

EKSPLOATACJA INSTALACJI CHŁODNICZYCH. CZĘŚĆ 2



Smarowanie sprężarek chłodniczych.

Zalewanie sprężarek chłodniczych ciekłym czynnikiem chłodniczym.

Wstęp do mechanicznych uszkodzeń sprężarek.

mgr inż. Grzegorz Toczek



Objawy sygnalizujące duże prawdopodobieństwo uszkodzenia sprężarki

- oblodzenie sprężarki
- krótkie cykle pracy sprężarki,
- ciągła praca sprężarki (bez wyłączenia),
- pobór prądu ponad wartość nominalną,

Objawy uszkodzenia sprężarki

- zwarcie elektryczne,
- brak pracy sprężania.

Przyczyny awarii

- błąd instalatora,
- niewłaściwe użytkowanie przez użytkownika,
- niewłaściwy dobór przez dostawcę czy projektanta,
- wada fabryczna (wada materiałowa, niedokładność wykonania, wadliwy montaż sprężarki, wadliwy projektu sprężarki lub jej elementów, wprowadzenie rozwiązań nie do końca sprawdzonych i przetestowanych przez producenta).

Uszkodzenia sprężarek

- uszkodzenia mechaniczne
- uszkodzenia elektryczne
- uszkodzenia pozostałe

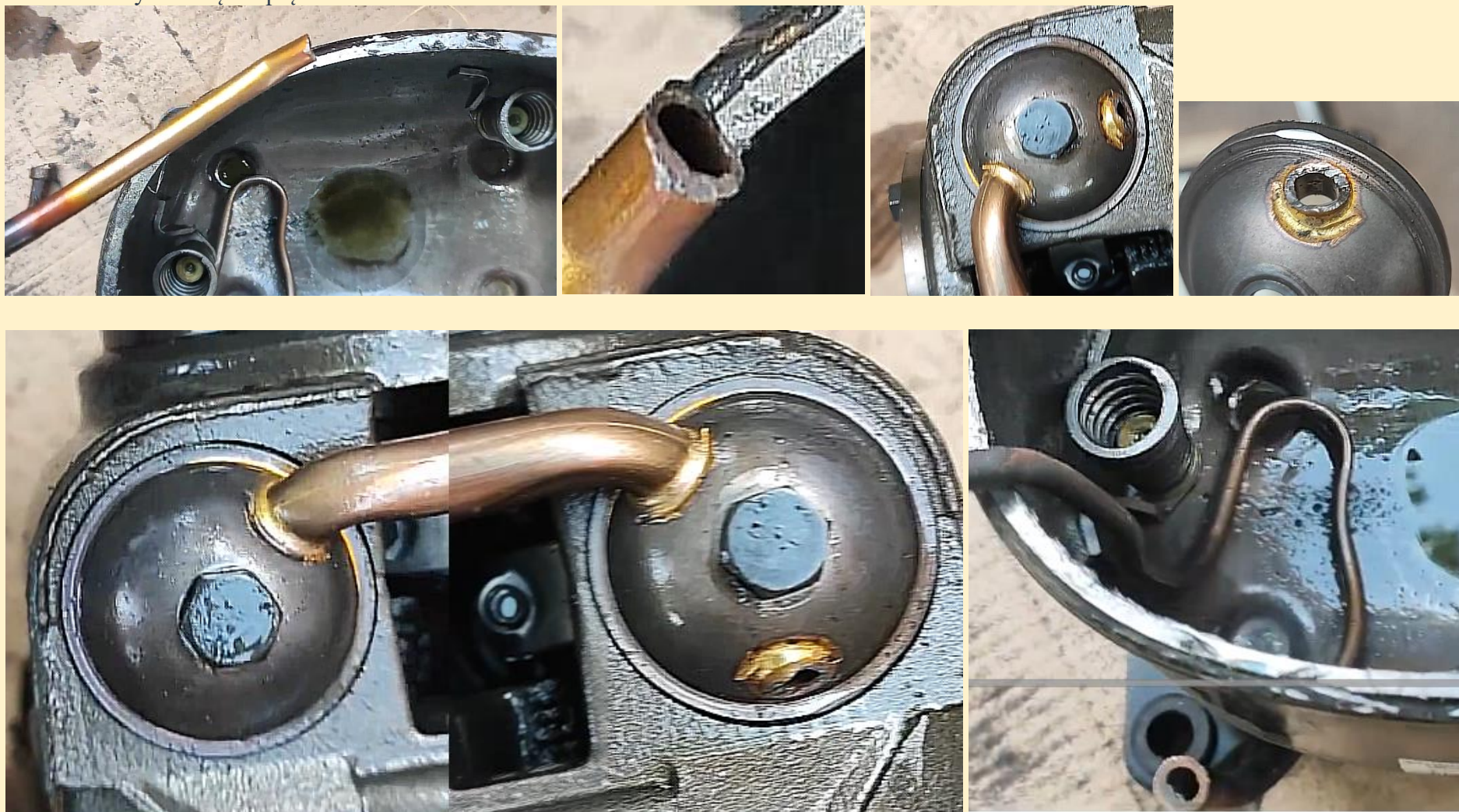
Uszkodzenia mechaniczne

Często uszkodzenia mechaniczne powodują również uszkodzenia elektryczne. Najczęstszym uszkodzeniem mechanicznym jest zatarcie sprężarki w wyniku niewłaściwego smarowania olejem chłodniczym.

Inne uszkodzenia mechaniczne sprężarek (w zależności od rodzaju sprężarki):

- zalanie sprężarki ciekłym czynnikiem chłodniczym podczas jej pracy
- zalany start sprężarki
- uderzenie cieczowe
- przegrzanie sprężarki
- wada materiałowa dowolnego komponentu wewnątrz sprężarki

- urwanie rury wewnątrz sprężarki



- spadnięcie silnika sprężarki ze sprężyn



Podstawowe przyczyny zatarcia się sprężarek

- zbyt mała ilość oleju,
- całkowity brak oleju,
- uruchamianie sprężarki z zimnym olejem,
- brak właściwości smarnych oleju w tym zakwaszenie oleju.

Zbyt dużo oleju może być przyczyną uszkodzeń mechanicznych:

- uszkodzenie płyty zaworowej,
- uszkodzenie tłoków, korbowodów, wału korbowego itd.

Każda sprężarka wymaga smarowania, a do smarowania jest używany olej chłodniczy o odpowiedniej lepkości.

Lepkość oleju

Wyróżniamy dwa rodzaje lepkości: dynamiczną i kinematyczną.

Lepkość dynamiczna i kinematyczna:

Arytmetyczna korelacja pomiędzy lepkością dynamiczną i kinematyczną jest opisana za pomocą następującego równania:

$$\nu = \eta / \rho$$

ν = lepkość kinematyczna

η = lepkość dynamiczna

ρ = gęstość cieczy

Oleje chłodnicze w swoim oznaczeniu zawierają najczęściej lepkość kinematyczną w temperaturze +40°C, w [mm²/s], np. SEZ68 ma lepkość kinematyczną wynoszącą 68mm²/s w temperaturze +40°C. Lepkość ta maleje ze wzrostem temperatury. Lepkość dynamiczna ma jednostkę [Pa s] lub poise np. [cP], centy Poise.

Nazwa produktu	Oznaczenie	Gęstość w 15°C [kg/m ³]	Temp. zapłonu [°C]	Lepkość kinemat. w temp. 40 °C [mm ² /s]	Lepkość kinemat. w temp. 100 °C [mm ² /s]	VI	Temp. płynięcia [°C]	Główne zastosowanie
----------------	------------	-------------------------------------	--------------------	---	--	----	----------------------	---------------------

RENISO K - Olej chłodniczy na bazie olejów mineralnych								
RENISO KM 32	Specjalne rafinaty naftenowe o wysokiej odporności na starzenie z niskimi temperaturami płynięcia; bardzo korzystne zachowanie w warunkach chłodniczych i szczególnie dobra kompatybilność z następującymi czynnikami chłodniczymi jak: amoniak NH ₃ , HFCKW (np.: R22), węglowodory (np.: propan R 290). DIN 51 503: KAA, KC, KE.	881	202	32	4.9	63	-45	Do wszystkich układów chłodniczych pracujących z czynnikiem chłodniczym jakim jest amoniak (NH ₃) lub czynnikiem chłodniczym HCFC. RENISO KES 100 jest odpowiedni do zastosowań z wysokimi temperaturami parowania i kondensacji, np. w klimatyzacjach, pompach ciepła - szczególnie polecany również do sprężarek turbo.
RENISO KS 46		894	204	46	5.8	47	-42	
RENISO KC 68		894	223	68	7.4	58	-39	
RENISO KES 100		912	218	100	8.4	20	-33	
RENISO S/SP - W pełni syntetyczne oleje chłodnicze na bazie alkilobenzenów								
RENISO SP 32	W pełni syntetyczne oleje chłodnicze na bazie wysoce stabilnych chemicznie i termicznie alkilobenzenów. RENISO SP 32, 46, 100 i 220 zawierają wysoce skuteczny pakiet dodatków przeciwzużyciowych AW* (nie nadają się do zastosowań z czynnikiem NH ₃). Doskonała mieszalność z czynnikiem chłodniczym HFCKW (np.: R22). DIN 51 503: KC, KE.	881	172	32	4.6	31	-39	Szczególnie dobra mieszalność z czynnikiem chłodniczym HFCKW, jak np.: R22. Polecane są do bardzo niskich temperatur parowania rzędu -80°C. Ze względu na doskonałą stabilność, produkty RENISO S / SP nadają się do smarowania wysoko obciążonych sprężarek chłodniczych. RENISO SP 220 został specjalnie opracowany do smarowania sprężarek śrubowych.
RENISO SP 46		875	199	46	5.6	26	-42	
RENISO SP 100		871	190	100	7.9	11	-24	
RENISO SP 220		872	192	220	13.2	13	-27	
RENISO S 3246	RENISO S 3246 i RENISO S 68 nie zawierają dodatków przeciwzużyciowych AW* i nadają się do stosowania z czynnikami chłodniczymi HFCKW i NH ₃ . DIN 51 503: KAA, KC, KE.	877	180	40	5.1	17	-39	RENISO S 3246 i RENISO S 68 – są odpowiednie zarówno do aplikacji z czynnikiem R22, jak i NH ₃ .
RENISO S 68		869	188	68	6.2	-30	-33	

Nazwa produktu	Oznaczenie	Gęstość w 15°C [kg/m³]	Temp. zaplonu [°C]	Lepkość kinemat. w temp. 40 °C [mm²/s]	Lepkość kinemat. w temp. 100 °C [mm²/s]	VI	Temp. płynięcia [°C]	Główne zastosowanie
RENISO TRITON SE/SEZ - W pełni syntetyczne oleje chłodnicze na bazie poliolestrów (POE)								
RENISO TRITON SEZ 22	Seria RENISO TRITON SE/SEZ w pełni syntetyczne oleje chłodnicze na bazie poliolestrów - szczególnie odpowiednie do czynników chłodniczych FKW / HFKW „nie zubożających warstwy ozonowej”, takich jak R134a, R404A, R507, R410A, R407C. Zalecane są również do węglowodorowych czynników chłodniczych. Ze względu na silną tendencję do wchłaniania wilgoci (higroskopijność), należy zminimalizować kontakt z otaczającym powietrzem (wilgoć atmosferyczna) w przypadku POE. DIN 51 503: KD, KE.	1,003	248	20	4.4	133	-57	Dla wszystkich układów chłodzenia, w których czynniki chłodnicze nie zawierają chloru (HFKW / FKW), np.: R134a, seria RENISO TRITON SE / SEZ jest idealna. W zależności od lepkości, oleje chłodnicze RENISO TRITON SE / SEZ są zalecane do hermetycznych, pół hermetycznych i otwartych sprężarek tłokowych, a także do sprężarek śrubowych i turbo. RENISO TRITON SEZ 22 i SEZ 32 są z powodzeniem stosowane w aplikacjach z czynnikiem R23, w niskich temperaturach. Posiadamy również obszerne wyniki stosowania produktów z następującym czynnikiem chłodniczym R22, np.: R422A / D i R417A. Dostępne są obszerne badania laboratoryjne i praktyczne doświadczenie z czynnikiem chłodniczym HFO lub HFO / HFKW.
RENISO TRITON SEZ 32		1,004	250	32	6.1	141	-57	
RENISO TRITON SE 55		1,009	286	55	8.8	137	-48	
RENISO TRITON SEZ 68		972	258	68	8.9	104	-39	
RENISO TRITON SEZ 80		992	251	80	10.6	118	-39	
RENISO TRITON SE 100		970	266	100	11.4	100	-30	
RENISO TRITON SE 170		972	260	173	17.6	111	-27	
RENISO TRITON SE 220		NOWOŚĆ: Oleje SE / SEZ są odpowiednie do stosowania z czynnikiem chłodniczym HFO lub HFO / HFKW.	976	294	220	19.0	98	
RENISO TRITON SEZ 320 (estry złożone)	RENISO TRITON SEZ 320 został opracowany specjalnie do zastosowań z czynnikiem chłodniczym R22. DIN 51 503: KC, KD.	1,016	278	310	33.0	148	-42	RENISO TRITON SEZ 320 jest polecany do smarowania sprężarek śrubowych w połączeniu głównie z czynnikiem R22 (nadaje się również do HFC).
RENISO TRITON SEZ 35 SC	Do czynników chłodniczych HFKW / FKW i HFO. Specjalnie opracowany do sprężarek spiralnych. DIN 51 503: KD.	1,015	256	34	6.3	138	-51	RENISO TRITON SEZ 35 SC ma określony profil wydajności przeznaczony do stosowania w sprężarkach spiralnych. Nadaje się do wszystkich czynników chłodniczych HFKW / FKW i HFO.

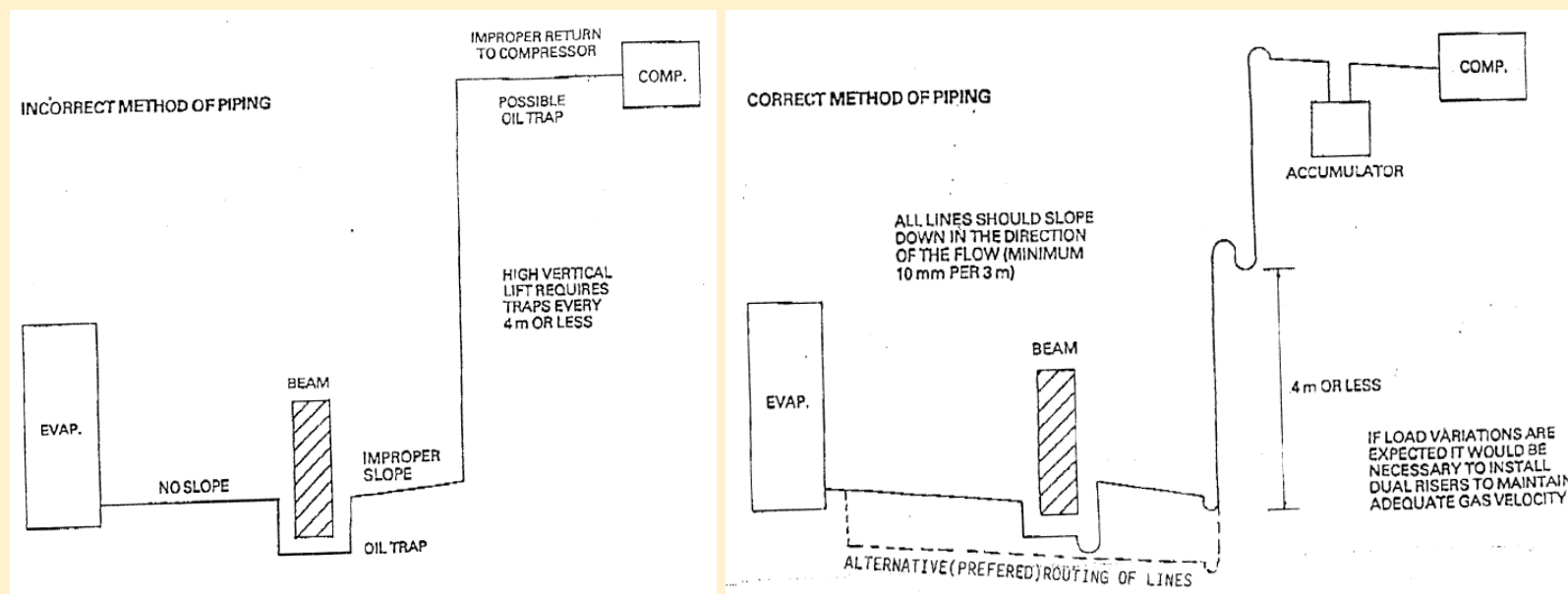


Olej do R744

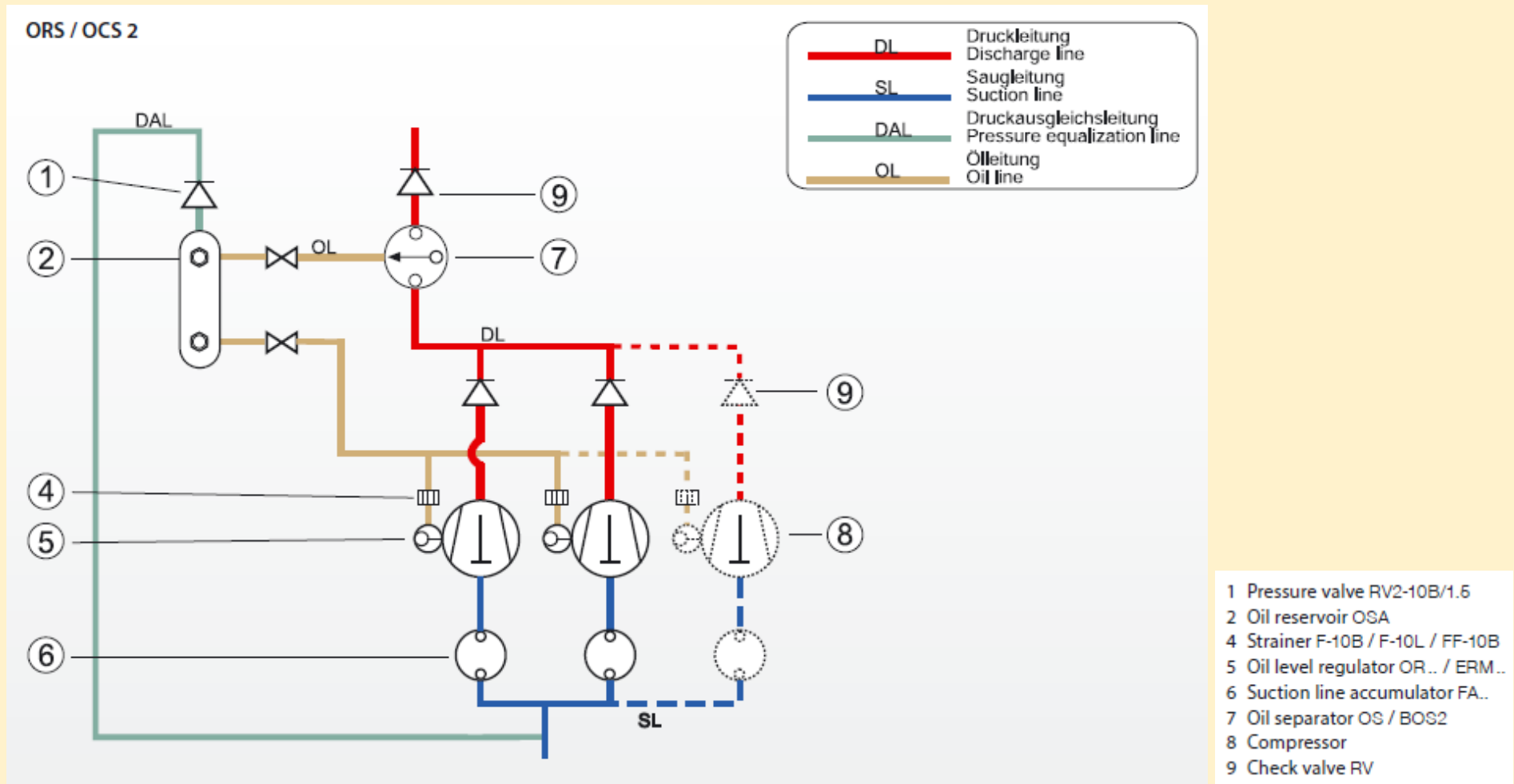
Sprężarki tłokowe, zarówno hermetyczne, jak i półhermetyczne, są fabrycznie napełnione olejem. Podobnie jest z innymi sprężarkami hermetycznymi, np. spiralnymi czy rotacyjnymi, które również posiadają miskę olejową i są napełnione olejem. W przypadku sprężarek śrubowych, olej jest do nich dostarczany z zewnętrznych odolejaczy i zbiorników oleju, a same sprężarki nie posiadają własnego zasobnika oleju. Wyjątkiem są sprężarki śrubowe kompaktowe, które posiadają zintegrowany odolejacz. Odolejacz w tych sprężarkach jest doinstalowany w obrębie sprężarki. Nie jest to element stanowiący jedną całość ze sprężarką, jak to jest w przypadku miski olejowej w sprężarkach tłokowych.

Przyczyny braku oleju w sprężarkach

- za mało oleju w sprężarce w odniesieniu do długości instalacji, która sprężarka obsługuje,
- za mało oleju w wyniku nieszczelności i ucieczki oleju wraz z czynnikiem chłodniczym,
- brak powrotu oleju do sprężarki - olej zalega w instalacji, pułapkach olejowych, wymiennikach, zbiornikach,

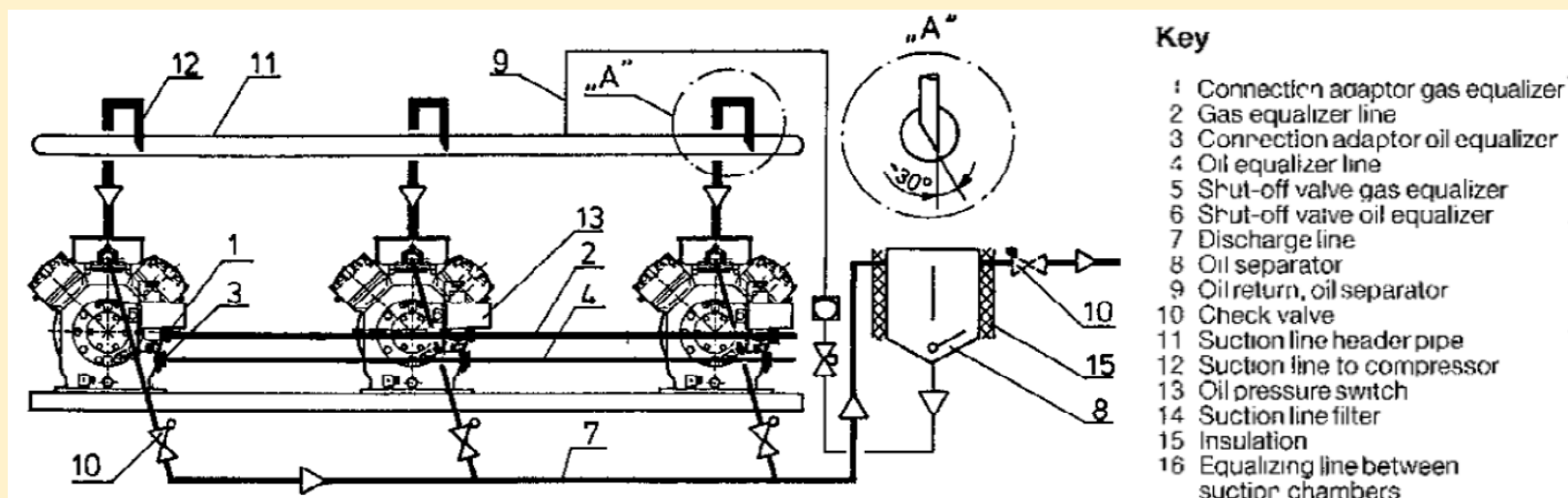


- usterka w obrębie linii olejowej.



Olej krąży w sprężarce i w całej instalacji. W sprężarce olej krąży w kanalikach olejowych w obudowie sprężarki, wale korbowym itp. W instalacji chłodniczej olej krąży od sprężarki przez odolejacz, skraplacz, zbiornik czynnika chłodniczego, zawór rozprężny, parownik, separator cieczy. Jeśli jest linia odolejania to olej krąży również z linii olejowej, czyli przez odolejacz, zbiornik oleju, filtr oleju, regulator poziomu oleju do karтеру sprężarki.

Zastosowanie odolejaczy nie eliminuje z instalacji oleju, a jedynie powoduje, że większość oleju wydostającego się ze sprężarki wraz z czynnikiem wraca prawie natychmiast do sprężarki. Tylko niewielka część oleju przechodzi przez całą instalację, zanim ponownie wróci do sprężarki.



Producenci sprężarek dostarczają sprężarki napełnione maksymalną ilością oleju, jaka może być w danej sprężarce. Przy krótkich i prawidłowo wykonanych instalacjach różnica między minimalną a maksymalną ilością oleju w sprężarce stanowi najczęściej wystarczającą rezerwę oleju, by poziom w sprężarce był prawidłowy. Niewielka ilość oleju, która wraz z czynnikiem wydostanie się ze sprężarki, wróci do tej sprężarki i uzupełni stan oleju w karterze sprężarki. Jednak przy bardziej rozbudowanych instalacjach ilość oleju w sprężarce może okazać się zbyt mała. Olej pokrywa wewnętrzne ścianki rurociągów, wymienników. W przypadku niewielkich braków oleju możemy olej uzupełnić po przepracowaniu kilku czy kilkunastu godzin pracy. W przypadku większych braków oleju należy instalację obserwować co kilka godzin i olej uzupełniać. Ułatwieniem jest linia olejowa i zbiornik oleju zainstalowany na tej linii. Zbiornik oleju kompensuje wahania oleju w instalacji i sprężarce.

Jeżeli instalacja jest rozległa, musimy zapewnić odpowiedni obieg oleju. Najprostszym rozwiązaniem jest zastosowanie odolejacza za sprężarką. Spowoduje to, że większość oleju będzie krążyła w obiegu krótkim sprężarka – odolejacz – sprężarka, a co za tym idzie, zmniejszy to ilość oleju w pozostałej części instalacji.

Obowiązują następujące zasady:

- Odolejacz w trakcie montażu należy wstępnie zalać olejem.
- Za odolejaczem montujemy bezwzględnie zawór zwrotny, by wyeliminować całkowicie ryzyko zalania odolejacza ciekłym czynnikiem ze skraplacza.
- Odolejacz nie likwiduje oleju z instalacji, a jedynie zmienia obieg sporej części oleju.

Aby zapobiec problemom z olejem w instalacji stosuje się linie olejowe. Linie te wykonuje się w różnych wersjach, zależnych od ilości sprężarek, rodzajów regulatorów poziomu oleju.

Sprężarki z bardzo małą miską olejową charakteryzują się tym, że ich stan oleju najczęściej nie wystarcza na pokrycie zapotrzebowania na olej w instalacji. Tego typu sprężarki to między innymi sprężarki rotacyjne (układy VRF). Ich mała średnica oraz specyficzna budowa (ssanie jest podłączone bezpośrednio do części roboczej sprężarki, a czynnik tłoczony jest do obudowy sprężarki) powoduje, że w większości wypadków sprężarki rotacyjne wymagają każdorazowo dolania oleju do instalacji. Ilość oleju zależy od samej sprężarki i wielkości instalacji. Producent sprężarki powinien udzielić informacji nt obsługi ilości oleju w tych sprężarkach, agregatach, instalacjach. Dotyczy to stanów normalnej pracy jak i stanów awaryjnych (uszkodzenie sprężarki w instalacji klimatyzacji VRF podczas małej ilości oleju w sprężarce).

Kontrola poziomu, ciśnienia i jakości oleju

W celu kontroli poziomu i ciśnienia oleju stosuje się wiele rozwiązań, głównie presostaty różnicowe ciśnienia oleju ale też optyczne czujniki poziomu oleju.

Czystość oleju staramy się zapewnić filtrami mechanicznymi choć doskonale do nich nadają się również filtry odwadniacze. Filtry odwadniacze dedykowane są do usuwania wilgoci z czynników chłodniczych jednak doskonale zatrzymują zanieczyszczenia stałe w oleju. Robią to lepiej niż litry mechaniczne.

Jakość oleju badamy w laboratoriach. Nie zapominamy, że olej chłodniczy jest również olejem silnikowym. Zatem jest to olej wyspecjalizowany.

Czujnik optyczny poziomu oleju OLC (Bitzer)



Zastosowanie:

- Do optycznego monitorowania poziomu oleju w sprężarkach, pompach, zbiornikach itp.

Opis produktu:

Urządzenie wykrywające poziom można wymienić bez otwierania sprężarki lub zbiornika. Wykrywanie poziomu odbywa się za pomocą światła podczerwonego. Urządzenie posiada wbudowany system monitorowania prawidłowego montażu.

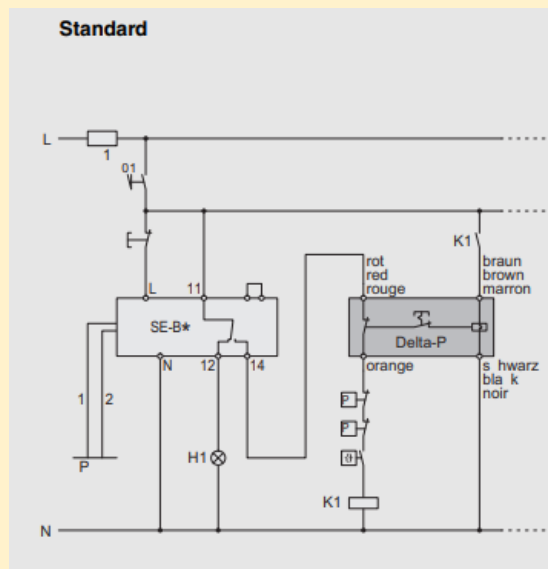
Seria OLC służy do bezdotykowego monitorowania poziomu oleju w sprężarkach w celu zapewnienia odpowiedniego smarowania mechanizmów wewnętrznych. Ponieważ czynnik chłodniczy może być wchłaniany przez olej, w układach chłodniczych częste są wahania poziomu oleju w sprężarce, dlatego należy monitorować poziom oleju. OLC-K1 przeznaczony jest do stosowania ze sprężarką tłokową i otwiera przełącznik po 90 sekundach.

Pasuje do następujących modeli sprężarek Bitzer: 4FES3Y, 4FES5Y, 4EES4Y, 4EES6Y, 4DES5Y, 4DES7Y, 4CES6Y, 4CES9Y, 4VES6Y, 4VES7Y, 4VES10Y, 4TES8Y, 4TES9Y, 4TES12Y, 4PES10Y, 4PES12Y, 4PES15Y, 4NES12Y, 4NES14Y, 4NES20Y, 2DE3F1Y.

Specyfikacja:

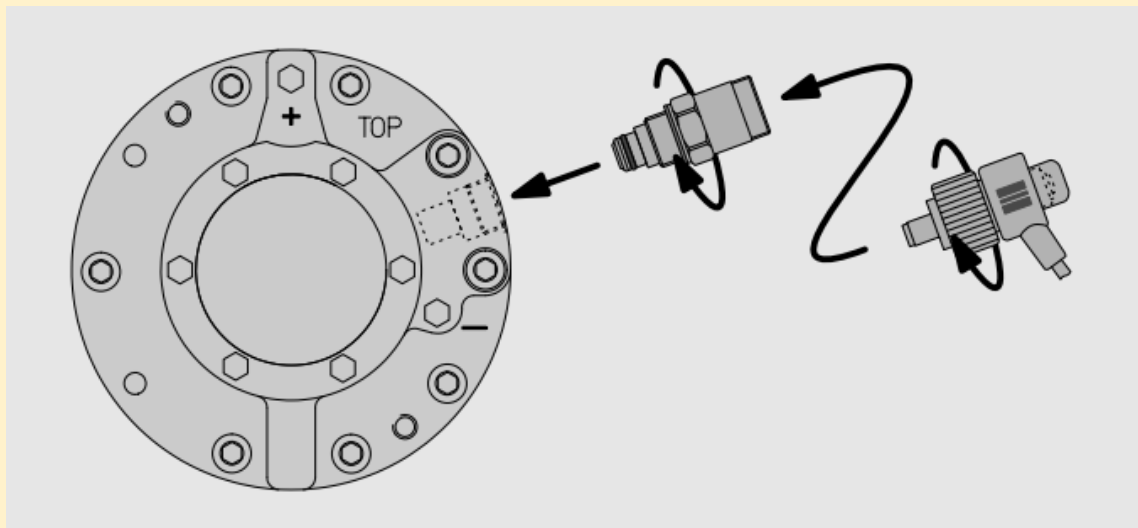
- Zasilanie: OLC-K1: AC 50-60 Hz 230 V \pm 10%, 3 VA
- Przełącznik: 240VAC, 2,5A, C300 - obciążenie rezystancyjne
- Dopuszczalna temperatura otoczenia: praca: -30°C – +60°C; przechowywanie: -30°C – +80°C
- Maksymalna temperatura mediów: OLC-K1: +100°C
- Wilgotność względna maks.: 95%
- Przewód OLC-K1: długość 950 mm \pm 50 mm
- Wymagany bezpiecznik: 4A, szybki
- Klasa obudowy: obudowa IP54; wyjście kabla skierowane w dół
- Montaż obwodu detekcji: śrubowy M24
- Maks. moment dokręcania: 10 Nm ręcznie

Czujnik optyczny Delta-P II (Bitzer)

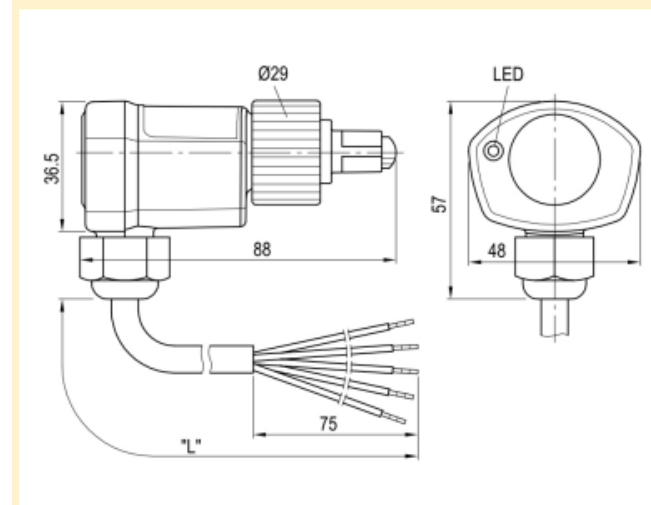
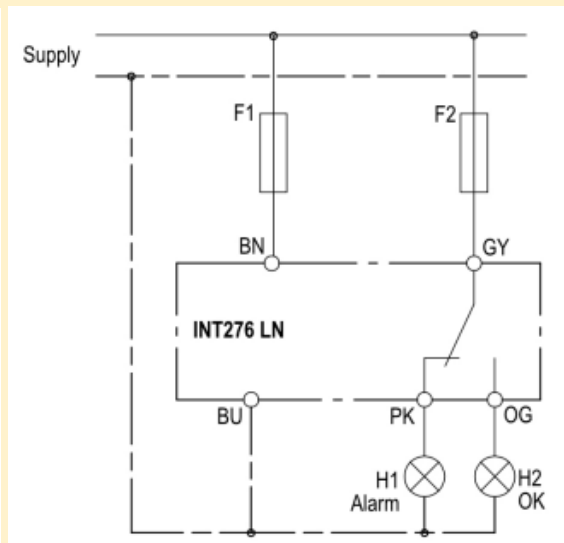


Wiring diagram for Delta-P
K1 Motor contactor
K4 Auxiliary relay

Jest to presostat różnicowy oleju Delta-P II elektroniczny. Dedykowany do sprężarek 4JE/6FE.






Czujnik optyczny poziomy INT 276 (Kriwan)



Technical specifications

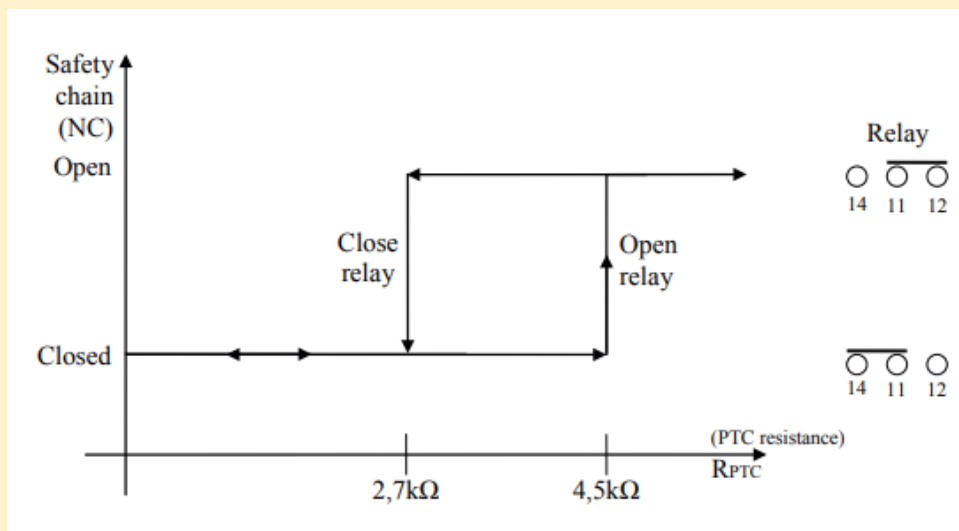
Supply voltage	AC 50/60 Hz 230 V $\pm 10\%$ 3 VA
Permissible ambient temperature	-30...+60 °C
Fluid temperature	Max. +120 °C (<16000 h) Max. +100 °C
Permissible relative humidity	10-95 % R H without condensation
Start delay	
– after supply voltage has been applied	3 s ± 1 s
– Level is missing or error	5 s ± 2 s
– Level good and no error	5s ± 2 s
Relay	
– Contact	AC 240 V 2.5 A C300 Min. AC/DC 24 V 20 mA
– Mechanical service life	approx. 1 million switching cycles
Protection class according to EN 60529	IP54 in installed status
	Cable 5 x AWG 18/7 L=2 m
Housing material	PA glass-fiber reinforced
Mounting	Coupling ring (torque max. 10 Nm)
Dimensions	See dimensions in mm
Weight	Approx. 260 g
Testing basis	EN 61000-6-2, EN 61000-6-3 EN 61010-1 Overvoltage category II Pollution level 2
Approval	UL file no. E222056 _{cUR_{US}}

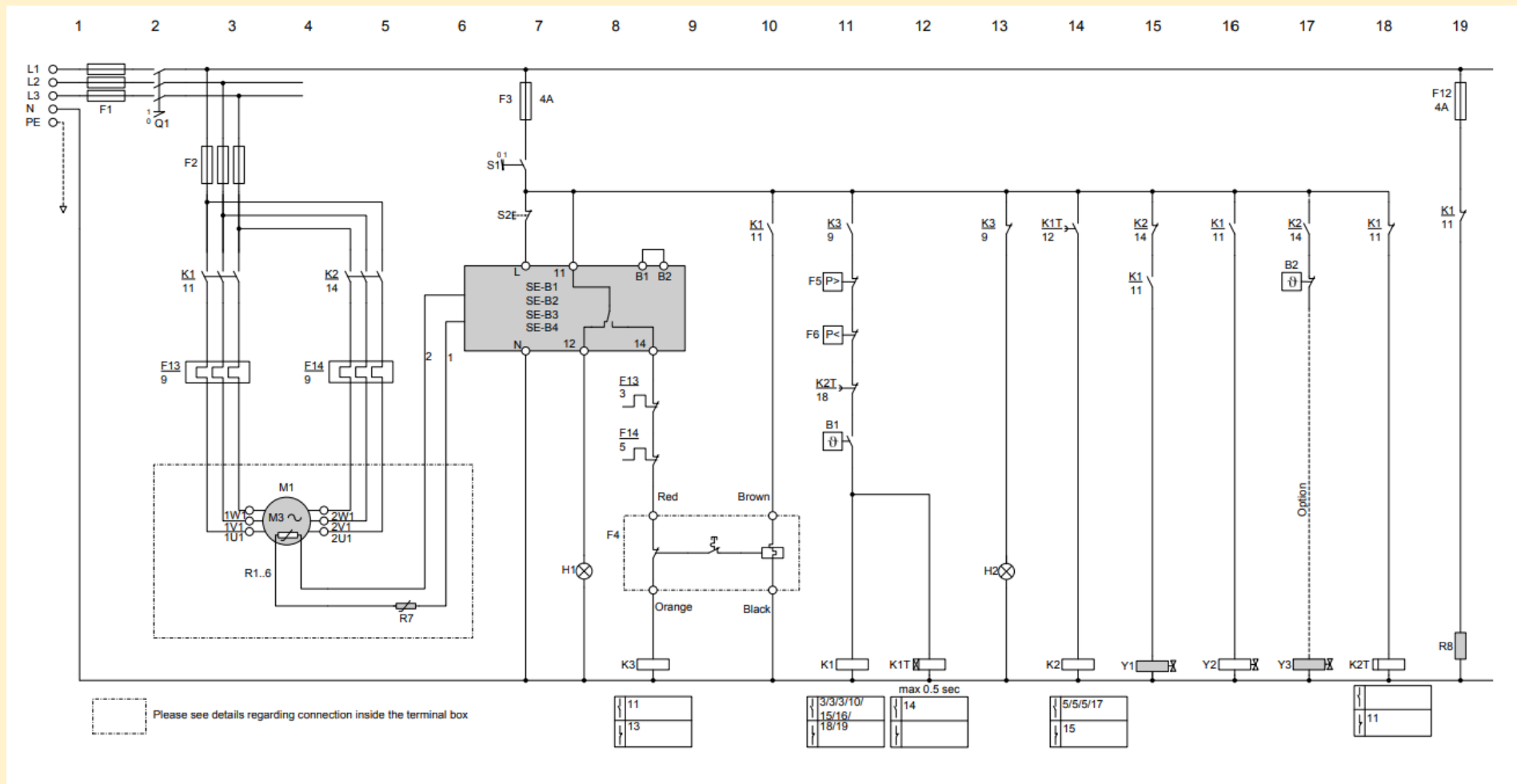
Blink code

	Level good
	Level missing
	Internal malfunction, voltage supply too low or faulty installation

Moduł bezpieczeństwa SE-B5 (Bitzer) w połączeniu z presostatem różnicowym ciśnienia oleju/czujnikami optycznymi poziomem

Moduł współpracuje z innymi rozwiązaniami dotyczącymi oleju. W skrócie: nic konkretnego w kwestii oleju jedynie może zaciemnić u początkujących serwisantów obraz diagnostyki kierunkowej.





Legend for the schematic diagrams	
B1/B2	Control unit
C1	Electrolytic capacitor
F1	Main fuse
F2	Compressor fuse
F3	Control circuit fuse
F4	Differential oil pressure switch
F5	High pressure limiter
F6	Low pressure limiter
F7	Control circuit switch
F8	Phase sequence control relay
F9	Oil flow switch
F12	Fuse for the crank case heater
F13/F14	Thermal motor overload relay
H1	Signal light "Over temperature"
H2	Signal light "Oil pressure/flow fault"
K1/K2/K3	Motor contactors
K1T	Time relay for part winding operation 2-3 s
K2T	Time relay Start-up delay
K3T	Time relay oil flow monitoring 10-20 s
K4T	Time relay pause time 300 s
K5T	Time relay oil level monitoring 120 s

M1	Compressor
Q1	Main switch
R1..3	PTC sensors in motor windings
R1..6	PTC sensors in part winding motor windings
R7	PTC sensor in cylinder head/discharge gas temperature sensor
R8	Crank case heater
S1	Control switch
Y1	Solenoid valve (Start unloading)
Y2	Solenoid valve (Liquid line)
Y3	Solenoid valve (Capacity control – Expansion valve)

Sprężarka z pompą olejową i presostatem różnicowym ciśnienia oleju.

Najpopularniejsze presostaty różnicowe ciśnienia oleju:

- MP54 stała różnica ciśnień 0,65bar; maksymalna różnica przełączania 0,2bar, czas zadziałania przełącznika 90s (stała nastawa).
- MP55 nastawiana różnica ciśnień w zakresie 0,3-4,5 bar; maksymalna różnica przełączania 0,2bar, czas zadziałania przełącznika 60s (zmienna nastawa).
- MP55A do amoniaku, nastawiana różnica ciśnień w zakresie 0,3-4,5 bar; maksymalna różnica przełączania 0,2bar, czas zadziałania przełącznika 60s (zmienna nastawa).

Danfoss

Emerson

Dla fluorowcopochodnych czynników chłodniczych

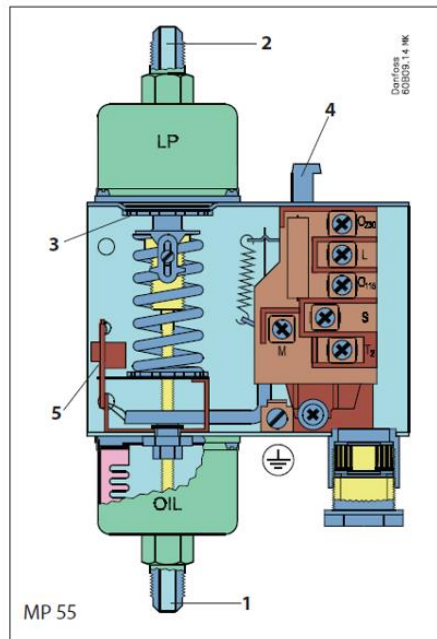
Typ	Różnica Δp bar	Maksymalna różnica przełączenia Δp bar	Zakres pracy strona niskiego ciśnienia LP bar	Czas zadziałania przełącznika czasowego s
MP 54	Stala 0.65	0.2	-1 → +12	0 ²⁾
	Stala 0.65	0.2	-1 → +12	45
	Stala 0.9	0.2	-1 → +12	60
	Stala 0.65	0.2	-1 → +12	90
	Stala 0.65	0.2	-1 → +12	120
MP 55	0.3 → 4.5	0.2	-1 → +12	45
	0.3 → 4.5	0.2	-1 → +12	60
	0.3 → 4.5	0.2	-1 → +12	60
	0.3 → 4.5	0.2	-1 → +12	90
	0.3 → 4.5	0.2	-1 → +12	120
	0.3 → 4.5	0.2	-1 → +12	0 ²⁾
	0.65 → 4.5	0.4	-1 → +12	0 ²⁾

Presostat olejowo- różnicowy VDE 0660 Typ	Kod	Czas opóźnienia		Wyłączenie		Załączenie Stala nastawa bar	Maks. Dyferen. ciśnienia bar	Maks. ciś. test. bar	Przył. ciśn. bar
		Zakres nastawy Sek.	Nastawa fabryczna Sek.	Zakres Nastaw Dp bar	Nastawa fabryczna bar				
FD 113	0710173	—	—	0,3...4,5	0,7	0,2 powyżej wyłączenia	-0,8...12	- 1 i 23	A
FD 113 ZU	3465300	20...150	120	—	0,63	ok. 0,9 stałe			
FD 113 ZU (A22-057)	0711195	—	115 stałe	—	0,63	ok. 0,9 stałe			

(1) Wersja dla sprężarek Copeland

²⁾ Wersja bez przełącznika czasowego są przeznaczone dla zastosowań, gdzie potrzebny jest zewnętrzny przełącznik czasowy - być może z innym czasem zwłoki niż proponowane.

Konstrukcja



1. Przyłącze do strony ciśnieniowej układu smarowania, OIL.
2. Przyłącze do strony ssawnej instalacji chłodniczej, LP.
3. Tarcza nastawcza (MP 55 i MP 55A).
4. Przycisk resetu.
5. Urządzenie testowe.

Działanie

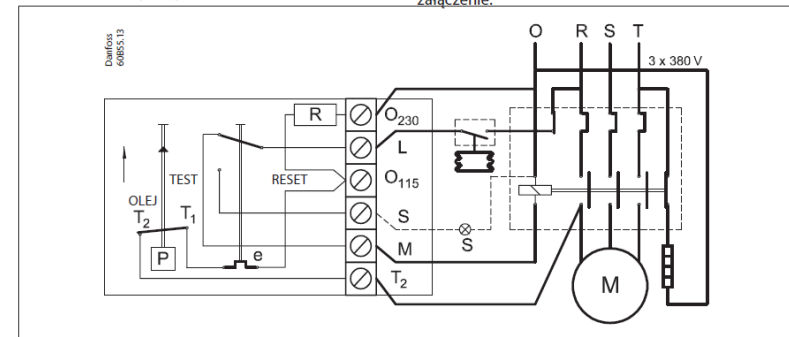
Jeżeli przy rozruchu nie będzie ciśnienia oleju lub jego wartość spadnie poniżej wartości nastawy w trakcie pracy, sprężarka zatrzyma się po upływie czasu podtrzymania pracy.

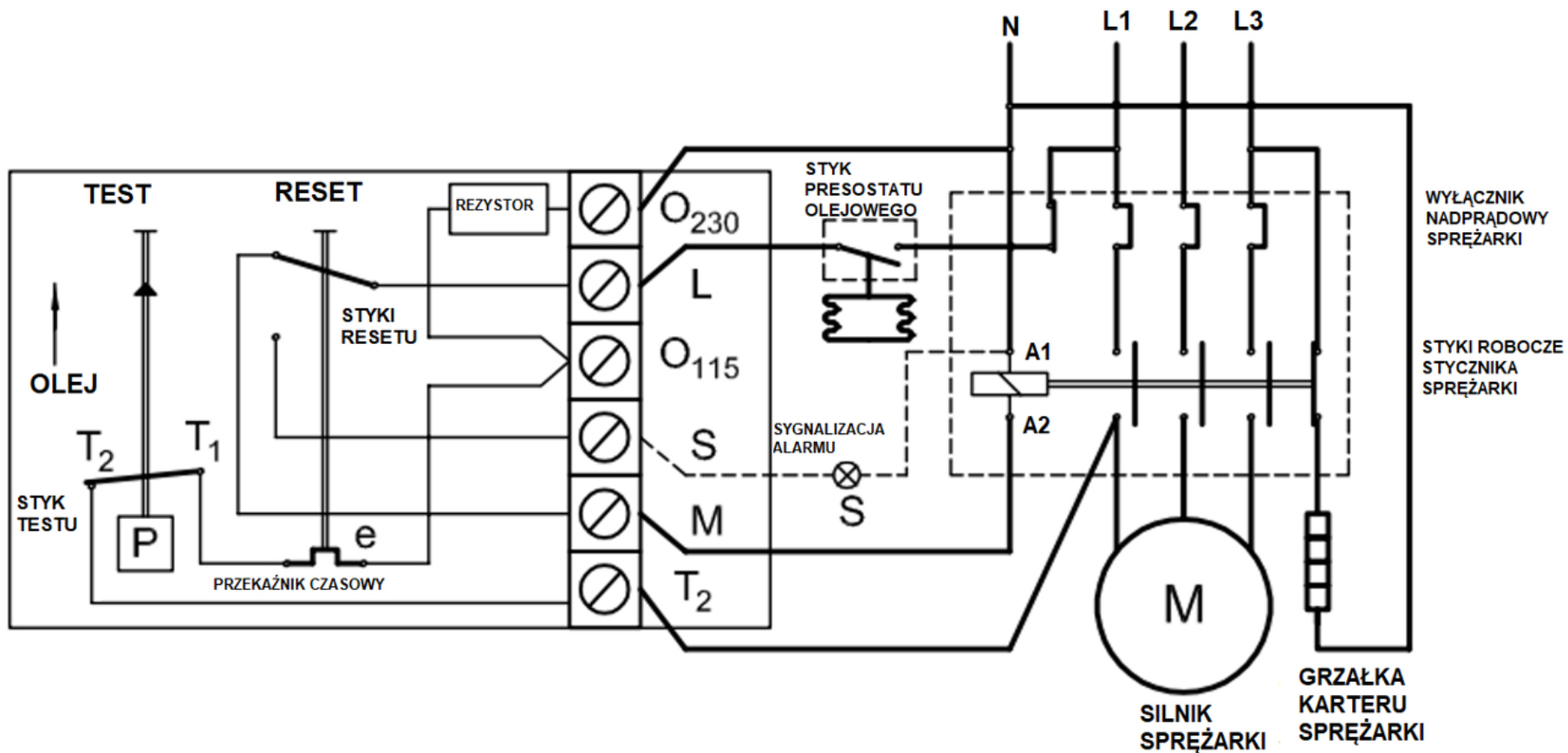
Obwód elektryczny jest podzielony na dwa całkowicie oddzielne obwody: obwód bezpieczeństwa i obwód roboczy.

Przełącznik czasowy (e) w obwodzie bezpieczeństwa zostanie włączony, gdy wartość skutecznego ciśnienia oleju smarującego, różnica ciśnień oleju (różnica między ciśnieniem wytwarzanym przez pompę olejową a ciśnieniem ssania) będzie niższa od wartości nastawy.

Przełącznik czasowy zostanie wyłączony, gdy wartość różnicy ciśnień będzie większa od wartości nastawy powiększonej o różnicę ciśnień powodującej załączenie.

Schemat elektryczny





Obwód bezpieczeństwa: przekaźnik czasowy e, lampka sygnalizacyjna S stanu awarii, styki T1-T2

Obwód roboczy: obwód L-M (faza zasila cewkę stycznika sprężarki)

Presostat olejowy wyłączy sprężarkę sprężarki pod warunkiem, że sprężarka w tym momencie wyłączenia jest już od dłuższego czasu w ruchu. Najczęściej zabezpieczy on przed jej zniszczeniem, ponieważ olej jest jeszcze w postaci cienkiej warstwy na częściach smarowanych. Po takim zatrzymaniu co najczęściej resetuje się presostat i powoduje się powtórny start sprężarki. Presostat przez pierwsze 30÷120 sekund jest nieaktywny.

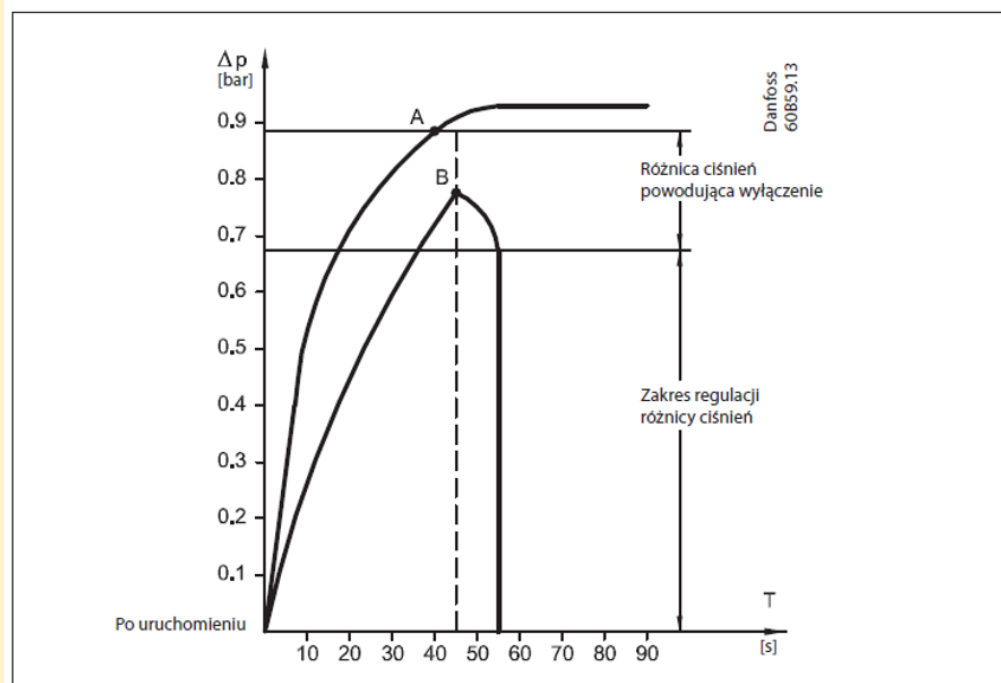
To już zwykle wystarcza, by zatrzeć sprężarkę. Wówczas dochodzi do „rozpoczęcia” postępowania znacznego zużycia elementów sprężarki. Ostateczne zatarcie jest już tylko kwestią czasu.

Zasada działania presostatu różnicowego ciśnienia oleju

Na dwóch poniższych wykresach wyjaśniono określenia „różnica ciśnień oleju” i „różnica ciśnień powodująca załączenie”. Podczas korzystania z olejowego presostatu różnicowego oba te wykresy należy brać pod uwagę.

Na pierwszym wykresie pokazano działanie presostatu różnicowego podczas uruchamiania, natomiast na drugim podczas pracy.

Podczas uruchamiania

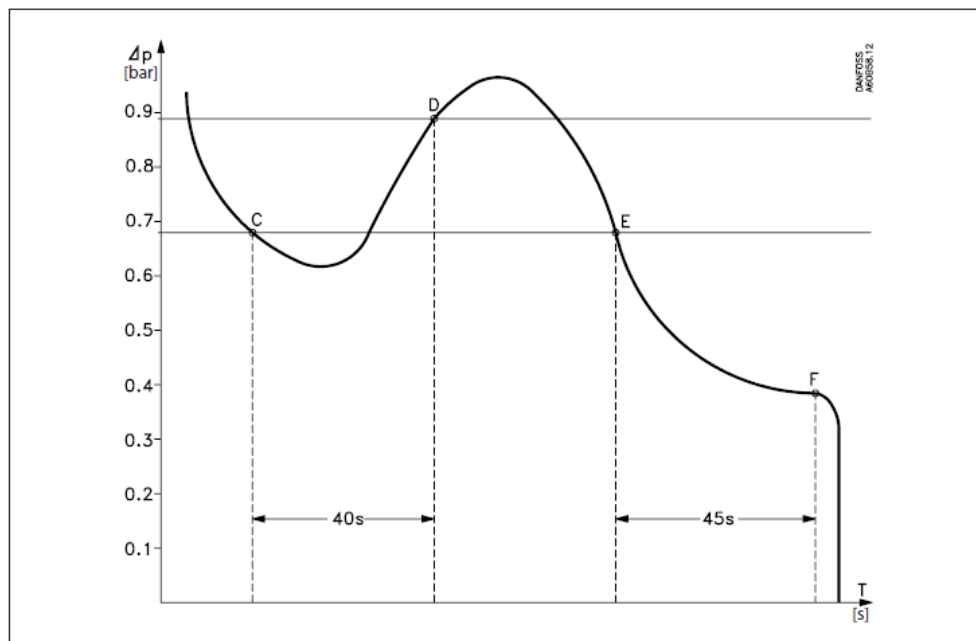


Położenie A: Uruchamianie normalne.

Podczas uruchamiania wartość ciśnienia oleju smarującego wzrasta do ustawionej/stałej wartości różnicy powiększonej o różnicę ciśnień powodującą załączenie, zanim przekaźnik czasowy odetnie obwód roboczy (w tym przykładzie po 45 sekundach). W punkcie A styki T1-T2 są rozwarte i następuje zatrzymanie pracy przekaźnika czasowego (e), tzn. że określono normalne warunki smarowania sprężarki.

Położenie B: Wartość ciśnienia oleju smarującego nie osiąga ustawionej/stałej wartości różnicy powiększonej o różnicę ciśnień powodującą załączenie przed upływem zwłoki przekaźnika czasowego. W punkcie B przekaźnik czasowy odcina obwód roboczy L-M i sprężarka zatrzymuje się. Jeśli źródło sygnału jest podłączone do zacisku S, zostanie on wzbudzony. O ile określono przyczynę błędu, powtórne uruchomienie można przeprowadzić dopiero po około 2 minutach, naciskając przycisk resetu.

Podczas pracy



Położenie C: Podczas pracy wartość ciśnienia oleju smarującego spada poniżej ustawionej /stałej wartości różnicy. W punkcie C następuje włączenie obwodu bezpieczeństwa T1-T2 oraz załączenie przełącznika czasowego.

Położenie D: Wartość ciśnienia oleju smarującego osiąga ustawioną/stałą wartość różnicy powiększoną o różnicę ciśnień powodującą załączenie przed upływem zwłoki przełącznika czasowego. W punkcie D następuje odcięcie obwodu bezpieczeństwa T1-T2 i zatrzymanie pracy przełącznika czasowego, tzn. że określono normalne warunki smarowania sprężarki.

Położenie E: Podczas pracy wartość ciśnienia oleju smarującego spada poniżej E następuje włączenie obwodu bezpieczeństwa T1-T2 oraz załączenie przełącznika czasowego.

Położenie F: Wartość ciśnienia oleju smarującego pozostaje niższa od ustawionej/stałej wartości różnicy. W punkcie F przełącznik czasowy odcina obwód roboczy L-M i sprężarka zatrzymuje się. Jeśli źródło sygnału jest podłączone do zacisku S, zostanie on wzbudzony. O ile określono przyczynę błędu, powtórne uruchomienie można przeprowadzić dopiero po około 2 minutach, naciskając przycisk resetu.

Po uruchomieniu

Ważne jest aby sprawdzić poprawność działania presostatu.

Taką kontrolę można wykonać, naciskając urządzenie testowe (znajdujące się po lewej stronie, wewnątrz urządzenia).

Po naciśnięciu i przytrzymaniu urządzenia testowego silnik sprężarki powinien się zatrzymać po upływie czasu podtrzymania pracy określonego przez przełącznik czasowy.

Regulatory poziomu oleju we współpracy z czujnikami optycznymi poziomu oleju

Elektroniczne czujniki poziomu oleju, często zintegrowane są z regulatorem poziomu oleju. Dzięki temu mamy kontrolę poziomu oleju, a w razie zbyt niskiego poziomu, jego automatyczne uzupełnienie. Jeżeli natomiast poziom oleju spadnie poniżej progu alarmowego i uzupełnianie nic nie daje, sprężarka zostanie wyłączona. Tego typu regulatory często również wyłączają sprężarkę przy zbyt wysokim poziomie oleju, dzięki czemu mamy pełną kontrolę poziomu oleju w sprężarce.

W przypadku układów z większą ilością sprężarek, każda sprężarka jest wyposażona we własny regulator. W przypadku układów z dwoma lub ewentualnie trzema sprężarkami i wyrównaniem poziomu oleju między nimi, regulator może być podłączony do jednej ze sprężarek lub bezpośrednio do linii wyrównania oleju. Jeżeli układ taki nie posiada zbiornika oleju, regulator spełnia głównie rolę kontroli poziomu, bez funkcji jego regulowania, ale jeżeli mamy zamontowany odolejacz i zbiornik oleju, regulator również uzupełnia poziom oleju równocześnie we wszystkich sprężarkach.

Informacje dodatkowe dotyczące oleju

Niski stan oleju w sprężarkach może wynikać również z zaniedbania serwisu w przypadku wycieku czynnika. Po wycieku czynnika często uzupełniany jest sam czynnik chłodniczy.

Przyczyny braku oleju w sprężarce mają wolny przebieg. Olej ze sprężarki nie znika natychmiast, lecz jest to czasochłonny proces, czasem trwający nawet kilka miesięcy. Dodawanie oleju bez wnikania w przyczynę jego niskiego poziomu nie jest rozsądne. Ciągłe dolewanie oleju jest dla nas sygnałem, że gdzieś na instalacji olej zaczyna nam zalegać. Po kilku takich uzupełnieniach olej nagle może wrócić do sprężarek, powodując ich zniszczenie. W instalacji chłodniczej olej ze sprężarki może zniknąć w ciągu kilku sekund. Dotyczy to typowych sprężarek tłokowych oraz innych sprężarek z typową miską olejową, nie dotyczy to jednak sprężarek śrubowych ze zintegrowanym odolejaczem. Przyczyną szybkiego ubytku oleju ze sprężarki jest ciekły czynnik chłodniczy.



W przypadku niskiego poziomu oleju należy dokładnie sprawdzić dobór parowników i skraplaczy wraz z ich podłączeniem. Bardzo często olej może zalegać właśnie w źle dobranych lub podłączonych wymiennikach. Zbyt duże wymienniki i niska prędkość przepływu czynnika w nich powoduje, że olej oddziela się od czynnika i zaczyna zalegać w wymiennikach. Zaleganie oleju w parownikach może również powstać przez nieprawidłową pracę zaworów rozprężnych, szczególnie elektronicznych zaworów rozprężnych impulsowych lub silnikowych. Nieodpowiednie wyregulowanie pracy tych zaworów, zły układ sterowania czy też niewłaściwe parametry pracy sterowników mogą powodować, że w trakcie postoju układów w parownikach zbiera się ciekły czynnik oraz olej. Niewielkie ilości oleju i ciekłego czynnika nie muszą być niebezpieczne dla sprężarki, ale ich znaczna ilość może być już groźna. Niewielkie ilości ciekłego czynnika będą usuwane przy każdym ponownym uruchomieniu sprężarki, co nie pozwoli na powstanie sporej ilości zalegającego ciekłego czynnika.

Przy pracy na ograniczonej wydajności zaworu rozprężnego, olej nie będzie usuwany przy każdym ponownym załączeniu sprężarki, a jego ilość w parowniku będzie się zwiększać. Dopiero załączenie np. pełnej wydajności parownika spowoduje jego usunięcie z parownika, i to w sporym nadmiarze. A taka ilość oleju jednorazowo zassana przez sprężarkę może spowodować jej zniszczenie.

Kontrolę dolewania oleju nie tylko przeprowadzamy w trakcie uzupełniania oleju, ale też w czasie jego wymiany. Zawsze powinniśmy dolać dokładnie tyle samo oleju, co spuściliśmy z instalacji. Większą ilość oleju możemy dolać tylko w przypadku, gdy wiemy, że zmniejszona ilość oleju

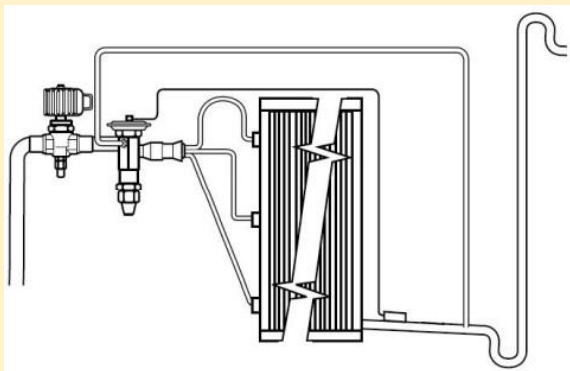
wynikała z jakiegoś niekontrolowanego ubytku oleju, np. przez wyciek czynnika. W każdym innym przypadku musimy bardzo dokładnie skontrolować instalację, by wykluczyć sytuację zarówno braku oleju w sprężarkach, jak i jego nadwyżkę.

Na ilość oleju w sprężarce należy również zwrócić uwagę przy wymianie sprężarki. Może się zdarzyć, że sprężarka wyrzuciła cały olej do instalacji i to spowodowało jej zatarcie. Po wymianie sprężarki na nową, w instalacji pojawi się zarówno olej z nowej sprężarki, jak i również olej ze starej sprężarki, wyrzucony tuż przed jej awarią. I tym sposobem mamy nadmiar oleju, który za chwilę może spowodować ponowne uszkodzenie sprężarki, tym razem jednak nie ze względu na brak oleju, ale ze względu na jego nadmiar.

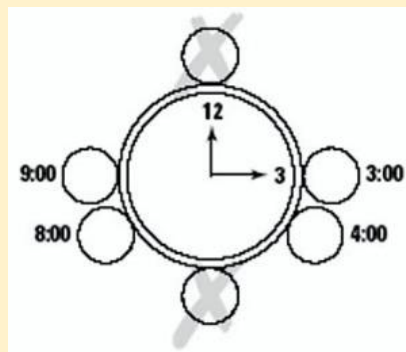
Zalewanie sprężarki ciekłym czynnikiem chłodniczym – przyczyny

- **Za mały parownik w stosunku do wielkości agregatu skraplającego.** Agregat będzie pracował na wyższym ciśnieniu ssania, niż jest to wymagane. Skutkiem tego będzie podwyższona temperatura parowania czynnika w parowniku, brak całkowitego odparowania czynnika i zalewanie ciekłym czynnikiem sprężarki.

- **Nie wykonanie syfonu i odwróconego syfonu, źle dobrana średnica rurociągu ssawnego, błędnie wykonana instalacja rurociągu ssawnego.** Sprężarka zasysa głównie pary czynnika, a ciekły czynnik pozostaje w parowniku, zalewając jego dolną część. Zwiększa to bezpieczeństwo sprężarek, ale i też pozwala na efektywne wykorzystanie pracy samej chłodnicy. Należy pamiętać, że to proces odparowywania cieczy czynnika chłodniczego potrzebuje najwięcej ciepła, a więc właśnie odparowanie ciekłego czynnika w parowniku najbardziej skutecznie obniża temperaturę w pomieszczeniu chłodzonym. Ciepło odbierane przez czynnik w fazie gazowej jest niewielkie i nie ma większego znaczenia w procesie chłodzenia. Zasysanie ciekłego czynnika jest ryzykowne dla sprężarek, zmniejsza również efektywność samego procesu chłodzenia.



Prawidłowe wykonanie syfonu i odwróconego syfonu w parowniku oraz podłączenie zaworu rozprężnego



Prawidłowy montaż czujnika zaworu rozprężnego

- **kierunek spadku rurociągu ssawnego.** Można spotkać w różnych materiałach sprzeczne informacje: że spadek ma być w kierunku sprężarki, a w innych, że w kierunku parownika. **Spadek ma być w kierunku sprężarki ponieważ olej ma w trakcie postoju spływać do sprężarki.** Przeciwnicy tego kierunku mówią, że również ciekły czynnik będzie spływał do sprężarki, dlatego zalecają kierunek przeciwny. Jeżeli jednak wykonamy syfonowanie przy każdym parowniku, jak i również wykonamy syfonowanie na podejściu do sprężarek, możemy być spokojni, że jeżeli nawet ciekły czynnik będzie spływał w kierunku sprężarek, to i tak do nich się nie dostanie w trakcie postoju.
- **nieprawidłowy dobór, nieprawidłowy montaż zaworu rozprężnego, awaria zaworu rozprężnego.** Najczęściej uszkodzeniu w zaworze rozprężnym ulega termoelement, a efektem jego uszkodzenia jest znaczne przymknięcie się zaworu rozprężnego aż po jego nawet całkowite zamknięcie. A w takim przypadku nie ma ryzyka zalania sprężarki. Zanieczyszczenia wewnątrz instalacji, woda zamarznięta na zaworze rozprężnym, uszkodzenie mechanizmu dyszy – to są elementy, które mogą spowodować, że zawór będzie podawał więcej czynnika, niż może go odparować w parowniku, co spowoduje zalanie sprężarki ciekłym czynnikiem. Są to coraz rzadziej spotykane awarie.
- **niepoprawny odbiór ciepła.** Może wynikać z wadliwego przepływu jednego z mediów. W przypadku czynnika chłodniczego, często zakłócenia wynikają z zalegania oleju w parowniku. Jest to efekt nieprawidłowego wykonania instalacji, a w efekcie sprężarka może zostać uszkodzona przez ciekły czynnik, albo przez nagle powracającą dużą ilość oleju.



Chłodnica powietrza całkowicie zasroniona i częściowo obrosnięta lodem

Nieprawidłowy przepływ powietrza najczęściej wynika z:

1. zabrudzenia powierzchni wymiany ciepła. Zabrudzenie to może wynikać ze zwykłego brudu (grzyby, leśnie, kurz), który osadza się na zimnych i wilgotnych elementach parownika,
2. obecności lodu w bloku lamelowym. Zalodzona chłodnica powietrza powoduje, że powierzchnia wymiany ciepła jest znacznie ograniczona. W początkowej fazie zasronienia szron i lód ograniczają przewodność cieplną lamel, a wraz ze wzrostem grubości lodu zanika przestrzeń między lamelami, aż do powstania dosłownie bloku lodu zamiast chłodnicy.
3. całkowitego lub częściowego oszronienia lameli od strony wlotu powietrza.

Przyczyny obładzania się chłodnicy powietrza:

1. nieprawidłowo dobrany rozstaw lameli,
2. źle ustawione parametry odszraniania w termostacie elektronicznym,
3. złe umiejscowienie czujnika końca odszraniania,

Czujnik temperatury końca odszraniania należy montować w miejscu, w którym zaobserwujemy największe zalodzenie. Musimy pamiętać, że każda komora chłodnicza czy mroźnia jest inna. Mimo zastosowania identycznej chłodnicy, nie zawsze punkt ostatniego zalodzenia będzie zawsze w tym samym miejscu chłodnicy. Punkt ten może zmieniać się nawet w przypadku jednej i tej samej instalacji, w zależności od aktualnego sposobu korzystania z pomieszczenia, czy też ruchu klientów na sali sprzedaży sklepu w przypadku mebli chłodniczych. Przy dużych chłodnicach można

wykorzystać sterowniki z dwoma czujnikami końca odszraniania do kontroli jednej chłodnicy, by w większym stopniu kontrolować proces odszraniania. Ważna jest też temperatura końca odszraniania. Pamiętajmy, że w przypadku chłodnic powietrza blok lamelowy bardzo wolno się nagrzewa, aż do momentu usunięcia ostatniego fragmentu lodu. Od tej chwili temperatura bloku wzrasta bardzo intensywnie, ale ilość ciepła doprowadzonego do bloku nie jest wcale duża. Czas wzrostu temperatury bloku o kilka stopni, oczywiście już po całkowitym odlodzeniu bloku, jest liczony nie w minutach, ale w sekundach. Ustawienie więc temperatury końca odszraniania o 2÷3 stopnie wyżej nie ma dużego wpływu na ogólną pracę komory (poza oczywiście efektem kosztów eksploatacji, które wtedy też wzrastają). Trochę inaczej sprawa ma się w przypadku mebli – bardzo dokładny dobór i wielkość parowników powoduje, że nawet niewielka zmiana w ilości ciepła dostarczonego do mebla może mieć bardzo duże znaczenie na prawidłową pracę i utrzymanie odpowiedniej temperatury. W przypadku mebli w pierwszej kolejności zwracamy uwagę na wytyczne producenta mebla.





Meble chłodnicze są wykonane do pracy w odpowiedniej klasie klimatycznej. Zatem podwyższona wilgotność wpłynie na pracę mebla, parownika.

Climatic class	3
Humidity	60%
Ambient temp	+25°C
Air speed	0,2m/sec

Temperature C	°C	Climate Class	
		22°C/65%RH	25°C/60%RH
Average air temperature		+2	+3
Average temperature visible products		+4,5	+5
Air inlet		±0	+1
Air return		+6	+7
Evaporating temperature		-7	-7

Tested according to EN 441

4. uszkodzone grzałki odszraniania, za mała moc grzałek odszraniania lub ich całkowity brak,
5. jedno zdarzenie wywołuje ciąg kolejnych zdarzeń (efekt domina) – wystarczy, że jeden cykl odszraniania nie zostanie zakończony sukcesem i całkowitym odszronieniem chłodnicy, żeby chłodnica za jakiś czas całkowicie się zalodziła. Każde kolejne odszranianie nie będzie już mogło usunąć zalegającego lodu, a wielkość lodu będzie systematycznie rosła. Proces ten może potrwać zarówno kilka godzin, jak i nawet kilka tygodni. Wystarczy jednak czasem jedno dodatkowe odszronienie, by wyeliminować zagrożenie.

Zalewanie sprężarek ciekłym czynnikiem – przebieg zjawiska.

Ciekły czynnik chłodniczy wynikający z niecałkowitego odparowania np. z powodu zalodzenia jednej chłodnicy, miesza się w kolektorze ssącym z gazowym i przegrzanym czynnikiem z innych, działających poprawnie chłodnic. W rezultacie dochodzi do rozrzedzenia ciekłego czynnika, a nawet jego częściowego odparowania. Rozrzedzona i niewielka ilość ciekłego czynnika nie powinna spowodować uszkodzenia sprężarki, tym bardziej, że jeszcze ciekły czynnik może odparować w trakcie przepływu przez komorę silnika elektrycznego sprężarki, chłodząc go przy okazji.

Nieprawidłowa praca wielu chłodnic, ich niewielkie oblodzenie wynikające z tego, a w rezultacie nie całkowite odparowanie czynnika w każdej z nich, może spowodować efekt kumulacji. Niewielkie ilości ciekłego czynnika wypływające z każdej z chłodnic powodują, że nie ma szans w kolektorze ssawnym na odparowanie tego czynnika czy jego wymieszanie z przegrzanym czynnikiem (bo go nie ma lub jest zdecydowanie za mało). W efekcie do sprężarki dopływa zsumowana i skumulowana ilość ciekłego czynnika z wielu chłodnic, powodując istotne zagrożenie w pracy sprężarki. By wyeliminować to zagrożenie należy w układach z wieloma chłodnicami każdą z chłodnic niezależnie wyregulować zarówno po stronie chłodniczej, jak i po stronie sterowniczej. Jeżeli nawet w czasie uruchomienia układ pracuje poprawnie i sprężarki nie są zalewane ciekłym czynnikiem, dokładnie sprawdźmy pracę każdej z chłodnic. Może się zdarzyć, że za niektórymi chłodnicami czynnik jest mocno przegrzany, za innymi jest częściowo w stanie ciekłym, co w kolektorze ssawnym wzajemnie się znosi i w rezultacie na sprężarki dochodzi czynnik w stanie skupienia idealnym.

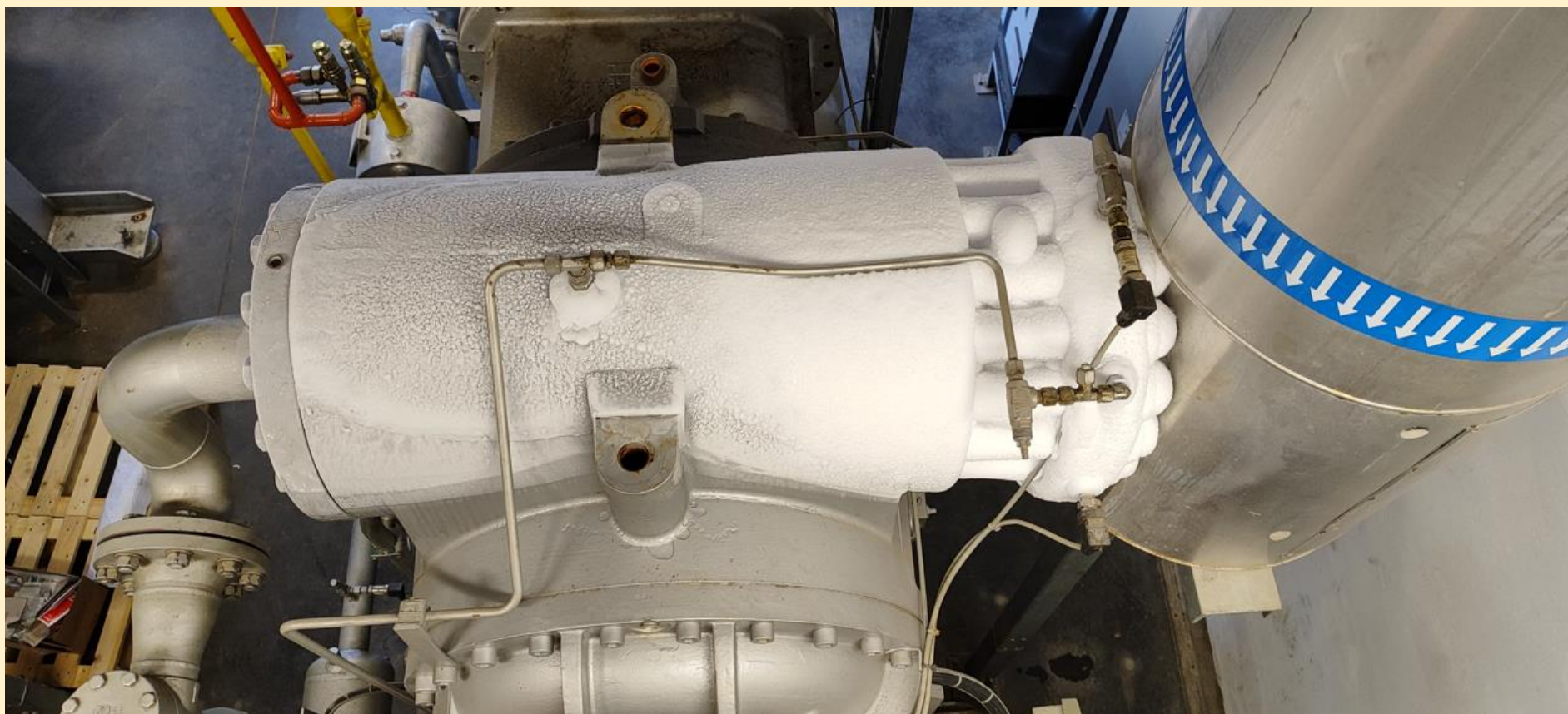
Pierwszym, widocznym objawem zalewania sprężarki ciekłym czynnikiem chłodniczym jest jej rosenie a następnie zalodzenie na korpusie. Jeżeli przed sprężarką znajduje się filtr ssawny, to on może zostać zniszczony w pierwszym momencie. Filtr ssawny, szczególnie papierowy, zostanie zniszczony zarówno przez ciekły czynnik, jak i przez nadmiar oleju zasysanego z instalacji. Następnie ciekły czynnik chłodniczy dostaje się do karteru sprężarki i miesza się z olejem. Jest to najbardziej widoczne w sprężarkach hermetycznych, gdzie czynnik jest zasysany bezpośrednio z karteru sprężarki. W sprężarkach półhermetycznych ciekły czynnik nie miesza się tak intensywnie z olejem, ponieważ z komory silnika olej spływa dolnymi zaworami do karteru sprężarki, a ciekły czynnik jest w większości zasysany górnymi kanałami ssawnymi do cylindrów. Ciekły czynnik zmieszany z olejem może trafić do niewrażliwych punktów smarowania i spowodować zatarcie sprężarki.

Ciekły czynnik dostaje się do przestrzeni sprężania sprężarki. W trakcie jego sprężania podnosi się temperatura czynnika i niewielkie ilości ciekłego czynnika odparowują, nie wyrządzając większych uszkodzeń. Większa ilość ciekłego czynnika spowoduje uszkodzenia podobne do uszkodzeń spowodowanych nadmiarem oleju w sprężarce. W sprężarkach tłokowych w pierwszej kolejności pękają płytki zaworowe, a w drugiej kolejności uszkodzeniu ulegają korbowody, tłoki i wał korbowy.

W sprężarkach śrubowych ciekły czynnik nie daje się sprężyć i powoduje oddalanie się śrub od siebie. Uszkodzenia mechaniczne są prawie identyczne jak od nadwyżek oleju, jednak dodatkowo są widoczne wyraźne ślady braku smarowania i zatarcia na elementach poddanych znacznym obciążeniom. Nie każde zalanie powoduje zniszczenie sprężarki, ale po każdym zalaniu zostaje ślad na elementach sprężarki, wpływający na jej dalszą trwałość. Nie zawsze są to ślady wyraźne i łatwo dostrzegalne, najczęściej są to mikroskopijne uszkodzenia, których dopiero odpowiednia ilość będzie widoczna dla serwisanta.

W sprężarkach pracujących na bardzo niskim odparowaniu (np. $t_0 = -40^\circ\text{C}$) jest to czasem trudne do właściwego odczytania, ponieważ sprężarki te są czasem zamrożone po stronie ssawnej mimo tego, że nie są zalewane ciekłym czynnikiem. Wynika to z niskiej temperatury zasysanego gazu, a nie ze względu na ciekły czynnik i jego odparowywanie w sprężarce.

Czy sprężarka na zdjęciu (widok sprężarki z góry) jest zalewana czynnikiem chłodniczym?





**Czynnik chłodniczy R1234yf jest silnie żrący,
ma działanie rakotwórcze,
powoduje rany i zakłóca pracę serca.**

Zapraszam do zadawania pytań.

Materiały: Danfoss, Emmerson, Bitzer, Honeywell i własne