najnowocześniejszych czynników chłodniczych o niskim wskaźniku GWP.

Uwaga:

Czynniki chłodnicze i warunki przedstawione w tym dokumencie nie mają na celu przekonania do zastosowania określonego czynnika chłodniczego lub warunków! Celem niniejszego dokumentu jest omówienie zagadnień fizycznych oraz wpływu elementów i budowy układu w neutralny sposób.

Odpowiedni zawór rozprężny Danfoss można znaleźć za pomocą narzędzia Low GWP Tool przedstawionego poniżej.

<http://refrigerationandairconditioning.danfoss.com/support-center/apps-and-software/low-gwp-tool/>

Zobacz także: ASERCOM, Przewodnik dotyczący czynników chłodniczych i wpływ na deklarowaną wydajność (Refrigerant Glide and Effect on Performances Declaration, <http://asercom.org/guides>)