

SPRĘŻARKI COPELAND SCROLL™ Z WTRYSKIEM PARY DO CHŁODNICTWA

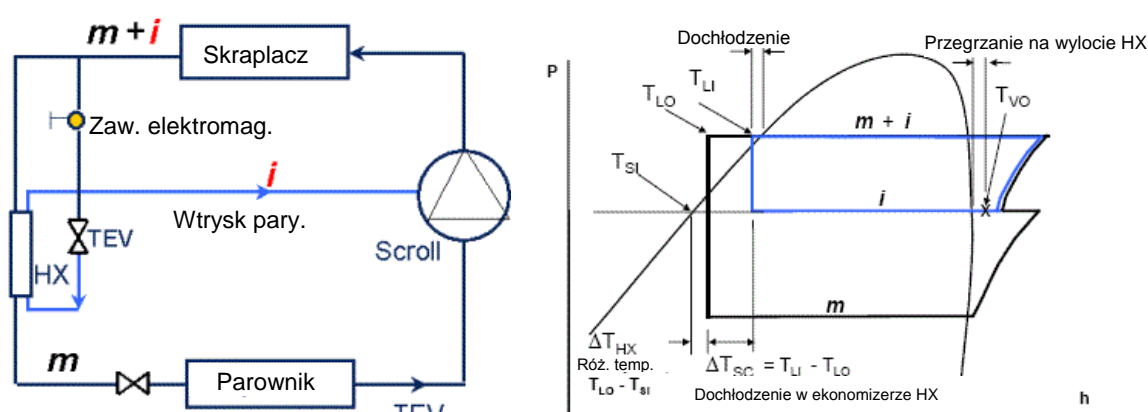
SPIS TREŚCI

1	Wprowadzenie	2
2	Zasada działania	2
3	Wpływ na wydajność.....	3
4	Zakres zastosowań	4
5	Systemy wielosprężarkowe	4
6	Dobór dochładzacza	5
7	Zbiornik ciekłego czynnika	8
8	Dobór zaworu rozprężnego i elektromagnetycznego dochładzacza	8
9	Średnice kolektora i rurociągu wtrysku pary	10
10	Zawór rozprężny parownika (-ów)	11
11	Komponenty i średnice rurociągu cieczy	11
12	Długość rurociągów i izolacja	11
13	Zakres zastosowań – kwestie dodatkowe	12
13.1	Praca bez wtrysku pary.....	12
13.2	Zabezpieczenie przed wysoką temperaturą tłoczenia	12
13.3	Przełącznik prądowo-pomiarowy	12
14	Lista parametrów kontrolnych	12
14.1	Ciśnienie międzystopniowe.....	13
14.2	Wtrysk pary	13
14.3	Temperatura ciekłego czynnika na wyjściu z dochładzacza HX	13
14.4	Temperatura czynnika przed zaworem(-mi) rozprężnym(-mi) parownika(-ów)	13
14.5	Działanie zaworu elektromagnetycznego dochładzacza czynnika / wtrysku pary.....	13
14.6	Przykładowy schemat układu wielosprężarkowego.....	14

1 Wprowadzenie

Sprężarka spiralna z wtryskiem pary wspomaga się ekonomizerem (dochładzaczem) w cyklu sprężania czynnika. Zastosowanie dochładzacza powoduje zwiększenie wydajności chłodniczej i lepsze COP niż w konwencjonalnym obiegu chłodniczym. Zwiększenie wydajności oraz poprawa COP są proporcjonalne do różnicy temperatury parowania i skraplania. Technologia ta daje najlepsze rezultaty w niskich temperaturach odparowania, gdzie wydajność i efektywność są najbardziej potrzebne. Oznacza to zazwyczaj możliwość zastosowania sprężarki o mniejszej wydajności wolumetrycznej niż w przypadku konwencjonalnego obiegu chłodniczego. Dodatkowe chłodzenie sprężanego gazu uzyskane dzięki wtryskowi pary o ciśnieniu międzystopniowym pozwala na pracę sprężarki w zakresie zastosowań analogicznym do sprężarek z wtryskiem cieczy. Sprężarki z wtryskiem pary można stosować we wszystkich typowych zastosowaniach niskotemperaturowych.

2 Zasada działania

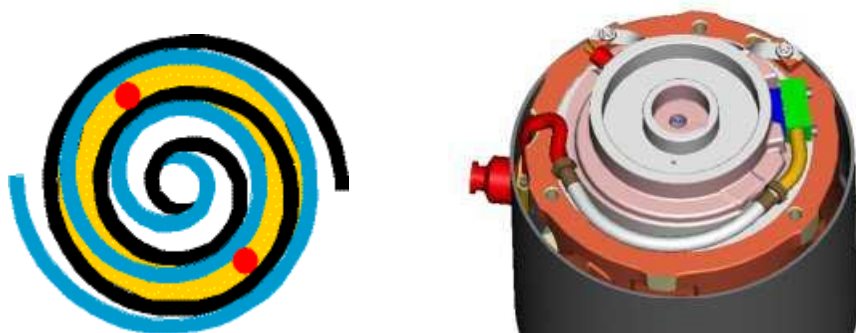


Rys 1: Obieg czynnika na wykresie P-h, przepływ masowy „m”, obieg ekonomizera z przepływem masowym „i”

Jak pokazano na **rysunku 1**, część ciekłego czynnika „i” jest dostarczana poprzez zawór rozprężny do wymiennika ciepła (HX), która działa jako dochładzacz. Powstająca w tym procesie para jest wtryskiwana przez króciec ciśnienia międzystopniowego sprężarki. Dodatkowe dochłodzenie ciekłego czynnika zwiększa wydajność parownika, gdyż wywołuje obniżenie temperatury czynnika od T_{Li} do T_{Lo} i entalpii. Dodatkowy strumień masy „i” przepływający przez ekonomizer zwiększa proporcjonalnie ilość ciepła oddawaną w skraplaczu.

Sprawność cyklu sprężarki z ekonomizerem jest wyższa w porównaniu z cyklem konwencjonalnej, jednostopniowej sprężarki spiralnej o porównywalnej wydajności chłodniczej, ponieważ uzyskany wzrost wydajności wywołany dochłodzeniem czynnika jest osiągany przy niższym zużyciu energii. Para czynnika powstająca w ekonomizerze jest sprężana jedynie od ciśnienia międzystopniowego, a nie od niskiego ciśnienia panującego w parowniku.

Efekt chłodzenia sprężanego gazu uzyskiwany jest poprzez wtrysk par czynnika z ekonomizera przy ciśnieniu międzystopniowym i temperaturze T_{Vo} , która jest kontrolowana przez zawór rozprężny dochładzacza HX.



Rys 2: Umieszczenie punktów wtrysku pary w zestawie spiral i ich połączenie z króćcem na obudowie sprężarki

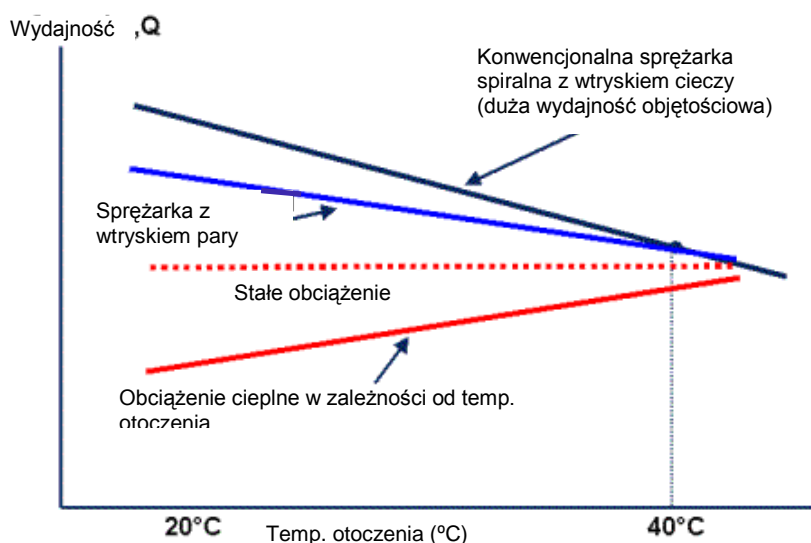
Para z ekonomizera jest wtryskiwana do zestawu spiral poprzez dwa symetrycznie rozmieszczone otwory pokazane na **rysunku 2** z lewej strony. W tych miejscach para z parownika głównego jest sprężona do ciśnienia międzystopniowego. Wielkość tych otworów oraz ich pozycja została zoptymalizowana w celu zmaksymalizowania wsp. COP i wydajności dla typowych warunków pracy. Pojedynczy króciec znajdujący się na obudowie sprężarki jest

połączony elastyczną rurką z otworami w spiralach jak to pokazano na **rysunku 2** po prawej stronie. Elastyczność tego połączenia pozwala na zachowanie promieniowej podatności spiral (spirale mogą rozsunąć się w poziomie).

3 Wpływ na wydajność

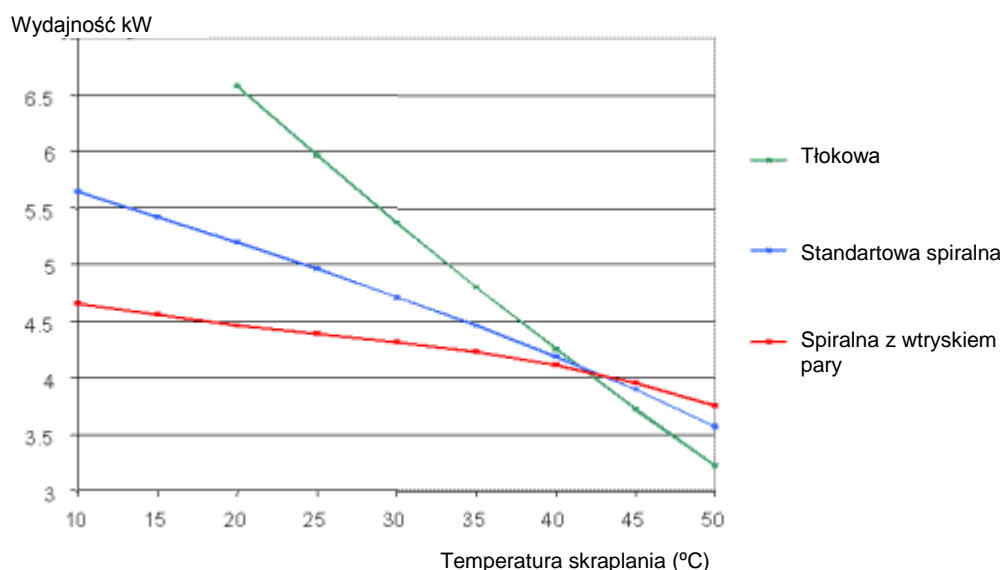
Ciśnienie skraplania ma mniejszy wpływ na zmiany wydajności sprężarek spiralnych z wtryskiem pary niż na sprężarki konwencjonalne.

Na **rysunku 3** linia niebieską przedstawiono charakterystykę sprężarki spiralnej z wtryskiem pary. Wyraźnie widoczne jest jej mniejsze nachylenie linii przedstawiającej zależność wydajności od temperatury otoczenia w porównaniu do sprężarki konwencjonalnej. Spadek temperatury skraplania nie powoduje gwałtownego przyrostu wydajności chłodniczej co skutkuje mniejszą liczbą cykli włączeń i wyłączeń oraz lepszym COP, gdyż skraplacz jest mniej obciążony w czasie pracy sprężarki.



Rys 3: Zmiany wydajności oraz obciążenia cieplnego

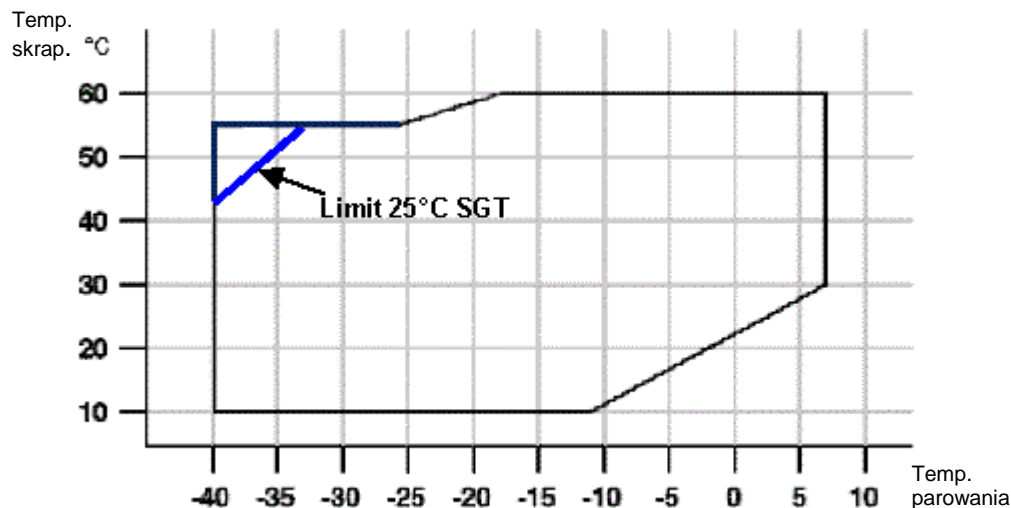
Dla przykładu sprężarka tłokowa dobrana do obciążenia 4kW w przypadku spadku temperatury w okolice 20°C, jak pokazano na **rysunku 4**, będzie osiągać wydajność 6 do 7kW. Przy stałym obciążeniu cieplnym będzie to odpowiadać nadmiarowi mocy chłodniczej 50% - 75%. Sprężarka spiralna z wtryskiem pary zwiększy natomiast swoją wydajność w analogicznej sytuacji jedynie o 12,5% czyli do 4,5kW.



Rys 4: Zmiany wydajności w zależności od temperatury skraplania, R404A

4 Zakres zastosowań

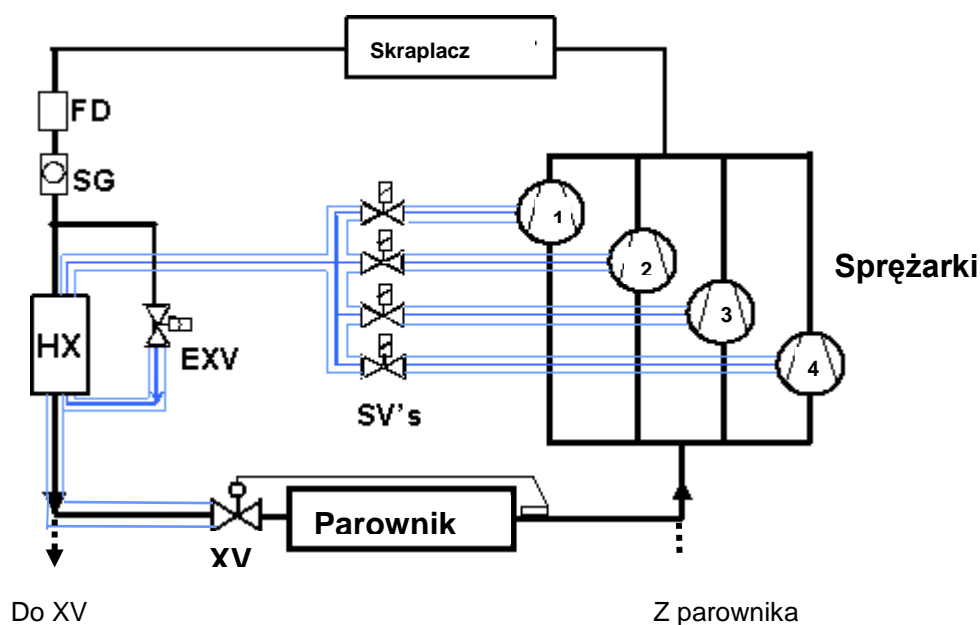
Rysunek 5 przedstawia bardzo duży obszar pracy sprężarki spiralnej z wtryskiem pary z niewielkim ograniczeniem ze względu na wysoką temperaturę zasysanego gazu.



Rys 5: Obszar pracy sprężarki spiralnej z wtryskiem pary, temp. ssania 0°C, limit pracy z temp. ssania 25°C, R404A

5 Systemy wielosprężarkowe

Systemy wielosprężarkowe sprężarek spiralnych z wtryskiem pary mogą pracować ze wspólnym dochładzaczem czynnika (HX) i jednym elektronicznym zaworem rozprężnym (EXV), jak pokazano to na rysunku 6. Każda sprężarka musi posiadać zawór elektromagnetyczny na rurociągu wtrysku pary, który zamyka się w momencie wyłączenia sprężarki. Zabezpiecza to sprężarkę przed dostawianiem się tą drogą czynnika do jej wnętrza podczas postoju.



Rys 6: Schemat układu wielosprężarkowego ze wspólnym dochładzaczem (HX)

6 Dobór dochładzacza

W tabelach poniżej przedstawiono przykładowe doборы wymienników płytowych SWEP oraz Alfa Laval pracujących jako dochładzacz w układach zawierających od jednej do sześciu sprężarek. Dobór został dokonany dla R404a dla warunków -35/40°C czynnik R404a z przeznaczeniem dla układów niskotemperaturowych.

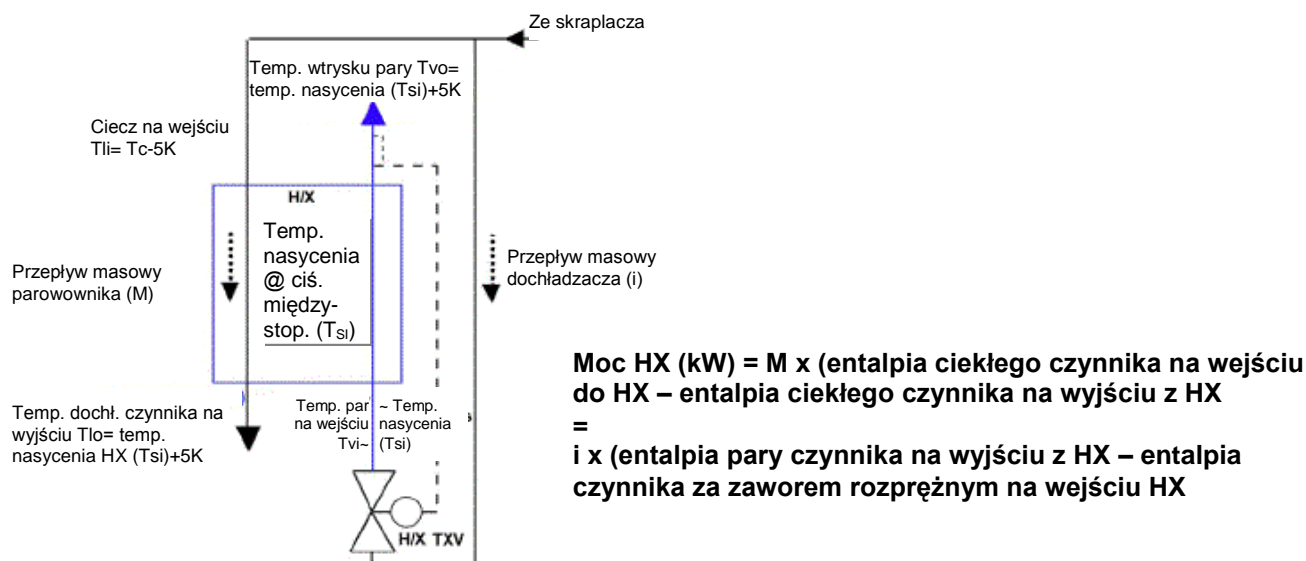
Łączna liczba sprężarek	Wymiennik płytowy (SWEP)					
	ZF13KVE	ZF18KVE	ZF24KVE	ZF33KVE	ZF40KVE	ZF48KVE
1	B8T-14	B8T-14	B8T-14	B8T-20	B8T-20	B16-20
2	B8T-14	B8T-20	B16-20	B16-20	B16-30	B16-30
3	B16-20	B16-20	B16-20	B16-30	B16-30	B16-30
4	B16-20	B16-20	B16-30	B16-30	B16-40	B16-40
5	B16-20	B16-20	B16-30	B16-40	B16-40	B120T-30
6	B16-20	B16-20	B16-40	B16-40	B120T-30	B120T-30

Tabela 1

Łączna liczba sprężarek	Wymiennik płytowy (Alfa Laval)					
	ZF13 KVE	ZF18 KVE	ZF24 KVE	ZF33 KVE	ZF40 KVE	ZF48 KVE
1	AC30 - 10 EQ	AC30 - 10 EQ	AC30 - 14 EQ	AC30 - 20 EQ	AC30 - 24 EQ	AC30 - 24 EQ
2	AC30 - 14 EQ	AC30 - 20 EQ	AC30 - 24 EQ	AC30 - 34 EQ	AC30 - 40 EQ	AC30 - 40 EQ
3	AC30 - 24 EQ	AC30 - 24 EQ	AC30 - 40 EQ	AC30 - 50 EQ	AC30 - 60 EQ	AC30 - 60 EQ
4	AC30 - 30 EQ	AC30 - 34 EQ	AC30 - 50 EQ	AC30 - 60 EQ	AC70 - 30 HX	AC70 - 30 HX
5	AC30 - 34 EQ	AC30 - 40 EQ	AC30 - 60 EQ	AC70 - 34 HX	AC70 - 40 HX	AC70 - 40 HX
6	AC30 - 40 EQ	AC30 - 50 EQ	AC70 - 30 HX	AC70 - 40 HX	AC70 - 50 HX	AC70 - 50 HX

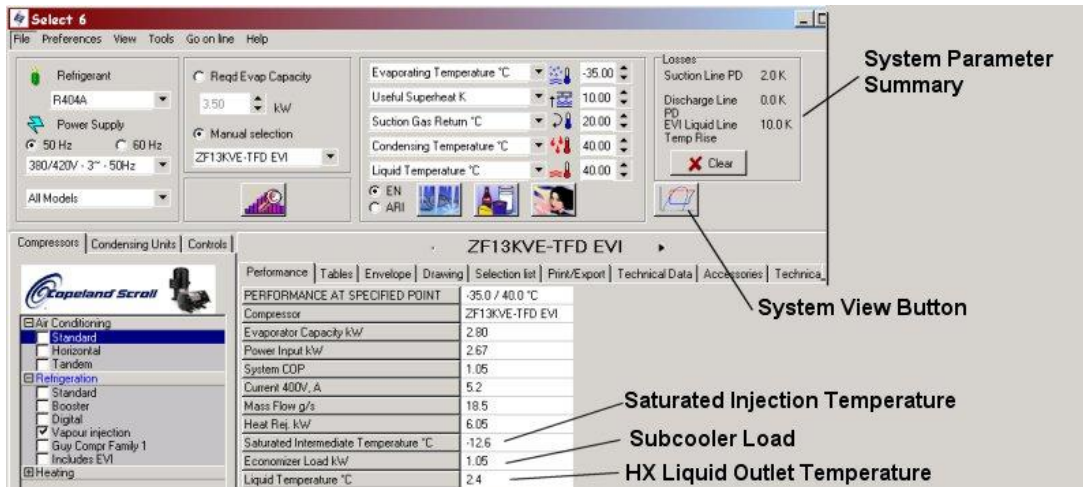
Tabela 2

W celu doboru dochładzacza innej firmy lub dla innych warunków należy ustalić wymaganą moc wymiennika. Informację tę można uzyskać z program doborowego Copeland® Select (patrz poniżej). W programie znajdują się również informacje o temperaturze ciekłego czynnika na wyjściu z wymiennika T_{LO} oraz temperaturze nasycenia par T_{SI} przy ciśnieniu międzystopniowym. Bilans cieplny dochładzacza może być użyty do obliczenia jego mocy. Na **rysunku 7** przedstawiono potrzebne do obliczeń parametry. Najlepsze wartości można osiągnąć dobierając wymiennik na różnicę temperatur 5K oraz przegrzanie czynnika 5K.



Rys 7: Obliczenie mocy dochładzacza HX w oparciu o jego bilans oraz przepływy masowe

Korzyść z naturalnego dochłodzenia jest ograniczona, np. dochłodzenie w skraplaczu jest ograniczone do 5K. Dalsze zwiększanie dochłodzenia nie wywołuje dużego spadku temperatury czynnika na wyjściu z dochładzacza T_{LO} i nie ma wpływu na pracę układu. Parametry dochładzacza bazują na różnicy temperatur $\Delta T_{HX} = 5K$.



System Parameter Summary

Suction Line PD	2.0 K
Discharge Line PD	0.0 K
EVI Liquid Line Temp Rise	10.0 K

System View Button

Saturated Injection Temperature

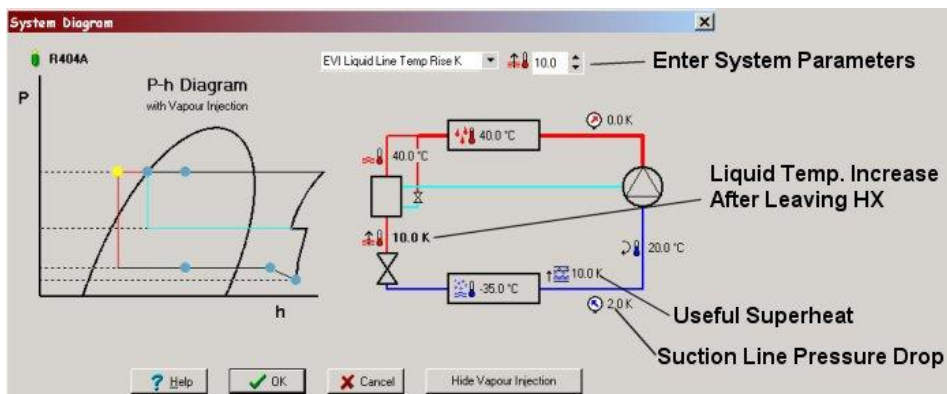
Subcooler Load

HX Liquid Outlet Temperature

PERFORMANCE AT SPECIFIED POINT	
Compressor	ZF13KVE-TFD EVI
Evaporator Capacity kW	2.80
Power Input kW	2.67
System COP	1.05
Current 400V, A	5.2
Mass Flow g/s	18.5
Heat Rej. kW	6.05
Saturated Intermediate Temperature °C	-12.6
Economizer Load kW	1.05
Liquid Temperature °C	2.4

Rys 8: Parametry dochładzacza w programie doborowym Select

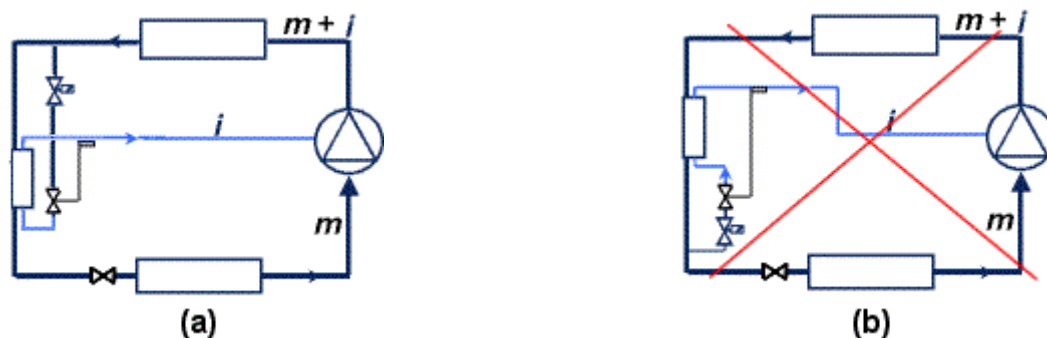
W programie doborowym Select temperatura ciekłego czynnika na wyjściu z dochładzacza T_{LO} jest podawana w powiązaniu z mocą dochładzacza oraz temperaturą pary nasyconej T_{SI} . Dodatkowe parametry są prezentowane w prawym górnym rogu ekranu po naciśnięciu ikony wykresu P-i:



Rys 9: Parametry układu prezentowane po naciśnięciu ikony systemu

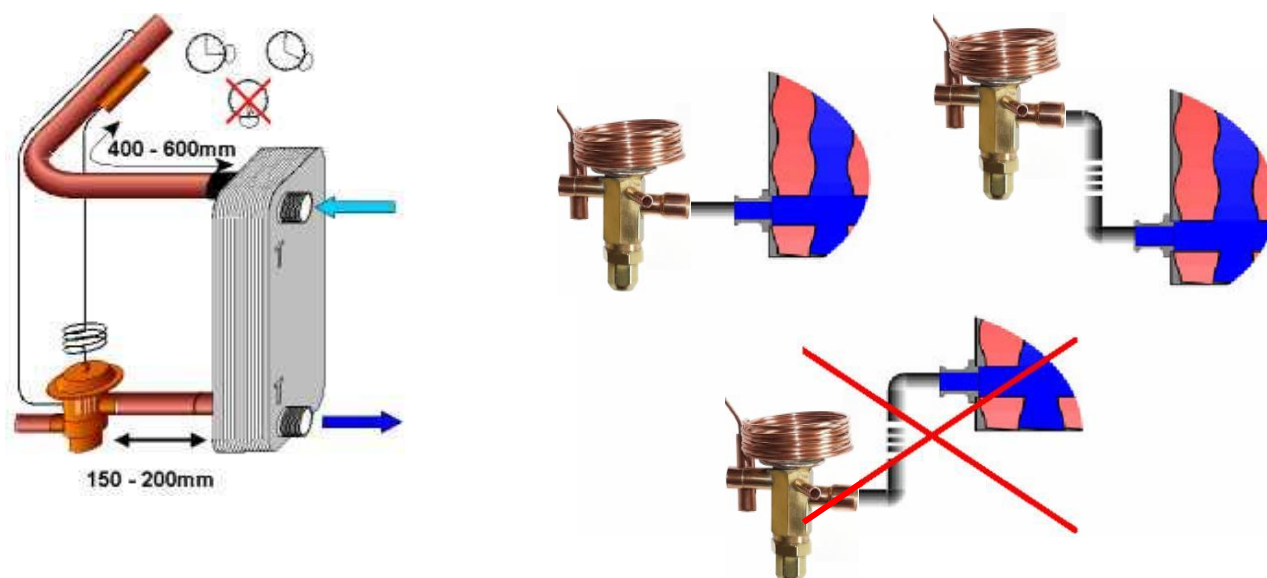
Nierzadko konieczne jest uwzględnienie zmiany temperatury czynnika pomiędzy dochładzaczem a zaworem rozprężnym. Jeżeli rurowciąg cieczej jest prowadzony przez obszar o temperaturze wyższej niż temperatura cieczej T_{LO} to nastąpi podniesienie jej temperatury oraz strata mocy układu chłodniczego. Ten wzrost temperatury ciekłego czynnika na drodze od dochładzacza do zaworu rozprężnego (zwany również wzrostem temperatury linii cieczej EVI) może być uwzględniony w programie doborowym.

Na **rysunku 10(b)** przedstawiono schemat układu zwanego dwuprzepływowym. Do zasilenia zaworu rozprężnego dochładzacza użyty jest wcześniej dochłodzony w nim czynnik. Metoda ta jest czasem proponowana w celu zapewnienia dobrego dochłodzenia czynnika przed zaworem(-mi) rozprężnym(-mi) parownika(-ów). Układ ten nie powoduje ani wzrostu ani spadku mocy dochładzacza. Wymiennik pracujący jako dochładzacz musi być jednak większy niż w układzie jednoprzepływowym, gdyż przepływa przez niego większy strumień masowy czynnika ($m+i$). Strumień masowy czynnika (i) przepływa przez dochładzacz dwa razy. Najpierw jest dochładzany jako ciekły czynnik a potem odparowuje dochładzając ciekły czynnik. Przepływ tego czynnika powoduje dodatkowy spadek ciśnienia w linii cieczej. Układ dwuprzepływowy wymaga także większej liczby połączeń i dłuższego rurowciągu po stronie dochładzanego ciekłego czynnika, który również należy zizolować dla zapewnienia minimalnej wymiany ciepła. W związku z powyższym układ jednoprzepływowy, pokazany na **rysunku 10(a)**, jest bardziej zalecany do stosowania niż dwuprzepływowy.



Rys 10: (a) jednoprzepływowy (rekomendowany) (b) dwuprzepływowy (nie rekomendowany)

Dochładzacz musi być montowany w pozycji pionowej z zasilaniem od dołu. Zawór rozprężny powinien być zamontowany w odległości 150-200 mm od króćca wymiennika i nie poniżej poziomu osi przyłącza.



Rys 11: Usytuowanie zaworu rozprężnego i czujki przy zastosowaniu wymiennika płytowego

Czujka termostatycznego zaworu rozprężnego powinna znajdować się w odległości 400-600 mm od wylotu z dochładzacza za kolankiem na poziomym odcinku i przymocowana od wewnętrznej jego strony jak to pokazano na **rysunku 11**. Czujki zaworu rozprężnego nie należy umieszczać od spodu rury. Zewnętrzne wyrównanie ciśnienia w zaworze rozprężnym nie jest wymagane. Rura pomiędzy zaworem rozprężnym i wlotem do dochładzacza może być prosta lub z łukami jak to pokazano na **rysunku 11**.

Do układów wielosprężarkowych rekomenduje się zastosowanie elektronicznego zaworu rozprężnego (patrz poniżej).

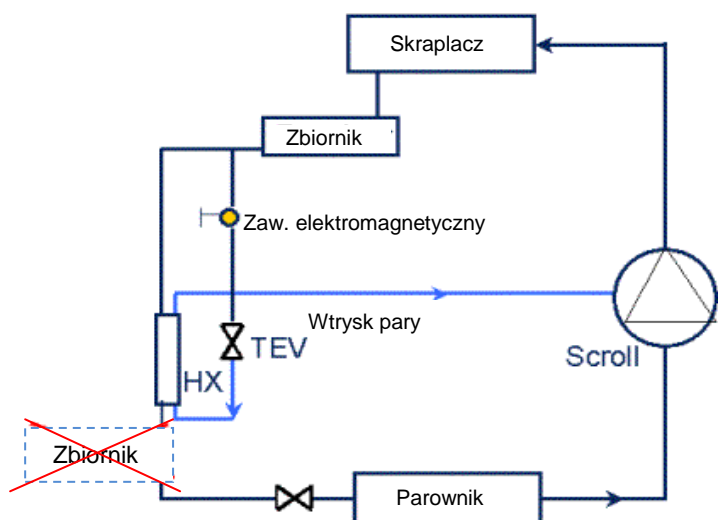
Średnica króćca dochładzacza powinna być na tyle mała by zagwarantować turbulentny przepływ co zapewnia równomierny rozdział czynnika na sekcje i prawidłowe odparowanie. Zalecane średnice króćców przedstawiono w **tabeli 3**.

Model	Wlot pary	Wylot pary	Wlot cieczy	Wylot cieczy
B8T-14	1/4"	1/2"	1/2"	1/2"
B8T-20	1/4"	1/2"	1/2"	1/2"
B16-20	1/2"	7/8"	1/2"	1/2"
B16-30	1/2"	7/8"	1/2"	1/2"
B16-40	5/8"	1 3/8"	5/8"	5/8"
B120T-30	7/8"	1 3/8"	1 3/8"	1 3/8"

Tabela 3

7 Zbiornik ciekłego czynnika

Zbiornik ciekłego czynnika może być konieczny do akumulowania czynnika w trakcie pracy w zmiennych warunkach. Zbiornik zawsze powinien być umieszczony na linii cieczy pomiędzy skraplaczem a dochładzaczem. Nie należy umieszczać go za dochładzaczem, gdyż nie wytworzy się w nim „poduszka gazowa” niezbędna do jego prawidłowej pracy.



Rys 12: Gdzie nie umieszczać zbiornika czynnika

8 Dobór zaworu rozprężnego i elektromagnetycznego dochładzacza

Do zasilania dochładzacza (HX) można stosować termostatyczny (TXV) lub elektroniczny zawór rozprężny (EXV). Zawór elektromagnetyczny jest niezbędny jeżeli zawór rozprężny nie jest w stanie zamknąć szczelnie przepływu. Szczelne zamknięcie zapobiega przedostawaniu się czynnika do sprężarki podczas postoju. Zawór elektromagnetyczny może być umieszczony w rurociągu cieczy lub wtrysku pary do sprężarki. Ze względu na mniejszą wielkość zaworu z reguły preferowany jest rurociąg cieczy. Zawory elektromagnetyczne są niezbędne w przewodach wtrysku pary do sprężarki w układach wielosprężarkowych jak to pokazano na **rysunku 6**.

Tabela 4 Zalecane wielkości elektronicznych zaworów rozprężnych EXV:

Łączna liczba sprężarek	Elektroniczny zawór rozprężny Alco					
	ZF13KVE	ZF18KVE	ZF24KVE	ZF33KVE	ZF40KVE	ZF48KVE
1	EX4	EX4	EX4	EX4	EX4	EX4
2	EX4	EX4	EX4	EX4	EX4	EX5
3	EX4	EX4	EX4	EX4	EX5	EX5
4	EX4	EX4	EX4	EX5	EX5	EX5
5	EX4	EX4	EX5	EX5	EX5	EX5
6	EX4	EX5	EX5	EX5	EX5	EX5

Tabela 4

W przypadku stosowania elektronicznych zaworów rozprężnych (EXV) należy wybierać zawory z silnikiem krokowym. Pulsacyjne zawory rozprężne są nieodpowiednie, gdyż nie zapewniają stabilnych warunków pracy dochładzacza ze względu na jego niewielką pojemność. W rezultacie może doprowadzić do zasilania dochładzacza nadmierną ilością ciekłego czynnika.

Termostatyczne zawory rozprężne (TXV) mogą również być stosowane w systemach wielosprężarkowych. W tabeli 5 przedstawiono rekomendowane wielkości zaworów rozprężnych i elektromagnetycznych do rurociągu wtrysku pary (do max 2 sprężarek):

Liczba sprężarek	Komponenty	Termostatyczne zawory rozprężne i zaw. Elektromagnetyczne					
		ZF13KVE	ZF18KVE	ZF24KVE	ZF33KVE	ZF40KVE	ZF48KVE
1	TXV	TX3-S22	TX3-S23	TX3-S24	TX3-S24	TX3-S25	TX3-S25
	SV1	110 RB2	110 RB2	110 RB2	200 RB3	200 RB3	200 RB3
2	TXV	TX3-S24	TX3-S25	TX3-S25	TX3-S26	TX3-S27	TX3-S28
	SV1	110 RB2	110 RB2	110 RB2	200 RB3	200 RB3	200 RB3
	SV2		200 RB3	200 RB3	200 RB4	200 RB4	200 RB4

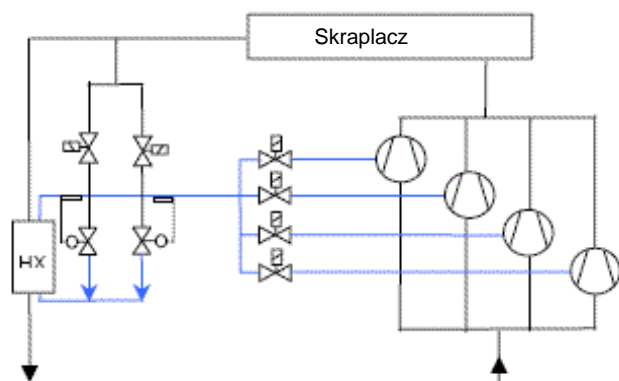
Tabela 5: Komponenty dochładzacza

Liczba pracujących sprężarek	Komponenty	Termostatyczne zawory rozprężne i zaw. Elektromagnetyczne					
		ZF13KVE	ZF18KVE	ZF24KVE	ZF33KVE	ZF40KVE	ZF48KVE
1 On 2 Off	TXV	TX3-S24	TX3-S25	TX3-S25	TX3-S26	TX3-S27	TX3-S28
	SV1	110 RB2	110 RB2	110 RB2	200 RB3	200 RB3	200 RB3
	SV2	Off	Off	Off	Off	Off	Off
1 On 2 On	TXV	TX3-S24	TX3-S25	TX3-S25	TX3-S26	TX3-S27	TX3-S28
	SV1	Off	Off	Off	Off	Off	Off
	SV2	110 RB2	200 RB3	200 RB3	200 RB4	200 RB4	200 RB4

Tabela 6: Przykład włączania i wyłączania zaworów elektromagnetycznych podczas pracy tandemu

Zawory elektromagnetyczne z serwołokiem wymagają minimalnego spadku ciśnienia (około 0,05 bar) do pełnego otwarcia. W przypadku małego przepływu czynnika ta wartość może nie być osiągnięta i w konsekwencji zawór może zamknąć się w sposób niekontrolowany. Może to spowodować oscylacje w układzie chłodniczym i jego złą pracę. Taki efekt może być spowodowany niepoprawnym doбором zaworu elektromagnetycznego np. jego znacznym przewymiarowaniem. Jest to szczególnie ważne w układach z regulacją wydajności. Dlatego doboru zaworu elektromagnetycznego należy dokonywać w oparciu o jego wydajność a nie średnicę przyłączy!

W układach zawierających więcej niż dwie sprężarki również można stosować termostatyczne zawory rozprężne do zasilania dochładzacza. Trzeba jednak niezwykle starannie dobrać ich wielkość uwzględniając pracę z regulacją wydajności. Należy zapewnić dobrą dystrybucję czynnika we wspólnym dochładzacz, jak również odpowiednią prędkość czynnika w rurociągach zapewniającą powrót oleju do sprężarki nawet przy częściowym obciążeniu. Niezbędne mogą być dwa zawory rozprężne różnej wielkości, każdy z własnym zaworem elektromagnetycznym. Na przykład jeden zawór dobrany na 100% wydajności i drugi dla 30% wydajności (patrz rysunek 13).



Rys 13: Zasilanie dochładzacza dwoma termostatycznymi zaworami rozprężnymi TXV w układzie wielosprężarkowym

9 Średnice kolektora i rurociągu wtrysku pary

Średnica rurociągu wtrysku pary z dochładzacza do sprężarki musi być prawidłowo zwymiarowana i zapewniać minimalny spadek ciśnienia. **Tabele 7 i 8** przedstawiają rekomendowane średnice kolektora wtrysku pary dla układów wielosprężarkowych oraz średnice indywidualnych rurociągów wtrysku pary do każdej sprężarki. Wymiary te są odpowiadają średnicom króćców wtrysku pary sprężarek.

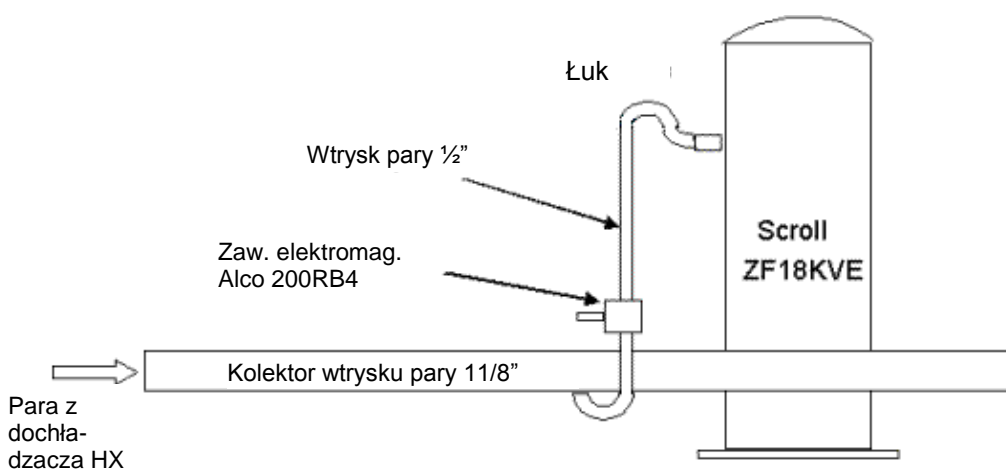
Łączna liczba sprężarek	Średnica kolektora wtrysku pary					
	ZF13KVE	ZF18KVE	ZF24KVE	ZF33KVE	ZF40KVE	ZF48KVE
1	1/2"	1/2"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"
2	7/8"	5/8"	1 1/8"	1 1/8"	1 1/8"	1 1/8"
3	7/8"	3/4"	1 1/8"	1 3/8"	1 3/8"	1 5/8"
4	7/8"	7/8"	1 1/8"	1 3/8"	1 3/8"	1 5/8"
5	1 1/8"	1 1/8"	1 3/8"	1 5/8"	1 5/8"	2 1/8"
6	1 1/8"	1 1/8"	1 3/8"	1 5/8"	1 5/8"	2 1/8"

Tabela 7

Model	Średnica rurociągu wtrysku pary
ZF13KVE - TFD	1/2"
ZF18KVE - TFD	1/2"
ZF24KVE - TWD	5/8"
ZF33KVE - TWD	5/8"
ZF40KVE - TWD	5/8"
ZF48KVE - TWD	5/8"

Tabela 8

Na **rysunku 14** przedstawiono rekomendowane ukształtowanie rurociągów wtrysku pary w układzie wielosprężarkowym. Dzięki takiemu układowi w kolektorze nie będzie gromadził się olej. Będzie on prawidłowo transportowany do sprężarek.



Rys 14: Przykład ukształtowania rurociągów wtrysku pary dla zestawu pięciu sprężarek ZF18KVE

10 Zawór rozprężny parownika (-ów)

W przypadku stosowania termostatycznego zaworu rozprężnego (TXV) należy uwzględnić podczas doboru dochłodzenie czynnika. Zawór rozprężny z tego powodu może być mniejszy niż normalnie.

11 Komponenty i średnice rurociągu cieczy

Rurociąg cieczowy oraz komponenty również należy dobierać z uwzględnieniem dochłodzenia czynnika. Rekomendowane wielkości przedstawiono w poniższych tabelach:

Łączna liczba sprężarek	Średnica głównego rurociągu cieczowego					
	ZF13KVE	ZF18KVE	ZF24KVE	ZF33KVE	ZF40KVE	ZF48KVE
1	3/8"	3/8"	3/8"	1/2"	1/2"	5/8"
2	3/8"	1/2"	5/8"	5/8"	5/8"	7/8"
3	1/2"	5/8"	5/8"	7/8"	7/8"	7/8"
4	5/8"	5/8"	7/8"	7/8"	7/8"	1 3/8"
5	5/8"	7/8"	7/8"	1 3/8"	1 3/8"	1 3/8"
6	5/8"	7/8"	7/8"	1 3/8"	1 3/8"	1 3/8"

Tabela 9

Łączna liczba sprężarek	Filtr osuszacz					
	ZF13KVE	ZF18KVE	ZF24KVE	ZF33KVE	ZF40KVE	ZF48KVE
1	ADK-053S	ADK-053S	ADK-053S	ADK-084S	ADK-084S	ADK-084S
2	ADK-083S	ADK-084S	ADK-084S	ADK-165S	ADK-165S	ADK-307S
3	ADK-084S	ADK-164S	ADK-165S	ADK-307S	ADK-307S	ADK-417S
4	ADK-165S	ADK-165S	ADK-307S	ADK-307S	ADK-417S	ADKS-4811T
5	ADK-165S	ADK-307S	ADK-417S	ADKS-4811T	ADKS-4811T	ADKS-4811T
6	ADK-305S	ADK-307S	ADK-757S	ADKS-4811T	ADKS-489T	ADKS-4811T

Tabela 10

Łączna liczba sprężarek	Wziernik					
	ZF13KVE	ZF18KVE	ZF24KVE	ZF33KVE	ZF40KVE	ZF48KVE
1	MIA 038	MIA 038	MIA 038	MIA 012	MIA 012	MIA 058
2	MIA 038	MIA 012	MIA 058	MIA 058	MIA 058	MIA 078
3	MIA 012	MIA 058	MIA 058	MIA 078	MIA 078	MIA 078
4	MIA 058	MIA 058	MIA 078	MIA 078	MIA 078	AMI-2S11
5	MIA 058	MIA 078	MIA 078	AMI-2S11	AMI-2S11	AMI-2S11
6	MIA 058	MIA 078	MIA 078	AMI-2S11	AMI-2S11	AMI-2S11

Tabela 11

12 Długość rurociągów i izolacja

Rurociąg cieczy na drodze od dochładzacza HX do zaworu(-ów) rozprężnego(-ych) musi być dobrze zaizolowany. Rurociągi ssawny oraz wtrysku pary na odcinkach od zaworów rozprężnych do sprężarki, powinny być dobrze zaizolowane i krótkie na tyle na ile jest to możliwe oraz praktyczne. Dochładzacz HX również należy zaizolować. Wszystkie rurociągi zaznaczone na schematach układów kolorem niebieskim należy starannie izolować.

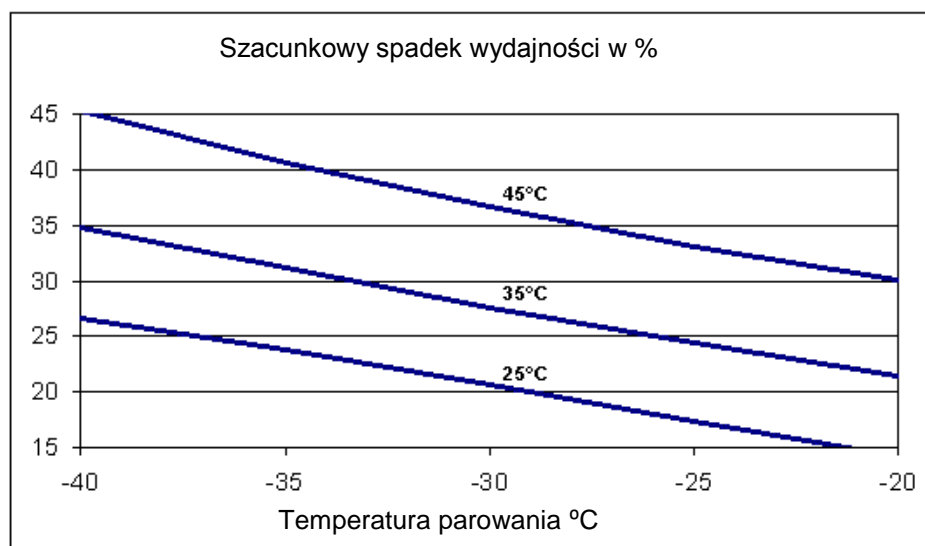
Wzrost temperatury rurociągu cieczy: W wielu instalacjach, w których sprężarka(-i) jest (są) zamontowane w pewnej odległości od parownika(-ów), temperatura dochłodzonego czynnika w rurociągu cieczy wzrasta na drodze pomiędzy dochładzaczem HX a zaworem rozprężnym parownika(-ów). Nawet w przypadku prawidłowo zaizolowanych rurociągów cieczowych dochodzi do wzrostu temperatury czynnika i spowodowanej tym pewnej straty

wydajności. Strata wydajności może być oszacowana na drodze obliczeń. Typowa wartość to wzrost temperatury o 0,7K na każde 10m długości rurociągu cieczy przechodzącego przez obszar o temperaturze 20°C. Obliczony wzrost temperatury można uwzględnić przy doborze sprężarki w programie Select. Należy nacisnąć ikonę wykresu P-h a następnie „Pokaż wtrysk pary” i wprowadzić wartość wzrostu temperatury cieczy (patrz **rysunek 9**).

13 Zakres zastosowań – kwestie dodatkowe

13.1 Praca bez wtrysku pary

Sprężarki ZFKVE mogą pracować bez wtrysku pary co daje ograniczony efekt regulacji wydajności.



Rys 15: Wykres szacunkowego spadku wydajności w % w przypadku pracy bez wtrysku pary

Rysunek 15 przedstawia szacunkową wartość spadku wydajności w % dla różnych temperatur parowania i skraplania w przypadku wyłączenia wtrysku pary. Zakres regulacji wydajności jest ograniczony zwłaszcza w obszarze niskich temperatur skraplania. Ze względu na to, że COP jest zawsze wyższe z włączonym wtryskiem pary ten sposób pracy jest rekomendowany w każdych warunkach.

13.2 Zabezpieczenie przed wysoką temperaturą tłoczenia

Każda sprężarka zgodnie z instrukcją instalacyjną powinna być wyposażona zabezpieczenie przed wysoką temperaturą tłoczenia. Chroni ono sprężarkę przed przegrzaniem w przypadku utraty efektu chłodzenia wynikającego z wtrysku pary. Zabezpieczenie temperatury tłoczenia można zrealizować poprzez wpięcie czujki temperatury w obwód łańcucha zabezpieczeń. Niektóre większe sprężarki posiadają wewnętrzne zabezpieczenia, jednak i w tym przypadku byłoby przydatne zastosowanie zewnętrznego czujnika zintegrowanego z obwodem bezpieczeństwa w celu uniknięcia wyłączeń spowodowanych przez wewnętrzne zabezpieczenia silnika.

13.3 Przekaznik prądowo-pomiarowy

Zaleca się, aby modele z wewnętrznym zabezpieczeniem silnika (ZF09/13/18) zostały wyposażone w przekaznik prądowo-pomiarowy, który zamknie zawór elektromagnetyczny w przypadku wyłączenia sprężarki.

14 Lista parametrów kontrolnych

Typ sprężarki(ek): _____
 Nr seryjny: _____
 Zainstalowane przez: _____
 Data instalacji: _____ Liczba sprężarek: _____
 System: _____

14.1 Ciśnienie międzystopniowe

Sprawdź ciśnienie w króćcu wtrysku pary na sprężarce znajdującej się najdalej od dochładzacza HX. Jeżeli jest inne niż obliczeniowe sprawdź:

- ΔP w linii wtrysku pary ($P_{V_o} - P_{C_V}$, patrz **tabela 12**).
- Sprawdź poprawność doboru zaworu rozprężnego T/EXV dochładzacza HX.
- Sprawdź ustawienie przegrzania zaworu rozprężnego T/EXV.
- Sprawdź ΔP w dochładzaczu HX. Jeżeli spadek ciśnienia jest za duży, sprawdź wielkość i typ dochładzacza HX.

14.2 Wtrysk pary

Temperatura wtryskiwanej do sprężarki pary powinna być wyższa o 5K od temperatury międzystopniowej pary nasyconej czynnika (punkt rosy) w dochładzaczu. Jeżeli różnica jest inna to:

- Sprawdź ΔT w rurociągu wtrysku pary ($T_{C_{Vi}} - T_{V_o}$).
- Sprawdź prawidłowość nastawy przegrzania zaworu rozprężnego.
- Pozycję montażu czujki zaworu rozprężnego na rurociągu.

14.3 Temperatura ciekłego czynnika na wyjściu z dochładzacza HX

Temperatura ciekłego czynnika na wyjściu z dochładzacza HX powinna być wyższa o 5K od temperatury korespondującej z międzystopniowym ciśnieniem pary nasyconej czynnika (punkt rosy). Należy dążyć do różnicy temperatur w dochładzaczu Δt równej około 5K.

Δt na dochładzaczu HX = temperatura ciekłego czynnika na wyjściu z dochładzacza (T_{L_o}) – temperatura parowania na wejściu do dochładzacza (T_{V_i}). Takie warunki powinny zapewnić ekonomiczne i wydajne warunki pracy.

14.4 Temperatura czynnika przed zaworem(-mi) rozprężnym(-mi) parownika(-ów)

Wszystkie rurociągi i kolektory cieczy prowadzące do parownika(-ów) powinny być właściwie zaizolowane.

Sprawdź temperaturę ciekłego czynnika doprowadzanego z dochładzacza na wejściu zaworu rozprężnego parownika(-ów). Temperatura ta powinna być zgodna z założeniami projektowymi.

14.5 Działanie zaworu elektromagnetycznego dochładzacza czynnika / wtrysku pary

Funkcją tego zaworu jest kontrola dopływu czynnika przez rurociąg wtrysku pary do sprężarki. Kiedy sprężarka się zatrzymuje zawór ten musi się zamknąć i zatrzymać wtrysk czynnika. Praca tego zaworu nie powinna wpływać na pracę zaworu rozprężnego dochładzacza, który kontroluje ciśnienie międzystopniowe i temperatury.

W celu sprawdzenia czy praca zaworu elektromagnetycznego jest prawidłowa należy przeprowadzić poniższą procedurę. Przykład odnosi się do **rysunku 16** i sytuacji **gdy wszystkie 4 sprężarki pracują**:

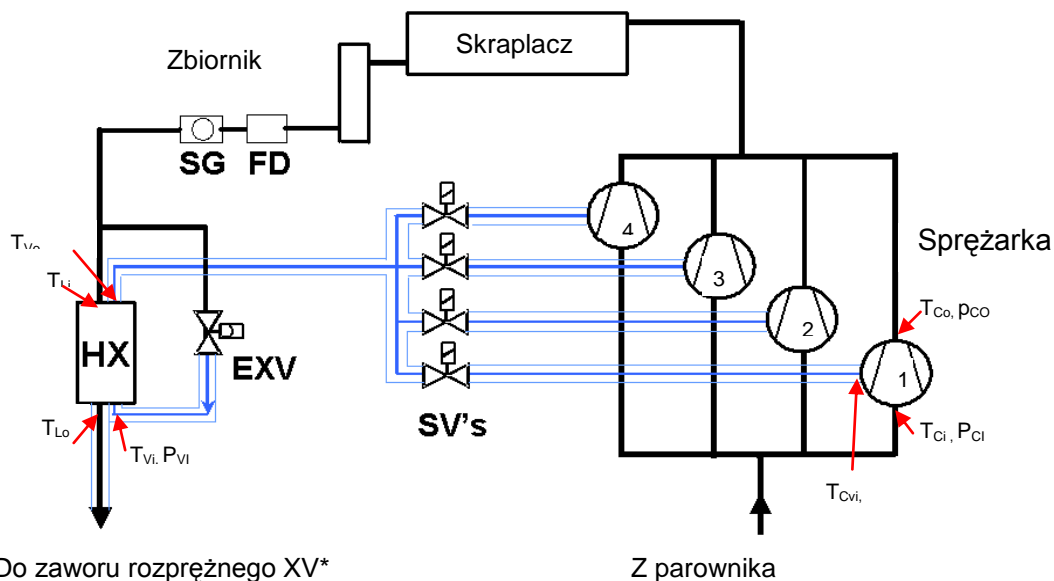
- Wyłącz z ruchu sprężarkę nr 1:
 - Upewnij się, że zawór elektromagnetyczny wtrysku pary zamknął się poprzez pomiar ciśnienia w rurociągu wtrysku pary.
 - Sprawdź temperaturę ciekłego czynnika na wlocie do dochładzacza (T_{L_i}) i na wylocie z dochładzacza (T_{L_o}) Różnica temperatur nie powinna się specjalnie zmienić. $HX \Delta T_{SC} = (T_{L_i} - T_{L_o})$.
- Wyłącz z ruchu sprężarkę nr 2, powtórz czynności sprawdzające jak dla sprężarki nr 1.
- Wyłącz z ruchu sprężarkę nr 3, powtórz czynności sprawdzające jak dla sprężarki nr 1.
- Sprężarka nr 4 stale pracuje.

	MIEJSCE ODCZYTU		SPRĘŻARKI SPIRALNE KVE			
Konfiguracja sprężarek (np. 1 & 2, 1, 2, 3 & 4 itd.)						
Sprężarka	T_{Ci} - Temp. na wejściu	$^{\circ}\text{C}$				
Sprężarka	P_{Ci} - Ciś. na wejściu	Bar				
Sprężarka	T_{Co} - Temp. wyjściu	$^{\circ}\text{C}$				
Sprężarka	P_{Co} - Ciś. na wyjściu	Bar				
Sprężarka	T_{Cvi} - Temp. wtrysku pary	$^{\circ}\text{C}$				
Sprężarka	P_{Cvi} - Ciś. wtrysku pary	Bar				
Δp na linii wtrysku	ΔP - Różnica ($P_{Cvi} - P_{vo}$)	Bar				
Sprężarka	P_1 - Pobór mocy	kW				
Sprężarka	A - Prąd	A				
Dochładzacz (HX)	T_{Li} - Temp. cieczy na wejściu	$^{\circ}\text{C}$				
Dochładzacz (HX)	T_{Lo} - Temp. cieczy na wyjściu	$^{\circ}\text{C}$				
Δt w dochł. HX	ΔT_{SC} - Dochłodzenie na' HX ($T_{Li} - T_{Lo}$)	K				
Dochładzacz (HX)	T_{vi} - Temp. pary na wejściu	$^{\circ}\text{C}$				
Dochładzacz (HX)	P_{vi} - Ciś. pary na wejściu	Bar				
Dochładzacz (HX)	T_{vo} - Temp. pary na wyjściu	$^{\circ}\text{C}$				
Dochładzacz (HX)	P_{vo} - Ciś. pary na wyjściu	Bar				
Zaw. rozpr. XV*	Zawór nie jest pokazany na poniższym schemacie					
Zaw. rozpr. XV*	T_{XVli} - Temp. Liquid Line entering XV	$^{\circ}\text{C}$				
Zaw. rozpr. XV*	T_{XVvo} - Temp. Entering Evaporator	$^{\circ}\text{C}$				
Zaw. rozpr. XV*	T_{XVp} - Temp. XV Bulb	$^{\circ}\text{C}$				
Δt w parowniku	$\Delta T - T_{XVp} - T_{XVvo}$	K				
Zaw. rozpr. XV*	Press. at XV Bulb	Bara				

Tabela 12

14.6 Przykładowy schemat układu wielosprężarkowego

Odczyty należy przeprowadzić dla wszystkich sprężarek układu.



Rys 16